

L'analyse du travail et de l'activité : socle d'une ergonomie prospective face aux enjeux de l'IA - Le cas des acteurs des centres de tri des déchets

Mélanie Biencourt

▶ **To cite this version:**

Mélanie Biencourt. L'analyse du travail et de l'activité : socle d'une ergonomie prospective face aux enjeux de l'IA - Le cas des acteurs des centres de tri des déchets. Sciences de l'Homme et Société. Université de Toulouse, 2025. Français. ⟨NNT : 2025TLSEJ036⟩. ⟨tel-05361823⟩

HAL Id: tel-05361823

https://theses.hal.science/tel-05361823v1

Submitted on 12 Nov 2025

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté Égalité Fraternité

Université de Toulouse

Doctorat de l'Université de Toulouse

préparé à l'Université Toulouse - Jean Jaurès

L'analyse du travail et de l'activité : socle d'une ergonomie prospective face aux enjeux de l'IA

Le cas des acteurs des centres de tri des déchets

Thèse présentée et soutenue, le 17 juin 2025 par

Mélanie BIENCOURT

École doctorale
CLESCO - Comportement, Langage, Éducation, Socialisation, Cognition

Spécialité
Ergonomie

Unité de recherche
LPS-DT Laboratoire de Psychologie de la Socialisation-Développement et Travail

Thèse dirigée par
Béatrice BARTHE et Irène GAILLARD

Composition du jury
M. Julien CEGARRA, Président, Institut National Universitaire Champollion
Mme Flore BARCELLINI, Rapporteure, Conservatoire National des Arts et Métiers
M. Fabien COUTAREL, Rapporteur, Université Clermont-Auvergne
M. Germain POIZAT, Examinateur, Université de Genève
Mme Béatrice BARTHE, Directrice de thèse, Université Toulouse - Jean Jaurès
Mme Irène GAILLARD, Co-directrice de thèse, IPST-CNAM Toulouse

Membres invités
M. Axel CARLIER, Toulouse INP
M. Moustafa ZOUINAR, Conservatoire National des Arts et Métiers

Remerciements

Mes premiers remerciements s'adressent à mes directrices, Béatrice Barthe et Irène Gaillard, sans qui ce travail n'aurait pas pu voir le jour. Merci pour la confiance que vous m'avez accordée et pour m'avoir soutenue et accompagnée tout au long de cet apprentissage, avec toujours la même bienveillance et vos mots, justes et encourageants.

Je remercie les membres du jury, Flore Barcellini, Axel Carlier, Julien Cegarra, Fabien Coutarel, Germain Poizat, Moustafa Zouinar d'avoir accepté de lire ce travail. Je remercie également Axel Carlier, Vincent Charvillat et Moustafa Zouinar pour les éclairages qu'ils m'ont apportés au cours des comités de suivi de thèse.

Merci aux membres du CERTOP et aux ITA, Matthieu, Roland, Christelle, Philippe, Prisca, Benjamin, Paolo, Sophie, Myriam, Joël, Vanina, Isabelle, Julien, Naza, et toutes les autres personnes pour les échanges partagés, parfois brefs mais toujours agréables, autour d'un café ou d'un repas au 3ème étage.

Merci aux membres du LPS-DT de m'avoir si bien accueillie en cours de route, et à Sandrine Croity-Belz, Patricia Rossi et Davina Solomiac pour leur soutien précieux dans la dernière ligne droite de ce travail.

Merci aux doctorant·e·s et post-doctorant·e·s rencontrés durant ces années Lila, Léa, Dickens, Martin, Maël, Sarah, Sergio, Alejandro, Wiltony, Margot, Margaux, Simone, Perrine, David, Paul, Nita, Mathieu, Violène, Anaïs, Sophie, Baptiste, Marie-Cécile, Tassadit, Capucine, Sabine, Farah, Lorena, Mathieu, Julie, Matthieu, Mélanie, Lucile, Elorri, Xavier, Marlène, Audrey et toutes les personnes que je n'ai pas citées ici. J'ai apprécié chacun des moments partagés et j'espère qu'ils seront encore nombreux.

Enfin, merci aux personnes qui m'ont ouvert la porte des centres de tri, et merci à toutes les personnes qui m'ont donné de leur temps en me faisant confiance pour me livrer un bout d'elles-mêmes et de leur travail.

Toute ma gratitude et mes pensées pour Karine C, qui a joué un rôle essentiel.

Merci à la team RESACT et Psycho(kwak) de l'ENAC pour vos encouragements.

Merci les memeurs pour le soutien et les running gags sans fin. Je pourrais écrire des pages entières pour vous remercier, mais je me contenterais ici de vous dire merci pour tout. Sans vous, tout cela n'aurait pas eu la même saveur. Ce n'était pas vraiment un long fleuve tranquille, mais malgré les tourbillons et les tempêtes, si c'était à refaire je recommencerais mille fois pour avoir la chance de vous rencontrer.

Sophie, Tassadit, Anaïs, j'ai tellement apprécié nos semaines de rédaction à Monteils, à Montpellier ou Leucate, ces bulles de travail serein hors du temps. Je me sens tellement chanceuse d'avoir pu vivre ces moments de thèse avec vous.

Merci à mes colocs d'avoir partagé un bout de ma vie dans cette période si particulière. Mélanie, merci pour tes éclairages sur le secteur du tri en début, et pour toutes nos autres discussions qui n'avaient rien à voir avec la thèse. Julie, merci pour toutes ces années d'amitié, ton grain de folie et tes mots justes. Eva, merci d'avoir été une coloc et amie en or pendant deux années pas toujours évidentes, que tu as su rendre plus douce, à ta manière, ainsi que pour la découverte de la vraie cuisine mexicaine. Johanna, arrivée dans la période la plus intense, merci d'avoir été ce soutien au quotidien et merci pour les délicieux repas. M-C, membre d'honneur de la coloc, en plus d'être une amie incroyable, tu as été une super coach de fin de thèse. Vous êtes des Queens !

Merci à mes amis et ma famille, qui m'ont offert des moments ressourçants ces dernières années, que ce soit à Toulouse, Montpellier, Leucate, Monteils, Béthune, au Canigó, à Bonascres et même à Orléans, vous vous reconnaitrez.

Yann, merci pour tout, je suis ravie de te compter parmi mes amis et de partager cette aventure « ergo » avec toi, du master à la thèse en passant par le RESACT, hâte de découvrir ce que les prochaines années nous réservent !

Marine, merci pour toutes ces années d'amitié et ton soutien depuis tout ce temps.

À toutes les personnes qui ont pris sur leur temps pour relire une ou plusieurs parties de ce travail : Marie-Cécile, Evelyne, Violène, Adrien, Mélanie, Yann, Sophie, Baptiste, Mathieu, Eva, Ludovic, Diane, sans oublier évidemment Béatrice et Irène, merci pour vos précieuses relectures. Un merci tout particulier à ma mère d'avoir encore la patience de me faire des retours sur mon travail après toutes ces années.

Merci à ma famille. Natacha, Yohan et Aaron pour les moments de rires, de simplicité, et d'amour. Ludo et Gaëtan pour nos discussions que j'aime tant qui me poussent à réfléchir un peu plus au monde qui nous entoure. À ma petite Mamie et tata Marie, pour m'avoir accueillie toujours avec le même enthousiasme pour me voir m'enfermer dans le bureau, merci mamie pour ta compréhension et pour tes encouragements répétés. J'ai également une pensée pour mon autre petite Mamie à qui je pense très fort malgré les kilomètres. Maman, Maryline, pour m'avoir offert un cadre de travail serein, agréable quand j'en avais besoin. Papa (et Kaya !) pour m'avoir accueillie de si nombreuses fois et pour les délicieux repas qui m'ont donné des forces pour avancer. J'ai également une tendre pensée pour mes grands-pères, pour Renée et « Mamie Renée ».

Je termine ces remerciements en adressant tout mon amour et ma reconnaissance à mes parents et mon frère, qui forment, depuis toujours, un socle solide de bienveillance et de soutien inconditionnel.

Résumé

Ce travail de thèse explore la question des transformations en cours ou à venir en lien avec l'Intelligence Artificielle (IA). Le développement de systèmes d'IA dans les situations de travail, tient rarement compte de l'activité des personnes, alors même que ces nouveaux systèmes peuvent profondément transformer le contenu et l'organisation du travail. La question de la transformation du travail par l'introduction de nouvelles technologies n'est pas nouvelle en ergonomie. Toutefois, la rapidité des évolutions et la diversité des possibilités offertes par l'IA, ainsi que les risques associés – standardisation, perte de sens, etc. – renouvellent la question de la place du futur dans l'analyse ergonomique.

L'ergonomie francophone fonde sa spécificité sur l'analyse de l'activité, qui est située dans un contexte social, technique et organisationnel. Dès lors, s'intéresser aux transformations futures soulève des questions théoriques et méthodologiques toujours d'actualité. Dans cette recherche, nous proposons une lecture renouvelée de l'*attitude prospective* proposée par Gaston Berger (1958, 1959), philosophe des années 1950, en l'adaptant à l'échelle des situations de travail et de l'activité. Ainsi, à travers l'interprétation de piliers, qu'il propose – *penser à l'Homme, analyser en profondeur, voir large, voir loin* et *prendre des risques* – nous visons à développer une ergonomie prospective ancrée à l'activité.

Dans cette perspective, il s'agira d'abord de situer notre approche du futur au regard de celles déjà développées en ergonomie. Nous proposerons également d'identifier des situations de travail à enjeux prospectifs, en nous appuyant sur l'analyse de l'activité de différents acteurs exerçant au sein de quatre centres de tri des déchets. À partir de ces analyses, nous élaborerons des esquisses de concept, visant à explorer des pistes de développement technologique tout en interrogeant, au regard de l'activité des opérateurs et de leurs encadrants, les apports et les limites de ces propositions.

Mots-clés : activité, analyse de l'activité, prospective, santé au travail, intelligence artificielle (IA), centre de tri des déchets

Abstract

This thesis explores the current and future transformations related to Artificial Intelligence (AI). The development of AI systems in work situations rarely takes into account the activity of the people involved, even though these new systems can profoundly transform the content and organization of work. The issue of the transformation of work through the introduction of new technologies is not new to ergonomics. However, the rapid pace of change and the diversity of possibilities offered by AI – along with the associated risks, such as standardization, loss of meaning, etc. – renew the question of how to integrate the future into ergonomic analysis.

French-speaking ergonomics is characterized by a specific focus on the analysis of activity, which is situated within a social, technical, and organizational context. Therefore, addressing future transformations raises theoretical and methodological issues that remain highly relevant. This PhD thesis offers a renewed reading of the prospective attitude proposed by Gaston Berger (1958, 1959), by adapting it to the scale of work situations and activities. Through the interpretation of the pillars he identified – thinking of the human being, analyzing in depth, thinking broadly, thinking long-term, and taking risks – this research aims to develop a prospective ergonomics rooted in activity.

In this perspective, the first objective is to position this approach in relation to existing prospective frameworks within ergonomics. This study also seeks to identify work situations with prospective stakes, based on the analysis of the activity of various actors operating in four waste sorting centers. Based on these analyses, conceptual outlines are developed to explore avenues for technological development while critically examining the potential contributions and limitations of these proposals in the light of the activities of operators and their supervisors.

Keywords: activity, activity analysis, prospective, occupational health, artificial intelligence (AI), waste sorting center

Table des matières

Remerciements 3
Résumé 5
Abstract 6
Table des matières 7
Table des figures 13
Listes de tableaux 17

INTRODUCTION GENERALE 21

TRANSFORMATIONS DU TRAVAIL ET ERGONOMIE 21
D'UN TERRAIN DE REFERENCE ENGAGE DANS UNE DEMARCHE D'INNOVATION A UNE APPROCHE PROSPECTIVE : EVOLUTION DU CONTEXTE DE LA RECHERCHE 23
Le projet initial de thèse : un terrain (CAPTUR) engagé dans le développement d'une technologie d'IA 23
Évolution de la recherche : vers une approche prospective 25
PLAN DE THESE 27

PARTIE 1 : L'ERGONOMIE FACE AUX INNOVATIONS TECHNOLOGIQUES DANS UN CONTEXTE DE TRANSITION 29

CHAPITRE 1 : L'INDUSTRIE 4.0 ET LES PROGRES RECENTS EN INTELLIGENCE ARTIFICIELLE : UNE DOUBLE INVITATION A L'INNOVATION POUR LES ENTREPRISES 31
1.1. Les (r)évolutions du contexte industriel au cours des décennies 31
1.1.1. L'industrie 4.0 : définitions et origines de l'industrie 4.0 en France 33
1.1.2. Comprendre l'Intelligence Artificielle (IA) et sa place dans le 4.0 : un enjeu pour les SHS 37
1.1.2.1. Une histoire qui remonte aux années 1950 37
1.1.2.2. Éléments de définitions : Intelligence Artificielle (IA) et Systèmes d'Intelligence Artificielle (SIA) 38
1.1.2.3. Des définitions qui se heurtent à des controverses 38
1.1.2.4. Les termes associés à l'IA : deep learning, machine learning, big data 39
1.1.3. Enjeux éthiques : plusieurs maillons qui concernent tous les acteurs de la conception 40
1.1.4. Des enjeux relatifs à la transformation des situations de travail : entre promesses et craintes 43
1.2. L'IA comme réponse possible aux problématiques relatives à la santé et sécurité au travail dans l'industrie 4.0 ? 46
1.2.1. Développement technologique de l'IA en santé au travail : états de lieux des possibles envisagés 46
1.2.2. L'IA pour répondre aux problèmes de santé au travail ? Le cas des troubles musculosquelettiques 49
1.2.2.1. Une évolution des modèles étiologiques de survenue des TMS : des modèles biomécaniques à des modèles multifactoriels 50
1.2.2.2. Des modèles de diagnostic pour la prévention prenant en compte la dimension multifactorielle des TMS 52
1.3. Vers le développement d'outils à partir des données issues de l'activité : usages souhaitables et risques 53
1.3.1. Le développement d'outils de prévention des TMS : vers un retour aux modèles biomécaniques ? 54
1.3.2. IA, travail et prospective : Application concrète d'une démarche prospective 55
POINT D'ETAPE 57

CHAPITRE 2 : LES APPORTS DE L'ANALYSE DE L'ACTIVITE FACE AUX TRANSFORMATIONS DU TRAVAIL 59
2.1. L'analyse de l'activité de travail comme socle de l'ergonomie 59
2.2. L'approche constructive : des régulations aux marges de manœuvre, le développement du sujet dans le cadre de l'analyse de l'activité de travail 63
2.2.1. Les régulations de l'activité : un processus continu d'adaptation face aux variabilités et aux transformations du travail 64

2.2.2. La marge de manœuvre situationnelle : un élément clé dans l'analyse des régulations de l'activité pour prévenir les troubles musculosquelettiques (TMS) 66
2.2.2.1. La variabilité gestuelle comme expression de MMS pour faire face aux TMS 69
2.2.2.2. Les variabilités interindividuelles et situationnelles pour l'analyse des régulations 72
2.2.3. Le cadre de l'organisation comme structurant pour l'analyse des régulations de l'activité 73
2.2.4. La dimension collective comme espace de régulation possible 75
2.3. Regard sur l'activité des encadrants de proximité : des spécificités à prendre en compte pour analyser la situation de travail et leur activité 76
2.3.1. Régulation de l'activité, régulation d'un système de production : une distinction à prendre en compte dans l'analyse de l'activité d'encadrants de proximité 77
2.3.2. L'intégration de SIA dans le travail des encadrants : un risque de contrôle exacerbé et de diminution des marges de manœuvre des personnes encadrées ? 78
2.4. Transformations du travail et rapport(s) au(x) futur(s) de l'ergonomie : d'une ergonomie de « correction » à une ergonomie « de conception », vers une ergonomie prospective ? 79
POINT D'ETAPE 83

CHAPITRE 3 : LE DEVELOPPEMENT D'UNE PENSEE PROSPECTIVE EN ERGONOMIE 85
3.1. Naissance d'une discipline engendrée par les évolutions du monde : la prospective de Gaston Berger 85
3.1.1. La pensée de Gaston Berger (1955-1960) : l'attitude prospective 86
3.1.2. Gaston Berger une vision anthropocentrée de la technique : considérations sur les fins et les moyens 89
3.1.3. Les évolutions de la prospective : de la prospective de Berger aux prospectivistes contemporains 91
3.2. Une nécessité de penser les futurs en ergonomie : naissance d'une approche prospective de l'ergonomie 93
3.2.1. Faire place au futur en ergonomie : les prémisses d'une dimension prospective 93
3.2.2. L'Ergonomie Prospective (EP) pour innover : apports et considérations théoriques 95
3.2.2.1. Le cas de développement d'approches prospectives : diversité de terrains d'application, de méthodes et des représentations variées de l'activité 97
3.2.2.1.1. Les méthodes axées sur les fondements créatifs et prospectifs : l'exemple des personas et des scénarios 97
3.2.2.1.2. Le développement d'approches prospectives intégrant l'analyse de l'existant 99
3.2.2.2. Les limites de l'EP dans le cadre de cette recherche 100
3.2.3. Une Prospective du Travail (Pueyo, 2022) pour penser des « utopies concrètes » 101
3.3. Développer une attitude prospective intégrée à l'ergonomie de l'activité : le projet de la thèse 102
3.3.1. L'éclairage de la prospective de Berger pour l'ergonomie 104
3.3.2. La nécessité d'opérer un glissement d'échelle – sociale et temporelle - pour s'intéresser à l'activité tout en développant une orientation prospective 105
POINT D'ETAPE 106

PARTIE 2 : LE SECTEUR DU TRI – PROBLEMATIQUE, TERRAINS ET METHODE 107

CHAPITRE 4 : PROBLEMATIQUE DE RECHERCHE CENTREE SUR LES APPORTS DE L'ANALYSE DU TRAVAIL ET DE L'ACTIVITE POUR DEVELOPPER UNE ATTITUDE PROSPECTIVE EN ERGONOMIE 109
4.1. Projets techno-poussés et enjeux de santé au travail : des constats qui appellent au développement d'une ergonomie prospective 110
4.2. Contexte de la recherche et évolutions des orientations de la recherche en lien avec le Covid-19 114
4.3. Proposition d'adaptation des piliers prospectif de Berger à l'échelle des situations de travail .. 117
4.3.1. Penser aux acteurs et actrices de terrains pour penser à l'homme 117
4.3.2. Analyser l'activité pour analyser en profondeur 118
4.3.3. Voir large pour inscrire l'analyse de l'activité dans un contexte plus global 119
4.3.4. Voir loin : comment penser les temporalités pour élargir les champs de possibles 119
4.3.5. Prendre des risques : sortir du cadre pour avancer 120

4.3.6. Proposition d'adaptation de l'attitude prospective de Berger à l'analyse ergonomique de l'activité 121
4.4. Questions et axes de recherche 123

CHAPITRE 5 : LE SECTEUR DU TRI DES DECHETS UN SECTEUR SOUMIS A DE NOMBREUSES EVOLUTIONS ET INNOVATIONS 127
5.1. Le secteur du tri : un secteur soumis à de nombreuses évolutions législatives, réglementaires et techniques 127
5.1.1. Législation autour du déchet : classifications et typologies de déchets 127
5.1.2. Des politiques environnementales qui favorisent le développement du secteur du tri 129
5.1.3. Un contexte impliquant de nombreux acteurs 131
5.1.3.1. Les producteurs de déchets 131
5.1.3.2. Les usagers 132
5.1.3.3. Les acteurs responsables de la collecte 132
5.1.3.4. Les acteurs des centres de tri 133
5.1.3.5. Les transporteurs qui acheminent les produits sortants 134
5.1.5.6. Un contexte économique à prendre en compte 134
5.1.4. Des évolutions qui conduisent à des modernisations des centres de tri. Vers des centres de tri 4.0 ? 135
5.2. Les centres de tri : du hall de stockage au produit sortant 138
5.2.1. Le hall de stockage 138
5.2.2. Le process technique en amont de la cabine 139
5.2.3.1. Les produits triés issus de la collecte sélective 142
5.2.3.2. Les produits triés issus des encombrants 142
5.3. La cabine de tri et le travail en cabine 143
5.3.1. Les risques pour la santé des agents de tri 144
5.3.2. Les recommandations de la norme NF X 35-702 pour la conception des postes de tri 145

CHAPITRE 6 : DEMARCHE DE RECHERCHE, PRESENTATION DES QUATRE TERRAINS D'ETUDE ET METHODOLOGIE 147
6.1. Du projet initial à une approche prospective : contexte de la recherche et choix des terrains .. 147
6.2. Démarche de recherche à partir des « piliers » de l'attitude prospective 149
6.3. Présentation générale des quatre centres de tri de la recherche 152
Centre de tri A 152
Centre de tri B 153
Centre de tri C 153
Centre de tri D 153
6.4. Méthodes de recueil et de traitement de données mobilisées 154
6.4.1. Observations ouvertes en cabine : entre agents de tri et encadrants de proximité 154
6.4.2. Observations du cours de l'activité des agents de tri 155
6.4.3. Réalisation d'entretiens semi-directifs 156
6.4.4. Réalisation d'autoconfrontations 158
6.4.5. Évaluation de 8 extraits vidéo 158
6.4.6. Observations ciblées chefs d'équipe 158
6.4.7. Récapitulatif du recueil de données de la recherche 159
6.5. Méthodes d'analyse des données 160
POINT D'ETAPE 161

PARTIE 3 : L'APPROPRIATION DES CARACTERISTIQUES DE L'ATTITUDE PROSPECTIVE DE BERGER POUR PROPOSER UNE ERGONOMIE PROSPECTIVE ANCREE A L'ACTIVITE ..... - 163 -

CHAPITRE 7 : ANALYSER L'ACTIVITE POUR POUVOIR « PENSER A L'HOMME » ET « ANALYSER EN PROFONDEUR » 165
7.1. Contextualisation de la situation de travail dans laquelle se déroule le tri : premiers éléments sur la base d'observations ouvertes en cabine de tri 166
7.2. Trier : Une activité complexe rendue visible par l'engagement du corps 167
7.3. Régulation de l'activité : l'anticipation pour agir en se préservant et maintenant la qualité 168
7.3.1. Le tri une activité qui engage les sens : percevoir l'environnement pour identifier au plus tôt les produits à extraire 168

7.3.1.1. L'importance des informations visuelles pour identifier et anticiper 168
7.3.1.2. Les éléments provenant de l'environnement sonore comme source d'anticipation complémentaire 171
7.3.1.3. Toucher les produits pour les reconnaître et identifier des caractéristiques complémentaires 172
7.3.2. Le développement de stratégies de tri 174
7.3.2.1. Soulever pour identifier l'ensemble du flux 177
7.3.2.2. Déchirer pour reconnaître : des informations visuelles supplémentaires 178
7.3.2.3. Séparer pour affiner la qualité 178
7.3.2.4. Étaler la matière pour réaliser un tri collectif de qualité 180
7.3.2.5. Transférer pour éviter de sur-solliciter son corps 180
7.3.2.6. « Balayer » la matière pour éviter de sur-solliciter son corps 182
7.3.2.7. Des stratégies tournées vers soi, la qualité et le collectif 182
7.4. Une anticipation et la mise en place de stratégies pas toujours possible 183
7.4.1. Le flux de produits comme déterminant majeur de l'activité 183
7.4.2. La conception des postes comme facteur limitant 189
7.5. Réguler l'activité : des stratégies de rattrapage pour fonctionner en mode dégradé 191
7.5.1. Développer des stratégies pour « rattraper » 191
7.5.1.1. Fouiller pour identifier et ne rien rater 193
7.5.1.2. Pousser pour sauver la qualité 193
7.5.1.3. Retenir la matière pour gagner du temps 193
7.5.2. Réaliser des arbitrages 194
7.6. L'analyse du travail et de l'activité des agents de tri dans des situations variées : constances et variabilités pour commencer à voir large 198
7.6.1. Éléments de variabilités techniques et organisationnelles entre les CDT A et C 198
7.6.2. D'un centre de tri ancien à un plus récent : des contraintes toujours présentes 200
7.6.2.1. Une conception des postes potentiellement limitantes : l'exemple du poste mix plastique CDT C 200
7.6.2.2. Un effet « vague » qui pèse sur les possibilités de développement de l'activité 200
7.6.2.3. L'exemple du « transfert » de produit d'une main à l'autre limitée par la complexité du tri 202
7.6.2.4. Le risque d'une vision réductrice des TMS : L'exemple de considérations réductrice sur la santé et les TMS qui semblent se confirmer sur le CDT C 204
7.6.3. Des ressources à développer 206
7.6.3.1. Le caractère automatique du geste et l'importance de cette variabilité gestuelle à prendre en compte pour éviter une forme de standardisation délétère 206
7.6.3.2. Des solutions techniques et organisationnelles variées pour faire face aux contraintes : focus sur 3 variabilités situationnelles importantes du point de vue des possibilités de régulations 207
7.7. Éléments de discussion du premier axe d'analyse : analyser en profondeur 212
POINT D'ETAPE 216

CHAPITRE 8 : « VOIR LARGE » UNE APPROCHE CROISEE QUI DONNE A VOIR PLUS PRECISEMENT LES CONTRAINTES RENCONTREES AU COURS DE L'ACTIVITE 217
8.1. Organisation et travail prescrit des encadrants sur les CDT 218
8.2. L'analyse de l'activité des cheffes de cabine pour mieux comprendre la situation de travail en cabine de tri 219
8.2.1. À l'interface entre la cabine, les trieurs et le process : un rôle clé dans la régulation de la production et les possibilités de marges de manœuvre des trieurs 220
8.2.1.1. Environnement spatial et technique des cheffes de cabine sur les 4 CDT 220
8.2.1.2. Réguler la production pour préserver la variabilité gestuelle des agents de tri 222
8.2.1.3. Des données chiffrées nécessaires mais insuffisantes : quelles informations et quelles possibilités pour réguler la production ? 222
8.2.1.3.1. Informations prises en compte par la cheffe de cabine à partir des données chiffrées disponibles 222
8.2.1.3.2. Informations prises en compte par la cheffe de cabine à partir du produit entrant 223

8.2.1.3.3. Informations prises en compte par cheffe de cabine à partir du produit sortant 226
8.2.1.4. Les informations issues de l'observation du travail et de l'activité : une source d'informations pour les cheffes de cabine 227
8.2.1.4.1. Prise en compte de la variabilité gestuelle et de la préservation de la santé 228
8.2.1.4.2. Une priorisation des informations issues de l'activité de tri variable selon les cheffes de cabine 230
8.2.1.4.3. Agir pour éviter les bourrages 231
8.2.2. L'activité des cheffes de cabine : un levier face aux aléas quotidiens en cabine de tri et sur le process 234
8.2.2.1. Trier en cas d'absences ou besoin de renfort : un soutien pour le collectif et la production 234
8.2.2.2. Former les nouvelles et nouveaux arrivants « dans l'urgence » : entre CDT B et CDT C une diversité de prise en charge par les cheffes de cabine 234
8.2.2.3. Pour certaines le ressenti d'un manque de lien aux « encadrants » de plus haut niveau hiérarchique 235
8.2.3. Les variabilités organisationnelles liées aux marges de manœuvre données aux cheffes de cabine 237
8.2.4. Le travail des cheffes de cabine et les marges de manœuvre pour l'activité des trieurs 238
8.3. L'analyse de l'activité des chefs d'équipe pour mieux comprendre la situation de travail hors cabine 240
8.3.1. Présentation des chroniques d'activité des chefs d'équipes : à l'interface entre la cabine et le hors cabine 240
8.3.2. La régulation de la production : un équilibre entre produits entrant, sortant et respect des contraintes réglementaires 248
8.4. Éléments de discussion du second niveau d'analyse : « Voir large » pour élargir la compréhension des situations de travail et identifier des situations de travail à enjeux prospectifs 249
8.4.1. La trémie un des principaux leviers de régulation de la production à l'échelle des cheffes de cabine 249
8.4.2. L'organisation des expéditions et réception de produit : un des aspects de régulation de la production à l'échelle des chefs d'équipe 249
POINT D'ETAPE 252

CHAPITRE 9 : « VOIR LOIN » A PARTIR DE TENDANCES GLOBALES ET « PRENDRE DES RISQUES » 253
9.1. Positionnement du chapitre : proposition de formalisation de la dimension prospective 254
9.2. L'analyse de l'activité comme appui pour adopter une vision globale des situations de travail et identifier des situations à enjeux prospectifs 255
9.3. Voir loin : construire une vision prospective des évolutions du travail de tri des déchets à partir de l'activité 258
9.3.1. Un terrain de référence structurant pour une approche prospective des transitions dans le secteur du tri des déchets : l'exemple de CAPTUR 258
9.3.1.1. Entre opportunités et risques : confronter les usages possibles de CAPTUR aux réalités des centres de tri 258
9.3.1.2. Faire du terrain CAPTUR une référence pour élargir le champ des possibles et identifier les différents niveaux à considérer 262
9.3.1.3. Prendre en compte les politiques publiques en lien avec le secteur du tri (macro-déterminants) 265
En matière de gestion des déchets 265
En matière d'industrialisation 267
9.3.2. Positionnement explicite du cadre temporel considéré 268
9.4. Prendre des risques : construire des Esquisses de Concept issues de l'analyse de l'activité 269
9.4.1. Les situations jouant un rôle dans l'anticipation pistes possibles favorisant le développement des MMS 269
9.4.2. Identification d'espaces de régulations à développer pour les situations de travail à enjeux prospectif identifiés 271
9.4.3. Exemples de proposition de pistes d'orientation prospective à partir d'esquisse de concept 272

Exemple n °1 : Favoriser l'anticipation à travers une meilleure visibilité sur la pureté du flux de produits entrants 276
Exemple n°2 : Anticiper les flux de produits entrants/sortants grâce à une visibilité sur les camions sur la journée et la semaine 281
9.5. Éléments de discussion du dernier niveau de l'approche prospective : « Voir loin » et « Prendre des risques » 284
POINT D'ETAPE 286

PARTIE 4 : DISCUSSION GENERALE 287

PENSER A L'HOMME ET ANALYSER EN PROFONDEUR : L'ANALYSE DU TRAVAIL ET DE L'ACTIVITE COMME ANCRAGE POUR POSER LES BASES D'UNE REFLEXION PROSPECTIVE 289
Les régulations de l'activité : première piste d'un travail soutenable 289
Les marges de manœuvre : espace de régulation et ressource pour l'activité 290
Les régulations comme première expression de la créativité dans l'activité : une ressource pour penser le travail autrement 291

VOIR LARGE, VOIR LOIN ET PRENDRE DES RISQUES : DEVELOPPER L'ATTITUDE PROSPECTIVE DE BERGER POUR PROPOSER UNE APPROCHE PROSPECTIVE ANCREE A L'ACTIVITE 292
Une comparaison-différenciation pour enrichir les connaissances en termes de variabilités de situations pour voir large 292
Une relecture du cadre temporel et de la notion de futurs possibles et souhaitables pour voir loin 293
L'analyse de l'existant pour baliser la « prise de risque » évoquée par Berger 294
L'attitude prospective et les notions d'espaces et de lieux de l'activité pour orienter les Esquisses de concept 296

LES CONDITIONS NECESSAIRES AU DEVELOPPEMENT D'UNE APPROCHE PROSPECTIVE POUR L'ELABORATION D'ESQUISSES DE CONCEPTS 297
Le cadre temporel et contextuel de la recherche : une ouverture à une approche prospective 297
Quand la demande n'est plus formulée : d'une demande opérationnelle à des préoccupations sociétales liées au contexte de transition 299
La prospective fondée sur l'analyse de l'activité : un enjeu pour explorer les transitions 300
Des esquisses de concept à visée prospective : une première piste d'orientation pour le développement technologique 301

PROPOSITION D'UNE ERGONOMIE PROSPECTIVE ANCREE A L'ACTIVITE : SPECIFICITES ET POINTS DE CONVERGENCES AVEC LES APPROCHES DE CONCEPTION ET DE PROSPECTIVE DEVELOPPEES EN ERGONOMIE 302
Proposition de représentation des différentes démarches au regard des trois fondements : prospectifs, créatifs, et ergonomiques 304
Résumé des approches de la prospective en ergonomie et positionnement de l'approche proposée 307

EN CONCLUSION 310
Construire une posture de recherche prospective en dehors d'une recherche-action : entre opportunités et limites 310
Perspectives et apports de la recherche 311

BIBLIOGRAPHIE ..... - 313 -

Table des figures

Figure 1. Contexte initial du projet de thèse : un terrain engagé dans le développement technologique CAPTUR 23

Figure 2. Schéma des six leviers de compétitivité de l'industrie du futur, d'après le rapport annuel de 2016 Alliance Industrie du Futur 34

Figure 3. Schéma des sous-domaines de l'intelligence artificielle : machine learning et deep learning, inspiré de Kulin et al. (2020) 40

Figure 4. Schéma de fonctionnement des systèmes d'IA et les trois niveaux d'enjeux à considérer 41

Figure 5. Modèle d'apparition des TMS selon l'INRS (2023) 51

Figure 6. Modèle de diagnostic pour la prévention des TMS (Bellemare et al., 2002) enrichit par Buchmann et Landry (2010) 52

Figure 7. « Le schéma à 5 carré » inspiré de Leplat & Cuny (1977) et enrichi par De Terssac et Christol (1978), qui ont mis en évidence les relations entre les éléments du système (cité par Jansou et al., 2024, p.43) 64

Figure 8. Modèle de compréhension des situations de travail centré sur la personne et son activité (Vézina, 2001) 66

Figure 9. Marge de manœuvre situationnelle (Coutarel & Petit, 2013) 68

Figure 10. Activité et geste en lien avec les TMS (Vézina, 2001) 70

Figure 11. Schéma intégrant les notions de chaîne de déterminants (Albert, 2023) et de macro-déterminants (Van Belleghem, 2011) au « schéma à 5 carré » inspiré de Leplat & Cuny (1977), et enrichi par De Terssac et Christol (1978) cité par Jansou et al. (2024) 75

Figure 12. Développement conjoint du sujet et de la situation à travers l'activité médiatisée (Petit et Dugué, 2013, p.224) 80

Figure 13. Schéma récapitulatif : proposition d'intégration des différentes notions présentées au modèle de la double régulation 83

Figure 14. Contexte initial du projet de thèse : un terrain engagé dans le développement technologique CAPTUR 115

Figure 15. Évolution du terrain CAPTUR comme cadre de référence de notre approche prospective 116

Figure 16. L'articulation des piliers de Berger adapté à une approche prospective de l'activité 122

Figure 17. Contexte institutionnel et réglementaire dans lequel s'inscrivent les centres de tri (en bleu le chemin des déchets ; en jaune les liens réglementaires possibles ; en rouge les cotisations financières aux éco-organismes) 131

Figure 18. Exemple d'organigramme d'un centre de tri et de valorisation des déchets 133

Figure 19. Exemple d'un hall de stockage de la collecte sélective (CDT B) 138

Figure 20. Exemple d'un hall de stockage encombrants (CDT C) 139

Figure 21. Trémie d'alimentation (CDT B). À gauche, vue du hall ; à droite, vue du process 139

Figure 22. Photographies de l'intérieur d'un trommel (CDT B) 140

Figure 23. Photographies de l'intérieur d'un crible étoilé (CDT B) 140

Figure 24. Exemple d'un overband (CDT A) 141

Figure 25. Schéma simplifié du fonctionnement d'un trieur optique 141

Figure 26. Photographie de produits triés mis en balles 142

Figure 27. Combustible solide de récupération (CSR) 142

Figure 28. Traversée du process technique pour arriver en cabine de tri (CDT C) 143

Figure 29. Exemple de cabine de tri (CDT C) 143

Figure 30. Zone d'évolution des membres supérieurs pour un agent de tri : (à droite) positionné à 45° (à gauche) positionné à 90 % (D'après l'INRS, 2015). 145

Figure 31. Démarche méthodologique à partir d'une lecture des piliers de Berger 149

Figure 32. Schéma représentant les apports des terrains dans l'identification de Situations de Travail à Enjeux Prospectifs pour la proposition d'Esquisses de concept et de pistes d'orientation prospectives 151

Figure 33.Photographie de l'intérieur de la cabine de tri (à gauche le CDT A durant une pause, et à droite le CDT C)..... 166

Figure 34. Photographie d'agents de tri en poste (CDT A). De gauche à droite : poste JRM ; poste JRM basculé en GM ; poste carton..... 168

Figure 35. Chronique de l'orientation du regard au cours de l'activité de tri selon les caractéristiques du flux de produit sur le tapis. Trieuse 1 ligne A poste n°9, sur un flux JRM/GM (CDT A). 170

Figure 36. Chronophotographie de Trieuse 1 à partir d'une séquence vidéo de 6 secondes et extrait d'autoconfrontation – la trieuse située sur le premier poste de la ligne A JRM/GM 173

Figure 37. Chronophotographie de l'activité d'un trieur (à gauche) et d'une trieuse (à droite) sur un poste JRM/GM dans un centre de tri de la collecte sélective (CDT A) 176

Figure 38. Chronophotographie d'une trieuse qui soulève un produit en début de poste ligne B 177

Figure 39. Chronophotographie trieuse en fin de ligne A (flux JRM)..... 179

Figure 40. Chronophotographie d'une trieuse qui étale la matière (la flèche en bleu montre un produit qui sert de repère pour l'avancée du tapis ; en orange la zone devant la trieuse où elle étale le produit)..... 180

Figure 41. Chronophotographie du transfert d'un produit saisi en amont vers la main situé en aval du flux 181

Figure 42. Chronophotographie du transfert d'un produit saisi en aval vers la main situé en amont du flux 181

Figure 43. Différents types de stratégies de tri mises en place 182

Figure 44.Photographie d'une ligne JRM basculée en GM en raison d'une quantité de produit trop importante pour assurer une qualité optimale..... 184

Figure 45. Représentation schématique du poste 9, ligne B (CDT A) associée à la chronique d'activité (Figure 45) 189

Figure 46. Chronique d'activité du poste 9 de la ligne B (CDT A) 190

Figure 47. Représentation schématique du poste 14, ligne carton (CDT A) avec exutoire en aval 191

Figure 48. Chronique d'activité de l'engagement du corps du Trieur 5 sur un poste de tri en fonction des variations des quantités du flux de produits (poste « de finition » en fin de ligne) (CDT A). En fond vert, les moments où le tapis est en partie visible en arrivant à hauteur du trieur, en fond rouge les moments où le tapis est entièrement recouvert de produits. 192

Figure 49. Chronophotographie et données d'autoconfrontation d'une trieuse qui retient le produit en fin de ligne. Les produits retenus sont entourés en bleu et l'orientation du regard de la trieuse est représentée par la flèche blanche. 194

Figure 50. Schéma décisionnel d'une situation où un journal est dans un emballage plastique en fin de ligne JRM (CDT A), à partir de données d'entretiens 195

Figure 51. Schéma décisionnel d'une situation de basculement JRM/GM (CDT A), à partir de données d'entretiens.....196

Figure 52. Extrait d'une chronique de l'activité d'un trieur sur le poste mix plastique (flux qualifié de difficile par les trieurs) CDT C.....200

Figure 53. Catégorisation des verbatim issues de 15 entretiens à la question « Qu'est-ce qu'une bonne journée de travail ? » (CDT C) à partir du schéma à 5 carrés (Leplat & Cuny, 1977). Entouré en rouge le nombre de réponses s'inscrivant dans chaque catégorie 201

Figure 54. Schéma représentant les possibilités de mises en place de stratégies en fonction de la quantité du flux de produit.....203

Figure 55. Possibilités de stratégies mises en place à l'échelle du poste et évolution en lien avec la diminution des marges de manœuvre 212

Figure 56. Possibilité de mise en place de stratégies de régulation et diminution des marges de manœuvres liées aux caractéristiques et à la quantité du produit entrant.....213

Figure 57. Rappel de l'organisation hiérarchique entre l'équipe de trieur, la cheffe de cabine et le chef d'équipe 218

Figure 58. À gauche, photographie depuis la cabine de supervision du CDT B, à droite, photographie de l'écran de supervision (IHM) situé en cabine de tri CDT C.....220

Figure 59. Représentation schématique du tri à effectuer à partir de données qualitatives concernant la variation de l'arrivée des produits sur la semaine à partir des verbatim de Trieuse 1 et cheffe de cabine remplaçante, 45 ans, CDT A **(**Région Nouvelle-Aquitaine) 224

Figure 60. Représentation schématique du tri à effectuer à partir de données qualitatives concernant la variation de l'arrivée des produits sur la semaine à partir des verbatim de Trieuse cheffe de cabine, CDT C (Région Occitanie).....224

Figure 61. Résumé des différentes sources d'informations prises en compte par une cheffe de cabine pour réguler la production (à partir de données d'observations et d'entretiens en situation CDT B) 229

Figure 62. Photographie de la trémie d'alimentation vue depuis le process. Un tuyau a été enroulé de sorte à éviter un bourrage (CDT A).....232

Figure 63. Photographie de remplissage de la trémie (à gauche) et explications de la cheffe de cabine sur le « bon » remplissage de la trémie (à droite). En rouge le remplissage est problématique pour la répartition du produit, et en vert le remplissage correct. 233

Figure 64. Analyse des régulations des cheffes de cabine au regard de l'activité des agents de tri et du conducteur du hall.....239

Figure 65.Chronique de l'activité du chef d'équipe 1 poste du matin (CDT B).....241

Figure 66. Extrait de la chronique d'activité chef d'équipe n°1(CDT B) ciblé sur le remplacement du cariste absent.....242

Figure 67. Extrait de la chronique d'activité détaillée chef d'équipe n°1 de 8h à 12h durant une journée considérée comme difficile (vendredi) (CDT B).....243

Figure 68. Chronique de l'activité d'un chef d'équipe 2 poste du lundi matin (22 juillet) (CDT B) ..245

Figure 69. Chronique de l'activité d'un chef d'équipe (CDT D) (en fond rouge sont représentés des problèmes au niveau de la trémie) 247

Figure 70. Analyse des régulations des cheffes de cabine au regard de l'activité des agents de tri, des chefs d'équipes et du conducteur du hall.....250

Figure 71. Schéma de la situation de travail des agents de tri mettant en évidence des macro-déterminants ayant des effets sur la variabilité des situations et les possibilités de développement des marges de manœuvre, à partir du modèle présenté par Jansou et al. (2024)..... 256

Figure 72. Penser les espaces interconnectés à la situation d'implantation pour développer une pensée prospective et explorer d'autres possibles 263

Figure 73. Rappel des principales évolutions des politiques publiques concernant la gestion des déchets (En vert les objectifs concernant plus directement la collecte sélective uniquement ; en orange ceux concernant les encombrants) 265

Figure 74. Identification d'une situation de travail à enjeux prospectif pour le développement de l'activité des trieurs..... 273

Figure 75. Schéma représentant les apports des terrains dans l'identification de Situations de Travail à Enjeux Prospectifs pour la proposition d'esquisses de concept et de pistes d'orientation prospective. Exemple n°1. 276

Figure 76. Schéma simplifié de la proposition technologique d'Esquisse de concept n°1 277

Figure 77. Localisations éventuelles sur la chaîne de tri et dans le centre de tri de l'Esquisse de concept n°1 278

Figure 78. Localisations éventuelles sur la chaîne de tri et dans le centre de tri de l'Esquisse de concept n°2 282

Figure 79. Autres possibilités de localisation sur la chaîne de tri pour la proposition d'Esquisses de Concept 284

Figure 80. Apports de l'approche prospective pour la conception, à partir du schéma de la temporalité des situations de conception (d'après Midler, 1996 ; cité par Béguin, 2004)..... 298

Figure 81. Proposition de représentation schématique des trois approches de l'ergonomie (EP, prospective du travail et ergonomie prospective ancrée à l'activité, inspirée des trois « fondements » de l'EP (Brangier & Robert, 2014) 305

Listes de tableaux

Tableau 1. Résumé des approches de la prospective en ergonomie 113

Tableau 2. Résumé de la proposition de lecture des « piliers » de l'attitude prospective de Berger adaptés à l'activité 123

Tableau 3. Tableau adapté des constats des forces et faiblesses, des menaces et des opportunités établies par les acteurs du secteur du tri (CNI, 2019). 136

Tableau 4. Présentation des principales caractéristiques des quatre centres de tri de cette recherche 152

Tableau 5. Récapitulatif méthodologique sur les 4 sites 159

Tableau 6. Organisation des chapitres de résultats au regard des piliers de Berger et de leur appropriation ..... - 163 -

Tableau 7. Rappel de l'organisation des chapitres de résultats au regard des piliers de Berger : *penser à l'homme* et *analyser en profondeur* 165

Tableau 8. Tableau résumé des actions techniques 175

Tableau 9. Répartition des équipes des agents de tri et horaires de travail en cabine sur les CDT A et C 198

Tableau 10. Dimension collective des postes de tri CDT A et CDT C 199

Tableau 11. Stratégie d'anticipation « transfère » sur le poste de tri « Mix plastique » CDT C 202

Tableau 12. Récapitulatif des situations rencontrées 205

Tableau 13. Analyse de contenu des entretiens par recherche de mots-clés mobilisés spontanément par les agents de tri pour qualifier les gestes et stratégies mises en place 207

Tableau 14. Rappel de l'organisation des chapitres de résultats au regard des piliers de Berger : *voir large* 217

Tableau 15. Récapitulatif par site de l'organisation spatiale et technique de la supervision pour les cheffes de cabine 221

Tableau 16. Résumé des situations problématiques et leurs conséquences en lien avec la qualité du produit entrant 226

Tableau 17. Régulation de la production : difficultés à anticiper 247

Tableau 18. Rappel de l'organisation des chapitres de résultats : *voir loin* et *prendre des risques* 253

Tableau 19. Possibles et souhaitables identifiés concernant la technologie CAPTUR à partir des discussions collectives et des entretiens réalisés sur le CDT A 261

Tableau 20. Exemples de situations de travail comportant des risques d'insuffisance de marge de manœuvre 270

Tableau 21. Tableau récapitulatif des pistes de réflexions et d'orientations prospectives en lien avec l'Esquisse de concept n°1 279

Tableau 23. Tableau récapitulatif des pistes de réflexions et d'orientations prospectives en lien avec l'Esquisse de concept n°1 283

Tableau 24. Résumé des approches de la prospective en ergonomie incluant l'ergonomie prospective ancrée à l'activité 309

Ce manuscrit suit la convention grammaticale de l'accord masculin en cas de mixité. Toutefois, il est essentiel de rappeler que les agents de tri comprennent des personnes de tous genres, sans qu'une prédominance ne soit observées dans le cadre de cette recherche. Par ailleurs, nous avons choisi de féminiser les intitulés de métiers majoritairement occupés par des femmes dans nos terrains d'étude (cheffes de cabine) et d'utiliser le masculin pour ceux où une majorité d'hommes a été rencontrée (chefs d'équipe).

Introduction générale

Transformations du travail et ergonomie

Depuis la fin du XVIII^{ème} siècle, la société a été marquée par trois révolutions industrielles qui ont transformé le monde du travail. La première révolution a été rendue possible grâce au développement de la machine à vapeur, permettant de mécaniser les industries. La seconde s'est produite un siècle plus tard, poussée par l'énergie électrique et pétrolière. Plus récemment, à partir des années 1970, le secteur industriel s'est progressivement automatisé, grâce aux progrès technologiques et à l'informatique. Ces transformations nous conduisent aujourd'hui aux portes de la quatrième révolution industrielle, caractérisée par l'essor de nouvelles technologies liées à l'internet des objets, et entre autres, aux progrès récents réalisés dans le domaine de l'Intelligence Artificielle (IA). Dans ce contexte, le développement technologique dans les entreprises est encouragé par les politiques publiques, et s'avère nécessaire pour faire face à la concurrence dans de nombreux secteurs. Ces politiques conduisent parfois à des démarches de conception « techno-poussées » où des projets sont entrepris simplement parce que les avancées technologiques en permettent la réalisation, sans véritable considération des besoins réels. Or, les ergonomes défendent l'idée selon laquelle il est plus pertinent de concilier ces nouvelles possibilités avec une connaissance préalable de l'activité des personnes à partir des réalités du terrain. Cela permet de penser en premier lieu les fins visées plutôt que de s'appuyer uniquement sur les possibilités en termes de moyens et de réalisations techniques. Ainsi, l'ergonomie défend la nécessité de développer des approches anthropocentrées ayant pour objectif de comprendre les situations dans lesquelles évoluent les personnes.

Face à ces transformations en cours, les ergonomes sont impliqués dans des processus de transitions où les effets de ces transformations (mutations) ne sont pas encore observables. Toutefois ces transformations comportent de forts enjeux en termes d'anticipation des effets sur l'activité, la santé des travailleuses et travailleurs et la performance globale des entreprises concernées. En lien avec ces transformations, l'IA se développe et renforce davantage des défis auxquels est confrontée l'ergonomie dès les premières étapes de la conception (Guérin et al., 2021). Dans ce contexte de transition où encore peu de données empiriques existent sur les usages concrets et les effets réels de l'introduction de Système d'Intelligence Artificielle (SIA) sur le travail et la santé, il devient d'autant plus nécessaire d'anticiper des usages potentiellement délétères, et de penser des développements qui soient favorables (Barcellini et

al., 2024 ; Zouinar, 2020). En réponse à ces défis, l'Ergonomie Prospective a été développée ces dernières décennies (Robert & Brangier, 2009 ; Brangier & Robert, 2014). Ce pan de l'ergonomie à vocation prospective vise à « anticiper les futurs besoins, usages et comportements ou à construire les futurs besoins en vue de créer des procédés, produits ou services qui leurs sont bien adaptés » (Brangier & Robert, 2014, p.4). Les recherches-interventions réalisées et s'inscrivant en Ergonomie Prospective (EP), cherchent davantage à développer et introduire des méthodes basées sur la créativité que sur l'analyse de l'existant. De fait, l'analyse de l'activité se heurte au « paradoxe de l'ergonomie de conception » (Pinsky & Theureau, 1992), qui souligne l'impossibilité d'analyser l'activité dans les situations futures puisqu'elles n'existent pas encore. Pour contourner ce paradoxe, certains travaux se détournent de l'analyse de l'activité, et consistent davantage à mettre en œuvre des méthodes basées sur la créativité, où l'analyse de l'activité existante est parfois absente. Les cas d'applications de démarches prospective en EP sont issus de demandes – ou parfois d'une volonté de l'ergonome – de développer des outils et des services hors des situations de travail. Or, l'évolution technologique transforme de fait les situations de travail. Pueyo (2022) développe alors une « Prospective du travail » qui s'intéresse aux transformations futures du travail en tenant compte des effets de ces transitions sur les milieux de travail et les populations. À travers cette approche elle propose d'étendre sa recherche en dehors des cadres de l'activité, en intégrant des dimensions sociales et organisationnelles plus larges, et en explorant la manière dont ces transformations redéfinissent les rapports entre l'individu, l'organisation et la société.

Il nous semble que, dans le cadre d'une visée prospective de l'ergonomie, l'analyse de l'activité est un point d'ancrage fort tant elle est riche d'informations sur les variabilités, le sens et les savoir-faire mis en œuvre dans les situations de travail vécues. Elle donne ainsi des possibilités de compréhension, d'anticipation et de mise en exergue de savoir-faire et de difficultés à considérer pour penser le futur. Cela permet également de préserver des atouts qui assurent la santé et la performance des situations de travail, alors qu'ils peuvent être ignorés ou invisibilisés lors du déploiement de certaines méthodologies prospectives visant le foisonnement de la créativité.

D'un terrain de référence engagé dans une démarche d'innovation à une approche prospective : évolution du contexte de la recherche

Le projet initial de thèse : un terrain (CAPTUR) engagé dans le développement d'une technologie d'IA

Le titre initialement formulé lors de la soumission du projet de thèse était « Concevoir des outils d'Actimétrie Pour un Travail et des Usages Raisonnés » (CAPTUR). Ce titre reposait sur un premier travail de recherche, débuté en amont du projet de thèse[1], basé sur un projet de conception collectif et pluridisciplinaire (*cf.* Figure 1).

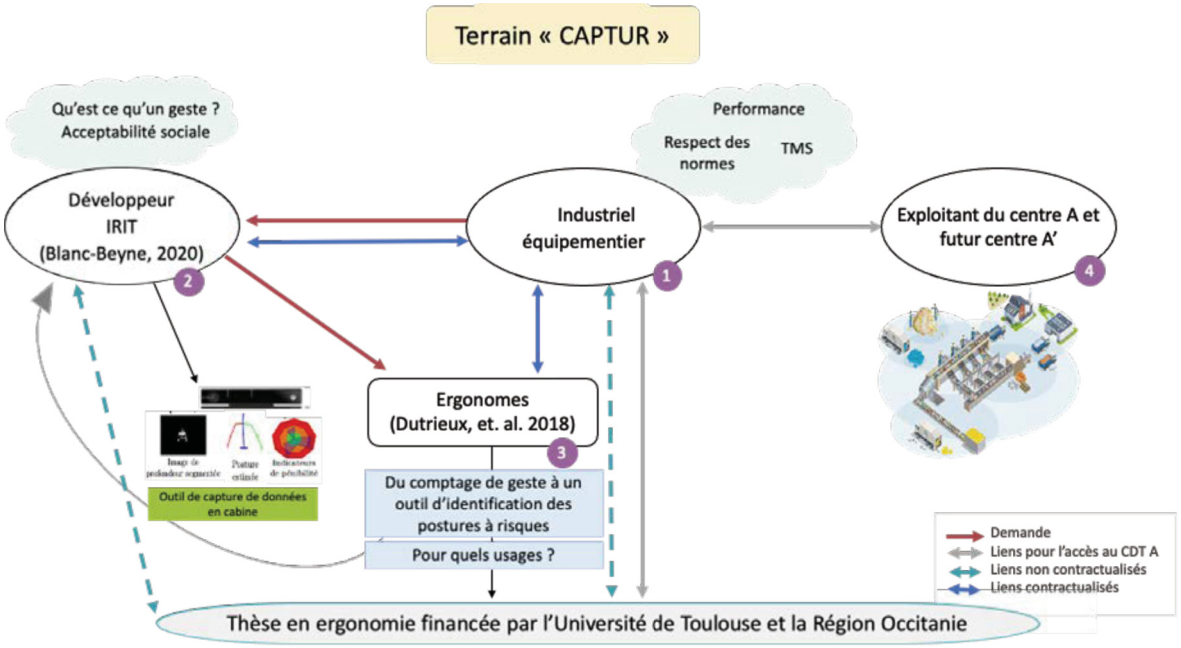


Figure 1. Contexte initial du projet de thèse : un terrain engagé dans le développement technologique CAPTUR

La demande avait été formulée par un industriel équipementier (*cf.* Figure 1, n°1) auprès de chercheurs en informatique (*cf.* Figure 1, n°2) (Blanc-Beyne, 2020). Il s'agissait ici pour ces chercheurs, de concevoir un outil basé sur une caméra de profondeur, permettant d'identifier certains éléments observables de l'activité physique d'opérateurs et opératrices. Le terrain d'application se focalisait sur le travail des agents de tri œuvrant dans les centres de tri des déchets recevant l'ensemble des emballages ménagers. La demande de l'industriel était initialement axée sur un comptage de gestes – au sens de la norme de conception de ces centres de tri (NF X 35-702). L'objectif était d'obtenir un retour sur la conception des postes afin d'identifier et de prévenir l'apparition des troubles musculosquelettiques (TMS), tout en

[1] Cette recherche-action réalisée en amont a été menée par une équipe d'ergonome distincte de cette présente recherche, dont Irène Gaillard, co-directrice de cette thèse faisait partie (Dutrieux, et al. 2018).

maintenant l'atteinte des objectifs de performance accrus prévus sur le futur site intégrant la cabine connectée avec l'outil CAPTUR. Cependant, le travail pluridisciplinaire entre l'équipementier, les informaticiens, et l'ergonome a fait évoluer le projet vers une approche plus globale, systémique et écologique de l'activité physique en passant à des mesures d'angulations de l'ensemble des segments corporels supérieurs des opérateurs. Si cet outil d'analyse posturale paraissait prometteur pour identifier et suivre des indicateurs physiques, mais aussi pour répondre aux normes de préservation de la santé au travail, le cadre de déploiement de cette technologie a amené les industriels et chercheurs – avec leurs enjeux respectifs sur lesquels nous reviendrons – à s'interroger sur la place de leur outil en termes d'acceptabilité sociale et d'usages effectifs de telles nouvelles informations issues de l'innovation technologique.

Notre recherche fait donc suite à une première intervention ergonomique (*cf.* Figure 1, n°3) qui a permis, au travers une analyse de l'activité des trieurs, de proposer une approche non plus centrée sur le nombre d'actions techniques au sens de la norme, mais sur l'identification du positionnement et de l'amplitude des segments corporels supérieurs (Dutrieux et al., 2018 ; Gaillard et al., 2019). La question de la prise en compte de l'écart entre les usages prévus et les usages réels a également été soulevée dans ces premiers travaux autour de l'outil. La thèse s'est initialement inscrite dans la continuité de ce projet de développement technologique. L'intégration à venir dans une future cabine de tri (*cf.* Figure 1, n°4) soulevait alors un ensemble de questions, notamment vis-à-vis de l'usage des données produites : quels usages feront réellement les encadrants de ces données chiffrées sur l'activité physique des trieurs et trieuses produite par la nouvelle technologie ? Ces nouvelles données produites seront-elles utilisées uniquement comme un outil de prévention des TMS ? Seront-elles utilisées pour optimiser la production et au risque d'augmenter les cadences, s'il s'avérait que sur certains postes l'activité physique mesurée était en deçà des préconisations de l'INRS[2] dans la norme de conception des cabines de tri (NF X35-702) ? Quand bien même ces données seraient utilisées comme des informations rendant possible une meilleure prévention des TMS, comment s'en saisiraient les encadrants ? Et quelle place serait donnée aux autres dimensions de l'activité pouvant être une ressource pour la prévention des TMS, comme le collectif ou encore l'organisation du travail ? Ce sont autant de questions qui ont animé le début de cette recherche et qui sont à l'origine de ce travail.

[2] Institut National de Recherche et de Sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles (INRS)

Nous nous trouvions alors dans un projet de conception d'une technologie d'analyse d'images vidéo où la technologie était identifiée, et en cours d'implantation sur un centre de tri en construction (*cf.* Figure 1, n°4). Le projet de cette thèse a été construit avec l'IRIT[3] et l'industriel équipementier, et a débuté en octobre 2019. Le questionnement initial qui avait émergé portait sur les usages qui seraient faits de la technologie. Une demande des industriels se dessinait autour de la question de l'acceptabilité de l'outil CAPTUR, reposant sur le traitement d'images de profondeur, et de la cabine connectée, qui inclut l'outil CAPTUR ainsi que d'autres capteurs d'ambiance intégrés à la cabine de tri. Or, la pandémie de Covid-19 a reporté la construction du nouveau centre de tri (A')[4] intégrant la cabine connectée. Dès lors, il n'était plus possible d'analyser les usages réels de cette nouvelle technologie en situation, puisque la temporalité de recherche dans laquelle s'inscrit cette thèse ne correspondait plus au projet industriel. Ainsi, nous avons réorienté en partie notre réflexion vers une approche prospective afin de travailler l'étude ergonomique d'autres futurs souhaitables. Ce terrain CAPTUR a ainsi un statut particulier puisqu'il est à l'origine de questionnements soulevés dans cette recherche et nous a permis de nourrir une réflexion orientée autour des possibilités offertes grâce à l'IA pour améliorer les conditions de travail et la santé d'opérateurs de tri. Ainsi, le terrain CAPTUR constitue une base de référence qui nous permettra de discuter l'approche prospective que nous proposons. Dans ce cadre, nous avons développé un second axe de recherche prospectif afin d'explorer ce qui se joue en amont de tout projet de conception, en se situant dans le contexte actuel du développement de l'IA dans lequel nous nous trouvons.

Évolution de la recherche : vers une approche prospective

Un premier recueil de données exploratoire réalisé sur le terrain CAPTUR nous a apporté des éléments sur l'activité des trieurs, et nous a permis de mettre en évidence l'importance des régulations de la production mises en place par les encadrants, ainsi que l'importance du tri entrant (réalisé par les usagers) dans l'activité de tri. Ces données d'observation de l'activité nous ont également permis d'appréhender la complexité du système que constitue l'activité de tri, et de comprendre que les enjeux de chaque agent de tri et encadrant en cabine étaient liés et interdépendants les uns des autres, nécessitant une compréhension globale du fonctionnement

[3] Institut de Recherche en Informatique de Toulouse.

[4] Nous distinguons le CDT A qui correspond au centre de tri initial (avant travaux) du CDT A' qui est le centre de tri intégrant la cabine connectée ainsi que l'outil CAPTUR.

du centre de tri pour comprendre les régulations mises en place au cours de l'activité, et identifier les marges de manœuvre dont ils disposent en cabine de tri.

De nouvelles questions se sont ensuite posées, et ont été formulées en prenant en compte aussi bien les problématiques révélées par la trajectoire d'évolution du terrain CAPTUR, que celles ouvertes par le travail prospectif visant à penser d'autres possibles souhaitables. Nous avons alors mis en place de nouveaux partenariats, avec trois autres centres de tri, qui n'étaient pas concernés par le déploiement de l'outil CAPTUR, afin de mettre en place une démarche prospective exploratoire visant à mieux connaître l'activité de tri et le rôle des encadrants, tout en ouvrant la réflexion sur d'autres développements technologiques possibles.

Ainsi la question « opérationnelle » qui a guidé notre recherche était la suivante : d'autres usages de l'IA semblent-ils plus souhaitables pour répondre à la problématique des TMS ? Afin d'apporter des pistes de réflexion, nous nous sommes alors interrogés sur les apports de l'analyse de l'activité pour guider un raisonnement orienté vers une activité future. Cela nous conduit alors à la question suivante : **comment l'analyse de l'activité peut-elle apporter une orientation de développement technologique dans un contexte de transformations techno-poussées par les progrès de l'IA ou plus largement les progrès technologiques ?**

Plan de thèse

Nous commencerons par exposer les enjeux généraux de la thèse. Dans le **chapitre 1**, nous présenterons les enjeux relatifs au développement technologique poussé par la transition vers une industrie 4.0, et les liens qui existent entre l'industrie 4.0 et l'IA. Nous situerons également la place occupée par les questions de santé au travail dans ce contexte d'évolution technologique, à travers la problématique des troubles musculosquelettiques (TMS). Dans le **chapitre 2**, nous montrerons la place centrale qu'occupe l'activité et son analyse au sein de l'ergonomie dite francophone, et son absence parfois dans les projets de conception et de développement technologique. Enfin, dans le **chapitre 3** nous montrerons que dans cette optique de développement technologique il convient de questionner le futur, qu'il soit proche ou lointain, et de s'intéresser à la prospective, depuis sa naissance comme discipline, ainsi qu'à son appropriation au sein de l'ergonomie, ses limites et ses potentialités. Cela nous conduira à discuter la prospective et la notion d'activité, centrale en ergonomie, à partir d'un éclairage des travaux de Berger (1956, 1958, 1959).

Après avoir présenté ces notions importantes pour ce travail, nous aborderons dans une seconde partie, la présentation des terrains analysés et la méthodologie mise en œuvre. Cette partie s'articule en 3 chapitres. Le **chapitre 4** expose la problématique, ainsi que nos axes de recherche. Le **chapitre 5** présente le secteur du tri et les aspects techniques, réglementaires et organisationnels globaux du secteur, et enfin, le **chapitre 6** présentera la démarche de recherche et la méthodologie mise en place dans le cadre de cette thèse.

La troisième partie correspond à l'analyse des données de terrains, déclinée en plusieurs niveaux d'analyses inspirés des cinq « piliers » de la prospective proposés par Gaston Berger, et dont nous proposons une adaptation pour l'ergonomie par une approche centrée sur l'analyse l'activité. Le **chapitre 7** propose un premier niveau d'analyse de l'activité de trieurs dans un centre de tri des déchets. Dans **le chapitre 8**, l'analyse de la situation de travail sera élargie en y intégrant notamment l'analyse de l'activité aux encadrants. Enfin, le **chapitre 9** s'appuiera sur les analyses des chapitres 7 et 8, pour identifier les différents « lieux » de l'activité pour proposer de cibler des « situations de travail à enjeux prospectif » et proposera quelques pistes de développement technologique à discuter.

Enfin, la dernière partie de ce document mettra en discussion les résultats obtenus, ouvrant ainsi des pistes de réflexion autour des liens existants et ceux à construire entre prospective,

ergonomie et activité, dans un contexte où le développement de l'IA et, plus largement les transitions, nous invitent à penser dès à présent un futur qui reste encore à construire.

PARTIE 1 : L'ergonomie face aux innovations technologiques dans un contexte de transition

Cette partie vise à positionner les principaux enjeux de cette recherche du point de vue des transformations du travail en lien avec le développement de Systèmes d'Intelligence Artificielle (SIA) en cours et à venir dans le secteur industriel (Chapitre 1). Elle permet également de préciser le cadre théorique de ce travail de recherche qui s'inscrit dans le courant de l'ergonomie de l'activité (Chapitre 2). Enfin, les liens entre ergonomie de l'activité et le(s) rapport(s) au(x) futur(s) dans les projets de conception et de développement technologique seront présentés, en mobilisant les travaux existants sur l'approche prospective de l'ergonomie (Chapitre 3).

Chapitre 1 : L'industrie 4.0 et les progrès récents en Intelligence Artificielle : une double invitation à l'innovation pour les entreprises

1.1. Les (r)évolutions du contexte industriel au cours des décennies

Le secteur industriel a connu de nombreuses évolutions au cours des derniers siècles. À la fin du XVIII^{ème}, l'invention de la machine à vapeur et la mécanisation ont marqué un tournant faisant basculer la société d'un mode de vie basé sur l'artisanat et l'agriculture, à une société progressivement dominée par l'industrie. Cette transformation a ouvert la voie à de nouvelles possibilités de fabrication, conduisant à l'émergence d'une consommation de masse. À la fin du XIX^{ème} siècle, l'exploitation du pétrole, du gaz et de l'électricité ont permis l'utilisation du moteur à explosion, un élément clé de la seconde révolution industrielle. Plus récemment, le développement informatique a donné lieu, à la fin du XX^{ème} siècle, au développement des « nouvelles technologies de l'information et de la communication », portées notamment par l'arrivée d'internet et les progrès technologiques, qui ont conduit à une troisième révolution industrielle façonnant un peu plus la société et les environnements de vie et de travail d'aujourd'hui. Actuellement, nous sommes dans une période qualifiée de quatrième révolution industrielle, avec le développement de l'*industrie du futur*, auquel nous préférerons les termes d'*industrie 4.0* tant elle appartient au présent davantage qu'au futur. L'industrie 4.0 renvoie à un ensemble de transformations en cours ou à venir[5], tant d'un point de vue technique que technologique, et se veut – en théorie – inscrite dans une démarche sociale prenant en compte la question de la transition écologique. Cette quatrième révolution industrielle est associée en partie à l'essor des objets connectés dits « intelligents », elle renvoie à des outils technologiques très variés tels que l'internet des objet (IoT)[6], les Systèmes Cyber-Physiques (CPS)[7], les robots, les cobots (i.e., robots collaboratifs), pouvant inclure la réalité augmentée (RA) ou la réalité virtuelle (RV). Le développement d'innovations s'inscrivant dans la liste précitée repose également en partie sur les progrès de l'IA.

[5] Nous emploierons trois notions proches sur lesquelles nous reviendrons dans le chapitre 3, il s'agit des termes *transition, transformation* et *mutation*. La *transformation* est un terme plus général, qui est précédé d'une étape plus instable de *transition,* qui conduit à *des mutations*. La *transition* correspond au processus de la transformation, et la *mutation* correspond au produit de cette *transformation* (Pueyo, 2020).

[6] Le terme IoT ou « *Internet Of Things* » renvoie au *« monde d'objets, d'appareils et de capteurs qui sont interconnectés par internet. »* (Saleh, 2017).

[7] Le terme de CPS ou « *Cyber-Physical System* » fait référence aux *« systems of collaborating computational entities which are in intensive connection with the surrounding physical world and its on-going processes, providing and using, at the same time, data-accessing and data-processing services available on the internet. ».*

Ces révolutions du milieu industriel ont été le rouage de transformations profondes de la société à tous les niveaux : économique, environnemental, social, etc. Nos façons de consommer ont changé drastiquement en quelques décennies (e.g., consommation de masse, tertiarisation), nos façons de travailler aussi à la suite de la mécanisation puis de l'automatisation d'une partie des systèmes de production, et plus largement nos façons de vivre (e.g., développement des populations en zone urbaine). L'industrie 4.0 est également porteuse de transformations avec l'intégration croissante de technologies numériques, de l'IA et de l'automatisation de processus industriels. Les spécificités de cette quatrième révolution résident dans sa rapidité et sa complexité, notamment en raison de la diversité des technologies impliquées et de la multiplicité des concepts qu'elle englobe. Par ailleurs, c'est la première révolution industrielle que l'on qualifie de la sorte d'emblée, et non rétrospectivement (Drath & Horch, 2014). Elle repose sur les évolutions technologiques des dernières décennies, avec un lien notable, bien que non exclusif, aux progrès récents de l'IA.

Compte tenu de son récent essor médiatique, l'IA a bénéficié d'une visibilité accrue aux yeux du grand public. Cette mise en lumière fait suite à l'accessibilité, en novembre 2022, à ChatGPT une IA générative qui donne une nouvelle dimension à cette branche de l'informatique dont la naissance ne date pourtant pas d'hier. Une analyse du journal Le Monde (2023) intitulée « L'année 2023 sous le signe de l'Intelligence Artificielle » souligne cette exposition ; en effet, ce ne sont pas moins de 35 128 mentions dans les médias français qui ont eu lieu cette année-là, d'après le média Stratégie (2023)[8]. Si cette médiatisation a suscité un engouement notamment en raison des possibilités offertes par ChatGPT, elle a également rapidement soulevé aux yeux du grand public des préoccupations plus profondes qui font écho aux recherches scientifiques déjà engagées. Parmi elles, des préoccupations sont clairement formulées en matière d'éthique ou d'usages des outils, mais elles concernent aussi des transformations plus globales à venir associées à ce développement, particulièrement concernant le monde du travail. À l'instar des drones qui ont nécessité une adaptation de la réglementation aérienne, ou du développement du travail distanciel qui a conduit à l'évolution des règles encadrant le télétravail dans les entreprises, l'IA bouscule aujourd'hui les cadres légaux et organisationnels existants. Pour n'en citer qu'un exemple, France Culture (2023) intitule un de ses sujets « Les progrès de l'intelligence artificielle vont-ils rendre le travail obsolète ? ». Ainsi, la question des usages des technologies émergentes basées sur l'IA, est

[8] Ces chiffres proviennent de l'institut Onclusive, société spécialisée dans la veille médiatique.

cruciale pour l'élaboration de cadres légaux et éthiques souhaitables pour les travailleuses et travailleurs concernés. Dans cette recherche **nous abordons l'IA en nous focalisant sur les futurs souhaitables pour la préservation de conditions de travail soutenables**[9] **pour les travailleuses et travailleurs**.

1.1.1. L'industrie 4.0 : définitions et origines de l'industrie 4.0 en France

Le terme d'industrie 4 .0 est relativement large et la littérature, tant française qu'internationale, foisonne de définitions qui ne délimitent pas clairement les contours de ce terme : parfois défini par ses objectifs et principes, d'autres fois par les types de technologies utilisées, ou bien encore par les finalités de ces outils. En 2015, Hermann et al., partant de ce constat ont réalisé une revue de littérature des travaux anglophones et germanophones, afin d'en proposer une définition :

> Industrie 4.0 is a collective term for technologies and concepts of value chain organization. Within the modular structured Smart Factories of Industrie 4.0, CPS monitor physical processes, create a virtual copy of the physical world and make decentralized decisions. Over the IoT, CPS communicate and cooperate with each other and humans in real time. Via the IoS, both internal and crossorganizational services are offered and utilized by participants of the value chain[10] (Hermann et al., 2015) (p.11)

Cette définition, très orientée vers le système technique, donne peu à voir la place des femmes et des hommes engagés dans ces situations de travail. Or ce terme renvoie également plus largement à une « volonté politique forte de modernisation des outils de production. » (Barcellini, 2019). Nous retiendrons de *l'industrie 4.0* l'idée de développement de nouvelles industries incluant notamment l'intégration, dans les milieux de travail, d'un ensemble de capteurs et de techniques mêlant informatique traditionnelle et IA, et donnant aux travailleuses et travailleurs de nouveaux outils et cadres de travail. Au-delà des nouvelles technologies et innovations, l'industrie 4.0 représente une transformation plus large du milieu industriel dans la mesure où elle ne se limite pas aux procédés de production, mais entraîne des évolutions structurelles et organisationnelles profondes (Piccarozzi et al., 2018).

[9] Le travail soutenable fait référence à des situations de travail permettant aux travailleuses et travailleurs, de pouvoir préserver leur santé et leur employabilité tout au long de leur carrière. La soutenabilité du travail est définie comme « un système de travail bio-compatible, adapté aux propriétés fonctionnelles de l'organisme humain et à leur évolution au fil de l'existence ; ergo-compatible, donc propice à l'élaboration de stratégies de travail efficientes ; et socio-compatible, donc favorable à l'épanouissement dans les sphères familiale et sociale, à la maîtrise d'un projet de vie » (Gollac et al., 2008) (*cf.* Partie 2.2.1.).

[10] L'Industrie 4.0 est un terme générique désignant les technologies et concepts d'organisation de la chaîne de valeur. Au sein des usines intelligentes (*Smart Factories*) à structure modulaire de l'Industrie 4.0, les systèmes cyber-physiques (CPS) surveillent les processus physiques, créent une copie virtuelle du monde réel et prennent des décisions de manière décentralisée. Grâce à l'Internet des objets (IoT), les CPS communiquent et coopèrent entre eux ainsi qu'avec les humains en temps réel. *Via* l'Internet des services (IoS), des services internes et inter-organisationnels sont proposés et utilisés par les acteurs de la chaîne de valeur.

L'industrie 4.0 est définie par le Conseil National de l'Industrie (CNI) comme « un ensemble de transformations des systèmes de production permises par les nouvelles technologies, qui permettent à l'industrie de gagner en compétitivité et en flexibilité et d'innover mais aussi de répondre aux nouvelles exigences environnementales et sociales » (Conseil National de l'Industrie, 2023). Cette définition met l'accent sur les objectifs visés par l'industrie 4.0, et illustre l'étendue de ce concept. L'Alliance Industrie du Futur (AIF) propose en 2016 six « leviers de compétitivités » (*cf.* Figure 2) sur lesquels agir pour se diriger vers une industrie du futur : nouveaux modèles économiques et sociétaux, stratégies et alliances ; relations clients/fournisseurs ; usines et lignes/îlots connectés, pilotés et optimisés ; technologies de productions avancées ; objets connectés et internet industriel ; nouvelle approche de l'homme au travail, organisation et management innovants. Ces leviers sont ensuite déclinés en vingt-neuf « thématiques ».



Figure 2. Schéma des six leviers de compétitivité de l'industrie du futur, d'après le rapport annuel de 2016 Alliance Industrie du Futur

Ce schéma montre la diversité des technologies, la pluralité des objectifs visés et l'ensemble des transformations qui pourraient y être associées. Nous notons notamment la présence d'un

levier intitulé « nouvelle approche de l'homme au travail organisation et managements innovants ». Cette considération explicite de « l'homme au travail » à travers les six thématiques traitées (i.e., conduite du changement, assistance physique, assistance cognitive, qualité de vie au travail et applications mobiles et sociales) est une avancée positive pour la prise en compte des questions de santé au travail. Cependant, ce découpage par thèmes considérant « l'homme au travail » comme un « levier de compétitivité » questionne quant à ce que cela implique réellement concernant la prise en compte de la santé des personnes et comment cela peut se traduire concrètement dans le contenu du travail[11]. De plus, la réalisation de ce volet humain n'est pas précisée. Bien qu'il ait été inclus dans les objectifs initiaux de l'industrie 4.0, il semble avoir été négligé dans les développements qui ont eu lieu jusqu'à présent (Valette et al., 2023). Toutefois, plusieurs auteurs soulignent que cette valorisation du travail humain dans les discours institutionnels masque une réalité plus complexe : les transformations du travail restent un impensé du programme « Industrie du Futur », largement structuré autour d'une modernisation technologique dictée par l'intégration des systèmes cyberphysiques et des objets connectés (Barcellini, 2019). Ce constat, partagé par une communauté scientifique qui dépasse les frontières des sciences humaines et sociales, a été souligné par certains auteurs issus de disciplines informatiques (Becker et al., 2023; Vogel-Heuser & Bengler, 2023). Ce manque de prise en compte du volet humain, au profit du développement technologique, a conduit à l'émergence du terme d'« industrie 5.0 », visant à réaffirmer la nécessité de la prise en compte de l'humain dans les processus de conception, afin d'assurer la durabilité[12] et la résilience des systèmes. « L'industrie 5.0 » qui s'inscrit dans le cadre de la quatrième révolution industrielle, correspond à une actualisation de terme « industrie 4.0 »[13] en mettant l'accent sur la nécessité de mettre la technologie au service des personnes. Par ailleurs, contrairement à ce que son nom suggère, elle ne se limite pas exclusivement au secteur industriel, mais s'étend à d'autres secteurs. Par exemple, le domaine de la santé et le milieu hospitalier sont également concernés à travers le développement de la « médecine 4.0 » (Wolf & Scholze, 2018), tout comme le secteur agricole avec « l'agriculture 4.0 », qui utilise des technologies numériques innovantes pour une agriculture de précision reposant sur l'analyse de données (Rose et al., 2021).

[11] Le terme « contenu du travail » tel qu'il est utilisé dans cette recherche englobe les tâches, l'organisation du travail et l'activité.

[12] La durabilité des systèmes fait référence à la capacité d'un système à se maintenir et à évoluer sur le long terme sans compromettre ses propres conditions de fonctionnement.

[13] Nous partageons la vision véhiculée par le terme d'industrie 5.0. Cependant, nous poursuivons dans cette partie en employant le terme d'industrie 4.0 puisqu'il s'agit du terme utilisé initialement et qui est employé dans les sources citées ensuite. Peu de travaux intègrent déjà le terme d'industrie 5.0, qui est beaucoup plus récent.

Le concept d'industrie 4.0 est apparu en Allemagne dès 2011 (Mercier-Laurent, 2020). Deux ans plus tard, en 2013, la France s'en est saisie à travers le projet Nouvelle France Industrielle (NFI) lancé officiellement par le président de la République le 14 avril 2015, *via* le programme « Industrie du futur ». Dans ce contexte, l'Alliance Industrie du Futur a été créée pour accompagner les entreprises dans cette transition. Depuis, de nombreux financements publics ont vu le jour autour de projets d'innovation (gouvernement, 2016) qui sont encore aujourd'hui largement encouragés à travers des appels incluant une grande diversité de projets de modernisation. À titre d'exemple, dans un appel à manifestation d'intérêt (AMI) autour de l'industrie du futur datant d'avril 2023 (France Num, 2023), les projets éligibles devaient correspondre à des « actions de modernisation d'un outil/process de production ». Cela renvoie à un ensemble de projets cités dans cet AMI : l'automatisation (robotique, cobotique, ligne « intelligente ») ; l'organisation industrielle (gestion des flux, qualité, traçabilité) ; la numérisation (impliquant les technologies immersives telles que la réalité virtuelle et augmentée) ; les procédés avancés de production ; « l'opérateur du futur » associé à « adaptation, ergonomie de travail, réduction de la pénibilité ». Enfin une conclusion portant sur « les engagements des entreprises en matière de transition écologique » était mentionnée. Ainsi, si la diversité des termes associés à l'industrie du futur était déjà notable dans le rapport annuel de l'Alliance Industrie du Futur de 2016, à travers un ensemble de mots clés en lien avec l'industrie 4.0 (*cf.* Figure 2), il est à souligner que les impacts de ces évolutions sur les conditions de travail, les usages et l'activité restent encore peu documentés.

1.1.2. Comprendre l'Intelligence Artificielle (IA) et sa place dans le 4.0 : un enjeu pour les SHS

L'IA occupe une place importante dans le développement de l'industrie 4.0 ou 5.0. Elle n'est pas son seul moteur, mais y contribue largement.

1.1.2.1. Une histoire qui remonte aux années 1950

Comme nous l'avons vu, l'IA a connu un intérêt grandissant auprès du grand public sur la scène nationale et internationale en 2023, à la suite de la mise à disposition de l'IA générative ChatGPT. Pourtant, l'histoire de l'IA a débuté dans les années 1950, avec les premières réflexions sur la possibilité de créer des machines capables d'imiter l'intelligence humaine. C'est à cette époque qu'Alan Turing a posé les bases théoriques de l'IA avec son célèbre « test de Turing », censé évaluer la capacité d'une machine à reproduire une conversation humaine. Dans les années 1950 et 1960, des chercheurs comme John McCarthy et Marvin Minsky ont poursuivi ces travaux en développant les premiers programmes d'IA et en introduisant des concepts fondamentaux (Cordeschi, 2007).

Cependant, ces soixante-dix années d'existence ont été ponctuées par des « hivers de l'IA ». Bien que les recherches n'aient jamais cessé, ces périodes ont été marquées par une baisse de l'intérêt des acteurs institutionnels, couplée à une diminution des financements. Survenues notamment à la fin des années 70 et des années 80, elles ont résulté d'un manque de puissance de calcul et des limites des modèles existants, freinant ainsi le développement de l'IA (Zouinar, 2020). Entre ces deux « hivers », les années 80 ont été marquées par un nouvel élan avec le développement de systèmes experts, qui visaient à formaliser et automatiser des processus de décision en s'appuyant sur des bases de connaissances structurées et des règles logiques. Ces systèmes, considérés à l'époque comme une avancée majeure en intelligence artificielle, ont été largement adoptés dans des domaines nécessitant une expertise pointue, tels que la médecine ou l'industrie, où ils étaient utilisés pour le diagnostic ou encore l'assistance à la décision (Freyssenet, 1992). Ce n'est qu'à partir des années 2010 que les progrès technologiques, couplés à la révolution Big data, ont permis le développement de l'IA actuelle. C'est en partie grâce à l'accès à des quantités massives de données, disponibles grâce à notre utilisation quotidienne d'internet, qu'a été rendue possible l'utilisation de réseaux de neurones permettant de réaliser des apprentissages profonds (*deep learning*) permettant aux outils d'être plus performants qu'auparavant.

1.1.2.2. Éléments de définitions : Intelligence Artificielle (IA) et Systèmes d'Intelligence Artificielle (SIA)

Le terme « Intelligence Artifcielle » fait l'objet de nombreuses définitions et il est utilisé pour désigner une grande variété de technologies. Zouinar (2020) utilise l'expression IA pour parler de l'ensemble des « machines, algorithmes, ou programmes qui s'inspirent ou tentent de reproduire des facultés humaines comme la compréhension du langage naturel, la reconnaissance d'objets visuels ou le raisonnement dans ses différentes formes. » (Zouinar, 2020, p.3). Cette définition donne à voir la diversité des finalités, et des systèmes que recouvre ce terme. Il est par conséquent difficile d'établir une définition claire et universelle de l'IA. Elle est implantée dans des secteurs variés (e.g., santé, industrie, finance, commerce, etc.), et donne lieu à des champs d'application étendus (e.g., relation client, analyse prédictive, aide au diagnostic etc.). La variabilité des outils et des systèmes qui en découlent (e.g., anticipation de phénomènes météorologiques à l'instar d'El Niño (Geo, 2019) ; aide au diagnostic pour la détection de cancer (Le Monde 2023), etc.), montre combien ces technologies offrent une pluralité de situations d'usages appliqués à divers domaines : prédiction, optimisation, mise en relation, détection, aide à la prise de décision, recommandation (Dejoux, 2020). Le terme d'IA recouvre une grande variété de techniques dont les différentes données « produites » visent des finalités variées. Ainsi, certains auteurs parlent de *Système d'Intelligence Artificielle* (SIA) (Gamkrelidze, 2022 ; Tessier, 2021). Au-delà de la technique, il est important de comprendre ce que représentent les différents types de fonctionnement des SIA, afin de comprendre les enjeux associés d'un point de vue éthique et de ce que cela implique pour les travailleuses et travailleurs amenés à intégrer dans leurs pratiques des SIA (*cf.* Partie 1.1.3.).

1.1.2.3. Des définitions qui se heurtent à des controverses

Un SIA est défini par l'Organisation de Coopération et de Développement Économique (OCDE, 2019) comme « a machine-based system that can, for a given set of human-defined objectives, make predictions, recommendations, or decisions influencing real or virtual environments. AI systems are designed to operate with varying levels of autonomy[14] ». Bien que cette définition nous semble claire et illustre la diversité des systèmes d'IA, il convient de préciser que lorsque les auteurs parlent d'autonomie, « […] cela ne veut pas dire qu'une

[14] « Un système basé sur une machine qui peut, pour un ensemble donné d'objectifs définis par l'homme, faire des prédictions, des recommandations ou des décisions influençant les environnements réels ou virtuels. Les systèmes d'IA sont conçus pour fonctionner avec différents niveaux d'autonomie ».

machine définit ses propres objectifs. Cela veut seulement dire qu'elle peut atteindre sans intervention humaine un objectif donné, celui-ci étant bel et bien fixé par l'homme. » (Deffains, 2019, p.57). De plus, le terme d'*Intelligence Artificielle* est controversé, comme l'illustre le titre de l'ouvrage « L'Intelligence Artificielle n'existe pas » de Luc Julia (2019), co-fondateur de Siri. Il est reproché au terme *intelligence*, attribuée aux machines, de ne pas refléter la réalité et de participer à répandre des craintes infondées, occultant alors les vrais enjeux auxquels nous sommes confrontés aujourd'hui (Tessier, 2021). En effet, dans les discours, le terme IA a tendance à être personnifié[15]. Cela peut faire croire que l'IA comporte une intelligence capable de réfléchir, de raisonner de façon autonome, et de s'adapter aux spécificités des situations réelles qui surviennent. Or les SIA sont conçus et développés par des ingénieurs. Ils sont circonscrits à la conception que ces ingénieurs ont du système, aux choix techniques réalisés et aux données qu'ils décident d'utiliser. Les SIA sont également limités à une ou plusieurs tâches et font des erreurs nécessitant encore l'intervention de personnes humaines pour résoudre des situations complexes. Ce constat rejoint celui de Bainbridge (1983) concernant l'automatisation des tâches, qui soulignait déjà les limites des systèmes automatisés et le rôle indispensable des opératrices et opérateurs dans la gestion des situations imprévues.

1.1.2.4. Les termes associés à l'IA : deep learning, machine learning, big data

Différents termes sont fréquemment associés à l'IA, tels que le *machine learning*, le *deep learning*, ou encore *le big data*, et *small data.* (Kulin et al., 2020). Ils renvoient aux différents niveaux d'apprentissage de l'IA et à des fonctionnements plus ou moins complexes qui correspondent à des sous-domaines de l'IA (*cf.* Figure 3). Le *big data* ou *small data* renvoient au type de données qui vont être utilisées pour permettre aux systèmes développés d'apprendre à partir de ces données.

[15] Par exemple, à travers certaines expressions telle que « l'IA comprend » ou « l'IA décide » qui suggèrent une capacité cognitive similaire à celle d'un humain, alors qu'il s'agit en réalité de traitements algorithmiques.

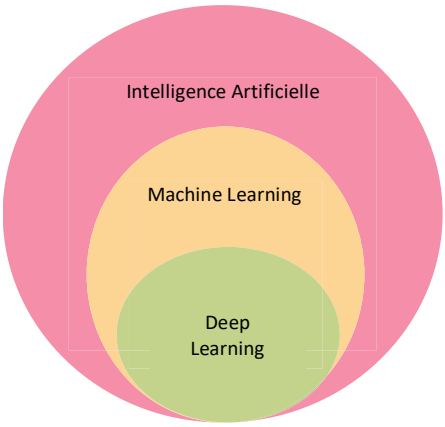


Figure 3. Schéma des sous-domaines de l'intelligence artificielle : machine learning et deep learning, inspiré de Kulin et al. (2020)

L'*Intelligence Artificielle* est une sous-discipline de l'informatique comportant des sous-domaines comme le *machine learning* ou le *deep learning* (*cf.* Figure 3). Ces approches reposent sur des fonctionnements distincts et présentent des niveaux de complexité et d'opacité (boîte noire) variables. Le *machine learning* ou *apprentissage automatique* renvoie à des techniques où l'algorithme apprend à partir de données. Cet apprentissage peut être supervisé, c'est-à-dire que les catégories sont prédéfinies par un humain, ou non supervisé, dans ce cas l'algorithme identifie lui-même des structures dans les données. Le *deep learning* ou *apprentissage profond* qui a connu un essor dans les années 2010, est basé sur des *réseaux de neurones* artificiels qui vont, à partir d'un jeu de données (*dataset*) être capable d'identifier des caractéristiques spécifiques pour catégoriser les données sans que ces catégories ne soient préalablement définies par des ingénieurs.

1.1.3. Enjeux éthiques : plusieurs maillons qui concernent tous les acteurs de la conception

Trois maillons sont à considérer lorsque l'on parle d'IA, pour en comprendre les enjeux associés aux transformations qui en découlent. Premièrement, l'IA nécessite l'utilisation d'un (1) jeu de données ou *dataset* pour fonctionner. Ces données vont permettre (2) aux programmes d'apprendre par eux-mêmes[16] (i.e., apprentissage supervisé, non supervisé, profond etc.) dans le but de produire (3) de nouvelles formes de données (i.e., textuelles, images, etc.) (*cf.* Figure 4). Le tout donne ainsi lieu à la conception d'un outil ou d'un système permettant d'automatiser ou d'assister certaines tâches actuellement réalisées par les travailleuses et travailleurs. Par

[16] Il s'agit ici d'une forme d'apprentissage algorithmique, où les programmes ajustent leurs paramètres en fonction des données et des modèles statistiques, sans véritable compréhension ou raisonnement comme pourrait le faire un humain.

exemple, grâce à la reconnaissance visuelle, il est possible d'identifier des produits non conformes sur une ligne de production.

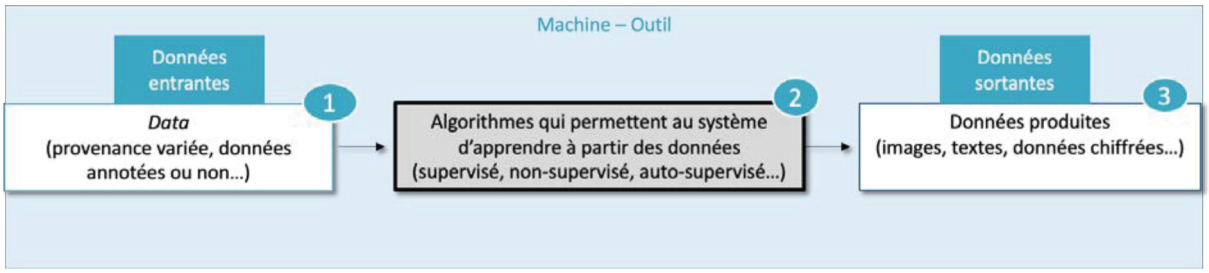


Figure 4. Schéma de fonctionnement des systèmes d'IA et les trois niveaux d'enjeux à considérer

Nous distinguerons ici les *données entrantes utilisées* pour « nourrir » l'IA, et les *données produites* par cette dernière, car il existe des enjeux propres à l'IA pour chacun des trois maillons présentés : au niveau des *données entrantes* (1), au niveau des algorithmes eux-mêmes (2), et au niveau des nouvelles *données produites* (3) (*cf.* Figure 4).

Premièrement, l'utilisation de *data* (1) peut relever de données personnelles. Si aujourd'hui leur utilisation est en partie encadrée avec le Règlement Général de Protection des Données (RGDP), il reste de nombreux flous pour l'utilisateur[17]. Par ailleurs, certains algorithmes d'IA peuvent utiliser des bases de données qui proviennent du travail des « travailleurs du clic », également appelés « microtravailleurs » qui exécutent des tâches simples (e.g. détourer une image) souvent dans des pays défavorisés, mais également en France (Bouquin, 2020; Casilli et al., 2019; Le Monde, 2019). Ces micro-travailleurs représentent une main-d'œuvre à bas coût, et ne bénéficient d'aucune sécurité de l'emploi (Casilli et al., 2019 ; Kulin et al., 2020). Au-delà de leur provenance, les *data* posent également des problèmes relatifs à leurs « caractéristiques ». En effet, les apprentissages algorithmiques (2) qui se font à partir des *data* ont tendance à cristalliser et renforcer les biais, voire les discriminations préalablement faites par l'humain, qu'il s'agisse de stéréotypes racistes ou sexistes par exemple (Le Monde, 2017). Les SIA qui « apprennent » à partir de données biaisées reproduiront ces mêmes biais. Un acronyme existe pour souligner ce phénomène « Garbage in, garbage out »[18] (GIGO). Il souligne l'importance du choix des *data* et le fait que « l'algorithme le plus sophistiqué qui soit,

[17] « L'utilisateur » désigne ici toute personne dont les données peuvent être collectées, parfois sans qu'elle en soit toujours consciente, par divers services numériques (réseaux sociaux, applications mobiles, plateformes en ligne, etc.), alimentant ainsi les bases de données exploitées par les algorithmes d'IA.

[18] Traduit par les auteurs par « Foutaises en entrée, foutaise en sortie » (Bertail et al., 2019).

produira des résultats inexacts et potentiellement biaisés si les données d'entrée sur lesquelles il s'entraîne sont inexactes » (Bertail et al., 2019, p. 10). C'est pourquoi il est important que les ingénieurs ou tout acteur qui conçoit des SIA soient formés aux risques que comportent les biais cognitifs et algorithmiques qui entrent en jeu dès lors que le choix des données entrantes est effectué (Jean, 2019).

Deuxièmement, le traitement des données qui va avoir lieu grâce à différentes techniques d'apprentissages (2) présentant différents niveaux de complexité et des puissances de calcul variables, comporte également un enjeu majeur. Le développement ces dernières décennies du *machine learning* et du *deep learning* (sous-domaines de l'IA ; *cf.* Figure 3) grâce aux réseaux de neurones qui apprennent à partir de données massives, pose des problèmes de transparence et d'explicabilité – y compris pour les ingénieurs eux-mêmes. On parle de « boîte noire » puisque les capacités de calculs sont telles qu'il n'est pas possible de retracer le fonctionnement de certains systèmes d'IA pour arriver à comprendre le résultat produit. L'exemple le plus parlant pour illustrer les enjeux éthiques associés à cette « boîte noire » reste l'utilisation de l'IA en milieu médical. Il se développe des outils qui identifient des masses tumorales sur des radiographies (Khoulqi, 2022). Si le médecin ne voit pas de tumeur mais que l'IA en détecte une, ou inversement, comment savoir précisément sur quels indicateurs l'IA a produit ce résultat ?

Cela concerne également le troisième maillon de la figure (*cf.* Figure 4), à savoir l'outil en lui-même, et les données qu'il produit (3). En effet, les possibilités qu'il offre peuvent poser des questions éthiques du point de vue des mutations engendrées sur les situations de travail et plus largement dans la société. Le développement de nouvelles fonctionnalités, jusqu'alors inexistantes, soulève une multitude de questions éthiques liées entre autres au fait que l'usage de différents systèmes d'IA ne dispose pas encore d'un cadre légal clair. Au-delà de ces enjeux généraux, les finalités de ces systèmes d'IA conduisent, comme tout nouvel outil introduit dans une situation de travail, à transformer le contenu du travail des travailleurs et travailleuses. En raison du large panel de possibilités offertes par l'IA, ces transformations peuvent être plus ou moins importantes. Nous aborderons ce point plus en détail dans la partie suivante.

1.1.4. Des enjeux relatifs à la transformation des situations de travail : entre promesses et craintes

L'IA offre une pluralité de situations d'usages pouvant s'appliquer aux différents secteurs de métiers : optimisation, prédiction, mise en relation, détection, recommandation, aide à la prise de décision (Dejoux, 2020). Le développement de SIA touche tous les secteurs de travail qu'il s'agisse de la santé ou du droit, du secteur bancaire ou industriel, etc. Il concerne de nombreux usages potentiels, et les nombreuses questions qu'il suscite ont soulevé plus de débats que de consensus à ce jour. Par exemple, l'automatisation du travail donne lieu à des positions distinctes entre, d'un côté, celles et ceux qui défendent l'idée que l'IA conduirait à la disparition pure et simple de certains emplois, et d'un autre côté, celles et ceux qui considèrent qu'elle modifierait les situations de travail pour conduire à de nouveaux emplois (Aghion et al., 2019; Casilli, 2019). Deux visions s'opposent, entre une vision de l'IA comme une opportunité « d'intelligence augmentée » et une vision de l'IA vue comme un risque de perte du travail (Casilli, 2019). Après avoir étudié différents modèles statistiques concernant la place de l'automatisation dans le travail, Aghion, Antonin et Bunel (2019) concluent qu'« il est encore trop tôt pour comprendre véritablement l'ensemble des implications de ces technologies en termes de bien-être ». Plus récemment, un rapport de la Commission sur l'Intelligence Artificielle (2024) estime que seuls 5% des emplois seront menacés de disparaître pour un pays comme la France. Pour les autres emplois, il s'agira plutôt d'automatisation de certaines tâches. Par ailleurs, le déploiement de l'IA pourrait créer de nouveaux emplois, à la fois dans des métiers émergents et dans des secteurs traditionnels. Bien que l'avenir de certains métiers soit incertain, un consensus se dessine pour considérer qu'une transformation du contenu du travail surviendra de façon plus ou moins profonde selon les secteurs. En réalité, au-delà des spécificités propres à l'IA, l'industrie 4.0 s'inscrit dans la continuité de ce que nous avons connu jusqu'à présent avec l'automatisation : les enjeux de performance restent centraux (enjeux économiques pour les entreprises) et il en découle des transformations du contenu du travail, mais aussi des savoir-faire. Ces nouvelles situations de travail nécessitent de développer de nouvelles façons de travailler. Les futurs impacts de l'IA sont méconnus et son développement fulgurant ne permet pas aux disciplines concernées d'anticiper et de cadrer en amont ce déploiement. Par exemple, dans le domaine juridique, bien que le sujet interpelle, les usages précèdent souvent l'établissement d'un cadre légal, notamment en matière de droit du travail, de responsabilité pénale ou civile et de protection individuelle.

Le développement de nouvelles technologies permet le développement de nouveaux outils qui transforment l'ensemble de la situation de travail dans lequel il est introduit, les savoir-faire à déployer, ainsi que les effets produit en termes de santé des opérateurs et d'organisation du travail (Rabardel, 1995). Ces nouvelles technologies, dont les finalités sont variées, sont ambivalentes : autant elles représentent une opportunité et sont prometteuses, autant elles comportent des risques pour les femmes et les hommes au travail, notamment en matière de perte d'autonomie, de reconfiguration des collectifs de travail, d'intensification du travail, etc. De façon générale, nous ne nous positionnons ni en faveur, ni contre ces outils d'IA, mais pour un développement raisonné, ciblé et adapté à chaque situation. Dans ce travail de thèse, il s'agira de « dédiaboliser l'IA, sans pour autant l'idéaliser » (Commission de l'Intelligence Artificielle, 2024). **En raison des enjeux et des difficultés à traiter de l'impact de l'IA en milieu de travail, et au regard des fondamentaux de l'ergonomie, nous nous centrerons sur les apports de l'analyse de l'activité en amont des projets de conception afin d'identifier les effets possibles – qu'ils soient souhaitables ou au contraire limitants et potentiellement délétères – que son introduction peut avoir dans certaines situations de travail.**

Les liens entre IA et sciences humaines et sociales, ou même plus directement entre IA et ergonomie ne sont pas nouveaux. Dès les années 80, Bainbridge (1983) souligne les « ironies de l'automatisation », un paradoxe central selon lequel plus un système est automatisé, plus le rôle des travailleuses et travailleurs est indispensable pour gérer des situations imprévues ou intervenir en cas de défaillance, alors même que leurs compétences peuvent s'amoindrir du fait de la réduction de leur implication dans le processus (Bainbridge, 1983). Ainsi, elle préfigure les réflexions actuelles entre IA et ergonomie. Dans Falzon (2004) on trouve également un paragraphe consacré à la question *« Ergonomie et intelligence artificielle (IA) »* (Leplat & Montmollin (de), 2004, p. 57). Les auteurs y abordent les liens entre ergonomie et IA à travers la psychologie cognitive, notamment par l'étude des processus de traitement de l'information et la définition des modalités d'interaction homme-machine, et abordent aussi les systèmes experts comme des outils d'assistance à l'opérateur dont le développement nécessite une analyse fine de l'activité pour identifier les compétences mobilisées. Ils soulignent que l'ergonomie intervient dans la robotique et les systèmes d'aide à la décision, jouant un rôle clé dans la définition des fonctions attribuées aux opérateurs humains et la conception d'interfaces. Ces liens entre ergonomie et IA tendent à se développer, tant les progrès récents en IA permettent de nouveaux usages appliqués à une multitude de secteurs de travail. Toutefois, les

SIA ne se substituent pas totalement aux compétences des travailleuses et travailleurs, mais redéfinissent leur rôle, et nécessitent de redéfinir les tâches, notamment en matière de supervision, d'adaptation aux contextes spécifiques et de gestion des imprévus (Hancke, 2020). Ceci pourrait conduire à des spécialisations et des formes de travail plus techniques. Néanmoins, sur le plan de l'emploi, certains métiers pourraient disparaître ou voir une réduction significative de leurs effectifs. Par exemple, des métiers dans les domaines de la culture et des médias pourraient être particulièrement exposés aux changements induits par l'IA nécessitant une attention particulière des pouvoirs publics pour accompagner ces transitions (Tatar et al., 2024). Sur le plan du contenu du travail, la complexité des situations et des métiers empêche de trouver une réponse uniforme aux défis posés par l'IA. C'est pourquoi il n'est pas évident de penser les transformations du travail à l'échelle nationale, bien qu'il soit essentiel de soulever certaines questions dès à présent afin d'orienter les politiques publiques en prenant en compte différentes hypothèses.

Le consensus, qui semble se dessiner derrière ces différentes réflexions menées au plan national, est que la transformation des situations de travail nécessite d'être traitée d'un point de vue plus local et situé. Dans le cadre de cette recherche, nous considérons l'IA comme un outil « classique ». C'est-à-dire que bien qu'ayant en tête les enjeux éthiques associés à l'IA, il s'agit de considérer les transformations et usages potentiels, en cours ou à venir, comme inscrits dans la continuité des transformations technologiques rencontrées jusqu'alors et dans la continuité des recherches préalablement menées en ergonomie durant les dernières décennies.

Le développement de l'IA contribue, dans le milieu industriel, au développement de l'automatisation et à l'introduction de nouvelles données. L'impossibilité d'anticiper les usages réels qui émergeront de ces nouveaux outils technologiques en situation de travail, de la même façon que les conditions de mise en place des projets et d'intégration des outils (top-down), nous amènent à nous questionner sur les impacts potentiellement délétères pour la santé des personnes concernées par l'intégration de nouveaux systèmes d'IA. Il ne s'agit pas pour autant de négliger le potentiel bénéfique de ces outils qui pourraient également assister les travailleurs et travailleuses.

1.2. L'IA comme réponse possible aux problématiques relatives à la santé et sécurité au travail dans l'industrie 4.0 ?

Bien que l'IA soulève des questions, notamment d'un point de vue éthique (*cf.* Partie 1.1.3.), elle est également prometteuse. Cependant il convient de se demander si ces promesses, rendues possibles par les progrès évoqués précédemment sont réalisables et souhaitables.

1.2.1. Développement technologique de l'IA en santé au travail : états de lieux des possibles envisagés

Comme nous l'avons vu, l'IA recouvre une grande variété de SIA potentiels qui sont déjà intégrés dans des situations concrètes et ouvrent une pluralité de finalités possibles. Gamkrelidze (2022) propose de classer 4 grands types de fonctionnalités des IA de « nouvelle génération » :

- Type I : Les systèmes de reconnaissance, d'aide à la recherche d'informations et analyse de données
- Type II : Les systèmes capables d'effectuer des calculs de probabilités d'apparition d'événements et/ou de poser un diagnostic
- Type III : Les systèmes capables de recommander des décisions ou de proposer des choix d'actions
- Type IV : Les systèmes capables de prendre une décision ou d'agir en partie de manière autonome sans intervention humaine, dans un cadre prédéfini

À travers les différentes finalités offertes par l'IA, plusieurs pistes de développement et d'usages se dessinent. Les acteurs de la conception et de l'innovation technologique s'emparent de ces nouvelles possibilités pour répondre à un enjeu politique majeur : la santé au travail. Cette question revêt une dimension économique importante, car elle touche directement à la performance des organisations et à la réduction des coûts liés aux accidents et maladies professionnels.

Ce champ d'application peut être abordé à au moins deux niveaux : (1) les effets de l'introduction d'un système dont les finalités initiales ne sont pas spécifiques à la question de la santé au travail (i.e., les effets de l'introduction d'outil d'aide à la décision, de maintenance prédictive, etc.) ; et (2) les SIA dont une des finalités porte explicitement sur la santé des

opératrices et opérateurs[19] de production, comme c'est le cas pour l'outil CAPTUR (e.g., outil visant la prévention des risques, prévention des TMS, etc.). Ces deux catégories n'excluent pas la possibilité que les outils poursuivent d'autres finalités, telles que la préservation de la santé pour la première catégorie ou l'amélioration de la performance pour la seconde. Toutefois, elles permettent de distinguer les outils qui sont spécifiquement orientés vers la « prévention de la santé au travail », de ceux qui visent en priorité d'autres finalités, bien qu'ayant *in fine* des effets sur la santé des travailleuses et travailleurs.

Prenons l'exemple d'un outil de maintenance prédictive sur une ligne de production, les objectifs visés relèvent davantage de la recherche de performance (optimisation de la chaîne de production, diminution des pannes, réduction des coûts, « zéro panne », etc.) – relevant alors du premier niveau (1). Dans ce cas, la santé des opérateurs situés en aval de ces lignes, comme c'est le cas dans les centres de tri des déchets, pourrait être impactée de façon bénéfique, par exemple en offrant la possibilité de réaliser un travail de meilleure qualité grâce à une réduction des pannes, ce qui augmenterait la satisfaction du travail réalisé. À l'inverse, cet outil pourrait conduire à des effets délétères pour la santé des opérateurs situés sur ces lignes de production, comme une diminution des temps de récupération qui pourrait conduire à une intensification du travail, favorisant les TMS et RPS. Dans cet exemple, la question de la santé n'apparaît qu'au second plan dans les finalités visées, voire elle n'est pas prise en compte pour certains acteurs de la conception[20]. Ce type d'outils peut être distingué de ceux dont les finalités sont explicitement tournées vers la santé.

Certains projets de conception tentent de répondre aux problématiques de santé et sécurité au travail à partir des nouvelles possibilités offertes par l'IA. Par exemple, l'entreprise « Airudi »[21] propose « l'IA en renfort » pour répondre aux enjeux de santé et sécurité au travail. Dans ce cadre, l'entreprise met en avant sur son site 4 rôles clés pouvant être joués par l'IA[22] :

- « Assurer la conformité des lois et normes en vigueur » ;
- « Faciliter et accélérer la prise de décision », notamment en « indiquant la bonne procédure à suivre » ;

[19] Le terme « opératrice/opérateur » est utilisé ici car il désigne spécifiquement les travailleuses et travailleurs directement impliqués dans les tâches de production, souvent dans des rôles opérationnels et concernés par les enjeux de santé au travail abordés ici. Le terme « travailleuse/ travailleur » est utilisé de manière plus générale pour désigner l'ensemble des personnes engagés dans la situation de travail étudiée, indépendamment de leur niveau hiérarchique ou de leur fonction.

[20] Par exemple, sur son site internet de l'entreprise CrossData la maintenance prédictive est présentée uniquement par ses aspects d'amélioration de la performance (https://www.crossdata.tech).

[21] « AI » pour *Artificial Intelligence.*

[22] https://airudi.com/blogue/sante-et-securite-au-travail-lintelligence-artificielle-en-renfort/

- « Identifier et prévenir les risques », en prenant l'exemple de la possibilité d'identifier certains processus susceptibles d'entraîner des accidents pour « aider à établir un plan de prévention efficace » afin d'« anticiper et prévenir les futurs risques » ;
- « Assurer un suivi de la formation continue »

Bien que ce type de propositions promette de prévenir des risques professionnels, les approches sont en réalité très normatives et ne prennent pas en compte le travail réel, généralement peu présent, voire absent, et cela même quand l'outil est orienté « santé et sécurité au travail ».

Par ailleurs, l'agence européenne pour la sécurité et la santé au travail (EU-OSHA) a publié un rapport faisant un état des lieux des possibilités et risques potentiels pour la santé au travail des *Artificial Intelligence-based Worked Management* (AIWM). Dans ce rapport, les experts s'interrogent sur les conséquences de la numérisation sur la santé, la sécurité et le bien-être des personnes, et explorent la manière dont ces questions sont abordées, tant au niveau de la recherche que d'un point de vue politique, ainsi que sa mise en pratique effective. Les effets potentiellement délétères et nouveaux risques identifiés relèvent de : l'intensification des tâches, des risques d'accident dans le cadre de l'introduction de « cobots », de l'automatisation de certains métiers conduisant à terme, à des pertes d'emploi, d'une perte du sens du travail, des effets psychosociaux, de l'augmentation du stress, et de la dégradation du contexte social lié à une réorganisation du travail peu ou mal anticipée. D'un autre côté, le développement d'innovations basées sur l'IA offre également des opportunités pour la santé que ce soit d'un point de vue physique – réduction de l'exposition à des substances dangereuses, prévention des accidents, prévention des TMS – ou d'un point de vue psycho-social, à travers la réduction de tâches répétitives ou administratives pour libérer du temps pour des tâches plus porteuse de sens (dans les métiers du *care* par exemple). Ces deux aspects (effets délétères et souhaitables) pour la santé ne s'excluent pas pour autant l'un l'autre. Il ne s'agit pas d'adopter une vision binaire qui serait simpliste et réductrice des situations réelles, mais de rendre visibles ces deux aspects afin de pouvoir les nuancer et les discuter. Les quelques études existantes sur des cas d'usages effectifs de l'IA ont tendance à montrer à la fois les potentialités, les limites ou mises en garde autour de l'usage de ces outils, qu'il s'agisse de capteurs, de robots, d'aides à la prévention des pannes, ou d'aides à la décision.

1.2.2. L'IA pour répondre aux problèmes de santé au travail ? Le cas des troubles musculosquelettiques

Dans le secteur industriel et au-delà, les troubles musculosquelettiques (TMS) constituent une problématique majeure en matière de santé au travail. Dans cette partie, nous commencerons par présenter les TMS ainsi que les principaux modèles de prévention existants, avant d'examiner le rôle que pourrait jouer l'intelligence artificielle (IA) pour répondre à cet enjeu.

> Les TMS regroupent des affections de l'appareil locomoteur très diverses, tant par leur localisation anatomique (membres supérieurs, inférieurs, rachis) que par les structures touchées (muscles, tendons, nerfs, bourses séreuses, etc.), la variété de leurs facteurs de risque et mécanismes physiopathologiques qui en sont à l'origine. (Aublet-Cuvelier et al., 2019, p.131)

Les TMS sont la première cause de maladie professionnelle reconnue. Ils représentaient plus de 86% des maladies professionnelles indemnisées en France en 2022, d'après le bilan « Les conditions de travail en 2022 » (Conseil national d'orientation des conditions de travail, 2024)[23]. Ce pourcentage correspond à environ 40 000 déclarations à l'assurance maladie chaque année (43 622 en 2019, 35 083 en 2020[24] et 40 852 en 2021) (Assurance Maladie, 2023; Conseil national d'orientation des conditions de travail, 2024). Bien que ces chiffres soient élevés, ils ne reflètent pas la réalité des TMS car leur sous-déclaration reste importante. Rivière et al. (2021) ont estimé que cette sous-déclaration oscillait entre 43% et 60% selon la catégorie de TMS en 2015. Bien qu'elle ait tendance à diminuer (Rivière et al., 2021), elle reste non négligeable pour saisir l'ampleur de la problématique que représentent les TMS. Certains auteurs utilisent le terme « d'épidémie de TMS » (Brière et al., 2015) pour qualifier ces atteintes à la santé qui touchent tous les secteurs. Les conséquences que les TMS entraînent en termes de souffrance et de perturbation des trajectoires professionnelles, mais aussi de coûts économiques, en font une priorité des politiques publiques de santé au travail. Leur prévention est toujours aujourd'hui un enjeu social et économique majeur sur lequel l'État interpelle les employeurs.

[23] Sur le site du Ministère du Travail, du Plein Emploi et de l'Orientation, le Conseil National d'Orientation des Conditions de Travail (CNOCT) est présenté comme « une instance d'orientation des politiques publiques, non seulement en matière de prévention des risques professionnels, mais plus largement au service d'une réelle promotion de la santé au travail. » (https://travail-emploi.gouv.fr/ministere/instances-rattachees/article/coct-conseil-d-orientation-des-conditions-de-travail).

[24] Le chiffre de l'année 2020 est à replacer dans le contexte de la pandémie de Covid-19 qui a conduit à une succession de confinement de la population cette année-là.

1.2.2.1. Une évolution des modèles étiologiques de survenue des TMS : des modèles biomécaniques à des modèles multifactoriels

Les TMS ont d'abord été abordés à partir de modèles biomécaniques qui se concentraient sur les mécanismes physiques de leur apparition. Les premières études, réalisées par des épidémiologistes, biomécaniciens et physiologistes, ont mis en évidence des facteurs de risques principalement d'ordre biomécanique, comme « la répétitivité des gestes, les efforts excessifs, les positions articulaires extrêmes, et l'exposition aux vibrations main-bras et corps entier » (Aublet-Cuvelier et al., 2019). Ces modèles ont conduit à la formulation de recommandations visant à réduire les contraintes physiques en milieu de travail et ont contribué à la mise en place des premières stratégies de prévention ergonomiques dans les entreprises. Dès les années 1980, des études et des interventions sur le terrain ont montré que les approches cantonnées à la réduction à des facteurs physiques ne permettait pas de diminuer les TMS. Par ailleurs, d'autres secteurs ne présentant pas les contraintes physiques citées étaient touchés par l'apparition de TMS, notamment dans le secteur bureautique (Bernard et al., 1997). Les recherches menées ont permis de compléter et d'enrichir les premiers modèles existants, aboutissant à des modèles explicatifs plus généraux, intégrant notamment des facteurs organisationnels et psycho-sociaux. Ainsi, à partir des années 1990, des travaux ont conduit à un consensus scientifique sur le caractère multifactoriel des TMS (Bernard et al., 1997; Lang et al., 2012). Des études ont montré que d'autres facteurs, tels le stress chronique et plus largement les risques psychosociaux jouent également un rôle dans l'apparition, le maintien et l'aggravation des TMS (Coutarel, 2011). Comme le souligne Roquelaure (2018) :

> Les facteurs psychosociaux au travail apparaissent comme des éléments clés dans la compréhension et la prévention des TMS en influençant en cascade les conditions de réalisation du travail et les caractéristiques biomécaniques, psychosociales, environnementales des situations de travail auxquelles les travailleurs doivent faire face. (p.68)

Par exemple, le stress chronique définit par l'Organisation Internationale du Travail (OIT) comme la « réponse physique et émotionnelle nocive causée par un déséquilibre entre les exigences perçues et les capacités et ressources perçues des individus pour faire face à ces exigences » (OIT, 2016) doit être pris en compte en considérant concrètement les situations d'action à partir desquelles il se constitue. Les facteurs de stress au travail s'incarnent au cours de la réalisation du travail. Ils peuvent relever de l'organisation des tâches, de la conception du poste et des dynamiques interpersonnelles au sein de l'entreprise. Ce stress se manifeste lorsque

les exigences de la tâche ou de la situation d'activité sont en décalage avec les capacités et les besoins de la travailleuse ou du travailleur, ainsi qu'avec les ressources dont il dispose pour réaliser son activité et atteindre les buts visés (Organisation Internationale du Travail, 2016; Roquelaure, 2018).

La littérature scientifique sur les TMS est aujourd'hui largement connue au point que l'INRS, qui fait le lien entre le monde académique et le monde du travail, propose un modèle explicatif fondé sur une approche systémique, en accord avec l'approche constructive défendue par l'ergonomie. Il est ainsi établi que :

> Les facteurs qui sont à l'origine des TMS sont biomécaniques et liés aux contraintes psychosociales et organisationnelles. À ces facteurs, il convient d'ajouter le stress, de même que certains facteurs individuels comme l'avancée en âge ou certains antécédents médicaux, qui favorisent la survenue de TMS. (INRS, 2023)

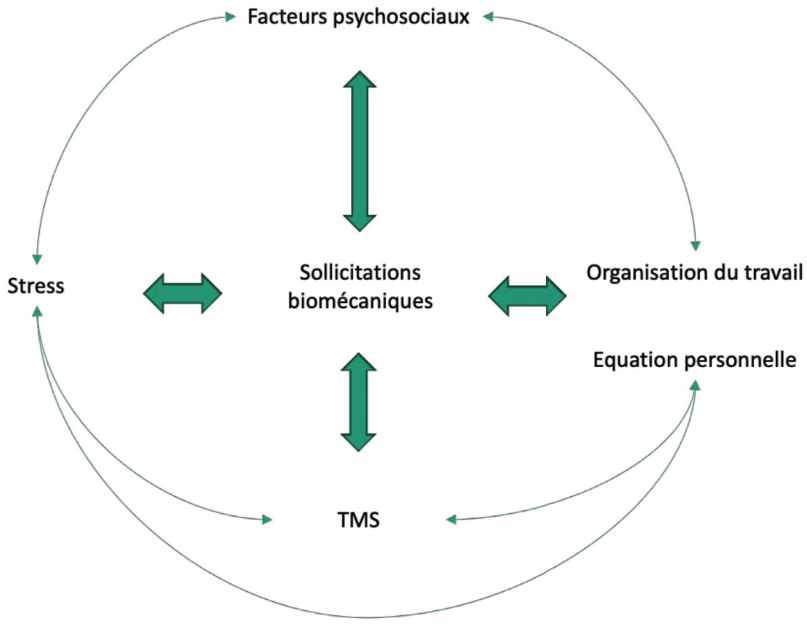


Figure 5. Modèle d'apparition des TMS selon l'INRS (2023)

Ce modèle intègre de manière globale plusieurs facteurs intervenant dans la genèse des TMS. Il va au-delà de la seule intégration des aspects biomécaniques et intègre les dimensions psychosociales et organisationnelles. Il tient également compte des interactions entre ces différents facteurs, par exemple, comment les facteurs psychosociaux peuvent exacerber l'impact des contraintes biomécaniques et vice versa, créant des cercles vicieux qui agissent en cascade.

L'évolution des modèles d'apparition des TMS a conduit à l'évolution des modèles de prévention associés, intégrant une approche plus globale de la prévention qui ne se limite pas à la seule dimension biomécanique.

1.2.2.2. Des modèles de diagnostic pour la prévention prenant en compte la dimension multifactorielle des TMS

Dès 2002, Bellemare et al., ont proposé un modèle considérant les TMS comme des effets sur l'opérateur, produits par une surexposition à des facteurs de risque qui résultent des caractéristiques des « déterminants des facteurs de risques » selon trois catégories : techniques (aménagement des postes, équipements...), organisationnels (rotations, supervision...) et humains (collectif, formation...). Ce modèle a ensuite été enrichit par Buchmann et Landry (2010) qui ont proposé d'ajouter un ensemble d'effets sur les opérateurs (et pas uniquement les TMS) ainsi qu'une flèche de rétroaction sur ce qu'ils nomment « déterminants du travail » dans lesquels ils intègrent également la dimension collective du travail (*cf.* Figure 6).

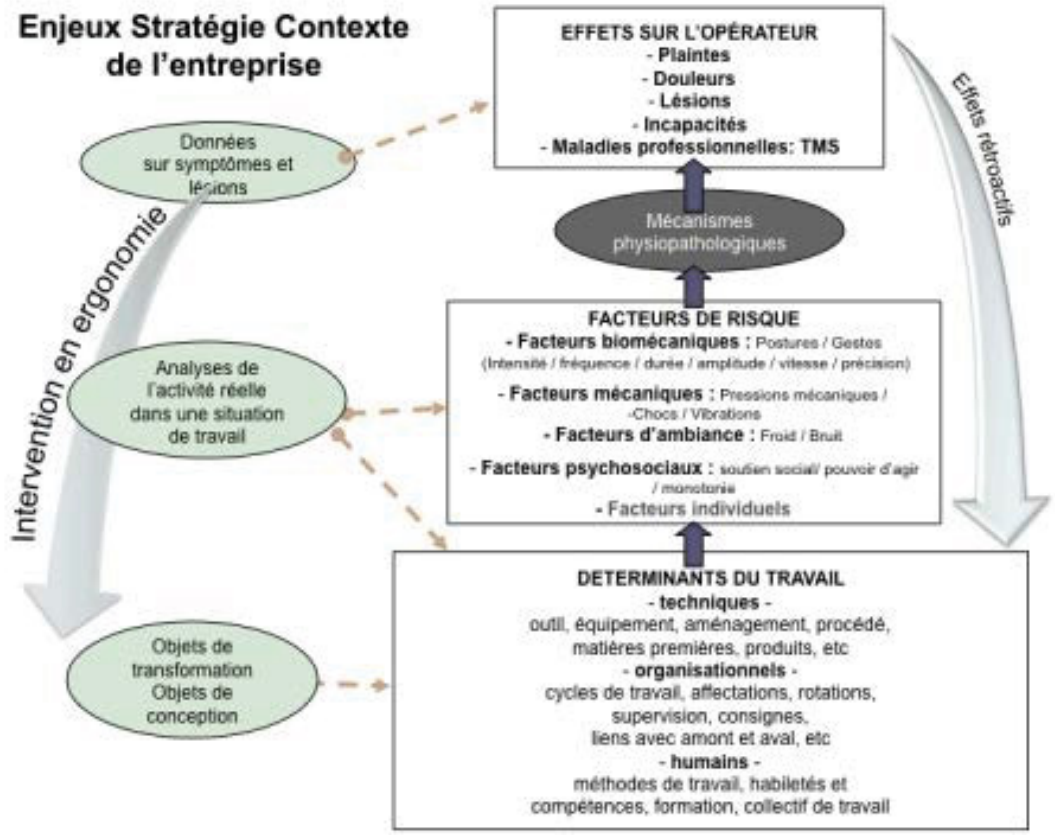


Figure 6. Modèle de diagnostic pour la prévention des TMS (Bellemare et al., 2002) enrichit par Buchmann et Landry (2010)

Ce modèle met ainsi en évidence la nécessité d'intervenir sur les « objets de transformation ou de conception », c'est-à-dire les déterminants du travail, afin de les réduire. Cependant, malgré l'évolution des modèles de prévention, des difficultés de mise en œuvre des actions de prévention et un manque de durabilité des résultats de ces interventions persistent (Nahon et al., 2018; Roquelaure, 2018). La pluralité des facteurs de risque mais aussi le fait qu'un facteur de risque peut être lié à une « chaîne de déterminants » du travail rendent ces interventions complexes et difficiles à évaluer (Nahon et al., 2018). De plus, dans le cadre du milieu industriel les approches traditionnelles de prévention persistent (n'intégrant parfois que la dimension biomécanique, et ne prenant pas en compte l'activité). Or, l'ergonomie constructive[25] a besoin de comprendre les logiques de mobilisation qui sont incorporées à l'activité de travail, la manière dont les savoir-faire incorporent la prévention dans l'élaboration des gestes effectués. Par ailleurs, les interventions sur la problématique des TMS ont souvent lieu dans des situations de travail déjà conçues dans lesquelles il n'est pas toujours possible d'agir sur l'ensemble des déterminants, notamment pour des raisons financières ou encore en raison du turn-over de l'encadrement qui conduit à une faible stabilité des acteurs présents sur les sites. Ces éléments peuvent conduire à une impossibilité pour les opérateurs de production de faire connaître leurs difficultés (Daniellou, 2008).

1.3. Vers le développement d'outils à partir des données issues de l'activité : usages souhaitables et risques

En parallèle, des outils que l'on qualifiera d'« actimétrie » ont été développés. Il s'agit d'outils qui donnent accès, en temps réel ou différé, à des informations chiffrées à partir de l'activité physique des personnes. Ils prennent généralement la forme de capteurs et sont actuellement répandus dans le secteur sportif ainsi que dans le secteur médical tel que, par exemple pour un suivi de personnes atteintes de troubles cognitifs, ou encore pour adapter des traitements pour les malades de Parkinson (Charlon et al., 2014; Couturier, 2005; Dieu, 2012; Franco, 2010). Il s'agit de capteurs situés dans l'environnement (e.g., détecteurs de mouvements) ou directement sur la personne (e.g., montre connectée) qui permettent d'obtenir certaines informations sur l'activité physique d'une personne (e.g., mouvements anormaux, tremblements), à des fins de recherches ou d'amélioration de la qualité de vie de patients en leur proposant un traitement plus adapté à partir des données issues de leurs mouvements (CHU de Toulouse, 2023).

[25] L'ergonomie constructive, sur laquelle nous reviendrons dans le chapitre suivant, s'inscrit dans une approche dynamique de l'activité et vise à aller au-delà de l'adaptation du travail aux individus en favorisant la transformation des situations de travail de manière à soutenir le développement conjoint des travailleurs et de l'organisation.

Ce type d'outil, orienté sur l'analyse de la dynamique de segments corporels, est également développé à des fins de conception et de modification de poste de travail. Par exemple, l'outil CAPTIV[26] qui est présenté comme « une solution pour maximiser l'ergonomie des postes de travail » est utilisé plutôt à des fins de recherche ou d'intervention par des professionnels. Si cet outil est intéressant pour les ergonomes, et plus largement pour les professionnels souhaitant recueillir des informations sur la dimension physique de l'activité des personnes (acteurs de la prévention, de la conception, encadrement, etc.), il présente certaines contraintes puisqu'il s'agit de capteurs dits « invasifs ». Ces derniers doivent être posés sur le corps et nécessitent une phase de calibration préalable. Les avancées de l'IA associées au traitement d'images permettent le développement d'outils d'actimétrie donnant accès à ce type de données, qui tracent la mobilisation du corps sans équiper les personnes de capteurs. Par exemple, le Logiciel Ergonomique d'Analyse (LEA)[27] développé par l'entreprise Ergosanté ne nécessite plus qu'un téléphone pour filmer, et une connexion internet pour lancer l'analyse de certaines mesures collectées à partir du film de l'activité de travailleuses et travailleurs en situation.

Le projet initial de cette thèse était directement inscrit dans le cadre du développement d'un système d'IA d'analyse d'images acquises à partir d'une caméra de profondeur, système destiné à identifier certains gestes caractéristiques d'actions techniques. Ainsi, face au constat du développement de l'IA pour l'industrie du futur, et constatant le déploiement de ce type d'outil, nous nous sommes posé la question de la place de ces outils dans le travail et l'activité futurs, ainsi que ses usages potentiels à des fins de prévention des TMS, ou plus largement pour la santé au travail.

1.3.1. Le développement d'outils de prévention des TMS : vers un retour aux modèles biomécaniques ?

Les outils d'actimétrie qui se développent dans les situations de travail soulèvent deux types de questions : celle du (sur)contrôle de l'activité qui comporte des problèmes d'ordre éthique, mais également celle des risques psychosociaux dans la mesure où ce surcontrôle pourrait augmenter le stress et réduire les marges de manœuvre des travailleuses et travailleurs au cours de leur activité. Cela a déjà été observé, non pas à partir de données sur l'activité physique, mais à partir d'indicateurs de temps de scan de produit, dans des entrepôts de l'entreprise Amazon, qui a été condamnée à 32 millions d'euros pour « surveillance de l'activité et des performances des

[26] https://www.teaergo.com/fr/captiv-solution-lergonomie-des-postes-de-travail/

[27] https://ergosante.fr/application-danalyse-posturale-lea/

salariés excessivement intrusi[ve] » (CNIL, 2024; LeMonde, 2024). Ainsi, contrairement à l'effet escompté, ces outils qui apportent des données sur l'activité des personnes pourraient être une nouvelle source de TMS selon l'usage qui en serait fait. D'autre part, les outils d'actimétrie qui apportent de nouvelles données sur les déplacements ou les gestes, présentent tout de même un apport potentiel pour mieux connaître le travail réel. Cependant, les facteurs de risques TMS ne concernent pas uniquement les aspects biomécaniques. Ces outils pourraient ainsi conduire à négliger d'autres aspects de l'activité pourtant aussi importants que les sollicitations biomécaniques. Le risque porte également sur la non-prise en compte des variabilités individuelles qui pourrait conduire à des prescriptions visant une standardisation des gestes. Dans ces conditions, les usages liés à l'utilisation de tels outils par des acteurs de l'encadrement non formés à adopter une approche globale de prévention des TMS pourraient entraîner la mise en place d'actions de prévention qui seraient centrées uniquement sur les aspects biomécaniques.

1.3.2. IA, travail et prospective : Application concrète d'une démarche prospective

Afin de travailler le développement de l'IA dans un objectif de préservation de la santé au travail, l'INRS a organisé en novembre 2022 une journée prospective intitulée « L'intelligence artificielle au service de la santé et de la sécurité au travail. Enjeux et perspectives à l'horizon 2035 ». Cette journée avait pour but de regrouper différents acteurs de la santé et sécurité au travail, des spécialistes de l'IA, des acteurs industriels, etc., afin de discuter de la place de l'IA dans le travail et de penser les futurs possibles à travers différents scénarios à l'horizon 2035. La méthodologie s'appuyait sur l'élaboration de différents scénarios probables ou improbables à partir de croisements de différentes variables, qui ont conduit les spécialistes à proposer des exemples concrets, inventés en fonction des scénarios envisagés. Il s'agissait, à travers la présentation de ces exemples, de réfléchir aux usages possibles de l'IA et d'explorer les opportunités pour le travail sur un horizon temporel de 13 ans.

Cette journée d'étude a permis d'exposer des problèmes concrets qui pourraient être rencontrés. Elle a invité les participantes et participants à réfléchir collectivement à des scénarios futurs probables variés, construits et imaginés par des groupes d'experts. La prospective a été utilisée par ces groupes d'experts comme un exercice, une aide à la décision pour produire des recommandations générales. Pour cela, les scénarios les plus probables ont été présentés, selon une approche large qui décrit des contextes en s'appuyant sur différentes variables discutées

par les experts à l'échelle mondiale. Il s'agit des quatre scénarios suivants : (1) les géants du numérique imposent leur solution, (2) les États garantissent un cadre pour l'intégration de l'IA, (3) un développement démocratique (4) le déclin de l'IA. Mais ce sont finalement davantage les cas d'usages proposés qui ont été structurants de l'exercice de prospective du travail futur, puisque bien que le travail soit l'objet de la journée d'étude, le contenu du travail et de l'activité n'était que peu – voire pas – représentés. Ainsi, les recommandations ont été globales et structurantes, mais n'ont pas abordé pas la question du contenu du travail. Elles permettent toutefois de répondre à certaines questions concrètes et d'anticiper des problèmes qui n'existent pas encore ainsi que les réponses envisageables. Cependant, ce travail comporte des limites puisque si l'on tente de garder les hommes et les femmes au cœur des discussions, l'activité des acteurs de terrain[28] est peu présente. Il nous paraît alors intéressant de développer une approche complémentaire à un tel travail prospectif, à partir de questionnements concrets émergents du terrain, et s'appuyant davantage sur l'activité existante, avec ce que l'on considérera dans la suite de ce travail comme une *orientation* prospective centrée sur l'activité.

[28] L'ensemble des opératrices et opérateurs de production, ainsi que les encadrantes et encadrants

Point d’étape

Les progrès récents en intelligence artificielle (IA) offrent des opportunités d’innovation pour l'industrie 4.0. Le développement et l’intégration de Systèmes d’Intelligence Artificielle (SIA) dans les situations de travail doivent être guidés par des considérations éthiques, tout en tenant compte des effets potentiellement bénéfiques ou délétères des finalités de ces SIA au regard des situations de travail. Dans l’objectif de garantir des conditions de travail soutenables, il est important de prendre en compte la santé des personnes, la complexité et les variabilités des situations de travail, ainsi que le besoin de préserver et de soutenir les possibilités de déploiement de l’activité des personnes. Actuellement, un des risques majeurs identifiés réside dans le caractère « techno-poussé » du développement de certaines technologies, ne prenant pas en compte l’activité réelle des travailleuses et travailleurs concernés. C’est le cas pour les technologies qui se dessinent dans le cadre de la santé et de la sécurité, comme en témoignent les développements récents d’innovations dans un objectif de prévention des TMS. Or l’absence de prise en compte des transformations de leur activité peut mener à un décalage entre les besoins réels des personnes au cours leur activité et la technologie développée. Aujourd’hui, les études empiriques sur le développement de SIA commencent seulement à paraître, bien qu’elles relèvent de questionnements plus anciens soulevés par l’ergonomie tels que la transformation des situations de travail et l’automatisation. Une approche tenant compte de l’activité des personnes et des spécificités de la situation de travail constitue une voie pour exploiter pleinement les potentialités de l'IA tout en préservant la santé des travailleuses et travailleurs.

Chapitre 2 : Les apports de l'analyse de l'activité face aux transformations du travail

Dans ce chapitre, nous exposerons notre approche de l'ergonomie de l'activité, en proposant une lecture du concept d'activité et nous inscrivant dans le courant de l'ergonomie constructive (Falzon, 2013). L'ergonomie en tant que discipline d'action (Daniellou & Béguin, 2004)[29] a évolué parallèlement aux transformations du monde du travail. Elle s'est façonnée en réponse aux problématiques émergentes des situations réelles de travail. Nous sommes aujourd'hui dans une période de transitions technologique et environnementale qui annonce des changements significatifs du contenu du travail et des transformations organisationnelles, et ce dans des secteurs variés. Pour répondre aux enjeux de santé et de performance, les ergonomes se trouvent face à de nouveaux défis. Dans un contexte d'accélération des transformations, la dimension temporelle apparaît centrale pour saisir le travail de demain. Dans ce contexte, il convient de situer la place et les apports de l'analyse de l'activité, ainsi que ses limites, puisqu'elle est au cœur de l'intervention et des recherches en ergonomie de l'activité (Leplat, 2008). Elle permet d'identifier les déterminants et les effets de cette activité sur l'organisation et le sujet qui la réalise.

2.1. L'analyse de l'activité de travail comme socle de l'ergonomie

Repères historiques de l'ergonomie francophone et de l'activité de travail

Dès ses débuts, l'ergonomie a eu pour ambition d'adapter le travail aux femmes et aux hommes, afin de préserver leur santé, tout en tenant compte des objectifs de performance. C'est sur cette base, façonnée en lien étroit avec l'histoire du travail, les mouvements sociaux et l'histoire des sciences, que l'ergonomie s'est développée. La première société d'ergonomie, *l'Ergonomics Research Society*[30], a été fondée en 1949 en Angleterre, dans un contexte d'après-guerre, pour répondre aux besoins de l'industrialisation croissante, entraînant une rationalisation et une optimisation du travail humain. L'ergonomie a été d'emblée pluridisciplinaire et tournée vers l'action. Développée sous l'impulsion de l'ingénieur Keith Frank Hywel Murrel, cette première société d'ergonomie a rassemblé à la fois des psychologues, des architectes, des physiologistes, etc. (Teiger, 1993; Wisner, 1995). Dans ce contexte d'après-guerre et de reconstruction, la

[29] Des débats persistent encore aujourd'hui concernant la nature de l'ergonomie. L'ergonomie étant parfois qualifiée de discipline (Guérin et al., 2021), de technologie (Guérin et al., 2017) ou encore d'art. Sans nous positionner définitivement dans ce débat, nous utilisons ici le terme de discipline dans son sens le plus large comme « branche de la connaissance » (Larousse, 2024).

[30] Aujourd'hui *Chartered Institute of Ergonomics of the Human Factors* (CIEHF), connue sous le nom de *Ergonomic Society* (ES) (Chartered Institute of Ergonomics & Human Factors, s. d.).

recherche de productivité devient une question importante (Bouisset, 2013). En Europe, notamment en France, des réflexions concernant la productivité industrielle ont commencé à émerger, en lien avec l'amélioration des conditions de travail. L'État a encouragé de plus en plus la prise en compte par les entreprises, de la santé au travail, faisant de celle-ci un domaine en développement. L'ergonomie francophone a commencé à prendre forme dans ce contexte (Laville, 2004). En 1954, le premier laboratoire d'ergonomie en milieu industriel a été créé et dirigé par Alain Wisner (Wisner, 2000). À la même période, Ombredane et Faverge ont posé les bases de l'analyse ergonomique du travail (AET) en distinguant la tâche et l'activité comme « deux perspectives [qui] sont à distinguer dès le départ dans une analyse du travail : celle du Quoi et celle du Comment. Qu'est-ce qu'il y a à faire et comment les travailleurs que l'on considère le font-ils ? » (Ombredane & Faverge, 1955, p. 2). Si cette distinction entre tâche et activité reste classique (Leplat & Cuny, 1984), nombre d'ergonomes s'intéressent maintenant en premier lieu à l'activité réalisée en situation. La naissance de l'ergonomie a ensuite été officialisée en 1963, lors de la création de la Société d'Ergonomie de Langue Française (SELF).

> C'est au cours de cette période [1963-1970] que l'ergonomie francophone va construire progressivement sa spécificité par rapport à l'ergonomie anglo-saxonne, celle d'être, en particulier, une ergonomie centrée sur l'analyse de l'activité étudiée en situation de travail, c'est-à-dire l'activité située dans son contexte technique et organisationnel et dans un réseau de contraintes de production. (Laville, 2004, p. 46)

Ces origines de la naissance de l'ergonomie, montrent également que pour l'ergonomie francophone, l'analyse de l'activité est centrale et fondatrice. La compréhension de l'*activité* est considérée comme l'*objet d'étude* de l'ergonomie par Barthe (2016) :

> L'objet d'étude de l'ergonomie est de comprendre l'Activité mise en œuvre par les femmes et les hommes au travail, comprendre ses déterminants, ses effets et ses mouvements. Cette compréhension constitue le cœur de l'analyse de l'ergonome, que ce soit dans un but de production de connaissances pour l'action à court terme, ou à plus long terme pour la recherche. (Barthe, 2016, p. 28)

L'activité se compose à la fois d'une part visible et observable, incluant les actions gestuelles, les communications et les interactions (avec autrui, l'environnement de travail, etc.) ; mais aussi d'une part invisible, qui correspond aux processus cognitifs et sémiologiques engagés (au sens large, en englobant des raisonnements et des savoir-faire) qui sous-tendent ces actions visibles. Le rôle de l'analyste ergonome consiste à intégrer ces différentes dimensions pour obtenir une

compréhension globale du travail (Barthe et al., 2017 ; Delgoulet et al., 2000 ; Kerguelen & Pigem, 2008).

L*'activité* est dynamique et en constante construction. Elle est située, c'est-à-dire ancrée dans un contexte précis et transforme celui ou celle qui la réalise. Teiger (1993) définit ainsi l'activité comme un concept médiateur qui est « la manifestation de l'interaction entre le sujet travaillant et son environnement au sens le plus large » (p. 80). Il s'agit d'une stratégie d'adaptation à la situation réelle de travail (Guérin et al., 1997) qui repose sur des « mouvements » (Barthe, 2016) visant à accorder les exigences des différentes dimensions au moyen de processus de régulations. Ces régulations[31], individuelles ou collectives[32], permettent de faire face à la variabilité des situations[33], de s'adapter, d'assurer la production et de se préserver (Leplat, 2006, 2008). L'activité se régule en fonction de l'écart entre les conditions initiales et les effets observés. Toutefois, cet équilibre peut être fragilisé lorsque les contraintes de travail réduisent les marges de manœuvre des travailleuses et travailleurs (perte d'autonomie, manque de ressources matérielles) ou lorsque les objectifs imposés entrent en contradiction avec ceux poursuivis par l'opérateur. Ces tensions peuvent alors avoir des conséquences délétères, tant sur la santé physique et psychique des travailleurs (TMS, risques psychosociaux) que sur la performance au travail. L'analyse de l'activité à travers ses régulations permet de mettre en évidence ces dynamiques et les effets que l'activité produit, tant sur les travailleuses et travailleurs que sur les résultats.

Évolutions récentes de l'ergonomie : l'approche développementale et l'ergonomie constructive

Présentée dans l'ouvrage *« l'ergonomie constructive »* (Falzon, 2013), l'approche développementale et constructive considère que l'activité est située et en constante construction puisqu'elle transforme celui ou celle qui la réalise. L'activité résulte d'un ensemble de compromis et de stratégies, qui se traduisent à travers des actions, visant à répondre conjointement aux exigences de la situation et à une volonté (plus ou moins consciente et exprimée) de se préserver, de réussir et d'apprendre. L'individu est acteur de l'activité, il est un « sujet agissant » (Van Belleghem et al., 2013), en opposition à la vision d'un sujet passif, simple exécutant d'une tâche prescrite. L'ergonomie constructive considère que l'activité peut

[31] *cf.* Partie 2.2.1. Les régulations de l'activité : un processus continu d'adaptation face aux variabilités et aux transformations du travail

[32] *cf.* Partie 2.2.4. La dimension collective comme espace de régulation possible

[33] *cf.* Partie 2.2.2.2. Les variabilités interindividuelles et situationnelles pour l'analyse des régulations de l'activité

être une source de développement pour l'individu, dès lors que les conditions lui permettent de disposer de marges de manœuvres suffisantes pour réaliser son activité. En revanche, lorsque ces marges de manœuvre sont insuffisantes, l'activité peut avoir *in fine* des effets délétères sur la santé et la performance (Coutarel, 2004). Ainsi, l'ergonomie constructive vise à aller au-delà de l'adaptation du travail aux hommes et aux femmes, en favorisant l'existence de situations de travail propices au développement des individus et de l'organisation.

Le courant Human Factor *dominant à l'échelle internationale : apports, limites et complémentarité avec le courant de l'ergonomie de l'activité*

Nous avons vu comment l'ergonomie de l'activité – courant dans lequel s'inscrit cette recherche – s'est développée dans le monde francophone dès la fin du XX^{ème} siècle. Cependant, afin de poursuivre la réflexion, il est nécessaire de situer les deux principaux courants qui structurent les recherches en ergonomie. Ces courants reposent sur des postulats distincts et nécessitent d'être précisés afin de pouvoir débattre à partir des cadres qui sous-tendent la diversité des modèles des hommes et des femmes et des situations de travail (Barthe, 2016; Coutarel et al., 2005; Petit & Max Guénette, 2016). Barthe (2016) éclaire la distinction entre ergonomie, psychologie ergonomique et ergonomie cognitive, considérés comme des champs et sous-champs disciplinaires, afin de situer les différentes approches à partir d'un cadre clair. Elle précise que les frontières entre ces champs disciplinaires sont étroites et ne sont pas figées, ce qui contribue probablement à la difficulté pour distinguer, lorsque ce n'est pas explicite, les courants dans lesquels s'inscrivent les travaux. Bien que la distinction entre ces deux courants ne soit ni nette ni évidente, elle est importante dans cette recherche pour situer les différents travaux en ergonomie et pour positionner, dans la suite de ce travail, les diverses approches de l'ergonomie prospective (*cf.* chapitre 3).

À l'échelle internationale, l'ergonomie s'est principalement développée dans le cadre du courant *Human Factor* (ou Facteur Humain). Ce courant s'intéresse aux caractéristiques générales des hommes et des femmes en cherchant à comprendre « l'homme moyen », plutôt qu'à explorer les variabilités interindividuelles pour la conception et la transformation de systèmes. Il repose sur des études qui s'appuient sur une approche hypothético-déductive, majoritairement fondée sur une démarche expérimentale visant à identifier et isoler différentes variables pour répondre à une hypothèse. La principale limite de cette approche est qu'elle ne permet pas de prendre en compte la complexité des situations réelles et les variabilités interindividuelles. Cependant, le recours à une démarche expérimentale dans le cadre de projets

technologiques qu'elle ait lieu en situation écologique ou en laboratoire permet de contrôler les différentes variables et d'obtenir des données pouvant être généralisées (Loup-Escande, 2019). Le courant de l'ergonomie de l'activité, quant à lui, vise à transformer et produire des connaissances à partir de l'analyse de situations concrètes. L'ergonomie de l'activité a pour principale limite la difficulté à généraliser les connaissances acquises puisque l'activité analysée est par nature située. Toutefois, ce caractère situé permet de répondre aux besoins issus du terrain, en tenant compte de la pluralité des situations et des variabilités interindividuelles (*cf.* Partie 2.2.2.2.). Cette prise en compte s'avère particulièrement cruciale dans le développement de SIA qui doivent être adaptés aux contextes spécifiques des travailleurs et des organisations. En effet, l'IA appliquée aux environnements de travail nécessite une compréhension fine des dynamiques d'interaction entre les opératrices et opérateurs, les systèmes techniques et les organisations. L'ergonomie de l'activité apporte ici une contribution essentielle en intégrant l'analyse du travail réel tenant compte de la complexité et de la variabilité des situations (*cf.* Partie 2.2.2.2.).

2.2. L'approche constructive : des régulations aux marges de manœuvre, le développement du sujet dans le cadre de l'analyse de l'activité de travail

L'approche constructive vise la conception de situations de travail qui soutiennent le développement des individus (Falzon, 2013). Nous aborderons dans cette partie des notions en lien direct avec l'*activité* – dans ses dimensions individuelles et collectives – qui offrent un cadre structurant pour son analyse : les *régulations*, les *marges de manœuvre.* Nous verrons en quoi elles jouent un rôle clé dans l'adaptation des travailleuses et travailleurs aux contraintes, mais aussi en tant que vecteur de santé, contribuant à la prévention des risques professionnels tels que les troubles musculosquelettiques (TMS), et assurant un travail soutenable à long terme. Nous verrons également l'importance de la prise en compte des différentes formes de *variabilités* – gestuelles, interindividuelles et situationnelles – pour mieux comprendre le travail réel, dans le cadre d'analyse de l'activité dans une visée globale et systémique. Ce cadre théorique nous permettra d'explorer comment ces processus de régulation et marges de manœuvre disponibles pourraient évoluer face aux transformations du travail induites par l'IA, et en quoi la prise en compte des variabilités est une ressource essentielle pour l'analyse de l'activité dans un contexte de transformation.

2.2.1. Les régulations de l'activité : un processus continu d'adaptation face aux variabilités et aux transformations du travail

La *régulation* désigne les processus qui conservent un équilibre entre l'atteinte des objectifs (effets pour l'entreprise) et la préservation de la santé (effets pour l'opérateur). Cette notion de *régulation de l'activité* est au cœur du modèle des situations de travail dit « schéma à 5 carrés » formalisé par Leplat et Cuny (1977) puis enrichi par De Terssac et Christol de boucles de rétroaction (*cf.* Figure 7) illustrant les processus de régulations de l'activité (Guérin et al., 2006; Jansou et al., 2024).

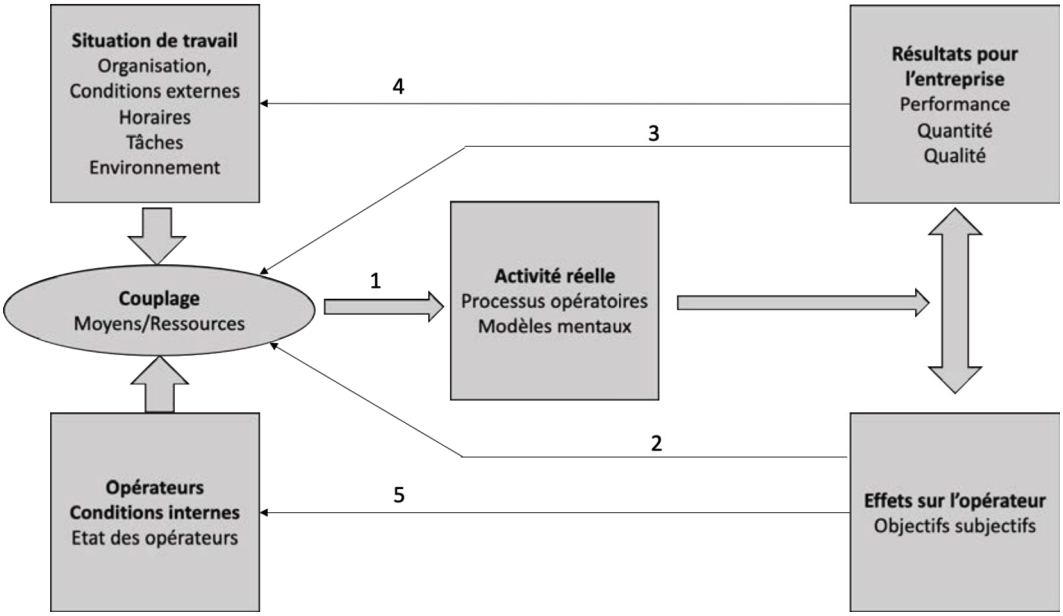


Figure 7. « Le schéma à 5 carré » inspiré de Leplat & Cuny (1977) et enrichi par De Terssac et Christol (1978), qui ont mis en évidence les relations entre les éléments du système (cité par Jansou et al., 2024, p.43)

Ce modèle montre les relations de régulation que l'activité, au centre de la figure ci-dessus, opère entre le cadre de travail dans lequel elle se réalise, ses effets sur les travailleuses et travailleurs, et les résultats obtenus au regard de la production attendue et sur ce qui constitue la personne sous toutes ses dimensions physiques, culturelles, expérientielles, morales, psychologiques et sociales.

Les cinq « carrés » sont reliés par des processus de régulation essentiels dans une visée constructive : le sujet apprend à partir de sa propre activité, à travers l'expérience, et régule son activité (Falzon, 2013). Il intègre à la fois le couplage entre les conditions internes (état de fatigue, expériences, savoir-faire, etc.) et les conditions externes (matériels, organisation prescrite, etc.) qui vont produire un effet sur l'activité. Les régulations sont effectuées en

réponse aux objectifs à atteindre, aux ressources dont dispose l'opératrice ou l'opérateur (*flèche 1*), aux résultats obtenus en termes de ressentis par l'individu (*flèche 2)* et de performance *(flèche 3)*. Ces régulations se traduisent par la compréhension des situations en cours, les actions et les modes opératoires mis en place – qui s'expriment à travers l'activité au centre du schéma – et qui vont eux-mêmes produire des résultats (*flèche 4*) et des effets sur la situation et l'individu (*flèche 5*). Lorsque ce dernier n'est plus en mesure de réguler, ces effets peuvent devenir délétères. Ces processus permettent de gérer les variations liées à une augmentation de la charge de travail, la survenue d'incidents, ou encore le manque de moyens matériels et humains (Barthe, 2016). Ainsi l'organisation peut agir en transformant les conditions externes (i.e. en agissant sur la situation de travail) ou interne (e.g. à travers l'apport de formation) (Jansou et al., 2024), l'enjeu étant la convergence entre les effets produits à la fois sur le travail et sur l'individu.

Ce modèle considère l'activité de travail comme élément à la fois structuré et structurant des autres composantes de la situation de travail. Van Belleghem (2017) souligne que :

> L'analyse de l'activité est en capacité de rendre compte de l'ensemble du système de déterminants qui la structurent en lien avec ses effets, puisque c'est elle qui les unifie. Sans elle, rien ne tient. Par elle, tout se comprend. C'est ce point de vue, assurément, qui fait toute la puissance de l'analyse ergonomique en offrant un point d'entrée sur le travail éclairant d'un seul mouvement l'ensemble de ses dimensions. (p.3)

Ce modèle, parfois désigné comme celui de la « double régulation de l'activité » (Falzon, 2004, 2013; Prévot-Carpentier & Toupin, 2024), repose sur une construction pluridisciplinaire développée au sein du réseau de Recherche Scientifique pour l'Amélioration des Conditions de Travail (RESACT). Toutefois, ce modèle ne prétend pas être un système explicatif univoque (Jansou et al., 2024). Aussi, nous présenterons dans les sections suivantes d'autres modèles complémentaires permettant d'approfondir certaines notions (*cf.* Partie 2.2.2. ; *cf.* Partie 2.2.3)

Par ailleurs, deux types de régulations coexistent et s'alimentent : les *régulations chaudes*, qui sont une réponse instantanée, qui se jouent au cours de l'activité, en réponse aux variations, et les *régulations froides* qui se construisent avec l'expérience sur un temps plus long (de Terssac & Lompré, 1994). Les régulations froides sont des ajustements permettant d'améliorer progressivement les modes opératoires mis en œuvre et d'anticiper les difficultés (de Terssac & Lompré, 1994). Cette distinction montre la dimension dynamique de l'activité qui évolue au cours du temps et introduit le temps plus long. Cette temporalité renvoie à la notion de travail

soutenable[34] qui implique que l'activité puisse se maintenir sur le long terme sans engendrer de dégradations de la santé. Or les régulations chaudes et froides participent justement à cette soutenabilité en assurant une adaptation continue aux variations de la situation de travail. Lorsque les SIA modifient les moyens de travail et redéfinissent la tâche, ils modifient le couplage « moyen/ressource ». Ils peuvent ainsi déséquilibrer ces régulations et réduire les marges de manœuvre nécessaires à une régulation efficace, ce qui peut par conséquent compromettre la soutenabilité.

Toutefois, ces systèmes peuvent aussi, au contraire, favoriser une activité plus soutenable en réduisant certaines contraintes tout en préservant la capacité des travailleuses et travailleurs à ajuster leur activité selon leurs savoir-faire et leur expérience. Pour cela, il faut s'assurer que les opératrices et opérateurs disposent d'*espace de régulation*, également nommée *marge(s) de manœuvre* (Caroly et al., 2015; Coutarel et al., 2015; Cuny-Guerrier et al., 2018; Vézina, 2001).

2.2.2. La marge de manœuvre situationnelle : un élément clé dans l'analyse des régulations de l'activité pour prévenir les troubles musculosquelettiques (TMS)

Dans la même vision systémique des situations de travail, Vézina (2001) enrichit le modèle de la double régulation, en y intégrant la notion de *marge de manœuvre*, essentielle pour analyser les régulations de l'activité (*cf.* Figure 8).

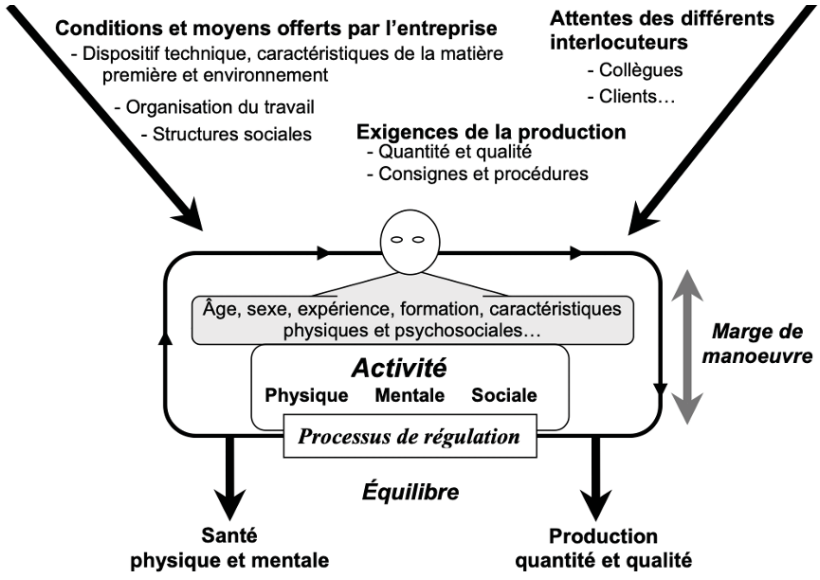


Figure 8. Modèle de compréhension des situations de travail centré sur la personne et son activité (Vézina, 2001)

[34] Pour rappel, la soutenabilité du travail est définie comme « un système de travail bio-compatible, adapté aux propriétés fonctionnelles de l'organisme humain et à leur évolution au fil de l'existence ; ergo-compatible, donc propice à l'élaboration de stratégies de travail efficientes ; et socio-compatible, donc favorable à l'épanouissement dans les sphères familiale et sociale, à la maîtrise d'un projet de vie » (Gollac et al., 2008).

L'activité, dans ses dimensions tant physique, mentale que sociale, est située dans un contexte impliquant les conditions et moyens offerts par l'entreprise, les attentes de l'entreprise en termes d'exigences de production, et enfin les « attentes des différents interlocuteurs » (*cf.* Figure 8). L'intérêt de ce modèle réside dans sa volonté de situer les liens entre la situation de travail, la personne et son activité, tout en intégrant le concept de *marge de manœuvre*. La mise en place de ces régulations, essentielles au bon déroulement de l'activité, n'est possible que lorsque la situation de travail le permet. On parle alors de *marge de manœuvre* (MMS) qui correspond à *l'espace de régulation* possible pour les opérateurs et opératrices. L'existence ou non de cette MMS va avoir des conséquences pour la santé des personnes qui pourront, ou non, opérer des régulations afin de maintenir préservation de leur santé et performance. Or, les transformations du travail en lien avec l'IA pourraient, *in fine*, transformer cet espace de régulation et donc *in fine* la MMS des travailleuses et travailleurs. C'est pour cela que dans une visée de développement d'un travail soutenable, il est nécessaire d'anticiper les nouvelles possibilités, limites et transformations que les SIA induisent sur les situations de travail et pour l'activité des personnes. Par ailleurs nous reprendrons la distinction que proposent Coutarel et al. (2024) entre « la marge de manœuvre situationnelle [qui] renvoie au champ de la régulation de l'activité et en situation des acteurs considérés » (p.337) et « les marges de manœuvres [qui] caractérisent les conditions antécédentes à l'activité, établies par l'activité de nombreux acteurs qui « préparent » d'une manière ou d'une autre les conditions de travail » (Coutarel, Aublet-Cuvelier, et al., 2024, p. 337)[35]. Dans cette perspective, nous utiliserons ce concept au sens de Coutarel et al. (2015) : « La marge de manœuvre situationnelle constitue la possibilité pour l'opérateur, *dans une situation précise*, d'élaborer un mode opératoire efficient (c'est-à-dire efficace pour la performance et compatible avec la préservation de soi, voire le développement de soi par le travail). » (p.15). La MMS correspond à *l'espace de régulation* de la personne en activité de travail, dans une situation donnée. Elle renvoie à la fois aux possibilités offertes par l'organisation (e.g., tâches, moyens mis en place, contexte social, l'organisation collective, etc.) et propres à l'individu (e.g., l'état de santé, l'expérience, etc.). Coutarel et Petit (2013) distinguent ainsi les marges de manœuvre internes « perçues et construites par l'individu au regard de ses caractéristiques du moment » et les marges de manœuvre externes « construites par le milieu sociotechnique et organisationnel » (p.178), formant alors la MMS (*cf.* Figure 9).

[35] Les auteurs distinguent ainsi *la* marge de manœuvre ou MMS (au singulier) *des* marges de manœuvre ou MMs (au pluriel)

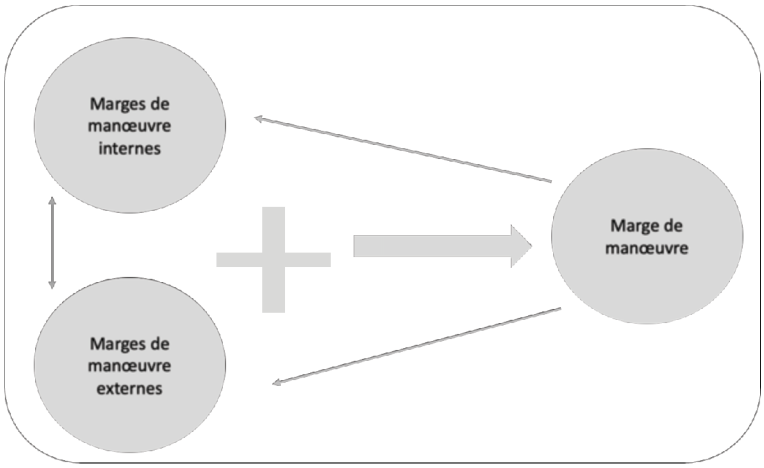


Figure 9. Marge de manœuvre situationnelle (Coutarel & Petit, 2013)

La MMS permet « l'élaboration de modes opératoires utiles à l'atteinte des objectifs, tout en respectant les différentes dimensions qui composent l'activité de l'homme au travail. » (Cuny et al., 2018, p.87). Cependant, toutes les situations n'offrent pas de MMS. Or, dans une approche constructive, les TMS (*cf.* Partie 1.2.2.) sont considérés comme « une des conséquences possibles de l'échec des régulations – c'est-à-dire comme l'impossibilité pour les opérateurs d'ajuster leurs modes opératoires, la répartition des tâches, la gestuelle ou la cadence à leurs caractéristiques propres, ainsi qu'à celles des situations de travail qu'ils rencontrent (Vezina, 2001 ; Bourgeois et al., 2006) » (Cuny-Guerrier et al., 2018, p. 86). Ces considérations placent donc la question des régulations de l'activité comme élément central, dès lors que l'on s'intéresse à la santé des personnes et à la prévention des TMS, en considérant l'ensemble des facteurs bio-psycho-sociaux des modèles de prévention des TMS.

Norval et al. (2019) dans le cadre d'une étude sur les TMS, proposent de classer les niveaux de marge de manœuvre selon trois « états » présentant des effets différents pour l'activité et pour la santé des opérateurs :

- Suffisance de MMS : les marges de manœuvre permettent à l'opérateur de mettre en place des stratégies afin d'allier, pas toujours consciemment, atteinte des objectifs et préservation de sa santé
- Soupçon d'insuffisance de MMS : les marges manœuvre sont faibles, la gamme des modes opératoires est restreinte, ce qui peut entraîner une hypersollicitation de certaines fonctions et conduire à des activités empêchées (Clot, 1999) (*cf.* § suivant). Cela entraîne des altérations et perturbations des dynamiques de travail et du collectif, ainsi que des

difficultés à atteindre des niveaux de performance optimaux et des risques potentiels pour la santé.

- Absence de MMS : dans le cas extrême d'une absence totale de marge de manœuvre, on observe « un échec quotidien dans l'atteinte des objectifs » (Norval et al., 2019, p.4) menant à encore plus de risques pour la santé que lorsqu'elles sont insuffisantes.

Ainsi, l'insuffisance ou l'absence de MMS peut conduire à l'impossibilité de mettre en œuvre ses connaissances, son expérience et de déployer son activité. Clot (1999) propose de s'intéresser à la part visible et réalisée de l'activité, mais aussi à la part que la situation ne permet pas de mettre en œuvre, en analysant l'*activité empêchée.* L'activité empêchée relève de l'impossibilité pour les individus de mettre en œuvre certains actions, les empêchant de déployer tout le potentiel de leur activité, notamment leurs savoir-faire et leur expérience, ce qui les conduit à une forme de passivité subie. Dans ces situations d'activité empêchée, l'atteinte d'un objectif de « travail bien fait » est impossible et devient une source de souffrance au travail (Clot, 1999, 2013). En référence à cette notion, dans certaines situations, les TMS sont considérés par certains auteurs comme des « pathologies de l'empêchement » (Guérin et al., 2021, p. 73).

La nécessité de préserver l'équilibre entre les exigences de production et la préservation de la santé des travailleuses et travailleurs nécessite de prendre en en compte les régulations de leur activité pour préserver et développer les MMS. Les activités répétitives impliquent généralement le développement de *gestes* qui, grâce à la variabilité des gestes qu'ils permettent, peuvent constituer un des espaces de régulations possible de l'activité.

2.2.2.1. La variabilité gestuelle comme expression de MMS pour faire face aux TMS

Au fil des années, les modèles étiologiques de survenue des TMS ont évolué, prenant en compte le rôle actif des opérateurs et opératrices par la régulation de leur activité (*cf.* Partie. 1.2.2.1). De la même manière, le geste a également été longtemps considéré sous un prisme exclusivement biomécanique (Coutarel et al., 2015). Or s'il se traduit par une action impliquant un mouvement observable (i.e., la dimension biomécanique), il intègre également des dimensions cognitives, sémiologiques et sociales. La compréhension du geste suppose donc une approche globale, incluant ces différentes dimensions.

Ainsi, l'analyse de l'activité cherche à comprendre comment les opératrices et opérateurs produisent et développent des MMS qui réduisent leur exposition à des facteurs de risques et préservent leur santé. En considérant le geste comme une activité coordonnée, associant des dimensions motrices, sensorielles et cognitives portées par le mouvement, et cadrée par les aspects biomécaniques, l'analyse de la variabilité gestuelle permet de mieux comprendre les TMS (Chassaing, 2004). Puisqu'à l'inverse, si la mise en place d'une variabilité gestuelle n'est pas possible, cela conduit à une situation à risque pour les personnes concernées, les MMS apparaissant comme insuffisantes voire absentes.

Ainsi, Vézina (2001) articule la notion de *geste* et de répercussion en termes de TMS (*cf.* Figure 10) à partir du modèle de la situation de travail centrée sur la personne et son activité présenté plus haut (*cf.* Figure 8).

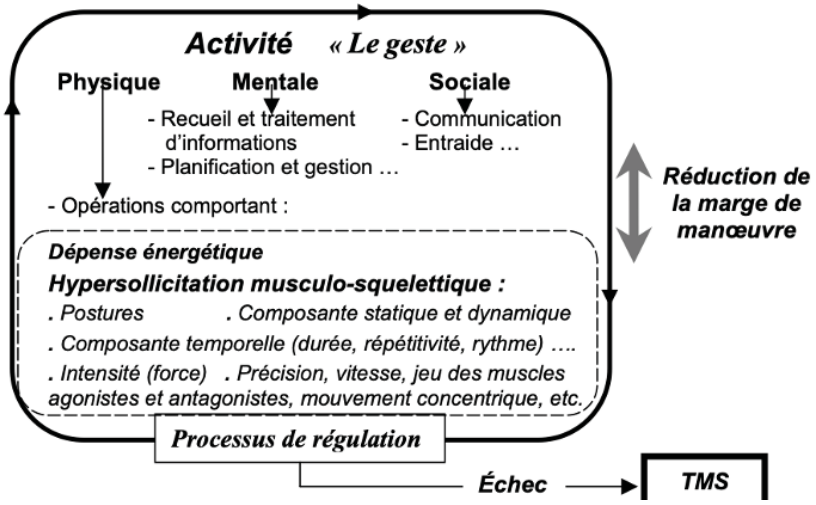


Figure 10. Activité et geste en lien avec les TMS (Vézina, 2001)

Le geste réalisé au cours de l'activité et la réduction des possibilités de marges de manœuvre dans les situations de travail mettent en échec les processus de régulation, ce qui à long terme peut être un facteur d'apparition de TMS. Chassaing (2004) montre, à travers la genèse et le développement de divers modes opératoires développés par les « tôliers » d'une entreprise automobile, que le geste se construit progressivement par la pratique répétée de certains gestes efficaces ou inefficaces, par essai-erreur ou encore par remise en cause de sa propre pratique face à la façon de faire d'un collègue, et en lien avec le parcours professionnel. L'expérience des opérateurs et opératrices est mobilisée dans l'élaboration du geste. Cela rejoint le modèle de MMS qui considère l'espace de régulation possible en intégrant à la fois les caractéristiques

de la situation de travail mais aussi les caractéristiques des opératrices et opérateurs et leurs savoir-faire. Le geste fait partie de l'activité et il est représentatif des compromis opérés pour atteindre un équilibre entre maintien de la santé et la production (Lémonie & Chassaing, 2013). Il est indissociable de l'intention qui l'anime et il est orienté par des objectifs fixés par le système de travail, la personne et les autres.

La variabilité gestuelle constitue une « ressource construite par l'opérateur pour s'adapter aux dynamiques propres des contraintes de la tâche, de l'environnement et de son état » (Lémonie & Chassaing, 2013). Le geste remplit pour les opératrices et opérateurs le rôle d'« un outil possédant une triple fonction : une fonction d'efficacité ; une fonction de préservation de sa santé ; enfin une production d'un travail de qualité » (Lémonie & Chassaing, 2013, p.72). Il est alors essentiel de prendre en compte la variabilité gestuelle au cours de l'activité, pour les raisons exposées, mais aussi pour limiter la monotonie et la répétitivité des gestes lorsque cela est possible. De plus, l'étude des variabilités gestuelles interindividuelles enrichit la connaissance des possibilités de MMS que permet une situation de travail ; puisque les gestes réalisés permettent d'adapter l'activité en fonction de déterminants individuels (e.g., douleurs ressenties, fatigue, expérience) (*cf*. Figure 8).

Cependant, plusieurs facteurs peuvent limiter les possibilités de variabilité gestuelle. Lors d'une recherche-action menée dans un atelier d'éveinage de foies gras (Lémonie & Chassaing, 2013), les auteurs montrent à travers l'analyse de l'activité que face à la variabilité des foies plus ou moins difficile à éveiner, la conception des postes limite le développement de la marge de manœuvre. Ainsi, l'aménagement des situations de travail, basé sur la considération qu'une même cadence peut être adoptée pour éveiner les différents foies, limite l'espace de régulation possible. Dans cet exemple, la limitation physique de l'espace autour du poste impacte les modes opératoires, conduisant les opératrices et opérateurs à auto-accélérer pour tenir la cadence. Cela engendre plus de pressions temporelles et un sentiment de ne pas pouvoir réaliser un travail de qualité. Ainsi, les marges de manœuvre restreintes empêchent (Clot, 1999) de mettre en place des régulations ainsi que des stratégies de préservation et de développement de la santé des individus. Pour favoriser cette variabilité gestuelle, des rotations sont parfois mises en place dans les secteurs de productions présentant des contraintes gestuelles telles que des gestes répétitifs. Toutefois, ces rotations sont parfois considérées comme des « solutions organisationnelles miracles au problème des TMS » (Coutarel et al., 2003), alors qu'elles sont susceptibles de produire l'effet inverse, les travailleuses et travailleurs étant exposés à une

charge physique accrue, avec une réduction de leur marge de manœuvre, ce qui peut ainsi contribuer à l'augmentation des plaintes et de l'absentéisme (Rocha et al., 2012)[36]. Agir sur le geste implique d'agir à différents niveaux selon Lémonie et Chassaing (2013) :

- Repérer les contraintes qui pèsent sur les opérateurs et opératrices et qui rendent le geste inefficace ou délétère,
- Libérer des marges de manœuvre afin de permettre aux opératrices et opérateurs de préserver ou de construire une variabilité gestuelle,
- Développer une organisation permettant la réflexion et la mise en débat des gestes utilisés.

En conclusion, il est important de considérer les TMS en abordant la notion de geste dans sa complexité. Au-delà des seules questions biomécaniques, la prévention de ce risque repose sur le développement de situations de travail qui permettent, au cours de l'activité, de développer des marges de manœuvre laissant aux opératrices et opérateurs la possibilité de s'ajuster continuellement et d'adopter une variabilité gestuelle bénéfique pour leur santé.

2.2.2.2. Les variabilités interindividuelles et situationnelles pour l'analyse des régulations

L'activité résulte du couplage entre les caractéristiques du travail et de celles de l'individu, comme l'illustre le modèle de la double régulation (*cf.* Figure 7). Dans son modèle centré sur la personne (*cf.* Figure 8) Vézina (2001) met en évidence l'imbrication de différentes composantes – physiques, psychiques et sociales – qui structurent l'individu et influencent son activité. Ces composantes, dépendantes de caractéristiques individuelles (âge, sexe, formation, expérience, etc.), ne sont pas figées et évoluent au fil du temps sous l'effet de l'expérience et du vieillissement (Gotteland, et al., 2015 ; Hélardot et al., 2019 ; Laville & Volkoff, 2004; Pueyo, 2021 ; Volkoff & Molinié, 2013). Cette variabilité interindividuelle se traduit par des différences dans les capacités d'adaptation d'un individu : face à une situation de travail identique, chaque individu mobilise des ressources distinctes, influençant ainsi la manière dont il régule son activité. Cette variabilité apparaît dans le modèle des MMS, à travers les marges de manœuvre internes (*cf.* Figure 9).

[36] Cependant, l'étude ne peut pas conclure avec certitude que la rotation est responsable des TMS, faute de données sur la situation avant sa mise en place.

Parallèlement, la variabilité situationnelle renvoie aux spécificités des contextes de travail et de production. Béguin et Daniellou (2004) soulignent son caractère plus ou moins prévisible et insistent sur la nécessité de prendre en compte la « diversité et variabilité des situations productives » (p.339)[37]. En effet, même dans un environnement de travail routinier, des fluctuations surviennent et nécessitent des ajustements constants de la part des travailleurs. Cette variabilité permet d'identifier une pluralité de situations de travail et de régulations, qui peuvent être soit bénéfiques, soit délétères, notamment lorsqu'elles sont confrontées aux transformations induites par les nouvelles technologies.

L'ergonomie considère la variabilité comme une dimension centrale pour comprendre et analyser l'activité des travailleuses et travailleurs (Guérin et al., 2021). L'anticipation des évolutions des situations de travail – qu'il s'agisse de l'introduction de nouvelles technologies ou de la modification des structures organisationnelles – exige une prise en compte de ces variabilités. Ces variabilités permettent d'identifier une diversité de situations de travail, et donc de régulations bénéfiques ou délétères. Il s'agit d'un premier levier pour identifier des conditions « souhaitables » et pour éviter de favoriser le développement de situations sources de contraintes supplémentaires.

2.2.3. Le cadre de l'organisation comme structurant pour l'analyse des régulations de l'activité

Les analyses de l'activité réalisées par les ergonomes nécessitent de prendre en compte les situations de travail – et leurs variabilités, comme nous venons de le voir – ainsi que l'organisation plus globale dans laquelle elles s'insèrent. L'effectivité de cette organisation du travail repose sur ce que les personnes en font au cours de leur activité et sur les interactions qui s'y tissent (Gaillard & Mollo, 2021; Petit & Dugué, 2013). Ainsi, l'organisation du travail est pour partie, en permanence remodelée par la manière dont les différents acteurs agissent dans le cadre de l'organisation du travail établie. Elle est évolutive selon l'autonomie laissée aux personnes et les (im)possibilités de marge de manœuvre qui leur sont accordées. En ce sens, elle joue un rôle massif de déterminant[38] de l'activité, par ses effets directs sur l'activité des

[37] Daniellou & Béguin (2004) abordent cette distinction en parlant de « la variabilité des utilisateurs » et « variabilité de situations productives » (p.339).

[38] Nous reprenons le terme déterminant très largement utilisé en ergonomie, bien qu'ayant conscience des limites de ce terme puisque nous ne nous situons pas dans un modèle déterministe du travail comme nous l'avons vu tout au long de ce chapitre. Nous privilégions une approche constructive de l'activité où l'individu est acteur, et transforme à son tour la situation de travail. Toutefois, la notion de déterminants nous semble nécessaire pour aborder les différents « niveaux » (macro et micro) ainsi que les effets « en chaîne » que peut avoir un « déterminant » sur un autre.

personnes. Elle est également « déterminée » par la manière dont elle prend sens, et dont elle soutien ou freine l'activité des travailleuses et travailleurs.

Les déterminants de l'activité peuvent être externes (liés à l'entreprise, mais plus largement au-delà de l'entreprise) et internes (liés à l'individu). Ils sont variés et peuvent se situer à différents niveaux, plus ou moins éloignés de l'activité des opérateurs. Ils peuvent se situer géographiquement sur le lieu de l'activité (e.g., la conception du poste de travail), ou plus éloigné (e.g., sur des processus en amont), et ils se combinent. Albert (2023), a analysé les risques d'exposition aux produits phytosanitaires en milieu agricole lors de l'activité de traitement et montre une *chaîne des déterminants.* Il en est de même dans le cadre de la prévention des TMS (Bellemare et al., 2002 ; Buchmann & Landry, 2010). La notion de chaîne de déterminants nous paraît intéressante pour explorer les déterminants de l'activité, qui sont les leviers sur lesquels il est possible d'agir pour transformer la situation, et qui vont être potentiellement modifiés et avoir des effets dans le déroulement de l'activité. Van Belleghem et al. (2011), à travers une étude réalisée pour la Mutualité Sociale Agricole (MSA) concernant la prévention des viticulteurs, montre que certaines activités ancrées dans un contexte territorialisé nécessitent d'élargir l'échelle de prise en compte des déterminants. Cette étude a permis d'identifier des macro-déterminants, élargissant ainsi la perspective de l'analyse de l'activité pour mieux comprendre et agir sur les risques identifiés (Van Belleghem et al., 2011).

Nous proposons d'intégrer l'ensemble de ces termes au modèle de la double régulation repris par Jansou et al. (2024) :

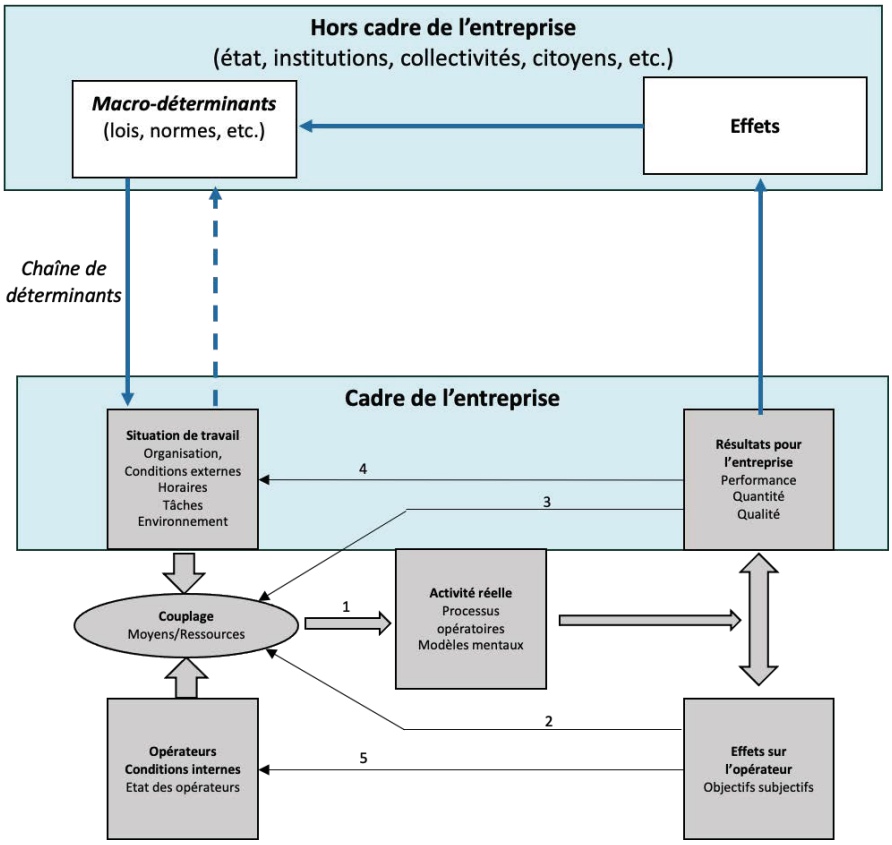


Figure 11. Schéma intégrant les notions de chaîne de déterminants (Albert, 2023) et de macro-déterminants (Van Belleghem, 2011) au « schéma à 5 carré » inspiré de Leplat & Cuny (1977), et enrichi par De Terssac et Christol (1978) cité par Jansou et al. (2024)

Nous considérons ces « déterminants » et macro-déterminants comme *des* marges de manœuvres en tant que « conditions antécédentes » à l'activité (Coutarel et al. 2024).

2.2.4. La dimension collective comme espace de régulation possible

La dimension collective du travail a été abordée de façon sporadique dès les années 1960. Au début des années 1990, elle a progressivement occupé une place importante en ergonomie (Barthe & Queinnec, 1999). L'activité collective implique que les travailleuses et travailleurs engagés dans la situation visent des buts communs ou partagent un même but, et sous-tend une forme d'interdépendance dans leur activité.

La prise en compte de la dimension collective dans l'analyse de l'activité permet d'identifier et de comprendre les compromis opérés par les opératrices et opérateurs. Dans cette recherche,

nous l'aborderons comme une composante de l'activité individuelle. Bien que nous ne l'envisagions pas directement sous l'angle de l'activité collective[39], elle y est présente, car il est établi que le travail collectif peut favoriser le développement de stratégies participant à la prévention des TMS (Buchmann & Landry, 2010 ; Coutarel & Daniellou, 2011) et la préservation de la santé au travail (Caroly, 2010). La dimension collective intervient également dans l'élaboration et le développement du geste, qui assure à la fois des fonctions individuelles et des fonctions liées à la qualité du travail. Ces gestes se déploient individuellement mais peuvent également être transmis et partagés collectivement. Ils peuvent être tournés vers les autres ou se construire grâce aux autres, en s'inscrivant dans les interactions avec les collègues. Au-delà de la coopération entre opératrices et opérateurs de production, le collectif englobe également les encadrantes et encadrants, dont l'activité peut constituer une ressource et influencer le développement des régulations mises en place par les opératrices et opérateurs de production. Toutefois, bien qu'abordé majoritairement comme ressource pour l'activité individuelle, le collectif de travail peut également être source de contraintes si les buts des personnes ne se rejoignent pas ou ne s'articulent pas. Il présente alors un risque de fragilisation pour la mise en place de stratégies de régulations individuelles.

2.3. Regard sur l'activité des encadrants de proximité : des spécificités à prendre en compte pour analyser la situation de travail et leur activité

Les encadrants de proximité sont des acteurs clés de l'organisation. Ils gèrent les équipes et assurent la coordination technique, organisationnelle et humaine au sein des ateliers de production (Mascia, 2001). Bien qu'initialement l'ergonomie se soit centrée majoritairement sur les conditions de travail des ouvriers, depuis une quinzaine d'années, l'intérêt pour l'activité des encadrants semble prendre de l'ampleur dans les travaux en ergonomie. Les actes du séminaire « Âges et Travail : Le travail d'encadrement. Quelles évolutions ? Quels parcours ? » (Gotteland, Zara-Meylan, Gaudart, Wolff, Serverin, Chassaing, Gillet, Dujarier, Abord de Chatillon, et al., 2015) illustrent ces évolutions. À titre d'exemples : Caroly et Barcellini (2013) soulignent l'importance de la prise en compte de leur activité dans le cadre du développement de l'activité collective des opératrices et opérateurs (Caroly & Barcellini, 2013) ; Flandrin et al. (2021) s'intéressent aux effets de la digitalisation de systèmes d'accueil des clients dans l'hôtellerie sur l'activité des managers ; Reboul et al., (2023) étudient la prise en compte de la santé et de la prévention à travers l'activité des encadrants de proximité. L'analyse de l'activité

[39] Au sens de Caroly (2010) qui propose une distinction entre *collectif de travail* et *activité collective*.

des encadrants de proximité révèle ainsi leur rôle central, bien que souvent invisible, dans l'articulation entre enjeux de santé et de production (Reboul et al., 2023).

2.3.1. Régulation de l'activité, régulation d'un système de production : une distinction à prendre en compte dans l'analyse de l'activité d'encadrants de proximité

Dans le secteur industriel, les encadrants de proximité sont non seulement responsables des équipes, mais également en charge de la production. Aussi, afin d'éviter toute confusion, l'analyse des *régulations* de l'activité nécessite d'être distinguée de la *régulation de la production*[40] que nous emploierons pour parler des régulations effectuées par les encadrants sur un système sociotechnique à partir des entrées et sorties du système (Leplat, 2000). Toutefois, ces *régulations sur la production* se font en intégrant la santé des personnels encadrés, à travers une « activité de médiation » permettant aux encadrants de faire face aux contradictions organisationnelles (Reboul, 2021; Reboul et al., 2023). De plus, l'activité des encadrants de proximité s'inscrit dans un contexte de variabilité permanente, nécessitant des ajustements continus pour garantir la fluidité du travail et la cohérence des actions (Gotteland Agostini et al., 2016; Le Bris & Barthe, 2013). En ce sens, « ces stratégies de médiation consistent notamment à créer des solutions pour tenir compte des impératifs de production et des enjeux de santé, et de cette manière favoriser des situations de travail soutenables pour les agents. » (Reboul, 2021, p.4). Les auteurs montrent qu'ils s'appuient sur l'expérience des événements vécus, construite au sein d'un « espace de médiation », un espace symbolique qui se compose d'un ensemble de configurations possibles, offrant en situation une diversité de choix de médiation. Ces configurations génèrent ainsi des « espaces intermédiaires », articulant à la fois le passé et le présent des trajectoires individuelles et collectives, ainsi que les dynamiques entre santé et production (Reboul, 2021; Reboul et al., 2023). Ainsi, la capacité de l'encadrant à réguler la production, à soutenir le travail collectif et à mettre son expérience et ses compétences au service de la prévention de ses équipes sont des éléments qui permettent d'enrichir une analyse globale de la situation de travail afin d'en saisir et d'en prendre en compte sa complexité (Cuny-Guerrier et al., 2018).

[40] Nous utiliserons cette distinction dans la suite de ce travail, notamment dans le chapitre 8 dans lequel nous aborderons l'activité des encadrants de proximité. Bien que cette distinction nous semble nécessaire, notre approche ne se limite pas à une analyse des régulations effectuées par les encadrants sur le système de production, nous proposerons également une analyse *des régulations de l'activité* des encadrants.

2.3.2. L'intégration de SIA dans le travail des encadrants : un risque de contrôle exacerbé et de diminution des marges de manœuvre des personnes encadrées ?

L'encadrant peut être une ressource en favorisant le développement de l'activité collective (Caroly, 2010) et les espaces possibles de régulations individuelles et collectives. Cependant, étant généralement en charge de la production d'indicateurs censés rendre compte de l'atteinte – ou non – des objectifs de performance, une partie de leur tâche vise ainsi le contrôle, à la fois du déroulement du travail et du résultat de la production. De ce fait, l'encadrant peut aussi être une contrainte pour le développement de l'activité des personnes encadrées. Il est d'ailleurs montré que le type de management peut avoir des effets sur les TMS (Devereux & Buckle, 1998). Le Larousse (2024) définit le *contrôle* comme « l'action de contrôler quelque chose, quelqu'un, de vérifier leur état ou leur situation au regard d'une norme ». Peu de travaux en ergonomie ont pour objet d'étude principal la notion de contrôle[41]. En revanche, en sociologie cette notion apparaît dans la théorie de la régulation sociale (TRS) et est intrinsèquement liée, dans un rapport dialectique, à la notion d'autonomie (de Terssac, 2003, 2012). Nous l'utiliserons pour parler d'un risque de *sur-contrôle* de l'activité des opérateurs encadrés avec les SIA dont les finalités pourraient conduire soit à augmenter les cadences et les exigences de la tâche, soit à assurer une forme de standardisation. Toutes deux peuvent conduire à des effets délétères sur la santé, notamment par une réduction des marges de manœuvre. Ce risque de surcontrôle semble être lié parfois à « un écrasement des managers par du reporting, de l'administratif, le respect de process et protocoles, de modes opératoires, etc. » (Violleau et al., 2023, p.322). Ainsi cette notion nous paraît incontournable dès lors que l'on s'intéresse à des questions relatives aux transformations du travail par l'IA. En effet, cette question semble émerger en même temps que l'intégration de certains SIA. Par exemple, la société Amazon France Logistique a été condamnée en raison d'un surcontrôle de l'activité de ses employés (CNIL, 2024; LeMonde, 2024). Bien que ces pratiques aient été condamnées, elles traduisent l'existence d'une vision du contrôle de l'activité comme celle d'un levier pour la performance. Cette vision est aux antipodes du modèle de l'activité et du sujet agissant sur lesquels nous nous appuyons, et représente un risque pour la santé des individus qu'il nous semble nécessaire d'envisager dès lors que l'on s'intéresse aux développements d'outil d'actimétrie. Cette vision, centrée sur la performance comme décorrélée des questions de santé présente un risque pour la

[41] Hormis dans des études en lien avec le télétravail, dont le contexte de la situation de travail est éloigné des situations de production du milieu industriel. Par exemple, une étude s'intéresse à l'évolution du rapport contrôle-confiance dans le cadre du télétravail (Karsenty, 2024)

santé et l'apparition des TMS. Pour la santé des opératrices et opérateurs encadrés, l'enjeu serait donc que l'encadrant prenne en compte le travail réel de ces derniers (Detchessahar, 2013).

Ainsi, les enjeux liés à l'intégration des SIA dans le travail nécessitent de s'intéresser au futur pour anticiper les transformations à venir et leurs effets sur la santé des travailleuses et travailleurs.

2.4. Transformations du travail et rapport(s) au(x) futur(s) de l'ergonomie : d'une ergonomie de « correction » à une ergonomie « de conception », vers une ergonomie prospective ?

Initialement, l'ergonomie avait principalement une visée corrective pour « améliorer » ou « corriger » des situations de travail déjà existantes. Les ergonomes disposaient alors de peu de marges de manœuvre – notamment d'un point de vue technique – pour transformer le travail en profondeur et l'adapter aux besoins de l'activité des personnes. C'est pourquoi dans un second temps, les ergonomes ont élargi leur périmètre d'intervention en intervenant plus prématurément, dès la phase de conception. Ainsi, cette recherche se concentre sur la distinction proposée entre l'ergonomie de correction, l'ergonomie de conception et l'ergonomie prospective (EP)[42]. Nous nous y intéressons pour situer les possibilités d'actions des ergonomes. Aujourd'hui, dans un contexte de transitions, la dimension prospective est travaillée, permettant d'intégrer plus explicitement la question du futur. Toutefois, si cette question est au cœur de la prospective, le futur a en réalité toujours été structurant de toute action ergonomique, comme le rappelle Daniellou (2008) :

> Notre travail est toujours tourné vers le futur, et cela fait partie de notre identité. Depuis toujours, c'est-à-dire depuis que l'ergonomie s'enseigne, on a dit que les analyses que nous faisons sont tendues entre la demande et les possibilités de transformation. Parmi les infinies possibilités de décrire la situation, nous allons essayer de produire ce qu'Alain Wisner appelle des modèles opérants, c'est-à-dire des formes de descriptions qui font que l'on est plus avancé qu'avant pour transformer la situation. Les descriptions que nous faisons n'ont pas seulement à être justes, elles ont à favoriser l'action. Ce qui va permettre de savoir si un ergonome a bien travaillé, ce n'est pas la vérité de sa description. Personnellement je considère que l'analyse de l'activité ne vaut que par ce qu'elle porte comme possibilité de changement, de développement de la situation. (p.18)

[42] Bien que ces distinctions représentent un support de réflexion pour la pratique et l'intervention, il est nécessaire de les considérer avec certaines réserves, l'écueil à éviter étant de les mettre en opposition alors qu'en réalité elle se complètent et se recouvrent. Ces catégorisations correspondent aux évolutions des pratiques et des recherches en ergonomie de l'activité qui ont eu lieu au fil du temps.

Un des défis majeur de l'ergonomie de l'activité réside dans son caractère situé, et dans l'impossibilité de « prévoir » la future situation ainsi que les usages qui seront faits de systèmes de travail ou de nouveaux artefacts technologiques, qui vont se construisent au fil de l'activité des opérateurs (*cf.* Figure 12) (Petit & Dugué, 2013).

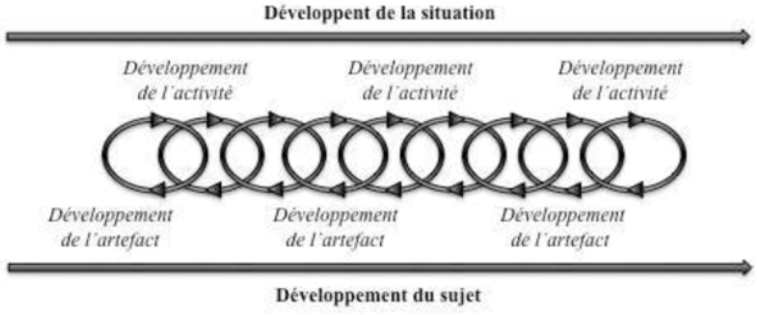


Figure 12. Développement conjoint du sujet et de la situation à travers l'activité médiatisée (Petit et Dugué, 2013, p.224)

Aussi, si la question de penser le futur n'est pas nouvelle, la nécessité de développer une ergonomie prospective est actuellement renforcée par les possibilités de transformation que comportent les nouvelles technologies, notamment celles en lien avec les progrès de l'IA. Ces progrès permettent d'envisager de nouveaux développements selon différentes orientations possibles. Le déploiement de ces SIA comporte différentes perspectives de transformations du travail, qui peuvent être pensées et imaginées, mais qui ne peuvent pas encore être observées. Cependant, il est souhaitable d'intervenir en amont pour les comprendre et les développer dans une perspective ergonomique et éthique. Comme souligné par Brangier et Robert (2009), bien que la conception s'intéresse au futur, la distinction entre ergonomie de conception et prospective renvoie au positionnement de l'ergonome. Dans le premier cas, l'ergonome intervient dans un « *defined futur* » (futur défini), alors qu'en se positionnant sur la prospective l'ergonome peut être à l'initiative de projet puisqu'il s'agit alors de s'intéresser à un « *indefined futur* » (futur indéfini) (Robert & Brangier, 2009). Bien que dans les faits, les projets de conception comportent systématiquement une part de « futur indéfini », ils reposent toujours sur des objectifs souhaités. Le « paradoxe de l'ergonomie de conception » (Pinsky & Theureau, 1992) souligne à la fois cette nécessité d'appréhender le futur et la difficulté à le faire. Il n'est pas possible d'analyser la future activité transformée par la mise en place de nouveaux moyens, puisque ces moyens n'existent pas encore, et ne sont pas intégrés ni appropriés dans la situation concernée. Le paradoxe de l'ergonomie de conception se trouve alors décuplé et élargi dans le cadre de l'EP, et l'écueil que nous identifions est de s'éloigner de l'activité en voulant dépasser

ce paradoxe. Cela peut être le cas de certaines méthodes de créativités[43] visant un « foisonnement » d'idées (*cf.* Partie 3.2.).

Par ailleurs, un autre découpage nous semble pertinent pour comprendre les évolutions qui ont conduit vers le développement de l'EP, et les limites aujourd'hui associées à l'analyse de l'activité dans les projets d'EP : la distinction entre une ergonomie qui s'intéresse aux situations de travail et une ergonomie du produit. Comme nous avons pu le voir, l'ergonomie s'est développée en lien étroit avec le travail, ses évolutions sociales, techniques, réglementaires, etc. Le nom même de la discipline est marqué par cette notion, dérivée du grec *ergon* qui signifie travail. Les ergonomes ont ensuite élargi leur champ d'application à l'analyse des activités domestiques, et plus largement aux activités humaines au sens large du terme, en participant à des projets de conception (architecturaux, ou de produit) (Zouinar & Fréjus, 2010). L'*ergonomie de produit* fait référence aux projets qui ne relèvent pas de l'ergonomie des systèmes industriels et des conditions de travail du point de vue de la productivité et de la sécurité, mais renvoie à la conception de produits suivant une logique de marché et de concurrence (Dejean & Naël, 2004). Les projets de conception peuvent être à différents niveaux de maturité quand ils se développent. Ainsi les ergonomes sont confrontés à des situations dans lesquelles il est difficile, voire impossible dans le cadre de certains projets d'analyser des situations existantes puisqu'il n'existe pas de « bibliothèque de situations » (Daniellou, 2004). C'est principalement dans ce type de contexte que l'EP s'est développée jusqu'alors, en ayant encore moins de prise avec le concret que l'ergonomie de conception dont le cadre est en partie préalablement défini par les acteurs de la conception (e.g., Nelson, 2011). Bien que les connaissances acquises en ergonomie, y compris en situation de travail, puissent permettre aux ergonomes de participer à divers types de projets de conception, il existe encore peu de modèles pour identifier la complexité de ces situations domestiques. Or, dans le cadre de l'EP déployée dans des situations de travail, les modèles de situations de travail, bien que nécessitant des ajustements, disposent d'apports empiriques et ont été débattus au sein de la communauté scientifique. Ainsi, ils offrent une base d'analyse de la situation, en lien avec l'analyse de l'activité. En effet, il n'est pas (ou rarement) question de concevoir une situation de travail pour laquelle il n'existe aucune situation initiale existante, contrairement aux objectifs visés par la prospective pour l'ergonomie de produit. Il existe au moins des normes, des règles, des traces

[43] La créativité est généralement définie comme la capacité à produire des idées ou des solutions à la fois inédites et pertinentes par rapport au contexte dans lequel elles émergent (Bonnardel & Lubart, 2019).

et points de départ qui offrent un cadre et des éléments de compréhension de l'activité. Comme le soulignent Zouinar et Fréjus (2010), l'élargissement du champ d'action de l'ergonomie au-delà du cadre strict du travail permet non seulement d'interroger et d'enrichir les modèles existants, mais aussi d'en identifier les limites. Il ne s'agit donc pas d'opposer de manière rigide ergonomie de produit et « ergonomie du travail », mais plutôt de différencier les enjeux spécifiques que chacune de ces demandes vise à traiter et à prendre en compte.

L'ergonomie de conception dans le cadre du travail, permet d'intégrer la question de l'activité dès les choix de conception, mais elle présente des limites dans la pratique puisque l'ergonome intervient lors de phases parfois avancées, lorsqu'une partie des objectifs et les usages visés par le développement technologique sont déjà définis. Bien que l'ergonome dispose de marges de manœuvre plus importantes que dans le cas d'une ergonomie de correction, elles restent limitées. Avec le développement de nouvelles technologies « poussées », notamment par les progrès récents de l'IA, un bien plus vaste champ des possibles s'ouvre pour l'ergonome. Ce contexte de transitions constitue un cadre qui conduit au développement d'une dimension prospective en ergonomie. Aussi nous constatons, comme le proposent les différents auteurs de travaux en ergonomie prospective ou en Prospective du travail (que nous développerons dans le prochain chapitre), qu'il est nécessaire de questionner la place et le rôle des ergonomes dans les projets d'innovation, afin d'intervenir non seulement dans les phases initiales de la conception, mais aussi en amont de tout projet.

Point d'étape

L'ergonomie francophone s'est construite en faisant de l'analyse de l'activité sa spécificité. Au cours de son activité, l'opératrice ou l'opérateur met en place *des régulations* pour parvenir à atteindre les objectifs de performance tout en préservant sa santé. Ces régulations sont des processus *dynamiques individuels et collectifs* qui permettent de faire face aux *variabilités de la situation*. Elles nécessitent d'être rendues possibles par l'organisation à travers des espaces de régulations, qui offrent la possibilité de développement de *marges de manœuvres*. Les approches de l'ergonomie constructive soulignent l'importance de la *variabilité gestuelle* comme une des sources de régulation de l'activité qui s'exprime pour faire face aux variabilités apparaissent. Il s'agit d'une stratégie dynamique essentielle pour gérer les risques de TMS.

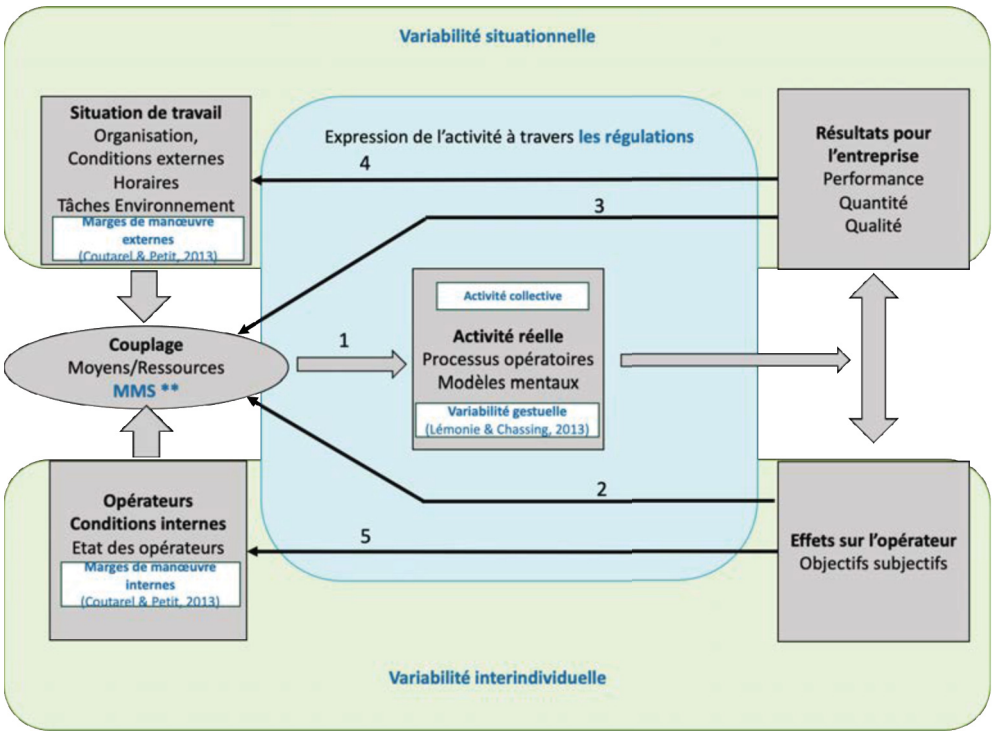


Figure 13. Schéma récapitulatif : proposition d'intégration des différentes notions présentées au modèle de la double régulation[44]

[44] Ce schéma s'appuie sur les références suivantes :

Coutarel, F., & Petit, J. (2013). Prévention des TMS et développement du pouvoir d'agir. In *Ergonomie constructive* (p. 175-190). Presses Universitaires de France.
De Terssac, G. & Christol, (cité par Jansou et al., 2024)
Jansou, P., Marquié, J.-C., Richard, P., & Chabaud, C. (2024). *Petite histoire du RESACT-MP : un acteur incontournable de l'ergonomie toulousaine*. Octares Editions.
Lémonie, Y., & Chassaing, K. (2013). De l'adaptation du mouvement au développement du geste. In F. Pierre (dir.) (Éd.), *Ergonomie constructive* (p. 61-74). Presses universitaires de Francz.
Leplat, J., & Cuny, X. (1977). Introduction à la psychologie du travail. Presses Universitaires de France.

Ainsi, il est crucial de préserver et d'élargir les marges de manœuvre dès la conception des systèmes de travail afin de favoriser à la fois la performance et le bien-être des opérateurs et opératrices. Cette dimension est également à prendre en compte dans le développement d'outils d'IA visant la prévention des TMS, bien qu'ils ne puissent être considérés indépendamment de l'ensemble de l'organisation et du management en place. Par ailleurs, initialement à visée corrective et destinée à résoudre des problèmes issus de situations existantes, l'ergonomie s'est progressivement étendue à la conception de nouvelles situations de travail. Cela a soulevé la question de la place du futur. Depuis les années 2010, un troisième volet visant une ergonomie prospective s'est développé. Les évolutions récentes en IA renforcent cette nécessité de se questionner sur le futur en construction en amont de tout projet de conception. Ainsi la question du développement de la prospective en ergonomie soulève et renforce les questionnements méthodologiques liés à l'impossibilité de s'appuyer sur l'analyse de l'activité outillée et sur les usages effectifs puisqu'ils n'existent pas encore.

Dans le cadre de cette recherche, nous aborderons l'activité des opératrices et opérateurs et les situations de travail dans lesquelles ils évoluent à travers les régulations de l'activité opérées par les opérateurs de production, mais également tenant compte des régulations sur le système et la production opérées par les encadrants de proximité. Cette approche, centrée sur les régulations permet d'identifier les régulations au cours de l'activité et d'analyser les conditions favorables ou défavorables au développement de marges de manœuvre. Ainsi cette approche de l'analyse de l'activité et des situations de travail permet de tenir compte de la complexité des situations de travail, tout en plaçant l'activité et la santé des travailleuses et travailleurs au cœur des préoccupations, dans une perspective de soutenabilité du travail.

Chapitre 3 : Le développement d'une pensée prospective en ergonomie

Dans ce chapitre, nous présenterons la prospective, cette « *(in)discipline* » (Durance, 2007)[45] qui a connu de nombreuses évolutions, et dont diverses disciplines se sont par la suite inspirées. Dans un premier temps, nous présenterons les fondements de cette « *indiscipline* » transversale et ses évolutions, en nous appuyant notamment sur la pensée de Gaston Berger[46], fréquemment désigné comme le père de la prospective. Bien que ses travaux soient relativement anciens[47], ils restent structurants au regard des enjeux sociétaux auxquels nous sommes aujourd'hui confrontés (Chapitre 1). Dans un second temps, nous présenterons les liens déjà établis entre prospective et ergonomie, en commençant par les prémisses identifiées dans certaines approches de la conception, puis en explorant des travaux de Brangier et Robert (2014) et leur approche de l'*Ergonomie Prospective*, ainsi que ceux de Pueyo (2022), qui formalise quant à elle une *Prospective du Travail*. Enfin, nous discuterons des apports pour l'ergonomie de l'*attitude prospective* de Berger, et nous nous positionnerons quant aux appropriations de ce terme par l'ergonomie, afin de proposer des pistes de réflexion complémentaires, dans l'objectif de développer une ergonomie de l'activité enrichie d'une dimension prospective.

3.1. Naissance d'une discipline engendrée par les évolutions du monde : la prospective de Gaston Berger

Philippe Durance (2007) propose de définir la prospective comme :

> Ni une science, ni discipline à proprement parlé. Un art, plus sûrement. Certains parlent d'une « indiscipline » intellectuelle. En définitive fondamentalement, la prospective est une attitude, un état d'esprit, une manière d'être, voire une philosophie, peut-être même une certaine forme de morale, c'est-à-dire un guide de l'action humaine soumise aux devoirs et ayant pour but la recherche du « sens » commun avec comme moyen la connaissance. Il s'agit d'une posture différente vis-à-vis de l'avenir, basée sur le refus de la fatalité, sur la reconnaissance de l'homme à la fois comme finalité et comme acteur du futur. (Durance, 2007, p.4.)[48]

[45] Cet ouvrage qui sera cité à plusieurs reprises dans ce texte, regroupe les textes fondamentaux de la prospective française de 1955 à 1966, dont ceux de Berger, Bourbon-Musset et Massé. Les textes originaux de Berger étant difficilement accessibles, les textes principaux ont été réunis par Philippe Durance. Aussi, chaque citation sera accompagnée en note de bas de page de la source référencée dans cet ouvrage, afin d'apporter des précisions quant à la date de l'écrit, et au texte de référence.

[46] Gaston Berger (1896-1960) est un philosophe de l'action, et chef d'entreprise, il a également été directeur général de l'enseignement supérieur au ministère de l'Éducation nationale, de 1953 à 1960.

[47] Ses travaux sur la prospective ont été écrits entre 1955 et 1960 (date de décès de Gaston Berger). Certains travaux ont été publiés à titre posthume.

[48] Durance, P (2007). La prospective de Gaston Berger. In *De la Prospective. Textes fondamentaux de la prospective française 1955-1960.* Textes réunis par Philippe Durance.

La prospective est née d'une volonté de développer une « science de l'homme à venir »[49] (Berger et al., 2007), dans un monde en constante évolution. L'exploration du futur, porteur de tant d'inconnues, apparaît essentielle pour orienter l'action présente. « Mais comment se faire une idée d'un futur qui ne sera jamais qu'un cocktail mystérieux entre le prévisible et l'imprévisible, le probable et l'improbable, l'imaginable et l'inimaginable ? » (De Brabandère & Mikolajczak, 2008).

3.1.1. La pensée de Gaston Berger (1955-1960) : l'attitude prospective

La prospective est un terme qui a été introduit en France par Gaston Berger (1896-1960), philosophe du XX^{ème} siècle qui déjà à son époque, constatait les transitions en cours – et celles à venir – et leurs accélérations dans la société (Berger et al., 2007 ; Damon, 2005; Gouët, 2019 ; Grossin, 1998 ; cité par Zara-Méylan, 2016). Il constate que les transformations sont de plus en plus nombreuses et profondes, et que ce n'est pas tant l'accélération qui est nouvelle, mais le fait qu'elle soit – en son temps déjà – perceptible à hauteur d'homme et exacerbée par les progrès techniques. Ses questionnements autour du temps l'ont conduit à aborder l'avenir autrement par rapport à ce qu'il constatait au sein des instances publiques : il considère que « l'avenir n'existe pas » et qu'il reste à construire. Ces réflexions l'ont conduit à être reconnu comme le père de la prospective qu'il a développée au milieu des années 1950, autour d'une approche qu'il a nommée l'*anthropologie prospective*. Ses écrits longtemps oubliés, sans doute en raison de sa disparition prématurée, ont été réédités récemment (Berger, Bourbon-Busset & Massé, 2007)[50]. Ses préoccupations, tournées vers l'avenir font suite à différents constats qu'il a pu faire en tant que haut fonctionnaire au ministère de l'Éducation Nationale, puisqu'il déplorait notamment la seule *attitude rétrospective*, qui conduit à négliger la prise en compte du futur dans un monde en développement. Il ne condamne pas pour autant, cette *attitude rétrospective* puisqu'elle permet l'élaboration d'hypothèses pour l'action, principalement à partir : du *précédent*, d'*analogies*, ou d'*extrapolations*. La critique qu'il faisait de ces méthodes rétrospectives, porte sur le fait qu'elles sont souvent associées à une forme de « paresse » où l'on considère – respectivement aux approches évoquées – que « tout se répète », « tout se ressemble » et « tout continue », dénonçant alors la non-considération des évolutions du

[49] Nous emploierons dans cette partie les termes « l'Homme » et « les hommes » conformément à l'usage qu'en faisait Berger dans les années 1950. Le premier renvoie à l'humanité dans son ensemble, tandis que le second désigne à la fois les femmes et les hommes.

[50] Avant-propos de l'ouvrage écrits par Philippe Durance.

monde[51]. Dans ce cadre, il a proposé d'adopter en parallèle et de façon complémentaire, *une attitude prospective*, qui sans renier le passé, ne s'en contente pas. Cette *attitude prospective* repose sur un ensemble de réflexions philosophiques autour du temps et des transformations, de l'interdisciplinarité en lien avec les sciences humaines, de l'articulation des fins et des moyens et du sens de la décision publique (Berger, Bourbon-Busset & Massé, 2007)[52]. Dans cette optique, il évoque les caractéristiques de l'*attitude prospective* :

- **Voir loin :** se projeter vers l'avenir, prendre en compte les dynamiques du changement, et ne pas se limiter à une vision rétrospective.
- **Voir large :** associer des compétences, des responsabilités et des points de vue différents au sein d'un exercice pluridisciplinaire construit en équipe pour stimuler l'intelligence collective.
- **Analyser en profondeur :** il convient d'explorer les facteurs déterminants significatifs afin d'approfondir notre compréhension de la situation.
- **Prendre des risques :** développer une pensée « libre » et non conformiste, pour se donner les moyens de formuler des paris raisonnés sur l'avenir.
- **Penser à « l'Homme » :** La prospective accorde une place primordiale aux hommes et aux femmes, car chaque prise de décision a des conséquences concrètes sur les personnes.

(1) *Voir loin*

La prospective étant définie comme une « prise en considération formelle de l'avenir dans les décisions humaines » (Berger, Bourbon-Busset & Massé, 2007, p.13)[53], *voir loin* constitue le cœur de l'attitude prospective. Il s'agit tout d'abord de « concentre[r] notre attention vers l'avenir. On peut être tenté de croire que cela est quelque chose de bien ordinaire. Rien cependant n'est moins fréquent » (Berger, Bourbon-Busset & Massé, 2007, p.83)[54]. Il s'agit de *« regarder au loin »* en prenant en compte les dynamiques de changement, puisque les évolutions et l'accélération de ces évolutions transforment le monde. L'avenir ne peut pas être considéré comme une prolongation simple et linéaire du présent, mais doit être considéré dans toute sa complexité. La temporalité à considérer doit être celle de l'avenir lointain « dans

[51] Berger, G., (1957). Sciences humaines et prévision, *La Revue des Deux Mondes*, 3, 1er février, pp.417-426.

[52] Berger, G., (1956) Le problème des choix : facteurs politiques et techniques. Politique et technique, Paris : Presses Universitaires de France, coll. Bibliothèque des Centres d'études supérieures spécialisées, pp. 370-382.

[53] Avant-propos de l'ouvrage écrits par Philippe Durance.

[54] Berger, G. (1959). L'attitude prospective. *Prospective,* Paris : Presses Universitaires de France, 1, pp. 1-10, mai.

beaucoup de cas on peut indiquer avec plus de certitude une tendance générale que la date et l'intensité d'un événement particulier » (Berger, Bourbon-Busset & Massé, 2007, p.83)[55]. Il ne s'agit pas de prédire, avec des dates précises, mais de donner un horizon lointain. Dans l'avenir, tout comme dans le présent « il y a plus de choses à voir qu'on ne le suppose. Encore faut-il vouloir regarder » (Berger, Bourbon-Busset & Massé, 2007, p.83)[52].

(2) *Voir large*

Berger invite à partager et croiser les expériences, d'hommes ayant des formations et responsabilités différentes, pour prendre davantage en compte les interdépendances qui ne cessent de croître. « Il faut que les hommes se rencontrent […] cette confrontation entre les vues personnelles d'hommes compétents dégagera une vision commune qui ne sera pas de confusion, mais de complémentarité. » (Berger, Bourbon-Busset & Massé, 2007, p.84)[52].

(3) *Analyser en profondeur*

La prospective doit se détacher de l'habitude de s'appuyer sur des méthodes rétrospectives dans un monde où les transformations s'accélèrent, elles montrent leurs limites. Bien qu'ils ne s'agissent pas de rejeter toutes les méthodes basées sur le passé qui permettent la formulation d'hypothèses, elles ne suffisent pas à elles seules à penser l'avenir des situations. « C'est donc à une analyse en profondeur que la prospective doit se livrer. Rechercher les facteurs vraiment déterminants et des tendances qui poussent les hommes dans certaines directions, sans que toujours ils ne s'en rendent bien compte. » (Berger, Bourbon-Busset & Massé, 2007, p.85)[52].

(4) *Prendre des risques*

Pour Berger, *prendre des risques* en visant à réfléchir à l'avenir et à ce qui serait souhaitable est en fait moins risqué que d'agir sans réflexion préalable sur l'avenir et sans accompagner le changement. Il convient d'identifier les conséquences éventuelles des actions réalisées en amont, soit pour optimiser les possibles, soit pour éviter un déroulement néfaste pour les hommes et les femmes. La prospective n'est pas figée. Les processus de réflexion qu'elle incite à mener ne sont pas gravés dans le marbre et peuvent être modifiés en cours de route. Par ailleurs, en invitant à prendre des risques, la prospective doit laisser une large place au doute,

[55] Berger, G., (1959a) L'attitude prospective. *Prospective,* Paris : Presses Universitaires de France, 1, pp. 1-10, mai. *In* Berger G., Bourbon-Busset, J., & Massé,P. (2007) De la prospective, textes fondamentaux de la prospective française 1955-1966. Textes réunis et présentés par Philippe Durance. (p. 81-86). L'Harmattan.

qui est nécessaire pour s'autoriser à penser librement. L'idée défendue repose sur la nécessité de prendre du recul pour mieux préparer l'action.

> La prospective suppose une liberté que ne permet pas l'obligation à laquelle nous soumet l'urgence. Il arrive aussi assez fréquemment que des actions à court terme doivent être engagées dans une direction opposée à celle qui révèle l'étude de la longue période. […] Les horizons qu'elle fait apparaître peuvent nous amener à modifier profondément nos projets à long terme.
>
> (Berger, Bourbon-Busset & Massé, 2007, p.85)[56]

(5) *Penser à l'Homme*

Dans cette approche, l'Homme donne l'échelle de la prospective dans le sens où elle « ne s'attache qu'aux faits humain » (Berger, Bourbon-Busset & Massé, 2007, p.86)[53]. Elle ne considère les événements, comme les progrès technologiques, que pour leurs conséquences sur l'Homme. L'Homme est l'échelle de référence qui permet de donner un sens et une valeur aux divers phénomènes sociétaux et aux avancées techniques. En ce sens, l'humain se situe au cœur des préoccupations, sans pour autant exclure l'importance d'autres facteurs dans les considérations tournées vers l'avenir.

3.1.2. Gaston Berger une vision anthropocentrée de la technique : considérations sur les fins et les moyens

Berger définit la technique comme « un ensemble de moyens, convenablement ordonnés, qui permettent d'atteindre une fin désirable ». (Berger, Bourbon-Busset et Massé, 2008)[57]. Porteur d'une vision anthropocentrée, il considère la technique comme le prolongement naturel de l'évolution des hommes : « toute action transforme le monde […], l'outil prolonge le bras d'une manière aussi naturelle que la griffe prolonge la patte. » (Berger, Bourbon-Busset et Massé, 2008, p.84.)[54]. Dans sa réflexion, il considère l'activité humaine – au sens de production – en soulignant et en questionnant avant tout le lien et la place donnée aux fins et aux moyens. « Des moyens ne sont utiles que si la fin qu'ils visent est intéressante, c'est-à-dire si elle a une valeur pour l'homme. » (Berger, Bourbon-Busset et Massé, 2008)[54]. Comme l'ergonomie de l'activité, il souligne les limites de certaines approches des sciences humaines et sociales, qui considèrent que « l'homme est un mécanisme, fort compliqué sans doute, mais dont il suffirait de bien connaître les rouages pour en obtenir les comportements qu'on désire » (Durance & Berger,

[56] Berger, G., (1959a) L'attitude prospective. *Prospective,* Paris : Presses Universitaires de France, 1, pp. 1-10, mai.

[57] Berger, G., (1958). Humanisme et technique. Revue de l'Enseignement Supérieur.

2008, p. 84). En effet, une des limites soulignées par l'ergonomie francophone par rapport au courant *Human Factor* porte sur le fait que les modèles s'intéressent aux processus cognitifs et à « l'homme moyen » sans prise en considération de l'environnement social, et de la part active des interactions entre l'individu et l'environnement dans toute sa complexité. Berger encourage au contraire à considérer les Hommes comme des êtres complexes, en prenant en compte les variabilités de chaque individu et défend l'idée selon laquelle c'est à travers « le contact prolongé avec le concret » les sciences humaines et sociales pourront s'enrichir. Par ailleurs, un des aspects convergeant avec l'ergonomie dans la pensée de Gaston Berger, est qu'il considère l'homme comme situé, inscrit dans un environnement – et nécessairement dans sa relation au temps – et influencé par ce dernier. Il souligne l'importance de comprendre l'environnement pour situer les actions des hommes :

> […] une réflexion sur l'Homme a tout à gagner à considérer avec attention les conditions dans lesquelles il se trouve aujourd'hui placé. La connaissance du milieu où il opère, dont il reçoit les incitations et où il développe ses initiatives, est d'autant plus nécessaire que l'homme concret est toujours lié à une certaine situation, "engagé" dans un certain contexte. (Durance & Berger, 2008, p. 85)[58]

Les considérations de Berger le poussent à mener une réflexion critique sur le système politique en place. Il interroge spécifiquement le lien entre les fins et les moyens, observant que les moyens à mettre en œuvre, relevant des compétences techniques, sont trop souvent privilégiés avant les fins à atteindre. Il souligne cependant la difficulté en réalité d'opérer une distinction nette entre les fins et les moyens :

> Il faut alors remarquer que, dans la plupart des problèmes humains, on ne commence jamais par un bout. On ne part ni de la fin, ni des moyens : on commence par le milieu, c'est-à-dire la confusion. La situation est complexe ou, plus exactement, embrouillée ; il s'agit de la débrouiller progressivement. L'homme est au milieu des choses sans avoir de fins précises ni de moyens parfaitement utilisables. (Berger, Bourbon-Busset & Massé, 2007, p.47-48)[59]

Cette réflexion est formulée à l'égard des décisions politiques et des moyens techniques mis en place pour y parvenir. À ce sujet, Berger évoque le sophisme du moyen « le technicien vous propose un moyen. Supposant qu'il soit valable ; il permet alors d'atteindre la fin désirée […] On en déduit que ce moyen *doit* être employé, on devrait simplement dire qu'il *peut* l'être ».

[58] Berger, G., (1958). Humanisme et technique. Revue de l'Enseignement Supérieur *In* Berger G., Bourbon-Busset, J., & Massé,P. (2008) De la prospective, textes fondamentaux de la prospective française 1955-1966. Textes réunis et présentés par Philippe Durance. (Deuxième édition) (p. 83-86). L'Harmattan.

[59] Berger, G., (1958a). Le problème des choix : facteurs politiques et facteurs techniques. (1956), Politique et technique, Paris : Presses Universitaires de France, coll. Bibliothèque des Centres d'études supérieures spécialisées, pp. 370-382.

Ainsi, il souligne l'absence de réflexions portées sur les autres moyens envisageables, dès lors qu'un moyen est trouvé. Pourtant, selon lui, explorer d'autres moyens possibles apparaîtrait essentiel pour prendre une décision éclairée.

3.1.3. Les évolutions de la prospective : de la prospective de Berger aux prospectivistes contemporains

Depuis les premiers écrits de Berger le terme de *prospective* a évolué et plusieurs auteurs dénoncent une forme d'éloignement des fondamentaux et des bases conceptuelles de la discipline posées par Berger, alors qu'ils fondent la richesse de « l'esprit prospectif » (Berger, Bourbon-Busset, Massé, 2007 ; Heurgon, 2005). En effet, un des points centraux de la prospective de Berger repose sur les capacités du chercheur à questionner sans cesse ses actions, ses positionnements et ses choix. Des études de cas ont été réalisées et des disciplines connexes en ont emprunté des méthodes, or :

> Si la lecture d'études appliquées permet sans conteste de se familiariser avec des pratiques, elle ne permet en aucun cas de faire l'économie d'une réflexion sur les fondements mêmes de ses pratiques. Quelles connaissances les sous-tendent ? Quels concepts sont en jeu ? Quelles justifications des techniques et des méthodes utilisées ? Quels acteurs ? Autant de questions posées ou à poser qui ne trouvent pas de réponse explicite. (Durance, 2007, p.10).

La prospective « […] évolue [au contraire] au gré des évolutions sociétales et des grands courants de pensées » (Société Française de Prospective [SfdP], 2023). De fait, plusieurs périodes et courants de pensées dominants se sont succédés. Par la suite, d'autres auteurs ont poursuivi le travail initié par Berger, s'éloignant parfois de ses réflexions initiales, en particulier de la dimension anthropologique pourtant centrale dans son approche. La première période de la prospective, dans laquelle s'inscrit la Prospective de Berger, est qualifiée d'humaniste par la SFdP (2023) qui l'associe à une « approche très pluridisciplinaire à forte dimension philosophique et publique ». Il s'en est suivi trois autres grandes évolutions : la première évolution qualifiée de « prospective classique » a été marquée par l'esprit techniciste, à dimension industrielle et stratégique ; puis dans les années 80-90, la prospective a pris un tournant plus opérationnel, marqué par l'esprit pragmatique, la « prospective managériale, territoriale ». Aujourd'hui « la prospective globale » se nourrit de diverses disciplines (e.g., sciences politiques, sociologie, sciences de l'éducation et sciences du territoire). Prospective stratégique, prospective managériale, prospective territoriale ont été développées, en mobilisant

et en articulant une multitude de méthodes telles que : l'analyse stratégique d'acteurs, des analyses structurelles ou encore des approches probabilistes.

Heurgon (2005), critique l'éloignement par rapport aux réflexions initiales de ce qu'elle nomme la « prospective classique » et développe une « prospective du Présent » (Heurgon, 2005, 2013). Ses travaux nous semblent éclairants et complémentaires à la vision prospectiviste portée par Berger. En effet, si les évolutions de la prospective ont beaucoup porté sur le développement d'outils, et de démarches, elle revient aux fondamentaux de la discipline prospective. Elle remobilise la question centrale du temps et distingue le *temps physique* du *temps devenir*. Alors que la prospective classique s'inscrit dans le temps physique, la prospective du présent considère d'une façon différente son rapport au futur (Heurgon, 2005) :

> Si la prospective classique envisage des *futurs possibles*, des « futuribles » [60] (lesquels, proposés par des experts aux décideurs, ont tendance à se restreindre jusqu'à la pensée unique…), la prospective du présent postule la construction de *futurs souhaitables*. Cherchant à accroître les marges de manœuvre des acteurs, cette démarche s'oppose à la fois à l'idée d'un avenir fatalité et à celle d'une pensée hégémonique. (p.8)

Pour cela, il convient de s'intéresser à la fois aux tendances lourdes, ainsi qu'aux signaux faibles. S'intéresser à ces deux aspects vise l'identification de *faits porteurs d'avenir*. « Considérer ainsi le présent place la prospective dans son rôle d'élaboration d'une connaissance partagée pour l'action, capable d'ouvrir le champ des possibles. » (Heurgon, 2005, p. 8). Comme nous l'avons souligné (*cf.* Partie 2.4) la question de la place du futur est un des points partagés entre ergonomie et prospective, bien que les enjeux et objets d'étude diffèrent.

[60] « L'association Futuribles International est un centre de réflexion sur l'avenir ». « Futuribles » est également le nom de la revue portée par l'association (https://www.futuribles.com/qui-sommes-nous/association-futuribles/presentation/).

3.2. Une nécessité de penser les futurs en ergonomie : naissance d'une approche prospective de l'ergonomie

Le futur a toujours eu une place en ergonomie (*cf.* Partie 2.5), pourtant les transitions qui se jouent actuellement nécessitent de questionner plus explicitement la place qu'il occupe, conduisant à développer une dimension prospective. Cette dernière décennie, l'ergonomie a vu naître deux approches intégrant une dimension prospective que nous présenterons dans cette partie : l'Ergonomie Prospective (EP) (Robert & Brangier, 2009) et la Prospective du Travail (Pueyo, 2020). Pour en comprendre les enjeux et la portée, il est toutefois essentiel de revenir dans un premier temps sur les différentes façons d'anticiper ou de projeter le futur dans les pratiques de conception. En effet, comme nous l'avons vu, la distinction entre ergonomie de conception et ergonomie prospective n'est pas nette : ces deux démarches se recoupent et se complètent. La mise en lumière de ces prémisses de réflexions prospectives permet ainsi d'éclairer les spécificités des approches récentes et la manière dont se renouvellent les rapports entre activité, conception et transformation.

3.2.1. Faire place au futur en ergonomie : les prémisses d'une dimension prospective

Certaines approches de la conception, antérieures au développement d'une approche « prospective » en ergonomie, s'appuient sur des notions proches – parfois partagées avec la dimension prospective – qu'il nous paraît nécessaire de situer. Dès les années 1980, certains travaux ont proposé d'anticiper l'activité à venir à partir de l'analyse de l'existant dans le cadre de projet de conception de situations de travail. À ce titre Daniellou (1988) introduit la notion d'« activité future probable », qui vise à anticiper la forme que pourrait prendre l'activité réelle à partir des choix effectués dans le cadre d'un projet de conception. « L'approche de l'activité future est ainsi une prévision des marges de manœuvre que la conception ouvre aux modes opératoires futurs, et un pronostic quant aux différentes formes de coûts que ceux-ci peuvent comporter » (Daniellou, 2004, p. 360). Elle repose sur l'idée que les décisions de conception – qu'il s'agisse de l'organisation du travail, des outils, ou des prescriptions – réduisent progressivement l'éventail des configurations possibles de l'activité. Toutefois, cette projection reste étroitement liée à l'état d'avancement du projet et aux contraintes qu'il impose. En complément, il suggère que le terme d'activité future possible serait parfois plus approprié car il ouvre davantage sur un espace de possibles non encore figé (Daniellou, 1988). Cette distinction permet d'envisager non seulement ce qui est probable compte tenu des déterminants actuels, mais aussi ce qui pourrait advenir dans des conditions alternatives.

Dans cette perspective, certaines méthodes ont été développées pour simuler l'activité future, en intégrant les scénarios de prescription et les savoirs issus de l'analyse de situations existantes (Béguin, 2013 ; Béguin et al., 2021). La simulation de l'activité (Béguin, 2004 ; Béguin, 2013) constitue un exemple de méthode déployée : elle permet aux opérateurs d'« expérimenter » en amont une version projetée de leur futur travail, révélant ainsi les zones d'incertitude, les risques d'inadéquation et les ajustements nécessaires. Ce type d'approche, bien que situé dans une logique de conception, anticipe l'activité réelle de manière dynamique et située, en prenant en compte les régulations, les arbitrages et les stratégies que les opérateurs pourraient mobiliser dans la réalité du travail. Ainsi, l'analyse des *espaces d'activité future possible* (Daniellou, 2004) renvoie aux *marges de manœuvre* (Coutarel, Zare, et al., 2024) disponibles dans les futurs systèmes.

Les réflexions précédentes mettent en évidence la porosité entre ergonomie de conception et ergonomie prospective. En effet, plusieurs auteurs soulignent que certaines démarches de conception intègrent déjà une forme d'anticipation du futur, en s'appuyant sur l'analyse de l'activité pour imaginer les conditions futures de travail (Béguin, 2004, 2007 ; Daniellou, 1988 ; Guérin et al., 2021). Pour autant, cette anticipation reste souvent circonscrite au cadre du projet, avec des objectifs définis (Robert & Brangier, 2009), un horizon temporel limité (Guérin et al., 2021) et une inscription forte dans la conduite de projet. Ce cadre limite alors les possibilités d'explorer des alternatives. Ainsi, la distinction entre ces deux approches ne repose pas tant sur les outils mobilisés que sur la posture adoptée face au futur et du point de vue des temporalités du projet. L'ergonomie de conception peut intégrer des éléments prospectifs lorsqu'elle s'ouvre à la participation, à la simulation, ou à la confrontation de scénarios (Guérin et al., 2021). Ainsi, bien qu'ancrés dans une logique de projet, cela amorce une ouverture vers des formes d'anticipation plus souples, participatives et exploratoires, qui partagent certains fondements avec la prospective. Ils dessinent ainsi un glissement progressif vers une ergonomie plus sensible aux dynamiques d'innovation, à la pluralité des avenirs possibles et aux capacités d'adaptation des acteurs, sans toutefois s'inscrire dans une « attitude » pleinement et explicitement prospective, le cadre restant celui du projet de conception.

Ce chevauchement justifie la nécessité d'expliciter les cadres de référence mobilisés dans les démarches qui visent le futur, afin de clarifier les finalités (concevoir, transformer, explorer) et les modes d'intervention ou de recherche qui en découlent.

3.2.2. L'Ergonomie Prospective (EP) pour innover : apports et considérations théoriques

L'ergonomie doit répondre à de « nouveaux défis [qui] l'amènent à agrandir sensiblement son périmètre d'intervention en s'investissant dans les activités de création, d'innovation et de caractérisation du futur dans tous les domaines de la vie humaine » (Brangier & Robert, 2014, p.1). Dans cette optique, Robert et Brangier (2009) ont formalisé le lien entre prospective et ergonomie en reprenant le terme « Ergonomie Prospective (EP) » introduit par Laurig (1986) (cité par Robert & Brangier 2009 ; Robert & Brangier, 2012). L'EP, telle que définie par Loup-Escande (2019) « consiste à anticiper ou construire les futurs besoins et usages en vue de concevoir des produits, notamment technologiques, qui soient le plus adaptés possibles aux utilisateurs » (p. 89). Le développement de l'EP découle d'une volonté de voir les ergonomes prendre l'initiative des projets, afin d'élargir le champ de l'ergonomie en s'impliquant en amont des projets d'innovation, dès leur anticipation. Elle vise à imaginer quels pourraient être les besoins futurs et comment y répondre. Les auteurs assument un rôle d'innovateur et de leader de projet pour lancer des initiatives dans le cadre de « Human Factors projects » (Robert & Brangier, 2009). Elle vise l'anticipation et la création de futurs besoins et usages, afin de favoriser la création de futurs procédés, produits et services qui soient les plus adaptés possibles aux utilisateurs (Brangier & Robert, 2009 ; Brangier & Robert, 2014). Pour cela, ils identifient trois fondements, qui sont des conditions nécessaires pour favoriser le processus d'innovation visé par l'Ergonomie Prospective (Brangier & Robert, 2014, p.10) :

- Le fondement prospectif qui renvoie à « une démarche réflexive » pour éclairer le futur ;
- Le fondement créatif qui encourage « l'effervescence créative » ;
- Le fondement ergonomique qui fait référence à l'utilisation de « tous les acquis de l'ergonomie en termes de concepts, de théories, de modèles, de normes, d'approches, de méthodes et d'outils ».

Ces trois fondements (prospectif, créatif, ergonomique) ne revêtent pas toujours la même importance : dans certains cas, la dimension prospective prédomine, tandis que dans d'autres, c'est l'aspect « créatif » ou « ergonomique » qui est mis en avant.

Les approches méthodologiques associées à l'EP sont variées et s'inspirent de diverses disciplines telles que l'ingénierie, la psychologie, le design, mais aussi la démographie, le marketing et la gestion (Brangier & Robert, 2014). Cette approche est également fortement

marquée par les méthodes de prospective contemporaine et l'originalité de l'Ergonomie Prospective repose sur la place centrale donnée aux méthodes créatives :

> L'ergonome doit inventer de nouvelles façons de faire en intégrant à sa pratique des méthodes prospectives qui s'appuient souvent sur la créativité, la participation, l'analyse des tendances, le recueil de données sur les inventions et dépôts de brevets, des études démographiques ou plus largement des études statistiques longitudinales sur de grandes populations. Aujourd'hui ces méthodes se développent à vive allure. Il s'agit des *personas*[61], des staffs d'experts, des immersions culturelles, des entrevues d'élicitation photographique, d'ateliers de rencontres improbables, de simulation en trois dimensions, d'idéation immersive, de remue-méninge verbal ou écrit, etc. Un tout nouvel espace de recherche basé sur des méthodes d'exploration du futur est en train de prendre forme.

La place donnée à l'analyse de l'activité y est ambigüe. Certains auteurs parlent d'analyse de l'activité sans que des éléments d'analyse d'activité n'apparaissent toujours, ou alors parfois, elle se trouve limitée à l'analyse de fonctions d'utilisation relatives à un objet spécifique relevant davantage d'une approche en Psychologie Ergonomique. Cette approche est complémentaire à l'ergonomie de l'activité mais elle ne mobilise pas les mêmes modèles. Les travaux en EP considèrent majoritairement l'analyse de l'activité comme limitée en termes d'ouverture créative. Bien que les auteurs mobilisent le concept d'activité à travers différentes approches et méthodes, ils ne lui accordent pas une place centrale dans le cadre de recherche en EP (Bornet et al., 2013). Une des causes est liée à l'absence totale d'ancrage à des situations existantes dans certains projets, puisque l'objectif de l'EP est d'innover dans tous les domaines des activités humaines et parfois aucune activité n'existe encore, comme c'est le cas dans une analyse autour des usages futurs de l'hydrogène (Brangier et al., 2019b). Brangier et Robert (2014) identifient deux types de demande dans ces projets. (1) Les cas où l'ergonome est à l'origine du projet, il ne part d'aucune demande initiale, il n'y a pas de système ni de situation déjà identifiée. L'ergonome doit « découvrir ou construire les futurs besoins à satisfaire, il faut imaginer et créer l'artéfact, les futurs utilisateurs ne sont pas connus, et l'ergonome est le maître d'œuvre ». Pour cela il doit « prendre des risques, avoir du leadership et une attitude d'entrepreneur » (Robert & Brangier, 2014, p.7). Ce type de projet est considéré comme étant le plus difficile. (2) Dans le second cas, une demande initiale est formulée par un groupe de travail regroupant d'autres métiers et l'ergonome est intégré à un stade préliminaire du projet, un client est à l'origine d'une demande, un système est identifié. Dans ce cas, il reste encore à « construire les futurs besoins à satisfaire, [et] les utilisateurs ne sont pas connus » (Robert &

[61]La méthode des personas est une méthode qui vise la création de profils de personnes fictives qui servent ensuite à appréhender des profils d'utilisateurs qui n'existent pas encore dans le cadre de projets d'innovation centré utilisateur (Bornet & Brangier, 2013).

Brangier, 2014, p.7). Ainsi, ces travaux interviennent dans le cadre de projets, à un stade encore peu définis et dont les libertés en termes de conception et d'innovation restent ouvertes.

3.2.2.1. Le cas de développement d'approches prospectives : diversité de terrains d'application, de méthodes et des représentations variées de l'activité

L'ergonomie prospective repose sur diverses méthodes visant à anticiper les besoins et usages futurs des utilisateurs. Ces approches varient selon le contexte de la demande – ou absence de demande –, la possibilité d'analyser l'existant et en fonction du degré de prise en compte de l'activité et l'implication des utilisateurs dans la conception. La plupart de ces travaux s'appuient sur une analyse prospective des besoins (Moget et al., 2014) qui consiste à identifier des besoins émergents ou en rupture avec ceux actuellement exprimés. Dans cette perspective, plusieurs méthodes ont été développées pour guider l'idéation et l'élaboration de « concepts » d'artefacts futurs adaptés aux utilisateurs. On retrouve fréquemment les méthodes des personas et de simulation de l'activité future, plus ou moins éloignées des situations propres à l'activité existante et de l'expérience vécue des utilisateurs. À travers les différents travaux qui s'inscrivent en EP, on retrouve une diversité de terrains d'application, de méthodes, et des représentations variées de l'activité. Dans cette perspective, les travaux s'inscrivent majoritairement dans le courant *Human factor* de l'ergonomie, ou relèvent de la psychologie ergonomique dans le sens où ils se fondent peu sur l'analyse de l'activité (Barthe, 2016 ; Bornet & Brangier, 2013). Nous présenterons quelques travaux issus de l'EP en revenant notamment sur les méthodes de créativité, de prospective, et d'analyse de l'activité mobilisées.

3.2.2.1.1. Les méthodes axées sur les fondements créatifs et prospectifs : l'exemple des personas et des scénarios

Les travaux présentés ici dans un premier temps nous semblent être les plus éloignés de la dimension « ergonomique » et du concept d'activité tel que nous l'employons dans cette recherche. Ils visent à développer davantage les dimensions « créative » et « prospective ».

Les approches prospectives mobilisant la méthode des personas (Bornet et al., 2013; Brangier et al., 2019a; Martin, 2021) pour favoriser la créativité

Les personas sont présentés comme une alternative au brainstorming[62] permettant de faciliter la représentation des utilisateurs futurs et l'anticipation de leurs besoins (Bornet et al., 2013; Bornet & Brangier, 2013). Ils favorisent la créativité en structurant les contraintes du projet et en améliorant la communication entre concepteurs (Bornet & Brangier, 2013). La méthode des personas ne nous semble pour autant pas transposable à une approche prospective dans le cadre de situations de travail. Bien que cette méthode permette de rendre compte d'une diversité d'utilisateurs possibles en fonction de caractéristiques choisies par les ergonomes, elle ne permet pas de représenter l'activité, ses régulations, ni de rendre compte du caractère situé de l'activité telle que nous la considérons (*cf.* Chapitre 2).

Les approches prospectives mobilisant la méthode des scénarios

La méthode des scénarios est fréquemment mentionnée dans les travaux en EP, souvent associée à des méthodes de créativité, elle est directement inspirée de la prospective contemporaine telle que déployée par exemple lors de la journée de l'INRS (*cf.* Partie 1.3.2)[63]. Par exemple, les travaux de Moget, Bonnardel & Galy (2014) résultent d'une demande initiale visant la conception d'un artefact innovant de maintien à domicile à destination de personnes âgées, dont le volet ergonomique visait à « définir les écrans du portail afin que ceux-ci soient faciles à utiliser, intuitifs et esthétiquement plaisants » (p.233). Afin d'élargir cette demande initiale, elles proposent de s'appuyer sur une « analyse prospective des besoins » (p.237). Pour cela, elles partent des connaissances issues de la littérature sur les personnes âgées et les technologies tout en mettant en œuvre la méthode des structures narratives[64]. Il s'agit de scénarios élaborés par les concepteurs pour présenter des situations futures susceptibles d'être rencontrées par les utilisateurs, qui reposent sur les « connaissances que les concepteurs ont

[62] Le brainstorming est défini par le petit Robert (s.d.) comme « une technique de recherche d'idées originales dans une réunion, chacun émettant ses suggestions spontanément ».

[63] En novembre 2022, l'INRS a organisé une journée prospective intitulée « *L'intelligence artificielle au service de la santé et de la sécurité au travail. Enjeux et perspectives à l'horizon 2035* », réunissant divers acteurs (spécialistes de l'IA, experts en santé et sécurité au travail, industriels, etc.). L'objectif était d'anticiper les impacts de l'IA sur le travail à travers l'élaboration de scénarios prospectifs basés sur des croisements de variables. Cette approche visait à explorer les usages possibles de l'IA et à formuler des recommandations générales pour son intégration dans le monde du travail.

[64] Les structures narratives consistent à utiliser des scénarios pour représenter des situations réalistes vécues par des personnages fictifs, afin de susciter la discussion avec des utilisateurs sur leurs besoins et difficultés. Cette méthode favorise l'expression précoce d'idées de conception, notamment auprès de publics peu familiers avec la technologie, sans mobiliser d'éléments techniques explicites (Muller, 2009).

acquises concernant les situations actuelles », et qui vont être mises en discussion, critiquées et enrichies avec la participation d'utilisateurs futurs. Pour cela, divers supports peuvent être mobilisés pour les présenter, notamment l'expression orale, des supports visuels (photos et vidéos), ainsi que des scènes de théâtre. Nous sommes ici dans une approche « centrée utilisateur » de prospective des besoins et des usages, qui s'inscrit dans un projet de conception déjà engagé. Cette méthode, tout comme celle des personas, tient peu compte de l'activité des personnes au sens où nous l'entendons et détourne l'analyse prospective de la prise en compte des variabilités et de la complexité des situations de travail.

3.2.2.1.2. Le développement d'approches prospectives intégrant l'analyse de l'existant

La prospective ancrée dans l'expérience vécue (Nguyen & Cahour, 2014)

Une autre approche proposée est celle de la prospective ancrée dans l'expérience vécue. Cette approche a été élaborée dans le cadre d'un projet de développement d'outils de gestion de l'autonomie de véhicules électriques, qui étaient alors encore peu développés en France et dans un contexte où peu de bornes rechargeables existaient[65]. Dans cette recherche, Nguyen et Cahours (2014) ont conduit une approche prospective ancrée dans l'expérience vécue, et ont montré que l'ancrage au présent, à travers des situations de référence présentant des similarités, pouvait permettre d'adopter une approche prospective à partir de l'expérience vécue des utilisateurs. La démarche proposée s'est déroulée en trois phases. La première s'intéressait à la gestion de l'autonomie de véhicule thermique, durant laquelle des entretiens et questionnaires ont été réalisés auprès de conducteurs. La deuxième phase portait sur l'expérience vécue en situation réelle, rendue possible par la mise à disposition de véhicules électriques. Elle s'appuyait sur des entretiens réalisés à partir de journaux de bord, couplé à des entretiens d'autoconfrontation ou d'explicitation. Cette phase s'inscrivait dans une démarche d'analyse de l'activité liée à l'usage de véhicules électriques de prêts en termes de gestion de l'autonomie et de la recharge du véhicule. À partir des analyses de l'expérience vécue, les auteurs ont proposé deux prototypes d'instruments innovants et ont réalisé des « projections créatives guidées par l'expérience utilisateur » à partir de récits projectifs de l'activité. Cette séance avait pour objectif d'enrichir les résultats sur la base des besoins et attentes identifiés au travers de l'usage des véhicules électriques tout en stimulant la créativité des conducteurs : « les

[65] Cette étude a été publiée en 2014, seuls 44 057 véhicules électriques immatriculés en France, contre 245 971 en 2020 (https://www.ecologie.gouv.fr/developper-lautomobile-propre-et-voitures-electriques).

utilisateurs étaient projetés dans un futur envisageable où ils peuvent imaginer les services de demain. » Nguyen et Cahours (2014) soulignent l'importance donnée à « une expérience réelle de la technologie en développement, [afin] qu'ils [les utilisateurs futurs] imaginent des possibles à partir d'une expérience vécue de cette technologie. » (p.83). Notons que cette recherche s'inscrit dans un contexte émergeant d'une demande et se situe en dehors d'une situation de travail. Elle relève davantage d'une « ergonomie de produit » voire même de service. Bien que les autrices aient proposé une démarche prospective donnant une place centrale à l'activité à travers l'analyse de l'expérience vécue, cette recherche et les méthodes déployées sont éloignées du cadre de notre recherche.

La prospective par la prise en compte des Systèmes d'Activité (Bobillier-Chaumon et al., 2014)

Bobillier-Chaumon et al. (2014), à partir d'une étude basée sur les dispositifs ambiants pour le maintien à domicile des personnes âgées proposent de développer une « démarche prospective par la prise en compte des Systèmes d'Activité ». Cette étude vise l'acceptation d'un dispositif de détection de chute non invasif à partir de données issues de l'environnement. Les auteurs adoptent une « démarche psycho-ergonomique à orientation prospective » et réalisent une triangulation des méthodes combinant des entretiens, des analyses de l'activité (analyses des tensions et risques de non convergence) et des focus group. Ils se basent sur le modèle de système d'activité[66] qui donne un cadre d'analyse systémique. Cette étude vise à construire des « schémas prospectifs », à partir de l'analyse des « effets de tension » qui permettent de donner accès à une meilleure compréhension des « usagers » en situation d'activité pour décrire, et créer des produits futurs. Cette recherche s'inscrit dans un contexte émergeant d'une demande et se situe en dehors d'une situation de travail. Elle relève davantage d'un contexte d'« ergonomie de produit ».

3.2.2.2. Les limites de l'EP dans le cadre de cette recherche

Comme nous venons de le voir, les méthodes d'EP s'articulent autour de trois fondements (*cf.* Partie 3.2.2.1.1 ; Brangier, 2014) prospectif, créatif et ergonomique. Les méthodes développées le sont majoritairement pour les volets créatifs et prospectifs. Elles visent à encourager des

[66] La théorie des systèmes d'activité (SA) a été formalisée par Engeström (1987) sous la forme d'un modèle triangulaire représentant les différentes composantes de l'activité comme un système médiatisé intégrant sujet, objet, outils, règles, communauté et division du travail. Ce modèle met en lumière les tensions internes et entre systèmes, moteurs de transformations et d'apprentissages (Engeström, 1987).

processus créatifs qui reposent sur la création de situations favorisant le foisonnement d'idées. Elles permettent la production d'idées originales qui peuvent être prometteuses et disruptives. Toutefois, ces démarches créatives peuvent conduire à s'éloigner de l'analyse de l'activité. Ainsi, dès lors que l'on considère une situation de travail, nous identifions un écueil à éviter puisque les méthodes créatives peuvent difficilement être ancrées dans une réalité circonscrite. Or l'activité de travail se développe en interaction avec le cadre complexe et organisé dans lequel elle s'inscrit. Les recherches identifiées en EP portent sur des approches prospectives de produits et services, et restent peu mises en place dans le cadre de situations de travail en milieu industriel, impliquant des opératrices, opérateurs et/ou managers (Nelson, 2011 ; Bobillier-Chaumon et al., 2014 ; Nguyen & Cahour, 2014). De plus, bien qu'il existe dans ces travaux, une volonté explicite d'appréhender le(s) futur(s) à travers des méthodes et démarches variées, nous défendons l'idée que l'analyse de l'activité constitue en elle-même un levier de créativité pour identifier des futurs envisageables, qu'ils soient souhaitables ou non souhaitables.

3.2.3. Une Prospective du Travail (Pueyo, 2022) pour penser des « utopies concrètes »

Pueyo (2022) propose de développer une Prospective du Travail, qui vise à penser le futur (au sens d'avenir) et de penser les futurs possibles, afin d'orienter l'action dans le sens des futurs souhaitables. Par rapport à l'EP, cette *« Prospective du Travail »* (Pueyo, 2020), se situe au niveau plus global[67] à l'articulation entre une entreprise et la société et s'intéresse aux évolutions futures du travail. Elle tient compte du contexte de transitions de l'Anthropocène[68] et des transformations organisationnelles, sociales, engendrées par ces transitions. Elle aborde les effets des transitions à travers les évolutions qui en découlent sur les milieux de travail et les populations. Pueyo (2020, 2022) envisage le futur à travers une « *utopie concrète »* à définir dans le présent, et dont les orientations actuelles guideront les orientations futures. Cette *« utopie concrète »* visée se traduit par la mise en place d'un *« projet-chantier »* qui nécessite l'élaboration d'un *« contrat de base ».* Sa recherche se base sur la mise en discussion des évolutions des milieux du travail, et celle des populations au travail. En ce sens, elle formule l'hypothèse d'un *désajustement* entre ces deux sphères. Les évolutions des systèmes de travail (exigences de qualité, de différenciation, de flexibilité, réactivité etc.) conduisent à une « évolution de ce qui en est attendu au travail » (Pueyo, 2020, p.26). Cependant, la conception

[67] Elle ne vise pas à identifier les besoins dans une situation spécifique pour penser un produit ou service, mais vise à penser le travail futur, à l'échelle d'une entreprise ou d'un secteur.

[68] L'anthropocène est défini comme la « période actuelle des temps géologiques, où les activités humaines ont de fortes répercussions sur les écosystèmes de la planète (biosphère) et les transforment à tous les niveaux ».

mécaniste qui considère l'humain comme adaptable (taylorisme, fordisme, toyotisme) n'ayant pas été remise en cause, ces évolutions créent ainsi ce désajustement. Dans ses recherches, le vieillissement devient alors un analyseur et non plus l'objet. Ainsi, elle y développe le modèle de la Construction, comme un « outillage méthodologique et conceptuel à des fins exploratoires », qu'elle aborde au prisme des temporalités multiples, constitué de trois plans d'analyse : l'activité, les dimensions gestionnaires et les communautés. Les deux derniers plans d'analyse sont en lien avec les apports qu'elle emprunte aux sciences de gestion et à l'histoire, afin de pallier des limites qu'elle attribue à l'analyse de l'activité. Selon Pueyo (2020, p.50) « en passer par l'activité pour comprendre ce qui se passe à la croisée des populations et des milieux ne suffit plus, il faut s'inquiéter des cadres qui la constituent et dans lesquels elle s'inscrit (Béguin, 2011 ; Béguin, & Pueyo, 2011 ; Gotteland, Béguin, & Pueyo, 2015). ». Elle propose alors le modèle de la Construction, comme « un cadre d'exploration, de positionnement et d'action pour traiter des changements en cours » (Pueyo, 2020. p.53). Ce modèle de la Construction selon Pueyo est pertinent pour comprendre les mutations et transformations en cours, et permet d'aller au-delà d'une forme de « myopie » attribuée parfois à l'analyse de l'activité.

3.3. Développer une *attitude prospective* intégrée à l'ergonomie de l'activité : le projet de la thèse

Comme nous l'avons vu, les évolutions des questionnements issus du terrain conduisent l'ergonomie à développer une dimension prospective à l'Ergonomie, que ce soit à travers l'EP (par ex. Bobillier-Chaumon et al., 2014; Nguyen & Cahour, 2014; Robert & Brangier, 2009), ou à travers la Prospective du Travail (Pueyo, 2022). L'analyse de l'activité y est parfois mise de côté, au profit de méthodes visant à développer la créativité des concepteurs et/ou des utilisateurs. Cette recherche tente de proposer le développement d'une prospective ancrée sur l'activité existante. Pour cela, nous revenons aux fondamentaux de la prospective, afin de tenter d'apporter un éclairage prospectif ancré sur l'activité, dans le cadre de l'innovation technologique. Néanmoins, notre ambition dans cette recherche n'est pas de *faire de la prospective*. Il s'agit avant tout de *faire de l'ergonomie*, enrichie d'une *attitude prospective*, c'est-à-dire une ergonomie intégrant un « regard porté sur l'avenir », qui se traduit par une réflexion autour du travail et de l'activité future. Il s'agit de compléter les nécessaires appropriations de cette démarche déjà réalisées dans le cadre de projet de développement de

produits et services selon un horizon temporel à long terme. Aussi, nous reprendrons ici le terme de prospective au sens de Berger, telle que l'a présenté Damon (2005) pour qui elle est :

> Une attitude, un état d'esprit, on dirait aujourd'hui une posture, bien plus qu'une méthode ou une science. Au-delà de la prévision, en préparation de l'anticipation et de la décision, englobant la projection et l'extrapolation, la prospective projette un regard. Il s'agit d'un regard porté sur l'avenir et nous fait regarder, ensemble, "large" et "au loin". (Damon, 2005, p.95)

La prospective qui s'inscrit dans le courant humaniste, est définie par la Société Française de Prospective comme :

> Une réflexion sur l'avenir, qui s'applique à en décrire les structures les plus générales et qui voudrait dégager les éléments d'une méthode applicable à notre monde en accélération … Elle ne veut pas deviner, mais construire…. Ce qu'elle préconise, c'est une attitude pour l'action. Se tourner vers l'avenir, au lieu de regarder le passé, n'est donc pas simplement changer de spectacle, c'est passer du « voir » au « faire » … Prendre l'attitude prospective, c'est se préparer à faire. (Afria, 2023)

Le terme de prospective est ambigu tant on lui attribue différents statuts (i.e., posture, méthode, discipline). Nous considérerons ici la prospective comme un regard à avoir, sur des situations de travail et d'usages, dans ce que l'on pourrait considérer comme une forme d'étape préalable à une éventuelle conception, qui consiste pour l'ergonome à adopter une posture et une vision tournée vers le futur, à partir d'un ancrage dans le présent basé sur l'analyse de l'activité. Sans qu'il n'y ait de demande d'acteurs de conception, ni de technologie définie, il s'agit de partir du présent, pour projeter une vision future, afin de proposer des orientations au présent.

Comme l'ergonomie, la prospective s'inscrit dans un courant de pensée qui invite à appréhender l'objet de recherche – avec une focale sur l'activité pour l'ergonomie – en prenant en compte le contexte dans lequel celui-ci se situe. Les deux disciplines, proposent des méthodes et outils, dont chaque professionnel et chercheur doit se saisir selon son objet d'étude. D'où l'importance de préciser ce « regard porté sur le monde » défini par Berger, et qui est à même de servir d'ancrage de l'approche prospective à l'analyse de l'activité qui est constitutive de l'ergonomie.

3.3.1. L'éclairage de la prospective de Berger pour l'ergonomie

L'articulation de l'ergonomie de l'activité à la prospective de Berger nous conduit à considérer des questions, initialement pensées à l'échelle de la société, à celle de l'organisation du travail comme c'est le cas pour l'ergonomie. Ceci nécessite de préciser certains points. L'Ergonomie, comme la Prospective s'intéressent au futur et aux transformations que les décisions présentes pourront engendrer demain, avec la volonté de les orienter vers des futurs souhaitables pour les personnes. Or, l'ergonomie se retrouve parfois limitée à des projets donnant peu de place à de nouvelles orientations, donnant alors un statut déterministe au futur et laissant peu de place au développement de « futurs souhaitables ».

Si la prospective a pour objet d'étude le futur, l'ergonomie de l'activité se fonde sur l'analyse de l'activité pour transformer le travail. Le regard que la prospective porte sur l'humain est proche de celui porté par les ergonomes dans la mesure où il est considéré davantage comme acteur que comme sujet passif. En revanche, la prospective de Berger porte sur les transformations de la société plutôt que sur les transformations de l'activité et du travail, bien que ses écrits (Berger, Bourbon-Busset & Massé, 2007) présentent des points de convergences et des parallèles à faire avec l'ergonomie et le courant de l'activité :

> Comprendre l'homme, c'est d'abord s'apercevoir qu'il est double. Il a une nature mais il aspire à la valeur. C'est moins entre le monde et lui qu'à l'intérieur de lui-même qu'apparaît le conflit. D'ailleurs entre le fait et le droit, entre les pulsions qu'il subit et les appels qu'il écoute, l'homme est moins déchiré qu'il n'est tendu. Le déchirement est pathologique, la tension est la vie même.
>
> (Berger, et al., 2007, pp. 36-37)[69]

À travers cet extrait nous pouvons faire un rapprochement entre les liens qui unissent le prescrit et le réel, qui sont toujours en tension mais dont les marges de manœuvres rendues possibles par l'activité permettent le développement des personnes. Le *déchirement* renverrait ici à l'absence de marge de manœuvre rendant alors cette *tension* inexistante. La prospective de Berger, bien qu'ancienne, reste inspirante pour penser les démarches prospectives que l'ergonomie a à développer.

Nous proposerons dans ce travail une démarche exploratoire de prospective appliquée au secteur du tri des déchets (*cf.* Chapitre 5) ce qui nécessite de réaliser certains ajustements pour

[69] Berger, 1956b. L'avenir des sciences de l'homme, *La Nef*, XIII, 13 : Conditions de l'homme, Paris : Julliard, pp. 215-224.

concilier la prospective de Berger à une démarche d'ergonomie prospective ancrée à l'activité (*cf.* Chapitre 6).

3.3.2. La nécessité d'opérer un glissement d'échelle – sociale et temporelle - pour s'intéresser à l'activité tout en développant une orientation prospective

L'*anthropologie prospective* de Berger s'appuie sur une critique des décisions politiques et des institutions publiques. Le premier ajustement à réaliser correspond à l'échelle avec laquelle nous abordons la question des individus et des temporalités. Nous nous intéressons aux opératrices et opérateurs à l'échelle de l'activité, et bien que la question de l'âge et de l'expérience invite également à nous situer dans les temps longs, nous nous situons « à hauteur d'homme » en considérant ce qui fait sens au cours de l'activité. La prospective s'intéresse à l'humanité, il s'agit d'éclairer les temps longs à des horizons plus lointain. Pour autant, l'intérêt grandissant de *projeter un regard* sur l'avenir nous semble nécessaire dans le contexte plus restreint et situé des effets souhaitables des innovations technologiques dans le travail. Ce décalage du regard à des faits plus circonscrits nous invite à nous positionner d'un point de vue temporel.

Point d'étape

La prospective est née dans les années 1950 avec l'*anthropologie prospective* de Berger qui a proposé une attitude prospective à partir de 5 piliers *: penser à l'homme, analyser en profondeur, voir large, voir loin, et prendre des risques*. La prospective s'est progressivement développée et a fait l'objet d'évolutions méthodologiques plus ou moins éloignées de ces réflexions initiales. La prospective a été une source d'inspiration pour diverses disciplines, dont l'ergonomie. Au-delà de l'approche des *futurs probables* de Daniellou (1988) mobilisée dans les démarches participatives de conception (Béguin, 2007; Béguin & Cerf, 2004; Daniellou, 2004, 2007; Guérin et al., 2021), l'*Ergonomie Prospective (EP)* s'est progressivement développée dans les années 2010, autour de projets visant l'anticipation de besoins en lien avec les activités humaines (Brangier et Robert, 2014 ; Robert & Brangier, 2009). Parallèlement, Pueyo (2022) défini le cadre d'une *Prospective du travail* plus spécifiquement ancrée à la notion de travail.

L'EP tout en ouvrant des perspectives novatrices pour anticiper et façonner les futurs besoins et usages, gagnerait à intégrer plus étroitement une réflexion approfondie sur l'activité en situation réelle. En s'inspirant des travaux de Gaston Berger et en combinant les acquis de l'ergonomie de l'activité avec une approche prospective, nous proposerons dans la suite de ce travail, d'ouvrir une dimension prospective ancrée à l'analyse de l'activité.

PARTIE 2 : Le secteur du tri – Problématique, terrains et méthode

Dans cette partie nous présenterons les principaux éléments qui nous ont amenés, en lien avec la partie théorique présentée, à la problématique qui guide cette recherche (Chapitre 4). Nous présenterons ensuite le travail dans les centres de tri des déchets, terrains de cette recherche, en le situant dans le contexte général (politique, réglementaire et technique) du tri des déchets au niveau national (Chapitre 5). Enfin, nous présenterons la démarche méthodologique qui a guidé cette recherche (Chapitre 6).

Chapitre 4 : Problématique de recherche centrée sur les apports de l'analyse du travail et de l'activité pour développer une *attitude prospective* en ergonomie

Ce chapitre vise à interroger les apports de l'*activité* lorsqu'elle est mobilisée dans une approche prospective, en articulant cette réflexion à la fois avec *l'anthropologie prospective* de Berger, mais aussi avec le contexte dans lequel s'inscrit notre recherche. Face à l'intégration croissante de l'IA dans les situations de travail, l'ergonomie se heurte à des difficultés persistantes et renforcées par ce contexte de transitions : comment anticiper les effets de ces transformations sans perdre l'ancrage dans l'activité réelle ? C'est à cette tension entre la nécessité d'articuler une approche prospective et celle de tenir compte de l'activité située que cette recherche s'intéresse, en explorant comment l'analyse de l'activité peut constituer en elle-même un premier levier pour penser des futurs souhaitables.

4.1. Projets techno-poussés et enjeux de santé au travail : des constats qui appellent au développement d'une ergonomie prospective

Le développement de l'IA dans le travail : une demande sociale qui mobilise l'ergonomie

> « Remplacé », « dominé », « augmenté », « réhumanisé », l'homme sortirait transformé de sa rencontre avec l'Intelligence Artificielle au travail, le « *momentum* technologique » se faisant « *momentum* anthropologique » : l'IA enjoint l'homme de se définir en vue d'établir une nouvelle division du travail. » (Ferguson, 2019, p.40)

Le secteur du tri des déchets ménagers, terrain d'application de ce travail de recherche, est engagé dans les transformations de l'industrie 4.0, qui s'appuie entre autres, sur les progrès de l'IA. Elle s'inscrit dans le mouvement initié par les politiques publiques pour inciter les industriels à moderniser leurs outils de production. En parallèle, le déploiement de SIA dans les entreprises soulève de nombreuses interrogations puisque ces systèmes ouvrent un large éventail de possibilités, souvent portées par certaines promesses : gain de temps, productivité et performance accrue, suppression des tâches répétitives, réduction des tâches considérées comme à « faible valeur ajoutée » (Rouvière, 2023). Cependant, ces promesses s'accompagnent également de craintes, telles que l'automatisation massive (Zouinar, 2020), l'intensification (Ferguson, 2019), la perte de sens du travail, etc. Cette ambivalence a conduit à des débats sur l'IA, qui se cristallisent bien souvent autour de l'automatisation et des transformations du travail et des métiers de façon globale (Zouinar, 2020). Or, les connaissances actuelles, liées à l'introduction de systèmes experts, invitent à s'intéresser aux transformations du contenu même du travail, de la répartition des tâches – entre les systèmes et les humains, mais aussi entre les humains – et de l'activité, puisque l'automatisation entraîne surtout une transformation des réalités du travail et le développement de nouvelles façons de faire (Decker & Woods, 2002).

Les recherches portant sur des usages réels en situation sont récentes et tendent à confirmer cette idée et à remettre en question les discours polarisés qui donnent à voir les SIA comme bénéfiques ou néfastes. En réalité, les travaux mettent plutôt en évidence une existence conjointe d'apports et de limites que les auteurs encouragent à identifier au plus tôt, afin de limiter les risques et de favoriser les bénéfices de ce type de technologie pour les personnes concernées (Ferguson, 2019; Zouinar, 2020). Un des risques mis en évidence par l'analyse d'usage de tels outils en situation est de tendre vers un solutionnisme technologique, où les SIA

apparaissent parfois comme une « prothèse organisationnelle » pour résoudre des problèmes dont la complexité peut être mise de côté (Gamkrelidze, 2022).

Il nous semble que ce solutionnisme technologique est plus largement ancré dans une tendance à développer des outils dans un schéma *top-down* et dans des démarches « techno-poussées ». Autrement dit, certains projets d'innovation voient le jour, car les avancées dans les domaines rendent possible le développement de certains outils, mais la place des hommes et des femmes concernés par l'intégration de ces nouveaux outils dans leur travail est souvent minimisée voire totalement absente de ce type de projet. Au-delà, la place de leur activité et la façon dont se réalise le travail sont également absentes, y compris dans des projets « centrés sur l'humain » (Norman, 2005; Rodriguez, 2023). Bien que cette tendance de développement de projets « techno-poussés » soit identifiée et critiquée depuis longtemps en ergonomie, elle persiste et on la retrouve dans le cadre de l'industrie 4.0 (Barcellini et al., 2019).

L'intérêt de développer une approche prospective en ergonomie

Comme nous l'avons vu (*cf.* chapitre 2), les questions relevant des transformations du travail liées aux modifications des outils et moyens de production ne sont pas nouvelles et sont même à l'origine de la naissance de la discipline (Guérin et al., 2006 ; Laville, 2004 ; Ombredane & Faverge, 1955 ; Wisner, 2000). L'émergence d'une ergonomie de conception visant à prendre place dès la genèse des projets a vu le jour de sorte à étendre les possibilités d'actions des ergonomes (Barcellini, 2020; Béguin, 2007; Guérin et al., 2021), notamment à travers l'accompagnement en conduite de projet. Cette approche vise alors pallier le fait que lorsque les ergonomes ne sont pas mobilisés sur ce type de projets :

> Le travail futur qui se déroulera dans le nouveau système, est […] abordé sous l'angle des procédures prescrites, avec l'hypothèse que le travail sera une exécution de celle-ci. Les contraintes et les marges de manœuvre relatives à l'activité de travail, les conséquences sur la santé et sur la qualité de la production des biens ou des services sont peu anticipés (Barcellini et al., 2013, p.193).

Pour autant, malgré le développement de l'ergonomie de conception, la prise en compte du travail réel demeure absente dans les projets. Une tension persiste entre la volonté des ergonomes de concevoir des systèmes favorables à l'activité réelle et la persistance de dispositifs prescriptifs mal adaptés, qui conduit les opératrices et opérateurs à devoir mettre en place des régulations coûteuses pour faire face aux contraintes de ces systèmes (Barcellini et al., 2013; Béguin, 2007b; Béguin & Cerf, 2004; Daniellou, 1988).

Dans le cadre de l'ergonomie de conception, le rôle de l'ergonome se situe dans l'accompagnement de la conduite de projet. Cette démarche qui s'appuie sur l'analyse de l'activité et sur des simulations composées de « phases projectives » et « prospective » est riche et permet de prendre en compte la question de l'activité tout au long du projet (Béguin et al., 2021). Toutefois, en s'inscrivant dans des démarches participatives qui exigent la mobilisation d'une pluralité d'acteurs (acteurs de la conception, dirigeants, opératrices et opérateurs) dans un temps long, elles peuvent parfois être difficiles à mettre en œuvre dans des contextes où elles doivent s'articuler avec l'activité productive en cours.

Or la question du futur se pose aujourd'hui avec des forts enjeux liés au développement de l'IA qui permettent d'ouvrir de nouvelles perspectives futures, avec le risque que ces transformations soient mal anticipées. Bien que s'intéresser au futur soit paradoxal en ergonomie, puisque cela conduit à se confronter aux limites du caractère situé de l'activité (Pinsky & Theureau, 1984), continuer de s'y intéresser nous semble souhaitable et nécessaire. En ce sens, comme le rappel Daniellou (2004) « l'enjeu de l'approche de l'activité future n'est pas de prévoir en détail l'activité qui se déroulera dans l'avenir, mais de prévoir l'espace des formes des possibles d'activité futur » (p.360).

C'est pourquoi il devient nécessaire de réfléchir en amont des projets aux transformations à venir et à leurs effets, et à explorer des démarches intermédiaires permettant de développer une *attitude prospective* également en dehors des cadres d'intervention en ergonomie. C'est sur la base de ces préoccupations à faire face à de nouveaux enjeux, dans un monde en transformation qui invite à se tourner vers l'à venir, que la dimension prospective de l'ergonomie s'est développée, notamment à travers l'*EP* (Brangier & Robert, 2014) et la *Prospective du travail* (Pueyo, 2022).

Comme nous l'avons vu dans le chapitre 3 (*cf.* Partie 3.2), la place donnée à la prospective est relativement récente. Elle recouvre de nombreux travaux présentant des contextes, objectifs et enjeux diversifiés et hétérogènes en ergonomie. Dans l'approche de l'EP, il s'agit principalement de « concevoir » des produits et des services dans des temporalités lointaines (20, 30, 50 ans) recouvrant un champ d'application large incluant toutes formes d'activités humaines (Brangier & Robert, 2014). Plus récemment, Pueyo (2022) a introduit la *Prospective du travail* qui se démarque par un recentrage sur le travail et ses mutations, en cohérence avec les enjeux et évolutions de la société. Elle propose d'investir les dimensions politiques et

sociales du travail. Ainsi, en ergonomie, la prospective s'incarne à travers des approches différentes et complémentaires, qui diffèrent tant par leurs origines, que leurs temporalités et les objectifs visés. Tandis que l'EP vise en premier lieu à guider la conception, la Prospective du travail cherche à outiller les acteurs du travail pour penser collectivement les devenirs souhaitables en visant une « utopie concrète ». Nous proposons une synthèse de ces différentes approches développées dans le chapitre 3 (*cf.* Tableau 1) :

Tableau 1. Résumé des approches de la prospective en ergonomie

	« Anthropologie Prospective »	**Ergonomie Prospective**	**Prospective du Travail**
Auteurs principaux	Berger	Brangier & Robert	Pueyo
Dates	1955-1960 (+ parutions à titre posthume)	2009 – aujourd'hui	HDR (2022)
Échelles	Société	« Toutes activités humaines »	Travail Société
Statut donné à la prospective	« Attitude » « Regard »	Nouveau regard Ouverture de l'ergonomie créativité	Projet à long terme inscrit entre Travail et enjeux sociétaux
Objectif principal visé	Penser le futur	Mise sur le marché d'un produit/service innovant intégrant les besoins d'utilisateurs futurs	Développer un « projet-chantier » qui serve d'orientation pour les transformations futures
Origine de la demande	-	1-Absente 2-Portant explicitement sur un projet prospectif pluridisciplinaire	Demande sociétale (?)
Temporalité	Futur lointain	Moyen terme Futur lointain (20, 30, 50 ans)	Futur lointain
Concepts clés / notions développées	Attitude prospective	*Defined future* *Indefined future*	Projet-chantier Contrat de base Utopie concrète
Éléments méthodologiques associés	Pas développé	Scénarios, simulations, prototypages, tests utilisateurs, créativité, veille technologique	Fée clochette (Créativité)

La prospective, telle qu'elle s'est développée, vise à anticiper des besoins futurs, à partir de méthodes créatives et de simulations des activités futures. Cette approche ne permet pas toujours de garder comme point d'ancrage l'analyse de l'activité dans les approches prospectives. Le paradoxe de l'ergonomie de conception (Pinsky & Theureau, 1992) y est amplifié dans le cadre d'une ergonomie dite prospective – *undefined future* (Robert & Brangier, 2009) – puisque l'activité future n'existe pas encore et est parfois en rupture avec les activités existantes (Brangier et al., 2019a; Nelson, 2011).

Dans ce travail nous souhaitons travailler la place de l'*activité* dans les travaux qui portent sur l'exploration de *futurs souhaitables* et **explorer l'apport de l'analyse du travail et de l'activité comme socle d'une ergonomie prospective face aux enjeux de l'IA**. Nous soutenons l'idée selon laquelle l'analyse de l'activité, constitutive de l'identité de l'ergonomie, peut trouver sa place et représenter une richesse pour le développement d'une ergonomie à visée prospective. Pour avancer dans cette direction, nous nous appuierons sur les travaux de Berger comme cadre structurant pour nos analyses, après avoir présenté le contexte et les évolutions des orientations de notre recherche.

4.2. Contexte de la recherche et évolutions des orientations de la recherche en lien avec le Covid-19

Comme nous l'avons vu en introduction, ce travail de thèse est né d'un projet de conception initialement centré sur la conception d'un outil d'actimétrie, baptisé CAPTUR[70], qui a été élaboré en collaboration avec un industriel équipementier et des chercheurs en informatique (*cf.* Figure 14). Il fait suite à une recherche-action en ergonomie[71], menée dans le cadre d'un projet visant à développer un dispositif basé sur une caméra de profondeur pour analyser l'activité physique des agents de tri dans les centres de tri des déchets. Le volet ergonomie a été intégré dans un second temps, à la demande des chercheurs en informatique et d'un équipementier qui ont rapidement perçu la nécessité d'intégrer au projet une équipe de chercheuses ergonomes prenant en compte l'humain et les réalités du travail.

[70] Pour « Concevoir des outils d'Actimétrie pour un Travail et des Usages Raisonnés ».

[71] Cette recherche-action réalisée en amont a été porté par une ergonome qui a effectué un travail important de réorientation du projet dans la limite des possibilités d'un projet de conception déjà engagé. Certains questionnements autour des usages ont été soulevés par l'équipe d'ergonome lors de cette intervention (Dutrieux, et al. 2018 ; Gaillard et al., 2019). Nous avons poursuivi cette réflexion à travers ce travail de thèse, bien que nous ne nous situions plus dans le contexte d'un projet de conception, Irène Gaillard – co-directrice de cette thèse – ayant participé à cette première recherche, le projet de thèse s'inscrivait dans la continuité des travaux déjà initiés.

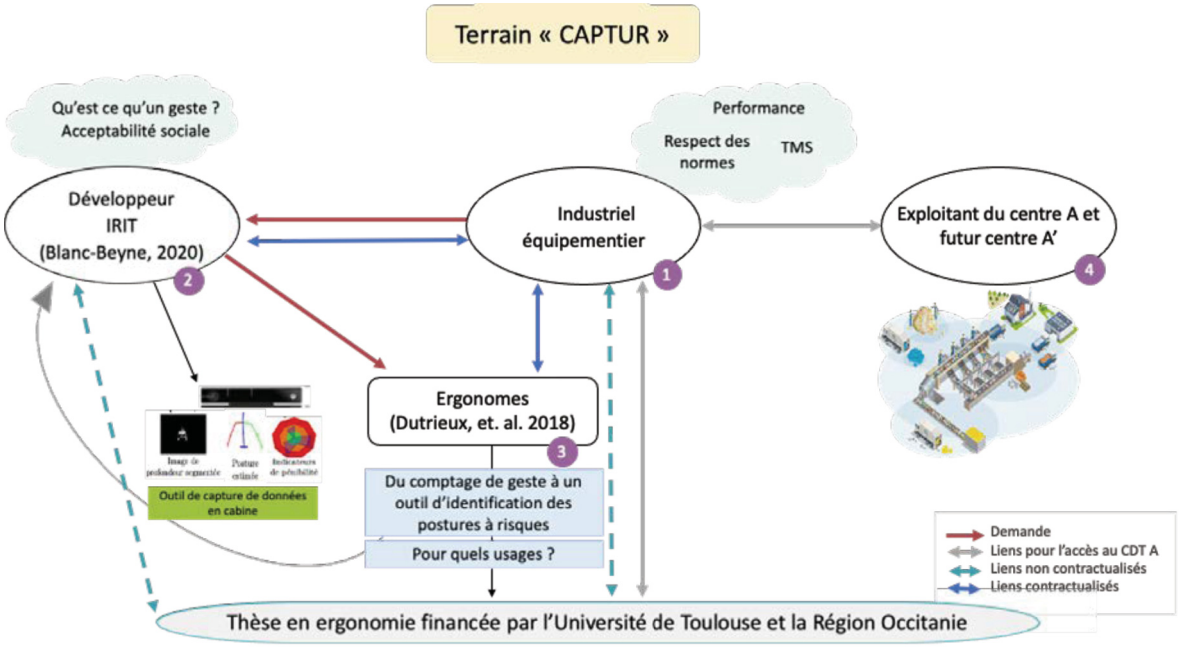


Figure 14. Contexte initial du projet de thèse : un terrain engagé dans le développement technologique CAPTUR

Cette collaboration visait à mieux comprendre l'activité des trieurs pour développer un outil en phase avec la réalité du terrain. Bien que les finalités de l'outil aient été définies avant l'intégration de l'ergonomie, à savoir produire des données à partir d'images de l'activité physique des trieurs dans un but de prévention des TMS, les analyses d'activité réalisées ont conduit à ajuster certains choix qui avaient été faits par les chercheurs en informatique et l'équipementier. La technologie initiale portait sur du comptage de gestes afin de respecter la norme de conception des postes de tri (*cf.* chapitre suivant, partie 5.3.2., portant sur la norme NF X 35-702). Cet objectif a été modifié pour s'attacher à identifier et la mobilisation des segments corporels supérieurs selon la mobilisation des membres supérieurs, le maintien de posture à risque et la répétitivité. Par ailleurs, des questions sur l'acceptabilité sociale ont émergées de la part des industriels et des chercheurs en informatique, puisque la technologie repose sur l'analyse d'images de profondeur en cabine de tri. Ces réflexions ont été alimentées par les questionnements des ergonomes autour des usages de l'outil par les agents de tri et par leurs encadrants.

Ce contexte, dans lequel a débuté cette recherche, se présentait sous la forme d'un projet de conception technologique, où la technologie était définie et en cours d'implantation dans un centre de tri en construction (CDT A')[72]. Les premières interrogations portaient sur les usages

[72] Nous distinguons le CDT A qui correspond au centre de tri initial (avant travaux) du CDT A' qui est le centre de tri intégrant la cabine connectée ainsi que l'outil CAPTUR.

potentiels de l'outil CAPTUR et de la cabine connectée – comprenant CAPTUR ainsi que d'autres capteurs d'ambiance intégrés. Cependant, l'impact de la pandémie de Covid-19 sur les délais de construction du nouveau centre de tri (A') équipé de la cabine connectée, ainsi que des difficultés d'accès au terrain, nous ont conduits à engager une réorientation partielle des réflexions vers une approche prospective. Cette réorientation nous a amenées à donner un autre statut au terrain CAPTUR.

Il ne s'agit pas pour nous d'un projet de conception dans lequel nous sommes engagées, mais d'un projet de référence comme cadre de notre approche prospective qui intègre trois autres centres de tri (CDT B, C, et D) (*cf.* Figure 15).

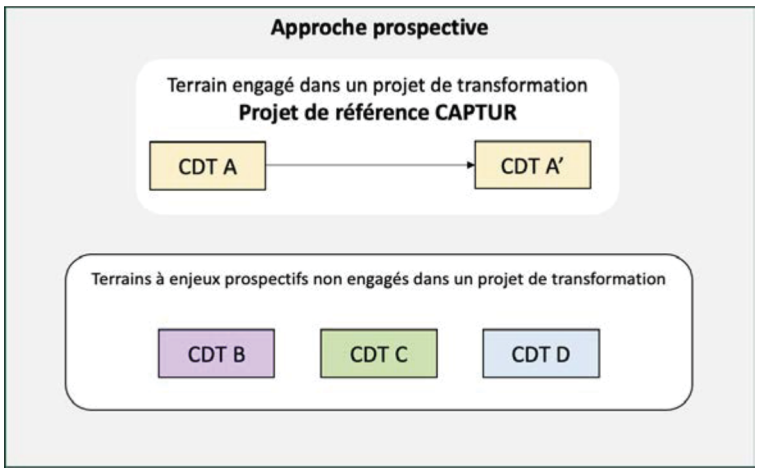


Figure 15. Évolution du terrain CAPTUR comme cadre de référence de notre approche prospective

Une première phase d'analyse exploratoire à partir de la situation existante a été menée sur le CDT A. En parallèle, une analyse de la littérature grise sur le sujet à travers les sites de différents concepteurs et équipementiers, ainsi que la mise en place initiale du projet CAPTUR, nous a conduits à deux constats :

- Les innovations, et plus globalement les transformations, semblent être abordées en termes de performance, reléguant au second plan, voire occultant totalement les questions de santé au travail.
- Par ailleurs l'origine du projet autour du développement d'un outil d'actimétrie pour le secteur, et le développement de ce type d'outil dans d'autres secteurs industriels (*cf.* Chapitre 1 : application LEA, capteurs dans les entrepôts Amazon, etc. …) nous amènent

à penser que ce type d'outil pourrait être amené à être implanté dans d'autres centres de tri.

Ces constats nous ont conduites à développer une dimension prospective, en abordant la question des possibles technologiques, sur des terrains à enjeux prospectifs, dans la mesure où ils sont concernés par l'évolution sans être mobilisés sur la question. Autrement dit les terrains sont centrés sur leur production présente et situés en dehors de tout projet de conception (*cf.* Figure 15., CDT B, C, et D.). Afin de situer notre démarche, il convient de revenir sur les fondements de la prospective.

4.3. Proposition d'adaptation des piliers prospectif de Berger à l'échelle des situations de travail

Il nous semble que du point de vue de l'ergonomie, certaines caractéristiques de l'attitude prospective proposée par Berger, renvoient davantage à des aspects théoriques, alors que d'autres invitent à proposer des approches méthodologiques plus concrètes. Aussi, les piliers énoncés prennent des statuts différents dans notre recherche : modèles théoriques mobilisés (*penser à l'homme*), approches méthodologiques (*analyser en profondeur* et *voir large*) et invitent à penser à la fois de nouveaux modèles théoriques et de nouvelles approches méthodologiques (*voir loin* et *prendre des risques*). C'est en cela que *l'attitude prospective* éclaire notre réflexion autour des questions de prospective en ergonomie de l'activité. Pour précision, nous utiliserons dans cette recherche le terme « attitude prospective » comme structurant d'une posture de recherche[73] articulant à la fois les connaissances de l'ergonomie de l'activité et cette « attitude prospective » que nous adapterons à l'activité. Afin d'en préciser les fondements, nous reviendrons à présent sur chacun des cinq piliers.

4.3.1. Penser aux acteurs et actrices de terrains pour *penser à l'homme*

Bien que ce premier pilier nécessite un ajustement d'échelle comme nous l'avons vu, les considérations des hommes portées par Berger ne sont pas incompatibles avec la vision que porte l'ergonomie des actrices et acteurs de terrain. L'ergonomie de l'activité, à travers ses

[73] Nous distinguons ici *attitude* et *posture* qui apparaissent comme deux termes proches, en les distinguant ainsi : l'attitude prospective est plus située en lien avec un contexte, une recherche spécifique. Tandis que la posture est un positionnement d'ensemble du chercheur qui peut être considéré comme un élément de réflexion à part entière, mais aussi comme une condition préalable au développement d'une « approche prospective » afin d'en percevoir ses limites. Autrement dit, l'attitude prospective oriente l'action et les réflexions sur l'activité analysée et la situation de travail de manière anticipative, tandis que la posture articule l'ensemble des connaissances, compétences et expériences de l'ergonome et oriente des réflexions à un niveau plus « méta ».

modèles des situations de travail et de l'activité, considère les personnes comme étant actrice de l'activité, ainsi chacun est déterminé et déterminant de la situation dans laquelle il agit. Ce premier pilier *penser à l'homme* renvoie dans notre recherche à un pilier à la fois central et transversal (il s'articule avec l'ensemble des autres piliers) et qui est l'essence même de l'ergonomie puisqu'il renvoie au développement d'une approche humaniste, que nous inscrirons dans une approche développementale et constructive de l'ergonomie. Mais *penser à l'homme* n'est pas suffisant en ergonomie. Il ne s'agit pas tant de penser à l'homme, que de penser à l'homme au cours de son activité. Il s'agira alors de *penser aux effets de l'activité sur les personnes,* de ce que ces effets transforment de la manière d'agir, d'appréhender la situation, de rechercher des informations, d'acquérir de nouveaux savoir-faire, etc. Il s'agit là du cœur de l'ergonomie. Aussi ce pilier fait écho aux fondamentaux de l'approche ergonomique, il est à la fois central et essentiel, tout en étant insuffisant pour adopter une approche prospective, et doit être conjugué aux 4 autres piliers pour s'inscrire dans une telle approche.

4.3.2. Analyser l'activité pour *analyser en profondeur*

Analyser en profondeur, c'est rechercher « des facteurs vraiment déterminants et des tendances qui poussent les hommes dans certaines directions » (Berger et al., 2007). Comme nous l'avons vu (*cf.* Partie 2.1.), l'analyse de l'activité est constitutive de l'ergonomie francophone (Laville, 2004; Sznelwar & Le Doaré, 2006; Wisner, 2000). Elle vise à comprendre comment la personne met en œuvre ses connaissances, ses compétences, ses savoir-faire dans une situation qui va varier au cours du temps sur différentes temporalités, au cours de l'activité, ou sur un temps plus long (Boudra et al., 2021; Hélardot et al., 2019; Laville & Volkoff, 2004). Il s'agit pour les personnes de concilier, dans des situations de travail variables et complexes – dans le sens où elles sont composées d'une multitude d'éléments qui contribuent au caractère situé et unique de chaque situation – l'atteinte d'objectifs de performance et de préservation de soi. Ainsi, analyser l'activité est une porte d'entrée qui donne une compréhension précise et approfondie de la situation de travail, en intégrant le point de vue de chacun en situation et en éclairant les différents arbitrages qui sont faits pour assurer la production et préserver ou non sa propre santé. En ce sens, analyser l'activité c'est analyser en profondeur le travail réel. L'analyse de l'activité permet une compréhension à une échelle différente comme nous l'avons mentionné. En effet, nous ne visons pas à faire de la prospective à une échelle sociétale, mais plutôt à permettre de mener une analyse avec une orientation prospective à partir d'analyses de l'activité en situation de travail.

4.3.3. *Voir large* pour inscrire l'analyse de l'activité dans un contexte plus global

Pour Berger (Berger, Bourbon-Busset & Massé, 2007)[74] *voir large* implique de mobiliser une pluralité de points de vue pour penser le futur. Cette approche fait écho aux démarches participatives et plurimétiers largement étudiées en ergonomie (Darses & Reuzeau, 2004; Gonzalez-Laporte, 2014; St-Vincent et al., 2000), bien que leur mise en œuvre soit parfois limitée par des contraintes de terrain. Nous proposons de mener l'approche prospective sur la base de l'analyse de l'activité, en amont de toute démarche de conception engagée, afin d'explorer les pratiques des personnes impliquées dans la situation sous divers angles et dans des rôles variés. Ainsi, *voir large* peut consister à s'intéresser à l'activité des opérateurs, mais également à l'activité de leurs encadrants, de leurs collègues en amont, en aval ou en co-présence afin de comprendre les effets systémiques qui se manifestent entre l'activité des différents acteurs. Il peut s'agir de de comprendre le fonctionnement global de l'organisation, et le contexte dans lequel elle s'inscrit. Enfin, sur le plan méthodologique, il peut s'agir de proposer des analyses croisées entre les différents sites afin de *voir large* et favoriser une réflexion basée sur la comparaison-différenciation dans différents contextes de déroulement d'activités similaires. Les données ainsi recueillies ont pour objet de soutenir l'analyse et la réflexion visant à se projeter sur les possibilités futures souhaitables ou les effets possibles – bénéfiques ou délétères – sur les personnes et leur activité.

4.3.4. *Voir loin* : comment penser les temporalités pour élargir les champs de possibles

Nous interprétons le pilier *voir loin* comme une invitation à interroger les différents horizons de temporalités pour élargir les champs de possibles et des souhaitables. Pour Berger « voir loin » constitue le *«* caractère principal de l'attitude prospective *»* qui dépend de *«* l'intensité avec laquelle elle concentre notre attention vers l'avenir » (Berger, 2008, p.82).[75] Berger, considère qu'il s'agit de *regarder au loin*, et propose la prospective comme l'étude de l'avenir lointain. Il compare notre civilisation – ou plutôt celle de son temps, qui correspond à une phase de reconstruction à l'issue de la seconde guerre mondiale – à « une voiture qui roule de plus en plus vite sur une route inconnue lorsque la nuit est tombée. Il faut que les phares portent de plus en plus loin si l'on veut éviter la catastrophe. ».

[74] Berger, G. (1958), « L'attitude prospective », *Prospective*, Paris : Presses universitaires de France, 1, pp.-1-10, mai.
[75] Texte original : Berger, (1959). *L'attitude prospective.*Le Monde en Devenir : histoire, évolution, prospective. De L'Encyclopéie Française. (Paris : Société nouvelle de l'Encyclopédie française, pp. 20/54/12-14)

Nous laissons ici aux prospectivistes cette question de « l'avenir lointain ». Bien qu'il ne soit pas aisé de délimiter temporellement ce que signifie *voir loin*, s'il est nécessaire d'adopter une telle vision à l'échelle de nos sociétés, le caractère plus situé de l'activité nous incite à adapter cette visée, *voir loin*. Ce pilier essentiel renvoie à la nécessité pour l'ergonome de se projeter vers un futur plus lointain que celui initialement visé, mais les piliers présentés précédemment invitent à le faire en partant d'un ancrage au concret. Il ne s'agit pas ici de tenter d'anticiper ou de penser des besoins futurs qui découleraient d'activités actuellement inexistantes. Par exemple, il s'agit de partir du concret actuel, pour se questionner et penser le futur de cette activité au regard de certains constats généraux. Compte tenu de notre terrain d'application, il s'agit pour nous de considérer les transitions vers le 4.0, l'IA et la gestion accrue des déchets. *Voir loin* se traduit par un positionnement en amont de projets de transformation (ici technologique) ce qui représente un enjeu majeur pour pouvoir proposer des projets centré-activité qui soient en adéquation avec les objectifs de santé et de performance visés par l'ergonomie.

Ces réflexions sur les temporalités appellent à reconsidérer le lien entre prospective et analyse de l'activité, en particulier à l'interface entre ergonomie de conception et ergonomie prospective. Sur la base de ces considérations, la frontière entre ergonomie de conception et ergonomie prospective devrait être considérée comme une continuité logique, faite d'interconnexions. La question de la temporalité est centrale quand nous parlons de prospective. Pour l'ergonomie cette temporalité apparaît de plusieurs manières, puisque le temps passé est constitutif de l'expérience et participe au vécu des personnes. Le temps présent, qui est celui de l'analyse de l'activité, ne représente qu'une fenêtre temporelle très réduite, mais qui révèle des éléments passés, présents voire futurs (Chizallet, 2019). De plus, l'analyse de l'instant présent apporte des connaissances sur ce qui est souhaitable au cours de l'activité et sur les situations de travail favorables ou non au développement futur des personnes.

4.3.5. *Prendre des risques* : sortir du cadre pour avancer

Nous attribuons *prendre des risques* au volet portant spécifiquement sur les transformations possibles et souhaitables (ici transformations technologiques). Il convient de prendre le risque de proposer des pistes de développement technologique, à partir des acquis de l'activité et de l'identification de tendances et signaux faibles. Ces pistes visent à ouvrir des réflexions selon différentes possibilités en considérant les développements possibles, notamment en termes de

marges de manœuvre. Il s'agit d'ouvrir des champs de possibilités, tout en identifiant les limites possibles. L'avantage étant qu'à un stade prospectif les propositions sont peu coûteuses d'un point de vue technique, humain et financier. Ces pistes peuvent offrir une base de réflexions concrètes à partir de l'activité des personnes pour devenir par la suite des projets de conception mobilisant différents acteurs.

Dans une méthodologie mise en place par Prévost & Spooner (2014) dans un pré-projet, une des étapes consiste à favoriser l'émergence d'idées « en adoptant des approches ou attitudes souvent observées chez nos collègues concepteurs ». Articulés avec les quatre autres piliers de l'attitude prospective de Berger, il nous semble que trois points évoqués peuvent être source de créativité pour l'ergonome, à condition d'être articulés avec des connaissances détaillées de l'activité et de la situation de travail existante pour en comprendre la complexité. Ainsi, nous retiendrons trois points :

- Utiliser la pensée divergente en se posant le type de question suivant : « Quelles autres solutions pouvons-nous imaginer ? » ;
- Utiliser la pensée critique, l'élimination des faux dilemmes ou l'appel à la tradition ;
- Utiliser les analogies : « Comment a-t-on résolu ce problème dans cet autre domaine ? » (Prévost & Spooner, 2014)

4.3.6. Proposition d'adaptation de l'attitude prospective de Berger à l'analyse ergonomique de l'activité

La prospective propose d'articuler différents niveaux de compréhension de la société, en tenant compte des situations concrètes pour identifier ce que certains auteurs nomment aujourd'hui « faits porteurs d'avenir » (Heurgon, 2005). Certains auteurs considèrent la prospective comme un art en référence à cette capacité à articuler des niveaux dans des situations complexes et réelles (la société) en tâchant de n'en négliger aucun aspect. La prospective s'inscrit aussi dans une démarche visant à « *voir loin* » en considérant le temps à venir comme non prédéterminé, mais qui reste à construire puisqu'il offre une multitude de futurs possibles. Cependant, elle a généralement pour objet de s'inscrire à l'échelle de la société, et il faut considérer que la société présente et la société future sont bien distinctes en raison de toutes les transformations qui la traversent. Aussi, lier l'ergonomie à la prospective invite à explorer différents niveaux de compréhension des situations de travail, intégrant l'échelle de l'activité, en tant qu'actions, communications, interprétations socialement situées, et l'échelle du travail dans le secteur d'activité étudié (ici le tri des déchets), en tenant compte du contexte social et politique dans lequel il s'inscrit (*cf.* Figure 16).

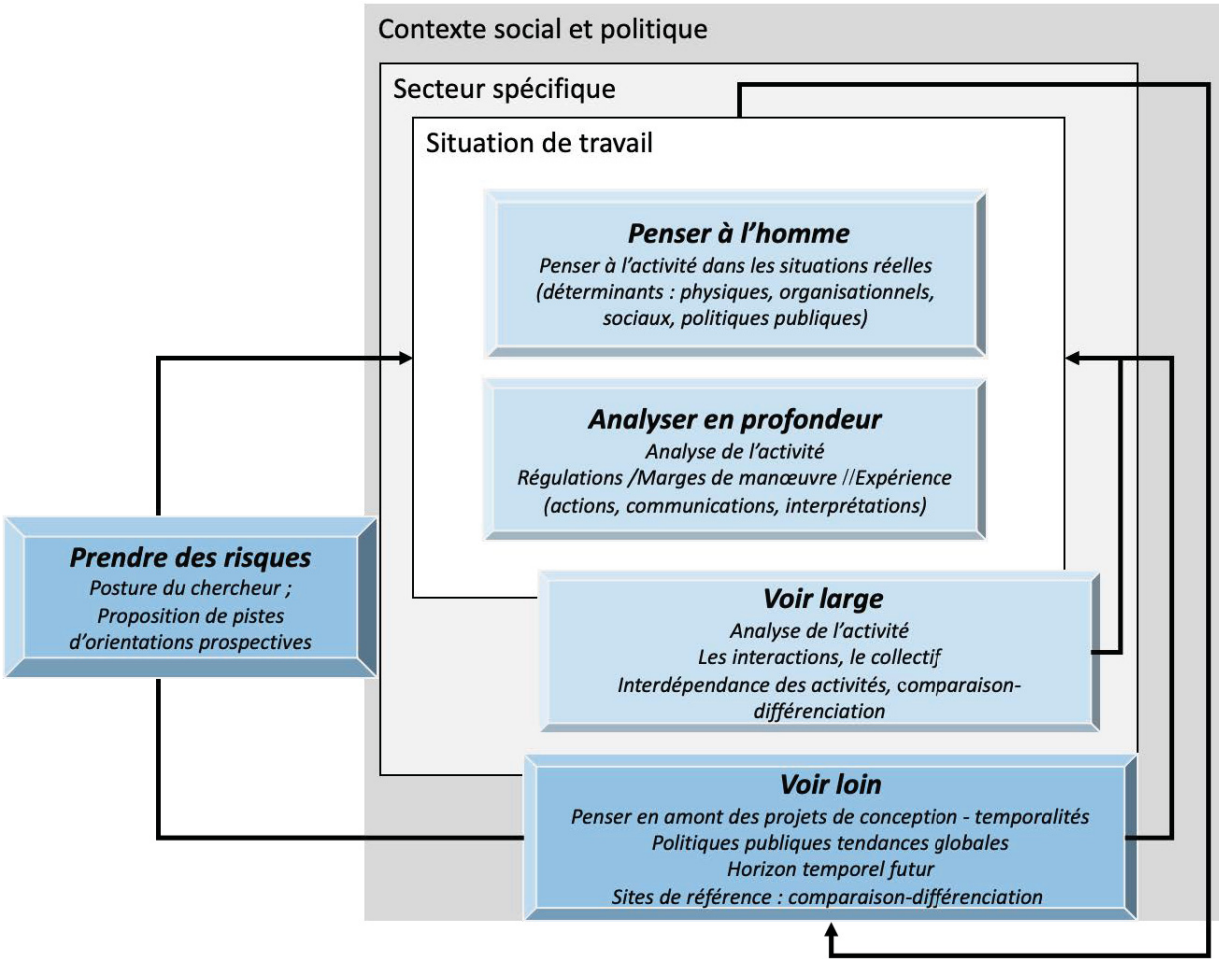


Figure 16. L'articulation des piliers de Berger adapté à une approche prospective de l'activité[76]

Nous parlerons dans cette recherche d'ergonomie à visée prospective. Comme nous l'avons vu (*cf.* Chapitre 3), en ergonomie différents auteurs issus de l'ergonomie ont développés des méthodes, et une approche de la prospective dont les moyens et finalités diffèrent. L'approche que nous défendons ici ancre la prospective ancrée dans et pour l'activité, en nous appuyant sur la réflexion prospective de Berger, tant elle nous paraît fondatrice, actuelle et proche de l'ergonomie. Notre approche s'inscrit dans la lignée de la *Prospective du Travail* de Pueyo (2020), en mettant l'accent sur l'apport de l'analyse de l'activité dans un contexte de nouvelles possibilités technologiques qui comportent un enjeu prospectif pour la santé au travail. Ainsi, nous proposons une approche exploratoire de raisonnement prospectif fondé sur l'analyse de l'activité, selon notre lecture des « piliers » de la prospective de Berger dont nous proposons un résumé dans le tableau suivant (*cf.* Tableau 2.).

[76] En bleu clair les piliers qui font écho aux fondements de l'ergonomie francophone, en bleu foncé les piliers qui amènent à donner une orientation prospective à nos analyses.

Tableau 2. Résumé de la proposition de lecture des « piliers » de l'attitude prospective de Berger adaptés à l'activité

Attitude prospective **(Berger)**	***Attitude prospective*** **Adaptée à l'activité**
Penser à l'homme La prospective accorde une place primordiale aux hommes et aux femmes, car chaque prise de décision a des conséquences concrètes sur les personnes.	*Penser aux acteurs et actrices de terrains au cœur des situations de travail*
Analyser en profondeur Il convient d'explorer les facteurs déterminants significatifs afin d'approfondir notre compréhension de la situation.	*Analyser l'activité*
Voir large Associer des compétences, des responsabilités et des points de vue différents au sein d'un exercice pluridisciplinaire construit en équipe pour stimuler l'intelligence collective.	*Voir large pour inscrire l'analyse de l'activité dans un contexte plus global*
Voir loin Se projeter vers l'avenir, prendre en compte les dynamiques du changement, et ne pas se limiter à une vision rétrospective.	*Penser les temporalités pour élargir les champs de possibles*
Prendre des risques Développer une pensée « libre » et non conformiste, pour se donner les moyens de formuler des paris raisonnés sur l'avenir.	*Sortir du cadre*

4.4. Questions et axes de recherche

Dans le cadre de cette recherche, nous souhaitons travailler les possibilités prospectives que comporte l'ergonomie de l'activité que nous mobilisons, à partir de l'analyse de l'activité. Tout d'abord, il s'agit d'interroger la question des temporalités à considérer quand on s'intéresse à des enjeux futurs identifiés : que peut-on tirer de la compréhension du présent pour éclairer l'activité de demain ? Comment l'analyse de l'activité existante peut permettre de penser des futurs possibles et souhaitables ? Comment dépasser ces limites temporelles qui l'inscrivent dans un contexte situé ? Jusqu'où est-il nécessaire d'orienter une réflexion vers l'à venir ? Au regard de ces différentes interrogations se pose alors la question :

Comment l'analyse de l'activité, inspirée des piliers prospectifs de Berger, peut-elle apporter des pistes de réflexion pour le développement d'une ergonomie prospective ancrée à l'activité pour envisager des futurs souhaitables dans un contexte de transformations techno-poussées par les progrès de l'IA ?

Pour cela, nous mobiliserons les travaux de Berger, fondateur de la prospective, comme cadre inspirant pour une analyse de l'activité, explicitement tournée vers l'avenir. La lecture de ces écrits est éclairante puisqu'ils traitent d'un ensemble de questions toujours d'actualité (Simonin, 2015). Notamment les « piliers prospectifs » sur lesquels reposent *l'attitude*

prospective donnent des lignes directrices pour répondre aux questionnements actuels de l'ergonomie. Ses écrits invitent tout à la fois à l'humilité, à la contextualisation, à la rigueur intellectuelle, et à l'optimisme de possibilités d'agir en fonction des futurs souhaitables, dans un futur qui n'est pas prédéfini mais qui est à construire. Cette prospective donne une nouvelle épaisseur à nos analyses, sans pour autant perdre de vue la question du réel et de l'activité, ni prétendre à une quelconque forme d'anticipation.

Ce retour à Berger, qui est souvent cité, nous permettra de proposer dans une démarche exploratoire, l'*attitude prospective* en tant que (1) positionnement temporel et contextuel dans une approche ou un projet et pour évoquer (2) une *posture d'analyse* centrée sur l'activité en se basant sur les cinq piliers proposés par Berger : *penser à l'homme*, *analyser en profondeur*, *voir large, voir loin* et *prendre des risques*.

Pour ce faire, nous proposerons une partie empirique structurée en trois chapitres qui traiteront successivement des différents piliers de l'*attitude prospective* en lien avec les enjeux de l'ergonomie constructive et développementale, et de la santé au travail.

Dans un premier axe de recherche, nous montrerons que **(1) *Penser à l'homme*, et *analyser en profondeur*, sont deux piliers de la prospective qui renvoient à ce que nous considérons comme le socle de l'ergonomie : analyser l'activité dans une perspective anthropocentrée, pour comprendre ce qui se joue dans l'activité du point de vue des régulations.** Il s'agit ici d'exploiter, ce que nous considérerons comme le pilier central et transversal qui est *penser à l'homme,* afin de penser les futurs à travers ce prisme. *Analyser en profondeur*, renvoie à l'analyse de l'activité et de ses déterminants. Cette grille de lecture ne permet pas, à elle seule, d'adopter une attitude prospective. Elle est à articuler avec les autres piliers pour s'inscrire dans une perspective prospective. Ainsi, le deuxième axe **(2) vise à démontrer que le pilier *voir large*, nous invite à élargir notre vision de la situation – non pas en passant par une pluralité d'acteurs engagés activement à ce stade prématuré, mais – à travers l'orientation du recueil de données et des analyses de l'ergonome, en élargissant vers une analyse plus globale, mais articulée avec le niveau plus micro « analyser en profondeur ».** Pour cela, nous souhaitons montrer qu'une analyse inscrite dans une comparaison-différenciation, dans l'objectif de comprendre les articulations et imbrications qui se jouent, peut permettre d'élargir notre compréhension des déterminants et des régulations de l'activité. Cependant, l'articulation de ces trois piliers ne suffit pas à l'adoption d'une attitude prospective. Dans un troisième

temps, nous chercherons alors à démontrer que **(3) les deux piliers *voir loin* et *prendre des risques,* donnent alors toute l'épaisseur à ce glissement vers ce que l'on peut qualifier d'ergonomie prospective ancrée sur l'activité. À travers une interprétation au prisme de l'ergonomie de ces piliers, il convient de s'intéresser à la temporalité des projets et aux effets du rapport au temps et à l'état d'avancement des projets sur la posture même de l'ergonome.** Ces piliers nous invitent à analyser l'activité actuelle et future, au regard des tendances globales que l'on peut tirer des politiques publiques en place et en penser les transitions non plus à l'échelle de l'entreprise, mais à une échelle transversale d'un secteur. *Prendre des risques* vise à proposer des pistes envisageables, souhaitables, à partir de « pronostics » (Daniellou, 2004) de la situation future, fondés sur la compréhension de situations de travail, des liens et interconnexions, que nous aurons préalablement analysées.

L'objectif de ce travail de thèse vise à (1) enrichir les connaissances sur le positionnement de l'ergonomie qui doit faire face à ces situations de transition (2) montrer qu'à partir d'analyses de l'activité, on peut identifier des « marges de manœuvres » et des « espaces de l'activité » qui apparaissent comme des situations de développement technologique à privilégier afin de proposer des usages souhaitables d'une technologie (3) proposer des pistes méthodologiques de développement d'une *attitude prospective* en revenant aux cinq piliers prospectifs proposés par Berger, comme un cadre inspirant pour l'ergonomie.

Chapitre 5 : Le secteur du tri des déchets un secteur soumis à de nombreuses évolutions et innovations

Le secteur du tri des déchets, qui illustre bien les évolutions actuelles du monde du travail, est relativement récent. En effet, le premier centre de tri a vu le jour dans la commune de Dunkerque en 1989 (Barbier, 2002). Suite à l'obligation pour les communes de valoriser et recycler les déchets produits par ses habitants dès 1992 (Légifrance, 1992), d'autres sites ont été ensuite progressivement construits sur l'ensemble du territoire. Depuis, le secteur a connu des évolutions rapides afin de s'adapter à la quantité grandissante de déchets triés par les ménages et les entreprises, conformément à de nouvelles directives européennes et nationales mises en place au cours des dernières décennies en matière de valorisation des déchets. Ce chapitre ne prétend pas l'exhaustivité, mais vise à contextualiser les enjeux du secteur qui ont guidé la problématisation de cette recherche. Nous présenterons dans cette partie le contexte réglementaire et politique dans lequel les centres de tri évoluent et sont amenés à évoluer, ainsi que le fonctionnement des centres de tri. Il s'agira de poser les bases nécessaires pour comprendre les spécificités de ce secteur et de ses transformations.

5.1. Le secteur du tri : un secteur soumis à de nombreuses évolutions législatives, réglementaires et techniques

5.1.1. Législation autour du déchet : classifications et typologies de déchets

Selon la loi du 15 juillet 1975, un déchet est défini comme : « tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau, produit, ou plus généralement tout bien meuble abandonné ou que le détenteur destine à l'abandon » (article L.541-1-1 du Code de l'environnement). La classification des types de déchets peut varier selon les critères retenus. Par exemple, le Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires (2022) propose un classement qui repose sur :

- Leurs propriétés, c'est-à-dire en fonction du risque qu'ils font courir à l'homme et l'environnement. Dans ce classement on retrouve généralement :
    - Les déchets dangereux (DD) : comportant 15 propriétés dangereuses classées de HP1 à HP15, comme explosif (HP1) ou cancérogène (HP7). Il s'agit de déchets tels que des contenants de produits phytosanitaires, aérosols, peinture, etc.
    - Les déchets non dangereux (DND) – ou banals – : comprenant notamment les emballages ménagers et les déchets organiques.

  - Les déchets non dangereux inertes : il s'agit ici des déchets minéraux généralement produits par le BTP comprenant les tuiles, le béton, etc.
- Le producteur de déchets :
  - Déchets d'activités économiques (DAE)
  - Déchets ménagers : il s'agit des déchets produits dans le cadre de la vie quotidienne par les ménages.

Les déchets ménagers, quant à eux, peuvent être distingués selon le type de collecte, comprenant notamment :

- Les Ordures Ménagères Résiduelles (OMR) : soit les déchets non recyclables produits par les ménages.
- **La collecte sélective (CS)** : ensemble des emballages ménagers recyclables, qui doivent être déposés dans les conteneurs prévus à cet effet.
- La collecte du verre : point d'apports volontaires dans des colonnes dédiées pour le verre, ou en porte à porte.
- Les déchets biodégradables : déchets alimentaires compostables. Depuis le 1er janvier 2024, tous les ménages doivent pouvoir trier leurs déchets organiques (article L541-21-1 du code de l'environnement).
- **Les encombrants** : déchets non pris en charge par les services de collecte des autres types de déchets ménagers en raison de leur poids et de leur volume. Ils sont déposés en déchetterie, ou ramassés par le service des encombrants devant les habitations dans certaines communes. Il s'agit par exemple de meubles, de matelas, et d'appareils de gros électroménagers si la mairie les accepte.

La gestion des déchets présente des enjeux majeurs en termes de santé publique et de risques environnementaux. En 2018[77], 343 millions de tonnes de déchets ont été produites en France, soit une augmentation de 6,4 % par rapport à l'année 2016 durant laquelle 323 millions de tonnes avaient été produites. Cela représente 5,1 tonnes par habitant et par an, et 1,6 tonne hors déchets minéraux (Scribe, 2019, 2021). Le terme de *gestion des déchets* recouvre une variété de catégories de déchets, de nature et de propriétés diverses, et s'étend de la collecte à la

[77] Nous avons choisi de nous appuyer sur les chiffres de 2018 puisque la production de déchets a fortement été impactées par la pandémie. En 2020 la production de déchets a diminué de 9,7 % par rapport à 2018, passant alors à 310 millions de tonnes produites. Ce chiffre reste cependant à replacer dans un contexte particulier où les industries et le secteur de la construction étaient en pause et ont connu une forte diminution (respectivement -24% et -11,4% de baisse par rapport à 2018), et où à l'inverse les déchets ménagers ont connu une hausse de 12,6% (Scribe, 2022).

valorisation ou l'élimination des déchets selon les filières. Chacune de ces étapes de la gestion de déchets est encadrée par des règles, et chaque acteur est soumis à plusieurs obligations (Ministère de l'Écologie, 2022).

5.1.2. Des politiques environnementales qui favorisent le développement du secteur du tri

Après des décennies de consommation, et donc de production de masse, les années 1990 ont marqué le début d'une prise de conscience progressive des enjeux environnementaux. De ce fait, des directives européennes encouragent alors la prévention des déchets à la source, visant à réduire la quantité de déchets produits, et à sensibiliser les citoyens afin de limiter le gaspillage, et favoriser le réemploi en première intention à travers la mise en place d'un Plan National de Prévention des Déchets (PNPD). Malgré ces efforts, la quantité de déchets produits reste conséquente, et leur traitement demeure un enjeu majeur.

La gestion et le traitement des déchets sont régis par des directives et réglementations portées tant au niveau européen (i.e. la directive-cadre européenne de 2018 qui se substitue à celles de 1975 et 2008), qu'au niveau national (i.e., les lois adoptées suite au Grenelle de l'environnement en 2008). Le traitement des déchets consiste à les valoriser lorsque cela est possible ou à les éliminer en respectant une hiérarchie afin de privilégier le recyclage des matières. L'élimination des déchets par stockage ou incinération sans valorisation énergétique apparaît comme ultime solution. La revalorisation des produits est priorisée avec différentes possibilités :

(1) La valorisation matière consiste à produire des matières premières recyclées permettant ainsi la réduction de matières premières fossiles et la réutilisation des matières.
(2) La valorisation énergétique grâce à :
    - L'incinération avec production d'électricité ;
    - La production de combustible solide de récupération (CSR) qui va servir à alimenter des usines ;
    - L'enfouissement avec production de biogaz.

Suite au rapport de Brundtland (1987) établi par l'ONU, qui introduit pour la première fois la notion de développement durable, la question du traitement des déchets est devenue une préoccupation majeure des politiques (Brundtland, 1987). Au-delà des enjeux

environnementaux, le recyclage comporte aussi des enjeux économiques importants et constitue un levier pour favoriser l'économie circulaire qui fait partie des directives européennes de 2008 (2008/98 CE). Les centres de tri et les « métiers verts »[78] ont beaucoup évolué en raison des différentes politiques mises en place pour améliorer sans cesse la qualité de tri des déchets dans un contexte où l'écologie occupe une place de plus en plus importante (Ademe, 2012). À titre d'exemple, près de 4,8 millions de tonnes d'emballages ménagers ont alimenté la filière des déchets issus de la collecte sélective en 2016, avec un taux de recyclage atteignant 68%. Cela représente 3,3 millions de tonnes de déchets recyclés seulement pour cette filière (Ministère de la Transition Écologique, 2019).

La loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte (LTECV) adoptée en 2015 a fixé pour objectifs à atteindre d'ici 2025 : la réduction de 50% des déchets enfouis, un taux de recyclage de 65% pour les déchets non dangereux, et 70% pour les déchets de la construction (ANSES, 2019). Elle vise également à simplifier le geste de tri pour les citoyens à travers l'extension des consignes de tri. Depuis le 1er janvier 2023, les nouvelles consignes de tri permettent de déposer tous les types d'emballages (hors verre) dans le bac de tri, même si certaines collectivités avaient déjà élargi ces consignes avant l'entrée en vigueur de cette obligation[79]. Cette mesure a pour objectif de simplifier et d'unifier le geste de tri à l'échelle nationale, afin d'inciter les citoyens à trier davantage. Par ailleurs, le cahier des charges fixe pour la filière des emballages ménagers les objectifs suivants :

- augmenter le taux de recyclage global et le porter à 75 % d'ici 2022 ;
- assurer la couverture de 80 % des coûts nets de référence d'un service de collecte et de tri optimisé ;
- moduler les contributions des producteurs selon des critères d'écoconception : par exemple, accorder un bonus à un emballage léger et facilement recyclable et parallèlement un malus à un emballage superflu et perturbateur du recyclage ;
- augmenter les tonnages de déchets d'emballages ménagers collectés et triés issus de la consommation hors foyer (par exemple, la vente à emporter dans les gares, les stations-service).

(Ministère de la Transition Écologique, 2019)

[78] Les « métiers verts » sont des « professions dont la finalité et les compétences mises en œuvre contribuent à mesurer, prévenir, maîtriser et corriger les impacts négatifs et les dommages sur l'environnement. Ils regroupent les métiers traditionnels de l'assainissement et du traitement des déchets, du traitement de la pollution, de la production et distribution d'énergie et d'eau et de la protection de la nature » (Commissariat Général au Développement Durable, 2023).

[79] https://www.ecologie.gouv.fr/tri-des-dechets

Au-delà des institutions européennes et nationales qui cadrent la gestion des déchets, d'autres acteurs sont également impliqués à différentes échelles.

5.1.3. Un contexte impliquant de nombreux acteurs

En France, comme nous avons pu le voir (*cf.* Partie 5.1.), l'État encadre la gestion des déchets sur le territoire national à travers un ensemble de loi qui s'inscrivent dans le cadre de directives européennes. Plusieurs acteurs ont également des missions à assurer dans la gestion des déchets. Chaque conseil régional doit ensuite établir un Plan Régional de Prévention et de Gestion des Déchets (PRPGD) qui fixe des objectifs et donne des moyens pour la réduction, le réemploi, le recyclage ou la valorisation des déchets. Les collectivités vont ensuite organiser et gérer les campagnes de sensibilisation, les collectes, et le tri des déchets. Ces missions sont réalisées dans le cadre de contrats de délégation de service public avec des entreprises privées ou en régie par la collectivité. Il existe plusieurs configurations possibles, mais nous en proposons une vue schématisée (*cf.* Figure 17) et nous reviendrons sur le rôle de chacun de ces acteurs.

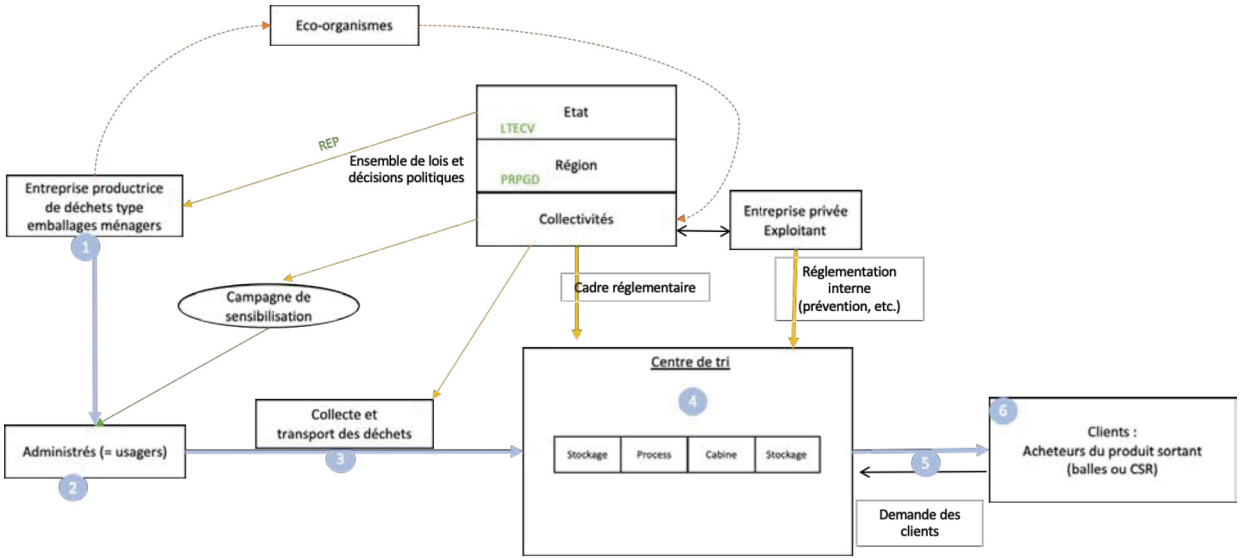


Figure 17. Contexte institutionnel et réglementaire dans lequel s'inscrivent les centres de tri (en bleu le chemin des déchets ; en jaune les liens réglementaires possibles ; en rouge les cotisations financières aux éco-organismes)

5.1.3.1. Les producteurs de déchets

Les entreprises à l'origine de la fabrication des produits manufacturés nécessitant des emballages (*cf.* Figure 17, n°1), doivent selon le principe de responsabilité élargie au producteur (REP), contribuer aux financements d'éco-organismes pour la gestion des déchets finaux. Ces

producteurs versent ainsi des contributions à des éco-organismes agréés (i.e., Adelphe et Citéo pour les emballages) qui redistribuent ensuite les fonds perçus aux collectivités afin de les aider à financer la collecte séparée des déchets d'emballages ménagers (Valérian & Du Fou De Kerdaniel, 2013).

5.1.3.2. *Les usagers*

Les usagers[80], notamment les ménages (*cf.* Figure 17, n°2), génèrent des déchets au quotidien en consommant des produits emballés, où en se séparant d'objets. Ils constituent le premier maillon de la chaîne de tri des déchets : ils trient – ou non – leurs déchets et commettent parfois des erreurs de tri. Les déchets peuvent être déposés dans des containers destinés à la collecte sélective des emballages, au verre, ou encore aux ordures ménagères pour les déchets non recyclables. Selon les communes, le tri sélectif peut se faire par apport volontaire ou en porte à porte, et les déchets encombrants sont soit déposés directement en déchetterie, soit collectés à domicile. Les collectivités ont un rôle à jouer dans les campagnes de sensibilisation au tri (Boudra, 2016). Avant la généralisation de l'extension des consignes de tri[81] les consignes de tri variaient localement, rendant le tri d'autant plus complexe pour les administrés (Scribe, 2019, 2021). En outre, la quantité de déchets acheminés vers les centres de tri et de recyclage dépend de la production et du tissu industriel local et de la densité de population (Ascher, 2014). Des variabilités importantes existent entre les différents sites en raison de choix techniques, du type de valorisation visé, et des contraintes territoriales. Par exemple, durant les périodes touristiques certaines régions voient leur production de déchets augmenter considérablement. Chaque site présente ainsi des singularités liées à la diversité des déchets triés et aux spécificités territoriales (Boudra, 2016). À titre d'exemple, la moyenne de tri de déchets par habitant par année est de 72 kg/hab pour les papiers et emballages, mais elle varie d'une région à l'autre pouvant aller de 45,5 kg/hab en île de France, jusqu'à 106 kg/hab en Bretagne (Citéo & Adelphe, 2024).

5.1.3.3. *Les acteurs responsables de la collecte*

Les déchets issus des collectes sélectives sont ensuite ramassés par des camions-bennes, une à plusieurs fois par semaine selon le secteur géographique, et acheminés vers des centres de tri

[80] Nous utilisons ce terme au sens d'usager du service de collecte des déchets.

[81] Depuis le 1er Janvier 2023, l'extension des consignes de tri a été élargie à l'échelle nationale en France. Cela consiste à élargir les types de déchets collectés séparément pour le recyclage. Cela permet de simplifier le tri pour les usagers en incluant l'ensemble des emballes (hors verre) afin d'améliorer les taux de recyclage.

des déchets. Les déchets encombrants sont acheminés dans des centres après avoir été collectés en porte à porte, et/ou apportés en déchetterie. L'acheminement des déchets (*cf.* Figure 17, n°3) vers les centres de tri peut être géré soit directement par les collectivités, soit délégué à des entreprises privées qui gèrent ces sites (tels que Suez, Véolia, Paprec). Les collectivités et les entreprises peuvent également sous-traiter à des entreprises spécialisées en transport et logistique.

5.1.3.4. Les acteurs des centres de tri

Les produits, une fois acheminés en centre de tri (*cf.* Figure 17, n°4), vont être stockés puis triés selon la matière et la taille des produits. Pour la collecte sélective, les produits vont être compactés en balles et stockés avant d'être revendus et transformés en matière première pour la création de nouveaux produits. Pour les encombrants les produits vont être transformés en matériaux de combustion, appelés combustibles solides de récupération, et revendus en fonction de leur pouvoir calorifique.

L'organisation des centres de tri repose sur une structure hiérarchique bien définie, qui peut varier localement selon les besoins de personnel sur le site (en fonction du flux de produits à traiter, et des équipements).

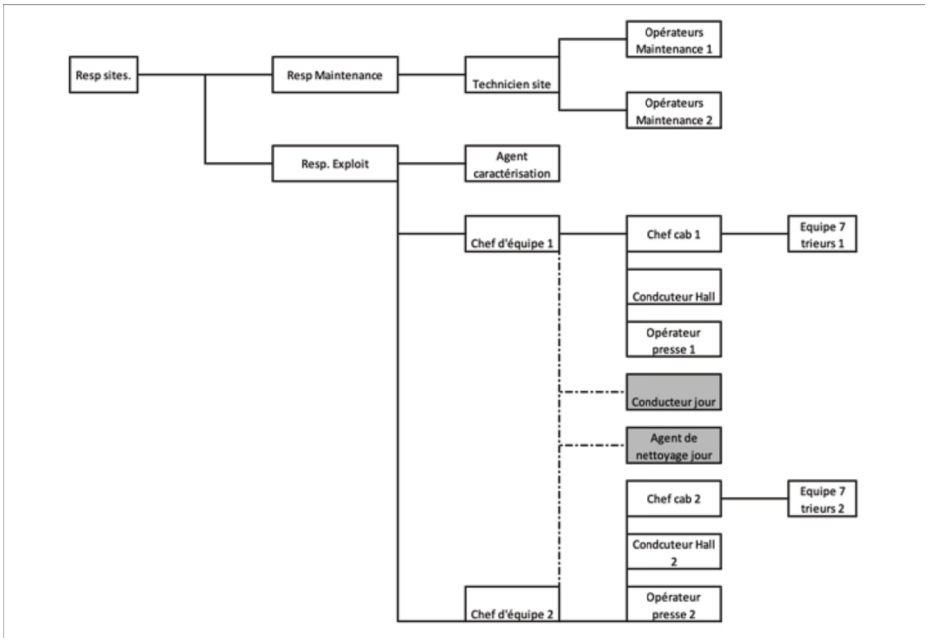


Figure 18. Exemple d'organigramme d'un centre de tri et de valorisation des déchets

À la tête du site, on retrouve une directrice ou un directeur, chargé de superviser et d'assurer l'ensemble du fonctionnement du site en lien avec les objectifs définis avec les acteurs extérieurs, et en l'application des réglementations en vigueur. Chaque site dispose d'un ou d'une responsable de production, d'une équipe de caristes « au sol » sous la direction du chef

d'équipe qui gère le flux des produits, et d'une équipe en cabine de tri également sous la direction d'un chef d'équipe, avec également la présence d'une cheffe de cabine qui trie avec l'équipe de trieur (*cf.* Figure 18).

L'organisation du travail en cabine de tri repose sur une coordination hiérarchisée visant à assurer l'efficacité du tri et le respect des normes de sécurité et de qualité. Les chefs d'équipe supervisent l'ensemble des opérations, planifient les ressources et garantissent le bon fonctionnement des équipements. Les cheffes de cabine ajustent l'activité des trieurs en fonction du flux et veillent à l'application des consignes. Les agents de tri, quant à eux, exécutent le tri des matières, respectent les consignes de sécurité et participent à l'entretien de leur poste de travail. L'ensemble de cette organisation repose sur de la communication (les agents de tri et cheffe de cabine doivent remonter toute anomalie) entre les différents niveaux hiérarchiques afin d'adapter en temps réel l'activité aux exigences de production et aux aléas du tri. Nous reviendrons plus en détail sur le fonctionnement des centres de tri dans la partie suivante (*cf.* Partie 5.2.).

5.1.3.5. Les transporteurs qui acheminent les produits sortants

Les transporteurs acheminent les produits sortant du centre de tri (*cf.* Figure 17, n°5) vers les repreneurs (*cf.* Figure 17, n°6) qui vont ensuite valoriser la matière. Comme pour la collecte sélective, il peut s'agir d'une gestion réalisée par les centres de tri, ou par des transporteurs privés. Les acheteurs eux-mêmes peuvent également être responsables de l'acheminement des produits triés, qu'ils vont gérer de façon interne ou en faisant appel à des sous-traitants.

5.1.5.6. Un contexte économique à prendre en compte

La valorisation des déchets comporte, en plus des enjeux environnementaux, des enjeux économiques puisque les matières, une fois triées et compactées, peuvent être revendues (*cf.* Figure 17, n°6) afin d'être réutilisées. L'objectif pour un centre de tri est alors d'effectuer un tri « de qualité » en valorisant le maximum de déchets pouvant l'être. Notons que les produits triés dépendent de logiques économiques rendant certaines matières plus rentables à trier que d'autres, et donc plus faciles à vendre. Le prix de revente des matières fluctue, ce qui nécessite une certaine flexibilité des centres de tri qui se retrouvent pris entre :

- Des réglementations strictes définies par arrêté préfectoral concernant un certain tonnage à ne pas dépasser sur les zones de stockage, au risque de devoir fermer le site ;
- Un flux de matière entrant qui dépend de la production de déchets des usagers et des services de collecte ;
- Des acheteurs, qui attendent parfois le moment opportun pour acheter le produit.

Il existe donc des contraintes et enjeux de performances qui pèsent sur les directeurs et responsables des sites. Si la qualité reçue par les acheteurs est estimée insuffisante, les camions peuvent être renvoyés avec les produits vers le centre de tri.

5.1.4. Des évolutions qui conduisent à des modernisations des centres de tri. Vers des centres de tri 4.0 ?

Dans ce contexte, les équipementiers et exploitants innovent constamment afin de maintenir et d'améliorer la qualité du tri, tout en répondant aux nouvelles exigences en termes de volume et de variabilité des produits entrants sur les sites. Il existe une pluralité de solutions techniques vendues et mises en place par les différents industriels équipementiers. Ce secteur est soumis à de forts enjeux de performance avec l'augmentation des entrées du nombre de déchets à trier et des objectifs à atteindre toujours plus importants, ce qui impacte directement les travailleurs de ces centres de tri avec des cadences à la hausse. Le Conseil National de l'Industrie (2019) établit un constat des « forces, faiblesses, opportunités et menaces » du secteur (*cf.* Tableau 3).

Tableau 3. Tableau adapté des constats des forces et faiblesses, des menaces et des opportunités établies par les acteurs du secteur du tri (CNI, 2019).

Forces	Faiblesses
• Les deux leaders mondiaux en matière d'environnement sont français, ce qui constitue une opportunité rare au plan industriel pour créer, maintenir et dynamiser une filière industrielle d'excellence.	• L'évolution des métiers nécessite d'identifier les besoins futurs de la filière et de mettre en place des plans de formation adaptés.
• La filière française de valorisation des déchets investit plus d'un milliard d'euros tous les ans pour construire de nouveaux sites et moderniser les sites existants. Elle dispose donc d'installations de haute qualité.	• Les emballages consommés hors foyer, ainsi que d'autres gisements diffus de déchets, ne sont que peu valorisés.
• La diversité des acteurs de la filière, groupes multinationaux, entreprises nationales et PME / TPE, permet à la filière d'avoir à la fois des capacités d'investissements et d'action fortes ainsi qu'une réelle flexibilité et adaptabilité aux besoins nationaux et locaux.	• Le taux d'enfouissement des déchets est en diminution mais reste élevé au regard du potentiel de valorisation des déchets.
• La filière prévoit de continuer son développement économique et ainsi créer de nouveaux emplois, en majorité non délocalisables et participant ainsi à l'insertion locale.	• Absence de plateforme rassemblant tous les acteurs de la chaîne de valeur sur les questions de recyclabilité, notamment entre les metteurs en marché et les industriels valorisant les déchets.
	• Absence de données fiables et complètes sur les flux de matières mises en marché, collectées, valorisées et incorporées dans les produits finis, rendant difficile l'équilibre offre / demande et l'anticipation des besoins en investissements.
	• Concurrence entre matières premières de recyclage (MPR) et matières premières de première extraction, et donc forte sensibilité des MPR aux variations des cours des matières premières.
	• Pour certaines matières, faiblesse de la demande en MPR par rapport à l'offre, avec un effet négatif sur les cours des MPR et donc sur les capacités de développement. Les trop faibles retours financiers de certaines activités limitent alors les capacités d'investissement.
Opportunités	**Menaces**
• Une forte volonté politique de la France et de l'Union européenne en matière de valorisation des déchets.	• L'absence d'application de certaines mesures réglementaires (décret 5 flux, de la reprise par les distributeurs des déchets de matériaux de bâtiment, de la limite du service public de gestion des déchets) peut limiter le développement de la filière.
• Une très faible utilisation des CSR en France par rapport aux autres grands pays européens, et donc des capacités importantes de croissance sur ce sujet.	• Absence d'incitation forte à incorporer des matières premières issues du recyclage dans les produits finis.
• L'extension des consignes de tri des emballages ménagers permettra de collecter et valoriser plus de plastiques.	• Image parfois négative de la filière et des produits, en particulier des matières premières issues du recyclage et du compost.
• La collecte séparée obligatoire des biodéchets en 2024 permettra une meilleure valorisation des ordures ménagères résiduelles.	• Volatilité du prix des matières premières, qui concurrence les matières premières issues du recyclage (MPR).
• Le décret « 5 flux » permettra de mieux trier et donc de valoriser les déchets de papier, métal, plastique, verre et bois des entreprises.	
• La politique d'importation de certains pays (la Chine notamment) permettra de relocaliser les installations de sur-tri en France, et d'améliorer la qualité des matières premières de recyclage.	
• Important potentiel de croissance de la filière industrielle.	
• Nécessité de nouveaux outils technologiques, d'innovation et de R&D, pour produire des MPR en quantité et qualité adaptées aux attentes du marché.	

Note. En bleu : peut concerner la collecte sélective (CS) et encombrants. En vert : concerne davantage la CS. En orange : concerne davantage les encombrants. Aucun encadré : concerne une autre filière ou n'a pas d'impact direct sur les centres de tri de la CS et encombrants.

On peut noter que « la filière française de valorisation des déchets investit plus d'un milliard d'euros tous les ans pour construire de *nouveaux sites* et *moderniser* les sites existants. ». Cet aspect souligne une nécessité de moderniser pour répondre à des enjeux de performance grandissants. Par exemple, l'extension des consignes de tri ne signifie pas que l'ensemble des centres de tri sont déjà en mesure de trier de nouveaux produits. Avant la mise en place de cette nouvelle mesure, les consignes de tri variaient localement, en tenant compte des capacités techniques des centres de tri locaux. Citéo[82] et Adelphe[83] (2024) évoquent à propos de l'élargissement des consignes de tri « une avancée qui pose toutefois un vrai défi en termes d'adaptation de l'outil industriel du tri et du recyclage en France ». Et pour cause, entre 2021 et 2022, les quantités d'emballages recyclés liés au développement de nouvelles filières de recyclage ont augmenté de 6%. Un autre exemple encadré en orange (*cf.* Tableau 3), souligne ces enjeux de performance grandissants concernant le tri des encombrants également. Parmi les opportunités on note à propos des CSR « la capacité importante de croissance sur ce sujet ». Ces exemples illustrent la « forte volonté politique de la France et de l'Union européenne en matière de valorisation des déchets ». Enfin, ces évolutions et volontés politiques conduisent à la « nécessité de nouveaux outils technologiques, d'innovation et de R&D, pour produire des MPR [Matière Première Recyclées] en quantité et qualité adaptées aux attentes du marché ».

Cependant, il est nécessaire de souligner que les avancées technologiques ont déjà permis une avancée majeure, puisque si les quantités de tri ont augmenté, les agents de tri, bien que restant un maillon essentiel de la chaîne de tri, sont beaucoup moins nombreux en proportion par rapport aux quantités triées beaucoup plus importantes. Entre 1994 et 2000, la performance en termes de tonnage par agent de tri était comprise entre 150 kg/h et 200 kg/h, en 2005 la performance avait déjà augmenté et avoisinait les 500 kg/h ou 600kg/h par agent de tri (Eco emballage, 2005). Il est plus difficile de trouver des chiffres récents sur la performance des centres en kg/h par agents de tri, cependant aujourd'hui on parle davantage en tonnes qu'en kilogramme par heure et par trieurs dans les centres de tri. Cette augmentation est rendue possible grâce aux progrès techniques rendant le tri mécanique et automatique bien plus performant que dans les années 1990.

[82] Citéo est une entreprise à but non lucratif, créée en 2017, agréée éco-organisme par l'État jusqu'au 31 décembre 2024. Sa mission vise à aider les entreprises à réduire l'impact environnemental de leurs emballages et papiers en les transformant en nouvelles ressources. (https://www.ecologie.gouv.fr/emballages-menagers-et-papiers-graphiques ; https://www.citeo.com).

[83] Adelphe est une entreprise à but non lucratif agréée par l'État, qui vise à développer la réduction, le réemploi et le recyclage des emballages des entreprises en France (https://www.adelphe.fr/mieux-nous-connaitre/notre-metier).

5.2. Les centres de tri : du hall de stockage au produit sortant

Lorsque les déchets qui arrivent sur site sont déposés dans des halls de stockage (*cf.* Partie 5.2.1.), puis déversés par des caristes[84] dans une trémie d'alimentation où ils vont ensuite passer par tout un process technique composé de machines permettant de réaliser un tri mécanisé et automatisé (*cf.* Partie 5.2.2). Les produits (i.e., les déchets) arrivent ensuite en cabine de tri où ils vont être triés par des agents de tri (*cf.* Partie 5.3.). Ces derniers permettent de contrôler la qualité du tri et de parfaire (ou finir selon la performance du process amont) la qualité de tri.

5.2.1. Le hall de stockage

Le hall de stockage (*cf.* Figure 19 ; Figure 20) des déchets est une zone soumise à des risques liés à la circulation en raison de la présence de plusieurs engins et parfois de piétons. Il est également soumis à des risques incendies en raison de la présence potentielle de déchets dangereux (qui correspondent à des erreurs de tri effectuées par les usagers), ou de manipulations des engins qui peuvent provoquer des étincelles lorsque les godets frottent le sol. Afin de limiter ces risques dans cette zone, des réglementations limitent la quantité de stockage autorisée. Après avoir été stockés, les produits sont déposés à l'aide d'une pelle ou d'un grappin dans une trémie qui va ensuite alimenter toute la chaîne de tri.



Figure 19. Exemple d'un hall de stockage de la collecte sélective (CDT B)

[84] Le cariste définit par Le Robert comme « Conducteur (trice) d'un chariot de manutention » est un technicien ou une technicienne professionnelle de la manutention chargée de manipuler, déplacer, ou des matériaux. Le terme de « cariste » et « conducteur » sont utilisés indistinctement dans les extraits de verbatim, ainsi ces deux termes seront utilisés.

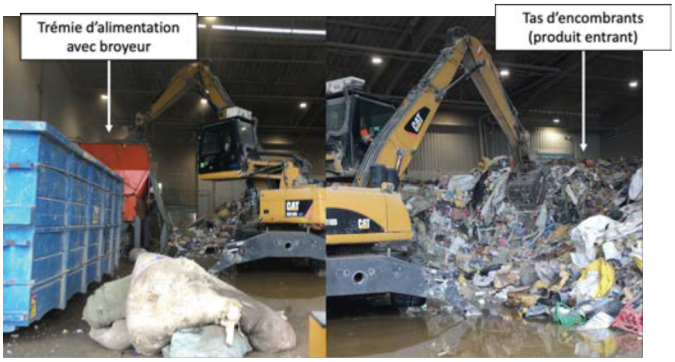


Figure 20. Exemple d'un hall de stockage encombrants (CDT C)

5.2.2. Le process technique en amont de la cabine

Le *process* renvoie au processus technique mis en place pour le tri des déchets, il fait référence à l'ensemble de la chaîne de tri. Le process peut être plus ou moins automatisé, et peut être composé d'un ensemble de machines. Sur les différents sites, on peut distinguer trois niveaux de tri :

- Le tri automatisé, réalisé par des machines qui vont permettre d'identifier et de séparer la matière (c'est le cas ici des trieurs optiques)
- Le tri mécanisé, réalisé par des machines qui vont permettre de séparer les produits selon leurs caractéristiques (taille, poids, métaux ferreux ou non ferreux etc.)
- Le tri manuel réalisé en cabine par les opératrices et opérateurs

Les machines qui constituent le process technique sont :

- La trémie d'alimentation (*cf.* Figure 21) : située dans le hall de stockage, elle est la première machine par laquelle passent les produits. Elle peut parfois être équipée de tête ouvre-sac pour les collectes sélectives. Dans les centres de tri pour encombrants la trémie est équipée d'un système de broyage. Les produits déposés dans la trémie arrivent ensuite sur un convoyeur qui va alimenter le reste de la chaîne de tri.



Figure 21. Trémie d'alimentation (CDT B). À gauche, vue du hall ; à droite, vue du process

On retrouve ensuite différentes machines selon le niveau d'automatisation du site, qui permettent d'effectuer un tri mécanisé ou automatisé, par matière ou par taille du produit. On retrouve notamment :

- Le trommel (*cf.* Figure 22) : crible rotatif de forme cylindrique qui permet de trier les déchets selon leur taille



Figure 22. Photographies de l'intérieur d'un trommel (CDT B)

- Le séparateur balistique à crible à étoile (*cf.* Figure 23) : le séparateur balistique est constitué d'un ensemble de plaques inclinées qui vibrent faisant sauter la matière et permettant ainsi de la séparer en trois fractions différentes. Les corps plats (légers) comme les papiers, cartonnettes se retrouvent dans la partie supérieure du séparateur. Les corps creux ou les produits plus lourds roulent et se dirigent dans la partie inférieure de la machine. Le crible étoilé permet également la séparation des poussières et des fines (plus petits déchets), criblées par les grilles du séparateur

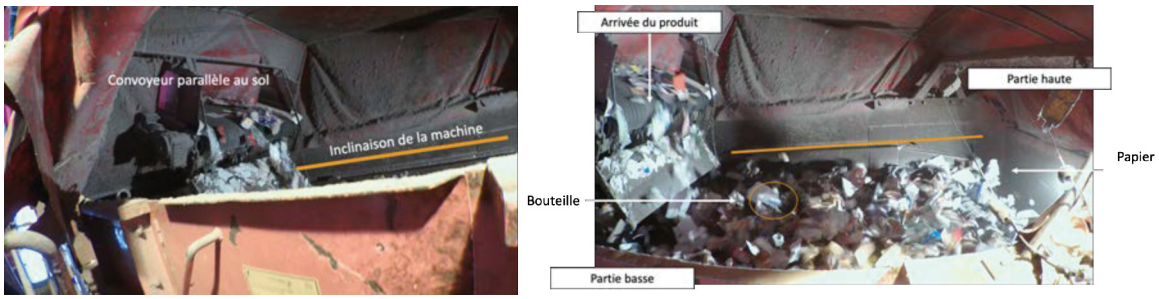


Figure 23. Photographies de l'intérieur d'un crible étoilé (CDT B)

- Over band (*cf.* Figure 24) : système d'aimant rotatif permettant de séparer les métaux ferreux comme l'acier du reste de la matière



Figure 24. Exemple d'un overband (CDT A)

- Machine à courant de Foucault : pour séparer les métaux non ferreux comme l'aluminium, d'autres déchets

- Trieurs optiques (*cf.* Figure 25) : ils détectent et séparent la matière grâce à des capteurs infrarouges qui permettent d'identifier certaines caractéristiques des produits telles que la couleur ou le type de plastique. Il est possible de régler ces paramètres selon les besoins du site. Les déchets sont ensuite propulsés ou non, vers un convoyeur ou un autre, grâce à des projections d'air comprimé :

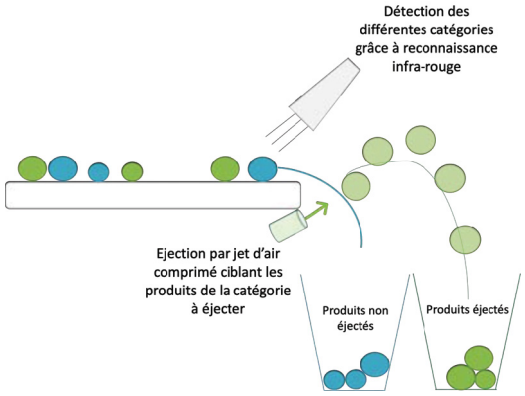


Figure 25. Schéma simplifié du fonctionnement d'un trieur optique

Les produits triés sont ensuite acheminés en cabine de tri où ils vont être triés par type de produit.

5.2.3.1. *Les produits triés issus de la collecte sélective*

La première distinction à faire est celle entre les corps plats constitués des journaux, magazines, papiers, cartons et les corps creux constitués de contenants composés de diverses matières telles que les plastiques (PET, PEHD), acier, aluminium. Les différents produits sont ensuite compactés par balles (*cf.* Figure 26), les plastiques peuvent être valorisés par matière en séparant les différents plastiques, ou en mix plastique. Les papiers et petits cartons peuvent être mélangés en « Gros de Magasin » (GM) où le tri des papiers peut être affiné en une qualité supérieure appelée « Journaux Revues Magazines » ; les cartons eux sont compactés ensemble.



Figure 26. Photographie de produits triés mis en balles

5.2.3.2. *Les produits triés issus des encombrants*

Les produits arrivant dans les centres de tri des encombrants proviennent de déchetteries et sont composés de matelas, de meubles, etc., qui vont être broyés puis triés par matière et par taille. Le bois va pouvoir être réutilisé et les autres produits vont être transformés en différentes qualité de CSR (*cf.* Figure 27) présentant différents niveaux de pouvoir calorifique, et qui vont servir à alimenter des usines.



Figure 27. Combustible solide de récupération (CSR)

5.3. La cabine de tri et le travail en cabine

Pour atteindre la cabine, il est nécessaire de traverser une partie du process technique (*cf.* Figure 28). On circule sur des passerelles surplombant des convoyeurs qui transportent différents flux de matières. Dans ces zones le port du casque est obligatoire, ce qui n'est pas le cas en cabine de tri.



Figure 28. Traversée du process technique pour arriver en cabine de tri (CDT C)

La cabine de tri (*cf.* Figure 29) est le lieu où est réalisé le tri manuel, c'est une sorte d'atelier vitré situé au milieu du process technique du centre de tri dans laquelle l'activité de tri est réalisée par les agents de tri.

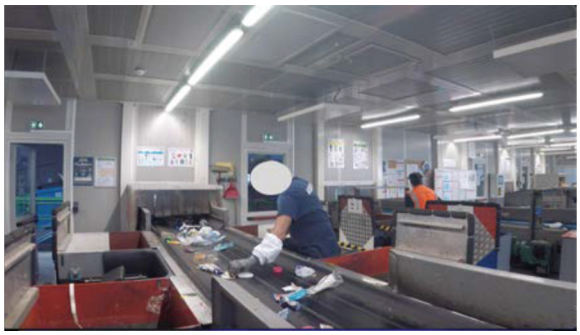


Figure 29. Exemple de cabine de tri (CDT C)

Le travail des agents de tri consiste à trier manuellement les matières issues de la collecte sélective (plastiques, cartons, papiers) ou d'autres types de collecte, pouvant être réutilisées et/ou recyclées. Les opératrices et opérateurs sont positionnés à un poste, situé face à un convoyeur qui défile latéralement, de façon constante lors du fonctionnement normal (i.e., non perturbé par des événements indésirables tels que des bourrages en amont sur le process). Ces convoyeurs qui défilent en cabine sont nommées tables de tri ou tapis de tri. Chaque ligne de tri peut être composée d'un ou plusieurs postes selon l'ancienneté du site et les choix de conceptions qui ont été faits. Les agents de tri saisissent puis déposent, de façon continue, des produits dans des exutoires fixes (parfois appelés goulottes) ou des bacs mobiles (de type caisse ou containers) en les regroupant selon leur nature (plastique, carton, etc.). Le tri peut être réalisé

en tri positif ou en tri négatif. Le tri positif consiste à extraire les matériaux que l'on souhaite récupérer dans un flux de produit. Le tri négatif à l'inverse consiste à éliminer les éléments indésirables du flux de produits, en ne laissant dans le flux que le produit souhaité. Les agents de tri, qui sont confrontés à des produits parfois dangereux pour leur santé, à des cadences élevées, les conduisant à réaliser de nombreux gestes répétitifs, sont soumis à un certain nombre de risques professionnels, qui ont également conduit à l'élaboration de normes de conception afin de limiter les contraintes pesant sur ces travailleuses et travailleurs (*cf*. Partie 5.3.2).

5.3.1. Les risques pour la santé des agents de tri

Le secteur des déchets (élargi à la collecte, à la valorisation et au traitement) est le secteur le plus sinistré en termes d'accidents du travail au niveau national, avec 59 cas pour 1000 salariés contre 33,8 pour tous les autres secteurs (ANSES, 2019). Les agents de tri présents en cabine – et plus largement l'ensemble des personnes travaillant dans les centres de tri – sont eux aussi exposés à de nombreux risques professionnels.

Les travailleurs et travailleuses situés en cabine de tri sont confrontés à de multiples facteurs de risques : physiques (liés aux cadences, à des gestes répétitifs, etc.), psychiques (pression liée à la cadence, aux horaires atypiques, incertitude de l'emploi, etc.) et expositions à des agents physiques à risque (i.e., poussière, bruit, résidus biologiques, etc.) (ANSES, 2019). Les agents de tri sont une population particulièrement exposée au risque de développement de TMS, en raison de fortes contraintes biomécaniques liées à la répétitivité des gestes, des postures debout prolongées, à de la manutention manuelle d'objets parfois lourds et/ou volumineux. À ces facteurs de risques physiques s'ajoutent également une charge mentale importante avec de multiples paramètres à identifier pour reconnaître l'ensemble des produits et identifier les fractions à retirer dans un flux continu plus ou moins dense. L'organisation du travail (rotation sur les postes, management, rythme et horaires de travail) et la conception des postes sont également des facteurs pouvant impacter le risque de survenue de TMS (Coutarel et al., 2003; Marsot & Atain-Kouadio, 2017; Stock et al., 2013). Cela a conduit l'élaboration d'un ensemble de norme visant à encadrer leur environnement de travail, notamment une norme portant sur la conception des postes de tri : NF X 35_702 (2015). Cette norme vise à préserver les aspects relatifs à la santé et à la sécurité des agents de tris concernant les ambiances physiques, les vibrations, les risques biologiques, chimiques, biomécaniques, la charge mentale, les troubles musculosquelettiques (TMS), l'organisation du travail et son environnement.

5.3.2. Les recommandations de la norme NF X 35-702 pour la conception des postes de tri

La norme NF X35-702[85] est une norme de conception qui fournit des recommandations en termes d'aménagement et d'équipement des postes de tri afin de limiter les facteurs de risques de TMS. Elle s'appuie sur une analyse du travail réel qui a permis d'identifier des *actions techniques* réalisées par les agents de tri tel que *saisir*, *secouer*, *déplacer,* etc. et qui correspondent aux manipulations des produits opérées par les agents de tri. À partir de ces analyses, la norme propose un calcul théorique du nombre de ces actions techniques en tenant compte d'un ensemble de paramètres tels que la nature des produits à trier, le type de poste (orienté à 45° ou 90°), la largeur des tapis, etc. Ce calcul théorique effectué leur permet de proposer une estimation des actions techniques qui vont être réalisées en fonction de poids, de la taille des produits entrant sur les différentes lignes. L'objectif visé étant de réaliser des préconisations en termes de conception des postes en s'appuyant sur le seuil maximal acceptable de 40 actions techniques par minute et par membre supérieur (NF EN 1005-5)[86].

Par ailleurs, au-delà du caractère répétitif, un risque lié aux amplitudes articulaires est également souligné dans cette norme (*cf.* Figure 30).

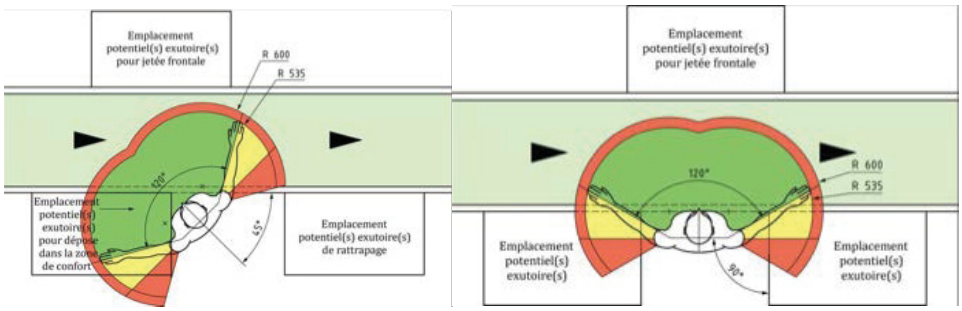


Figure 30. Zone d'évolution des membres supérieurs pour un agent de tri : (à droite) positionné à 45° (à gauche) positionné à 90 % (D'après l'INRS, 2015).

Ainsi, la norme définit également des zones d'évolution des membres supérieurs : une zone verte dans laquelle le risque est limité. Cette zone correspond à la zone devant le trieur qui lui permet de saisir un produit dans la limite de la longueur de ses bras, en deçà d'une angulation à 120°. Au-delà, on passe en zone jaune dans laquelle le risque de blessure est accru, et enfin une zone rouge, critique voire délétère au-delà de cette zone. Ces zones varient selon une

[85] La norme NF X35-702 « Principes ergonomiques pour la conception des cabines de tri manuel des déchets recyclables secs ménagers et assimilés issus des collectes sélectives. »

[86] La norme NF EN 1005-5 « Sécurité des machines - Performance physique humaine - Partie 5 : appréciation du risque relatif à la manutention répétitive à fréquence élevée » est citée dans la norme NF X35-702, mais nous n'avons pas pu y avoir directement accès.

conception de poste à 45° ou à 90°. La norme préconise également un ensemble de critères à respecter en termes d'éclairage, de réhausse, etc. Elle recommande également une position de travail assis/debout, par le biais de siège rétractable, afin de permettre aux agents de tri de changer régulièrement de position et éviter une posture statique debout prolongée, source de fatigue et de TMS.

Les centres de tri s'inscrivent dans un système complexe présenté ci-dessus, entre entreprises privées et territoires, en collaboration avec d'autres corps de métiers (ripeurs, transporteurs, etc.). Cette complexité est à considérer en lien avec les évolutions rapides du secteur du tri en France et en Europe, marquée par une dynamique d'innovation constante. En seulement deux décennies, les centres de tri sont passés de majoritairement manuels, à des centres de tri largement mécanisés, puis automatisés, pouvant traiter un nombre de produits accru. Le contexte actuel, marqué par une pression croissante en faveur de l'innovation et du développement technologique, constitue un levier mais aussi un défi pour la conception et l'optimisation des centres de tri.

Chapitre 6 : Démarche de recherche, présentation des quatre terrains d'étude et méthodologie

Dans cette recherche, nous proposons d'explorer les apports et les limites d'une approche prospective en ergonomie, basée sur l'analyse du travail et de l'activité. Pour ce faire, nous avons mis en perspective chacun des piliers de *l'attitude prospective – penser à l'homme, analyser en profondeur, voir large, voir loin* et *prendre des risques* – proposés par Berger, en les adaptant à une approche centrée sur l'activité. Ainsi, nous avons adopté une *attitude prospective* en nous appuyant sur ces piliers comme une grille de lecture apportant un cadre structurant de réflexion prospective. Cette recherche s'inscrit également dans la continuité du cadre initial présenté en introduction (*cf.* Figure 1, Introduction générale). Ainsi, nous nous intéressons aux questions de santé au travail associées au développement technologique qui interrogeaient les acteurs de notre terrain de référence (CDT A) et qui sont partagées plus globalement concernant les potentiels impacts des SIA sur le travail (*cf.* Chapitre 1). Afin d'apporter des éléments de réponse à notre problématique, nous proposerons une analyse articulée autour des différents piliers, réalisée à partir des données recueillies sur quatre centres de tri. Ce travail d'analyse des situations de travail et de l'activité, repose sur des situations variées, plus ou moins engagées – ou non – dans le processus d'évolution industrielle considéré.

6.1. Du projet initial à une approche prospective : contexte de la recherche et choix des terrains

Notre démarche méthodologique s'appuie sur un recueil de données réalisé sur quatre CDT, inscrits dans deux dynamiques d'introduction de nouvelles technologies différentes :

(i) Le CDT A s'inscrit dans une dynamique de modernisation et d'innovation. Il fait l'objet de la construction d'un nouveau site intégrant une cabine connectée développée par un équipementier. Ce **terrain est un site d'implantation du projet CAPTUR** et sera considéré comme un « projet de référence » qui nous servira à faire des rapprochements avec les trois autres CDT.

(ii) Les CDT B, C, et D relèvent de **terrains présentant des enjeux prospectifs.** Ils s'inscrivent en amont de tout projet d'innovation, tout en étant concernés par les enjeux de transformations technologiques à venir, propres au secteur du tri (*cf.* Partie 5.1.2. ; Partie 5.1.4). De ce fait, ces terrains nous ont été ouverts du fait de leur intérêt pour les résultats concernant leur situation actuelle d'exploitation plus qu'ils

ne s'inscrivaient dans une recherche-action ou une recherche-intervention à visée prospective (*cf.* Partie 4.2.).

Le projet de développement technologique du terrain **CAPTUR (**CDT A**)** a été motivé par des questions de santé au travail, mais il a aussi été poussé par le développement technologique (techno-push). En effet, les finalités et les usages étaient en partie prédéfinis par l'industriel équipementier au moment de l'introduction d'un volet ergonomie (Dutrieux et al., 2018; Gaillard et al., 2019b). Ce terrain initial[87] nous a permis de réaliser un premier recueil exploratoire qui nous a apporté une meilleure compréhension de l'organisation du travail en cabine de tri et de l'activité des agents de tri. Il nous a notamment permis d'identifier : (1) les variabilités dans les façons de trier ; (2) les effets des variations de la production sur l'activité des trieuses et des trieurs ; (3) les régulations mises en place par ces derniers pour faire face aux différentes contraintes. Cette première étude a également révélé la complexité du système et la nécessité de comprendre les interconnexions entre les différents acteurs, tant les agents de tri que les managers, afin de saisir les possibilités de régulation dans les cabines de tri.

Suite à ce premier recueil de données exploratoires, et à partir des questionnements soulevés par le projet CAPTUR – concernant les usages de l'outil et les implications de l'utilisation des données générées par l'outil sur l'activité des agents de tri – nous avons mis en place **une approche exploratoire d'une démarche *prospective ancrée à l'activité***, à partir d'un recueil de données réalisé dans les centres de tri B, C, et D. Elle visait à mieux comprendre l'activité de tri et le rôle des encadrants, tout en ouvrant la réflexion aux possibles développements technologiques au-delà du projet CAPTUR. Cependant, bien que nous distinguions les deux dynamiques temporelles dans lesquelles sont engagées nos terrains, le projet CAPTUR reste étroitement lié et intégré à cette démarche de recherche prospective puisqu'il y est intégré comme support de réflexion prospective (*cf.* Figure 15, chapitre 4). Cela se traduit par une approche guidée par un ensemble d'orientations sous-jacentes explicites autour de la question des technologies et des TMS – questionnements nés dans le cadre du projet A[88] (*cf.*

[87] Pour rappel, le projet de recherche s'inscrivait initialement dans la continuité de la recherche-action engagée sur le terrain CAPTUR. Cependant, il a été réorienté vers une approche prospective en raison du report de la construction du centre de tri et des nouveaux questionnements qui ont émergé à la suite des premiers éléments du projet.

[88] Quels usages feront les encadrants des données chiffrées sur l'activité physique des trieurs ? Ces données seront-elles utilisées uniquement pour la prévention des TMS, ou également pour optimiser la production, au risque d'augmenter les cadences ? Comment les encadrants se saisiront-ils de ces nouvelles données ? Quelle place sera donnée aux autres dimensions de l'activité, comme le collectif ou l'organisation du travail, dans l'amélioration des conditions de travail et la prévention des TMS ?

Introduction). À ces questionnements s'ajoute également la question qui a guidé la réorientation prospective de ce projet initial : serait-il préférable de mobiliser d'autres possibilités techniques rendues possibles par l'IA pour répondre aux problématiques des TMS dans le contexte du tri des déchets ?

Cette question nous a permis d'ouvrir une réflexion prospective, dans laquelle nous nous situons en dehors d'un projet de conception, dont le cadre et l'horizon temporel n'est pas défini. Ce qui est à la fois une opportunité pour identifier des possibilités technologiques à partir de connaissances du travail réel ; et à la fois une contrainte supplémentaire puisque la situation existante de départ est encore plus éloignée d'une éventuelle situation de travail future. De plus, en opérant cette « réorientation » nous ne partons plus d'une demande formulée par une entreprise ou par un acteur institutionnel. Il s'agit de partir du présent pour penser, imaginer d'autres possibles et futurs souhaitables, afin de proposer des orientations de développement ancrées à l'activité. Cela nous conduit à la démarche de recherche que nous proposerons dans la suite de ce travail.

6.2. Démarche de recherche à partir des « *piliers* » de *l'attitude prospective*

Au regard des éléments présentés, voici la démarche que nous proposons de mettre en œuvre :

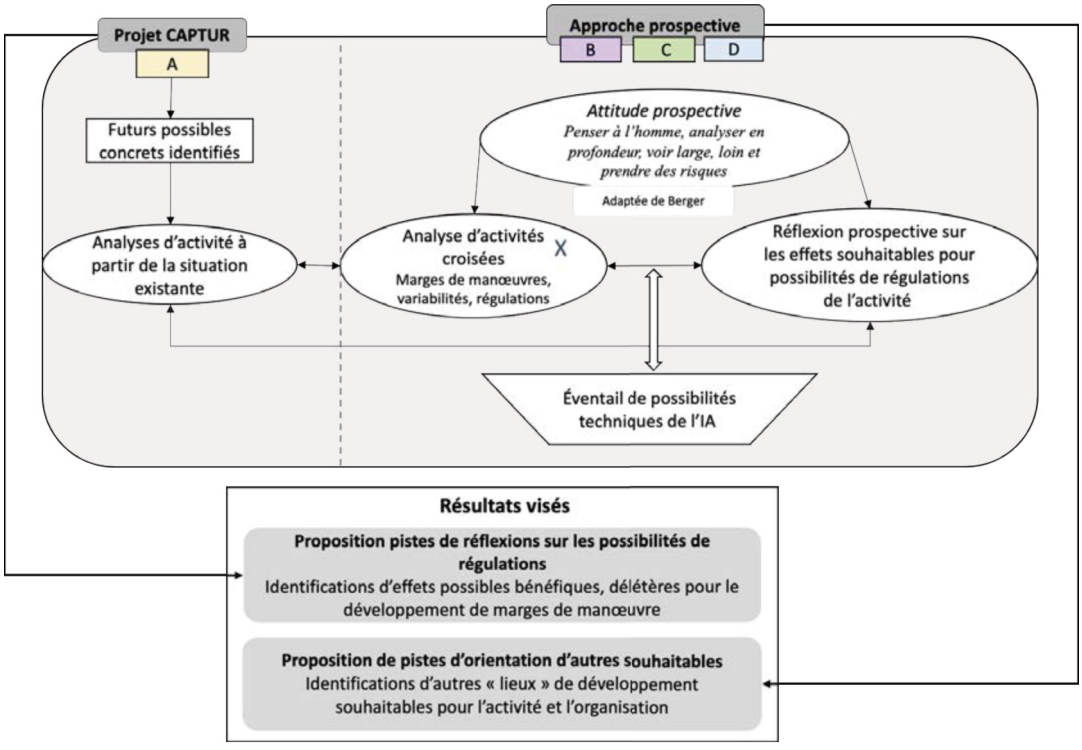


Figure 31. Démarche méthodologique à partir d'une lecture des piliers de Berger

Notre démarche méthodologique s'appuie sur une articulation entre l'analyse de l'activité existante et une réflexion prospective sur les évolutions possibles du travail de tri (*cf.* Figure 31). Elle s'inscrit dans une logique d'analyses « croisées », consistant à nous intéresser à l'activité d'acteurs dans différents centres de tri dans une optique de comparaison-différenciation. Comme nous venons de le voir, nos analyses impliquent à la fois le terrain CAPTUR engagé dans un projet de conception, et des terrains à enjeux prospectifs situés en dehors de tour projet de conception (CDT B, C, D).

L'approche prospective s'est mise en œuvre à travers l'*attitude prospective* inspirée de Berger, consistant à *penser à l'homme, analyser en profondeur, voir large, loin* et *prendre des risques*. Ainsi, elle nous a permis d'orienter et de structurer une réflexion sur les effets souhaitables pour les possibilités de régulation de l'activité, en mobilisant un éventail de possibilités techniques offertes par l'intelligence artificielle, tout en tenant compte des dynamiques d'évolutions du secteur du tri. Deux types de résultats étaient visés par cette démarche : proposer des pistes de réflexion sur les possibilités de régulations en identifiant les effets potentiels, bénéfiques ou délétères, sur les marges de manœuvre ; et proposer des orientations vers d'autres évolutions souhaitables, en repérant de nouveaux espaces de développement pour l'activité et l'organisation. Ainsi, cette démarche a pour objectif d'éclairer les choix de développement technologiques futurs en tenant compte à la fois des contraintes existantes et des aspirations futures pour la préservation des marges de manœuvre et régulations de l'activité des personnes.

Nous structurons alors notre démarche en trois niveaux d'analyse, en exploitant chacun des piliers prospectifs :

- Premièrement, **il s'agit d'analyser l'activité des opératrices et opérateurs** concernés par un projet de développement technologique (*penser à l'homme* et *analyser en profondeur*)
- Dans un second temps, **il s'agit d'élargir la vision de la situation de tri** (*voir large*) en analysant l'activité d'agents de tri sur d'autres sites afin de pouvoir identifier plus largement les marges de manœuvres dont disposent les différents acteurs et les situations qui permettent ou limitent les possibilités régulations de l'activité. Nous proposerons également d'**élargir nos analyses à l'analyse de l'activité des cheffes de cabine et chefs d'équipe** afin d'avoir une vue plus globale de la situation.
- Enfin, **le troisième niveau d'analyse (*voir loin* et *prendre des risques*) vise à donner toute l'épaisseur de la dimension prospective à notre recherche**. Pour cela nous

proposerons des pistes d'orientations prospectives à partir des connaissances acquises sur l'activité des différents travailleuses et travailleurs sur les centres de tri.

Ce dernier point nécessite d'être précisé afin de permettre au lecteur de disposer de l'ensemble des éléments de la démarche de recherche. En effet, les chapitres 7 et 8 relèvent de résultats issus d'analyses d'activité et fondent le socle de notre approche prospective ancrée à l'activité. En revanche, le chapitre 9 occupe un statut particulier : entre résultats et discussions, il nous permettra d'apporter une dimension prospective aux analyses que nous aurons présentées. Pour cela, nous proposerons d'identifier des « situations de travail à enjeux prospectif (STEP) » c'est-à-dire des situations transversales aux différents sites et qui contiennent des possibilités de développement technologique. Nous proposerons de discuter de ces STEP et d'en proposer des pistes plus concrètes à travers l'élaboration d'« esquisses de concept ». Ces esquisses de concept sont des propositions exploratoires qui visent à identifier des pistes de développement technologique, tout en interrogeant leurs apports et limites au regard de l'activité des opérateurs et de leurs encadrants (*cf.* Figure 32).

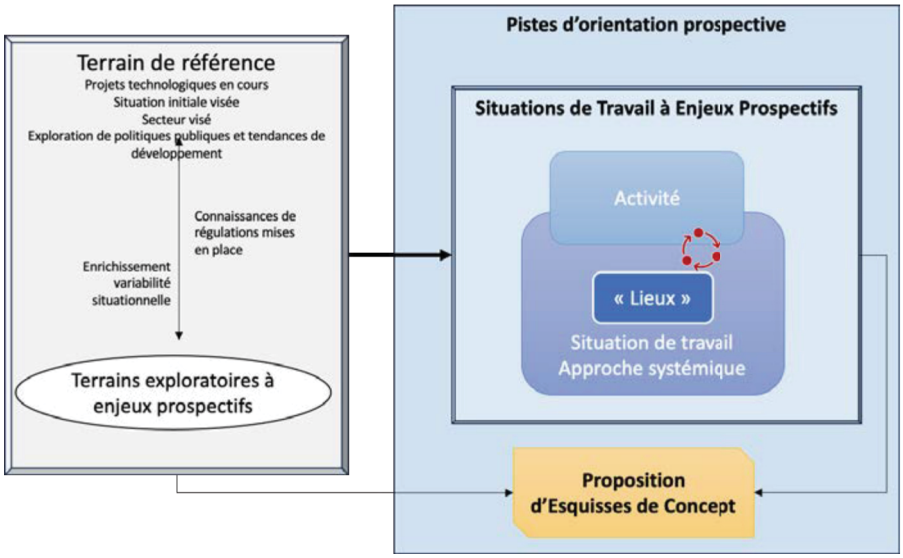


Figure 32. Schéma représentant les apports des terrains dans l'identification de Situations de Travail à Enjeux Prospectifs pour la proposition d'Esquisses de concept et de pistes d'orientation prospectives

6.3. Présentation générale des quatre centres de tri de la recherche

Notre étude a porté sur quatre centres de tri que nous présentons (*cf.* Tableau 4.) selon trois caractéristiques principales : la date de mise en service du site, le niveau d'automatisation et le type de déchets triés.

Tableau 4. Présentation des principales caractéristiques des quatre centres de tri de cette recherche

Centre de tri A → **Centre de tri A'** Région Nouvelle-Aquitaine Collecte sélective Peu automatisé Cabines de tri séparées Depuis 2001 **(CDT A après travaux)** Région Nouvelle-Aquitaine Collecte sélective Automatisé Cabine de tri unique Depuis 2023		**Centre de tri B** Région Occitanie Collecte sélective Non automatisé Cabine de tri séparées Depuis 2002
Centre de tri C Région Occitanie Collecte sélective Automatisé Cabine de tri unique Depuis 2018 + travaux en cabine 2022		**Centre de tri D** Région Occitanie Encombrants (issus de déchetteries) Cabine de tri unique Depuis 2018

Centre de tri A

Le CDT A a été mis en service en 2001, puis repris par un nouvel exploitant moins de 6 mois avant notre venue sur site. Le tri mécanique et automatisé[89] réalisé est de l'ordre de 80% de déchets triés, le reste étant trié manuellement. La chaîne de tri est à l'arrêt en moyenne 1h30 par jour en raison d'incidents. Ce centre de tri dispose de deux cabines de tri séparées : la cabine des corps creux, et la cabine des corps plats (*cf.* Annexe 1). La cabine de supervision des cheffes de cabine se situe entre les deux cabines, avec un accès direct sur la cabine des corps plats. Le bureau des chefs d'équipe est situé en dehors du process. Ces cabines étant situées au milieu du process, elles ne disposent pas d'éclairage naturel. Trois équipes composées de 14 personnes en cabine se succèdent : l'équipe du matin, de l'après-midi et l'équipe de nuit. Les deux équipes de jour alternent chaque jeudi entre le matin et l'après-midi. Des rotations sont effectuées toutes les deux heures au moment des deux pauses de 15 minutes.

[89] Des trieurs optiques ont été ajoutés sur le process depuis sa mise en service.

Centre de tri B

Le CDT B a été mis en service en 2002. Il n'est pas automatisé, seulement mécanisé : composé d'un trommel, d'un over-band, d'un tapis vibrant, d'un crible étoilé, il dispose également d'une cabine de pré-tri[90] (située directement après la trémie d'alimentation de la chaîne de tri) et de deux cabines séparées pour les corps plats et les corps creux (*cf.* Annexe 2). D'après le directeur du site cette non-automatisation du site viendrait d'une volonté de créer des emplois. En cabine des corps plats et en cabine des corps creux, on trouve un tapis « de secours » pour prendre le relai en cas de problème technique. Si un convoyeur est défaillant, alors ils passent sur l'autre, ce qui leur permet d'avoir un taux d'utilisation de 98 %. La cabine des cheffes de cabine se situe entre la cabine des corps plats et des corps creux, et les chefs d'équipe se situent en dehors du process technique. Deux équipes composées de 15 personnes se succèdent le matin et l'après-midi en cabine de tri.

Centre de tri C

Le CDT C est un site plus récent automatisé de la collecte sélective, il a été ouvert en 2018. Le centre de tri est composé d'une cabine de tri unique (*cf.* Annexe 3). Sur ce site, la cheffe de cabine dispose d'une interface directement en cabine de tri, et le bureau des chefs d'équipes, entièrement vitré se situe dans la cabine de tri. La cabine dispose d'un éclairage artificiel, mais contrairement aux deux sites plus anciens, elle est équipée de fenêtre donnant à voir sur l'extérieur. Le centre de tri dispose de trieurs optiques suffisamment performant pour parvenir à trier le flux des films plastiques, ce qui permet d'avoir un tapis en cabine ne nécessitant pas la présence permanente d'un agent de tri sur une des lignes. La présence d'agents de tri reste tout de même nécessaire sur les 5 autres lignes qui arrivent en cabine. Deux équipes composées de 8 personnes se succèdent le matin et l'après-midi en cabine de tri.

Centre de tri D

Le CDT D est un site récent construit en 2018. Il s'agit d'un centre de tri des encombrants et de l'éco-mobilier. Les déchets qui y arrivent proviennent des déchetteries et sont de nature différente par rapport aux trois autres sites. Dans la trémie, les produits sont broyés, puis la matière est triée par taille à l'aide de machines. Les produits broyés servent ensuite à la

[90] La cabine de pré-tri constitue la première étape du processus de tri, permettant d'éliminer les produits indésirables ou encombrants avant qu'ils déchets n'entrent dans les phases de tri mécanisé, afin d'éviter qu'ils ne créent des bourrages. Ce tri est effectué par des agents de tri.

production d'un CSR[91], utilisé pour alimenter des usines en énergie. D'autres matériaux, comme le bois ou le fer, sont triés séparément et revendus pour être transformés en matières premières recyclées. Le tri en cabine est organisé de la même façon (un tapis qui circule, avec des exutoires de part et d'autre) mais les produits à trier sont différents. Les produits sur les tapis sont des matériaux bruts tels que des mousses, du bois, etc. La cheffe de cabine dispose d'un outil de supervision directement en cabine de tri, et le chef d'équipe dispose d'un bureau situé face au hall de stockage. Deux équipes composées de 5 personnes en cabine de tri se succèdent le matin et l'après-midi.

6.4. Méthodes de recueil et de traitement de données mobilisées

Notre démarche de recherche s'appuie sur plusieurs méthodes de recueil de données : des entretiens exploratoires ; des observations de l'activité de trieuses et trieurs ainsi que d'encadrants de deux niveaux (cheffes de cabine et chefs d'équipe) ; des autoconfrontations avec des agents de tri à partir de traces filmées de leur activité. La variabilité des contextes sur ces différents sites (absentéisme, possibilité de remplacer un trieur sur un poste – ou non – pour la réalisation d'entretiens, positionnement spatial du poste de supervision des cheffes de cabine, etc.) nous a conduit à adopter des méthodologies variées et non homogènes sur les différents sites. Par ailleurs, les évolutions du projet, ainsi que la meilleure connaissance des terrains, rendue possible par une immersion de plusieurs jours sur chaque site, ont également progressivement permis de préciser et de cibler les éléments d'analyse que nous avons retenus.

6.4.1. Observations ouvertes en cabine : entre agents de tri et encadrants de proximité

Centre de tri A, B, C, D

L'analyse de l'activité (*cf.* chapitre 2) repose en grande partie sur des données qualitatives, recueillies en situation de travail. Mobilisée dans de nombreuses disciplines en Sciences Humaines et Sociales, l'observation est un des socles de l'analyse de l'activité. Elle permet de décrire des situations de travail et des activités inscrites dans un système. L'observation est une méthode qui, combinée à d'autres types de recueils de données, permet d'apporter un éclairage sur une situation. L'observation existe sous différentes formes, et il convient de la choisir selon les objectifs visés (Barthe et al., 2017). On peut classer les observations selon deux approches : les observations ouvertes qui visent à comprendre une situation de travail dans sa globalité, sans avoir de grille d'observation précise définie en amont. Elle permet, dans le cadre d'une

[91] Combustible solide de récupération utilisé dans des cimenteries ou chaufferies industrielle (*cf.* Figure 17, chapitre 5).

approche exploratoire, de garder une vision globale de la situation observée. Les observations systématiques quant à elles visent à identifier des éléments précis d'une situation, en fonction de questionnements ou d'hypothèses. Dans le cadre de cette recherche, plusieurs types d'observations ont été réalisées selon différents objectifs visés au cours du projet.

Des **observations ouvertes en papier-crayon** ont été réalisées **en cabine de tri** et portaient sur l'ensemble des travailleurs présents (CDT **A, B, C, D**), l'objectif visé était double. Du point de vue de la recherche il s'agissait ici de : (1) **comprendre l'organisation en cabine de tri**, incluant la cheffe de cabine – et le chef d'équipe lorsqu'il était situé majoritairement en cabine de tri (CDT **C**) ou qu'il s'y rendait ponctuellement (CDT **A, B, D**) – ; (2) **identifier la place et le rôle du collectif** sur les tapis lors d'un tri réalisé à la chaîne et plus largement entre les trieurs à l'échelle de la cabine de tri. Ces observations avaient également pour but de (3) **permettre aux travailleuses et travailleurs de nous identifier** et correspondait à une première phase d'immersion. Ils étaient invités à nous solliciter dans un cadre plus informel que lors de la présentation par leurs supérieurs hiérarchiques de notre venue sur site, afin de nous poser d'éventuelles questions, permettant ainsi d'établir un lien de confiance.

6.4.2. Observations du cours de l'activité des agents de tri

Des **observations du cours de l'activité ciblées sur les postes de tri** ont été réalisées (site **A, B, C, D**) auprès d'agents de tri et de cheffes de cabine lors de l'activité de tri. Les spécificités du tri (rapidité, cadence, complexité des éléments à trier) nécessitaient que des films soient réalisés afin de pouvoir être visionnés en passant certaines séquences au ralenti pour mieux comprendre la complexité des actions techniques[92] réalisées. Les objectifs visés ici étaient de (1) **comprendre les spécificités** de chaque poste (2) **d'identifier les stratégies de tri** mises en place selon les trieurs et les postes (3) **d'identifier les postes plus sollicitant** d'un point de vue biomécanique et cognitif (4) **identifier les déterminants et variabilités** de l'activité de tri. Il s'agissait d'identifier les facteurs de TMS durant l'activité et d'identifier quelles étaient les dimensions de l'activité les plus à risque. Les observations réalisées sur les postes étaient filmées avec l'accord écrit et oral préalable des personnes. Les films étaient réalisés à partir d'une GoPro posée sur un trépied, couplée à une prise de note. Ils durent environ une dizaine de minutes. L'activité de tri étant rapide et répétitive, nous avons privilégié des films afin de

[92] Nous reprenons ici le terme « d'action technique » issue de la norme NF X 35-702. Toutefois, la norme ne spécifiant pas à quoi correspondent précisément les différentes actions techniques, nous proposons une liste d'actions techniques observées et décrites dans le tableau 8, chapitre 7.

pouvoir en réaliser sur différents postes, auprès de différents trieurs, et à différents moments de la journée (moment calme avec peu de produit, flux intense par vague, différents postes de tri occupés par différents agents de tri).

6.4.3. Réalisation d'entretiens semi-directifs

L'entretien semi-directif est complémentaire à l'observation. Il permet de soulever certains points et de comprendre le vécu et la part non observable de l'activité propre à l'anticipation, la prise en compte d'informations et du collectif dans ses décisions. Ainsi nous avons réalisé des entretiens semi-directifs auprès de trieurs et de cheffes de cabine sur deux sites (CDT A et C). Nous n'en avons pas réalisé sur les centres B et D puisque lors de nos jours de présence il n'était pas possible de mobiliser un trieur de la cabine sans impacter l'activité des autres trieurs et/ou la production en raison d'un nombre restreint de trieurs.

- CDT A (projet CAPTUR)

Le contexte de ces entretiens relève du projet CAPTUR. Ils ont été réalisés en novembre 2020, lors de 3 jours de venue sur le site. Les deux premiers jours étaient entièrement consacrés au travail de recherche, la troisième journée était pour la réalisation de l'évaluation technique de l'outil CAPTUR avec le chercheur en informatique et un représentant de l'industriel équipementier. Lors de cette première phase de recueil de données, nous ne savions pas encore que le projet CAPTUR serait ensuite mis entre parenthèses. Les objectifs étaient de (1) **comprendre le fonctionnement d'un centre de tri** – il s'agissait du premier recueil de données de cette recherche, (2) **prendre connaissance de l'état d'avancement du projet CAPTUR** du point de vue des trieurs, (3) **identifier quelles étaient leurs représentations, craintes et attentes par rapport à l'outil CAPTUR**.

Nous avons réalisé des entretiens semi-directifs auprès de 4 agents de tri et 2 cheffes de cabine. Ils se sont déroulés dans le bureau du directeur du site qui a été mis à notre disposition. Tous les entretiens ont été enregistrés et retranscrits, avec l'accord écrit des personnes interrogées.

La grille d'entretien lors de la réalisation des 6 entretiens exploratoires portait sur les thèmes et sous-thèmes suivants :

- Profil de la personne interrogée (formation, expérience etc.)
- Organisation du travail en cabine de tri (rotation sur les postes, tri individuel vs. Collectif etc.)
- Prise en compte de leur santé au travail (stratégies individuelles et collectives)

- Cabine connectée (Compréhension et ressentis sur la future cabine connectée)

- CDT C

Nous avons réalisé 15 entretiens dont la durée était variable en raison de contraintes de production[93]. Ils ont duré entre 25 minutes et 1h30, avec un temps moyen de 46 minutes. Ces entretiens ont été réalisés auprès de 13 trieurs et 2 cheffes de cabine. Ils se sont déroulés pour 10 d'entre eux dans le bureau des chefs d'équipes, situé en cabine dans un bureau fermé par des vitres donnant sur la cabine de tri, et les 5 autres entretiens ont été réalisés dans un bureau fermé hors cabine. Sur les deux sites (A et C), il est arrivé occasionnellement que des personnes entrent dans le bureau pour récupérer du matériel (i.e., équipement de protection individuelle [EPI] ou Talkie-walkie) durant l'entretien. Dans ces cas, l'entretien était interrompu quelques minutes le temps que les personnes quittent le bureau dans lequel se déroulait l'entretien. Les entretiens ont tous été enregistrés, avec l'accord oral et écrit des personnes interrogées, puis retranscrit manuellement à l'aide d'un logiciel de traitement de texte. La première phase de recueil de données (CDT A) a permis une meilleure compréhension du secteur, ce qui nous a conduit à apporter quelques ajustements sur la grille d'entretien initiale afin de la préciser davantage. Après une première analyse, la grille d'entretien a été réadaptée pour aborder les thèmes suivants :

- Profil de la personne interrogée (formation, expérience, problèmes de santé liés au travail)
- Tâches et organisation du travail (représentation du métier de trieur, organisation du travail en cabine)
- Éléments sur l'activité de tri (place du collectif et formation par les pairs, marges de manœuvres et stratégies de régulation, prise en compte de sa propre santé, vécu personnel sur les différents postes, description d'une bonne journée de travail).
- Management (perceptions individuelles des strates hiérarchiques et management en place ; circulation de l'information, prise en compte de la santé par les encadrants, gestion des problèmes techniques)
- Industrie du futur (évolutions/modifications, technologies de tri, utilisation des données sur la production et la santé)

[93] Certains entretiens réalisés lors de périodes d'arrêts prolongés du process en raison de bourrages ou de problèmes techniques ont pu durer plus longtemps que ceux réalisés dans des périodes où la production en cours ne permettait pas aux agents de tri de s'absenter longtemps sans impacter le collectif.

6.4.4. Réalisation d'autoconfrontations

Une courte autoconfrontation était également proposée aux trieuses et trieurs durant cet entretien. Elle représentait entre 15 et 20 minutes du temps total de chaque entretien et consistait au visionnage d'extraits vidéo préalablement sélectionnés par l'ergonome (compris entre 2 et 4 minutes) et les montrant en action sur une ligne de tri. Ils étaient libres de lancer et d'arrêter la vidéo, et pour les inviter à parler de certains points précis il arrivait également de mettre sur pause pour leur poser une question précise sur une action. Il s'agissait de resituer les personnes dans le cours de leur activité afin de comprendre les éléments sous-jacents au déploiement des mouvements observables. Par exemple, dès lors qu'une action technique revenait fréquemment, si un extrait vidéo présentait de nombreuses actions techniques visant à étaler le produit, alors il était demandé à l'opératrice ou l'opérateur de nous commenter cette action.

6.4.5. Évaluation de 8 extraits vidéo

Les observations filmées réalisées en cabine sur les postes identifiés comme les plus à risque sur le CDT C ont été visionnées par l'ergonome et des extraits de 1 minute ont été sélectionnés. Ces extraits s'appuient sur 4 observations réalisées sur un poste de la ligne carton, et 4 extraits réalisés sur un poste de la ligne mix plastique. L'objectif était de pouvoir qualifier le flux de produits de l'extrait vidéo selon la difficulté du tri, et la fréquence de ce type de flux sur la ligne. Ces évaluations ont été réalisées grâce à une échelle de Likert en 5 point, et les trieurs pouvait également commenter le flux. L'ensemble de l'équipe présente a été interrogée, soit 8 personnes.

6.4.6. Observations ciblées chefs d'équipe

Les premières observations ouvertes en cabine de tri, puis auprès des agents de tri nous ont conduit à nous intéresser au rôle des chefs d'équipe dans la régulation de la production, afin de comprendre les contraintes et régulations de leur activité. Ces observations réalisées auprès des chefs d'équipe ne concernent que les centres de tri dits « à enjeux prospectifs » c'est-à-dire ceux s'inscrivant en dehors du projet initial CAPTUR (CDT B, C, D). Pour les postes de chefs d'équipe, un recueil de donnés a été réalisé sur leur prise de poste pour les CDT C et D, et de 9h à 18h sur le CDT B, soit entre le poste du matin et celui de l'après-midi.

6.4.7. Récapitulatif du recueil de données de la recherche

Tableau 5. Récapitulatif méthodologique sur les 4 sites

METHODOLOGIE	POPULATION	DONNÉES RECUEILLIES
Documentation	Centres de tri : A, B, C, D	Informations sur le process technique : • Plan du site incluant le process et la cabine de tri pour chaque site • Plan de la cabine par type de produits sortants (CDT D) Informations sur l'organisation : • Plannings : horaires et rotations sur les postes de tri • Fiches de poste • Organigramme Informations sur la performance : • Indicateurs chiffrés communiqués aux trieurs (tonnage trié, taux d'occupation, pourcentage qualité par flux de matière etc.) et au niveau national

Entretiens individuels	2 cheffes de cabine
	3 trieurs
	2 cheffes de cabine
	14 trieurs
		Verbatim sur :
		- Caractéristiques du tri, et de l'établissement
		- Rôle des managers (cheffe de cabine, chef d'équipe)
		- Évaluation subjective de la prise en compte de sa propre santé (par rapport aux collègues)
		- Déterminants d'une « bonne journée de travail »
		  - Place du collectif
		  - Importance de l'anticipation
		  - Rôle des déterminants extérieurs

Observations (notées et filmées) couplées à des entretiens en situations	1 cheffe de cabine 2 chefs d'équipe 2 cheffes de cabine 1 cheffe de cabine remplaçante 2 chefs d'équipes 1 cheffe d'équipe remplaçante 2 chefs d'équipe 1 chef d'équipe « sol » 1 cheffe de cabine	Verbatim sur : - Les informations nécessaires à la prise de décision pour réguler le flux de produit - Gestion des situations critiques - Le rôle de manager et les difficultés à gérer une équipe - Impacts de la qualité du tri entrant - Impact du manque de ressources humaines pour pallier aux absences - Formations de nouveaux arrivants
Observations Filmées sur les postes de tri	6 observations filmées 15 observations filmées 19 observations filmées (poste * personne) auprès de 12 agents de tri 8 observations filmées	- Identification des stratégies de tri selon la quantité de produit sur le tapis - Possibilités (prescrites et réelles) de régulation du flux au niveau technique et organisationnel - Évaluation par 10 trieurs de 8 extraits vidéo pour qualifier le flux sur les tapis (CDT C)
Autoconfrontations	2 cheffes de cabine 3 trieurs	- Activité de tri - Stratégies de tri (collectives et individuelles) - La place du collectif de travail
Temps total passé sur site Observations ouvertes/immersion en cabine de tri et cabine de supervision	Visite du site + 3 journées (dont une dans le cadre de l'évaluation de l'outil CAPTUR avec l'équipe du projet initial) Visite du site + 5 journées Visite du site + 7 journées Visite du site + 3 journées	

6.5. Méthodes d'analyse des données

Les entretiens, les autoconfrontations et les entretiens en situation ont été retranscrits intégralement et manuellement. Cette retranscription a constitué une première phase de l'analyse, facilitant l'identification des thèmes généraux à l'aide du logiciel de marquage Taguette ©, qui permet de créer différents « tag » par projet et de les appliquer par codage manuel à chaque entretien. Une première analyse a été effectuée pour chaque site, puis une analyse transversale a été réalisée. Ainsi, des verbatims ont été extraits des entretiens, puis classés selon diverses thématiques avant d'être analysés de manière transversale.

Ces analyses itératives ont permis d'approfondir progressivement les thématiques abordées. À partir des entretiens, plusieurs types de données ont été produits : des schémas décisionnels relatifs à la prise de décisions et à la prise d'information, et des extraits de verbatims thématisés ont été extraits pour illustrer les analyses réalisées. Les données d'entretiens et d'autoconfrontation ont été traitées par le biais d'une analyse de contenu. Pour approfondir l'analyse des entretiens, une recherche par mots-clés a été réalisée de façon transversale sur les différents entretiens, en se basant sur les catégories saillantes. Cette recherche par mots-clés n'a pas été réalisée à des fins de traitement statistique, le corpus d'entretien étant restreint il s'agissait d'approfondir certains thèmes de l'analyse de contenu. À titre d'exemple, le champ lexical relevant du collectif ainsi que celui du caractère « automatique » du geste ont notamment été explorés de façon transversale à l'ensemble des entretiens.

Les données vidéo ont été exploitées de deux manières principales : pour élaborer des chroniques d'activité et pour créer des chronophotographies. Concernant les données issues des autoconfrontations, des allers-retours étaient réalisés entre les éléments verbaux et le film de l'activité. Les verbatim des autoconfrontations et des entretiens en situation ont été enrichis par des chronophotographies tirées de captures vidéo, illustrant les éléments associés aux verbatim. L'analyse des données vidéo de l'activité des trieurs a nécessité des visionnages ralentis (x10) afin de coder les différentes informations à l'aide du logiciel Actograph ©[94]. Par ailleurs, les observations notées réalisées auprès des cheffes de cabine et chefs d'équipes ont été relevées chronologiquement dans un tableau, avec des éléments descriptifs, puis ont été catégorisées et codées via Actograph © pour produire des chroniques d'activité.

[94] « Actograph » est un logiciel permettant de réaliser des chroniques d'activités, il correspond à une version renouvellée de « Actogram Chronos » (Kerguelen & Pigem, 2008).

Point d'étape

La problématique de cette recherche nous a conduit à formaliser la question de recherche suivante : **Comment l'analyse de l'activité, inspirée des piliers prospectifs de Berger, peut-elle apporter des pistes de réflexions pour le développement d'une ergonomie prospective ancrée à l'activité pour envisager des futurs souhaitables dans un contexte de transformations techno-poussées par les progrès de l'IA ?** Pour apporter des éléments de réponse à cette question, ce travail propose une analyse de l'activité en adoptant une « attitude prospective » inspirée par Berger (1959), centrée sur l'ergonomie et la santé au travail. L'approche s'articule autour de cinq piliers de la prospective : penser à l'homme, voir loin, voir large, analyser en profondeur, et prendre des risques. Ces piliers orientent l'analyse des régulations que comporte l'activité des opérateurs de tri, et les marges de manœuvre dont ils disposent pour les mettre en place, dans une perspective de futurs souhaitables. Trois axes de recherche explorent l'importance d'une analyse centrée sur l'activité, d'une vision globale de la situation de travail à travers une analyse transversale à plusieurs sites, et d'une prise en compte de la temporalité des projets pour enrichir la démarche ergonomique d'une dimension prospective. Pour cela les données recueillies sur quatre centres de tri sont analysées à partir des cinq piliers susmentionnés. Les chapitres suivants s'articulent à partir de l'analyse de l'activité des agents de tri (chapitre 7), puis l'analyse s'élargit à l'activité des cheffes de cabine et chefs d'équipe (chapitre 8), enfin nous proposerons un chapitre visant à proposer des pistes de réflexions prospectives à partir des analyses du travail et de l'activité réalisées (chapitre 9).

PARTIE 3 : L'appropriation des caractéristiques de l'attitude prospective de Berger pour proposer une ergonomie prospective ancrée à l'activité

Cette partie correspond à la partie empirique de ce travail de recherche. Nous présenterons l'analyse des données collectées sur l'activité des acteurs en cabine de tri, et nous les discuterons à partir de la lecture des travaux de Berger pour travailler la question de l'ergonomie prospective. Dans les chapitres 7, 8 et 9, nous verrons comment une lecture par le prisme des cinq piliers de Berger, permet un premier éclairage prospectif des situations de travail dans un contexte de transition technologique.

Tableau 6. Organisation des chapitres de résultats au regard des piliers de Berger et de leur appropriation

	Analyse de l'activité des agents de tri, cheffes de cabine et chefs d'équipe		
Chapitre 7	Penser à l'homme + Analyser en profondeur	**Penser aux acteurs et actrices au cœur des situations de travail** + **Analyser l'activité**	Analyser l'activité et les régulations de l'activité opérées par les trieurs Identifier les déterminants et marges de manœuvre dont ils disposent
Chapitre 8	+ Voir large	**Voir large pour inscrire l'analyse de l'activité dans un contexte plus global**	Analyser l'activité des cheffes de cabine et chefs d'équipe Développer une analyse de rapprochement-différenciation entre les 4 CDT
	Démarche exploratoire de raisonnement prospectif basé sur l'analyse de l'activité et du travail		
Chapitre 9	+ Voir loin + Prendre des risques	**Penser les temporalités pour élargir les champs de possibles** + **Prendre des risques pour avancer**	Explorer les évolutions possibles et souhaitables du projet de référence Identifier des *Situations de Travail à Enjeux Prospectifs* afin de proposer des *Esquisses de concepts* intégrant l'analyse des situations de travail et de l'activité (chapitres 7 et 8)

Chapitre 7 : Analyser l'activité pour pouvoir « penser à l'homme » et « analyser en profondeur »

Les deux piliers de Berger sur lesquels nous nous appuyons pour ce premier niveau d'analyse sont : (1) penser à l'homme, (2) analyser en profondeur. Ils sont partagés avec l'ergonomie qui se fonde sur (1) l'**approche humaniste**, et (2) **l'analyse de l'activité**. L'ergonomie intègre l'approche humaniste en mettant les hommes et les femmes au cœur de ses analyses. Ce pilier est alors transversal à l'ensemble des chapitres qui seront présentés. C'est par **l'analyse de l'activité des agents de tri** (2) que nous explorerons ce second pilier « analyser en profondeur ». Cette partie s'appuie dans un premier temps sur les analyses de l'activité des agents de tri réalisées sur le CDT A. Elle sera ensuite complétée et enrichie de données issues de l'analyse du CDT C, qui est un centre de tri de la collecte sélective plus récent, plus automatisé et composé d'un effectif plus réduit en cabine de tri.

Tableau 7. Rappel de l'organisation des chapitres de résultats au regard des piliers de Berger : *penser à l'homme* et *analyser en profondeur*

Chapitre 7	Penser à l'homme + Analyser en profondeur	**Penser aux acteurs et actrices au cœur des situations de travail** + **Analyser l'activité**	Analyser l'activité et les régulations de l'activité opérées par les trieurs Identifier les déterminants et marges de manœuvre dont ils disposent

7.1. Contextualisation de la situation de travail dans laquelle se déroule le tri : premiers éléments sur la base d'observations ouvertes en cabine de tri

La cabine de tri, qui se situe au milieu du process technique est composée de lignes de tri comportant chacune un ou plusieurs postes de tri permettant de réaliser un tri manuel (*cf.* Figure 33).



Figure 33.Photographie de l'intérieur de la cabine de tri (à gauche le CDT A durant une pause, et à droite le CDT C)

La cabine de tri, bien qu'insonorisée de la partie technique, reste un environnement bruyant. On y entend les bruits extérieurs à la cabine produits par les différentes machines, les engins qui circulent au sol, les convoyeurs, etc. À ce fond sonore s'ajoutent les bruits produits à l'intérieur même de la cabine, liés au fonctionnement des tapis de tri, aux chocs des produits triés contre les exutoires, aux bouches de ventilation, etc. Sur le CDT A, on entend également la radio, et parfois des échanges entre les différentes personnes qui travaillent en cabine, bien que masqués par ce fond sonore très présent. Dans cette cabine de grands cartons ont été récupérés et disposés sur certains exutoires afin de limiter les bruits métalliques lorsqu'une canette heurte la paroi de l'exutoire. Sur le CDT C, les goulottes anti-bruit permettent de limiter ces bruits et les différents sons y sont largement atténués. Lorsque les opératrices et opérateurs réalisent le tri des différents produits, il est fréquent que des déchets atterrissent sur le sol, avant d'être ramassés et déposés dans le bon exutoire par un agent de tri au moment de changer de poste, où lorsqu'un bourrage survient interrompant la circulation des tapis. Sur le CDT C, des parois ont été ajoutées sur les exutoires afin de limiter l'arrivée de produit sur le sol, bien qu'on en retrouve encore. Les cabines de tri disposent d'un éclairage artificiel, et sont équipées de parois vitrées donnant sur le reste de la chaîne de tri. Sur le CDT A, la cabine étant située au milieu du process aucune fenêtre ne donne sur l'extérieur, sur le CDT C, un des pans de la cabine est équipé de parois vitrées horizontales donnant sur l'extérieur.

Comme nous l'avons vu dans le chapitre 6 (*cf.* Partie 6.4) les effectifs sont répartis sur 2 (CDT C) ou 3 (CDT A) équipes qui se succèdent au cours de la journée, et les agents de tri effectuent des rotations sur les postes qui varient selon les sites et les contraintes liées aux différents postes. Les rotations sont effectuées toutes les deux heures au moment des pauses, quand les tapis sont arrêtés pour le CDT A, et toutes les heures pour le CDT C, alors que les tapis sont encore en fonctionnement. La personne sur le poste 1 (ligne refus) passe sur le poste 2 (ligne refus) et ainsi de suite jusqu'au poste 8 (*cf.* Annexe 3). La personne sur le poste 8 (ligne carton) vient remplacer la personne sur le poste 1. La personne sur la ligne refus reste seule sur ce poste le temps de la rotation. Cependant, le tri étant effectué en positif[95], les produits valorisables non retirés du tapis − bien qu'ils constituent un manque à gagner − n'impactent pas la qualité des flux de matières recyclables.

Sur les différents tapis se situent un ou plusieurs agents de tri (selon la conception des lignes qui intègrent l'aménagement et l'emplacement postes, et selon le type de produits triés), chacun à un poste pour trier le flux de produits arrivant par le tapis. L'activité de tri nécessite de retirer manuellement les produits indésirables du flux circulant en continu via le tapis devant l'agent de tri à une vitesse avoisinant les 1m/s. Ceci implique d'identifier rapidement les produits afin de pouvoir réaliser les mouvements nécessaires aux actions successives qui permettent de les extraire du tapis et de les déposer dans l'exutoire adéquat.

7.2. Trier : Une activité complexe rendue visible par l'engagement du corps

L'activité de tri implique de réaliser des gestes de préhension puis de dépose dans les exutoires, à un rythme soutenu – jusqu'à plus d'un par seconde – de certains des produits issus du flux de déchets convoyés par le tapis. Cela consiste en une succession d'actions répétitives qui sont réalisées à une cadence variable selon la quantité et la composition de ce flux de produits. Les membres supérieurs (poignets, coudes et épaules) sont particulièrement sollicités, et ces sollicitations s'ajoutent à une position debout prolongée qui engage l'ensemble du corps, le dos, les jambes, la tête.

[95] Pour rappel, le tri positif consiste à retirer uniquement les produits valorisables du flux, les déchets restants sur le tapis étant éliminés.

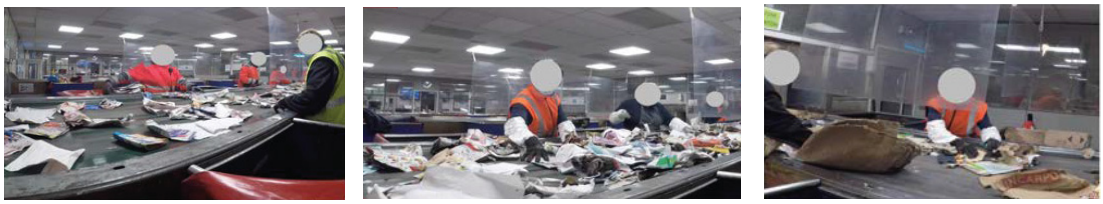


Figure 34. Photographie d'agents de tri en poste (CDT A). De gauche à droite : poste JRM ; poste JRM basculé en GM ; poste carton

Les photographies présentées (*cf.* Figure 34) illustrent la mobilisation des membres supérieurs, qui sont en permanence en mouvements, face à des situations de tri variées. À gauche et au milieu, il s'agit du même poste sur la ligne A du CDT A. À gauche le tri effectué en négatif[96] est réglé en JRM (Journaux Revue Magazine), tandis que sur la photo du milieu, la ligne a été basculée en GM (Gros de magasin) en raison d'un flux trop important pour maintenir les exigences de qualité du JRM. Enfin, la dernière photographie correspond à un poste situé sur la ligne carton avec un flux de produit peu conséquent.

7.3. Régulation de l'activité : l'anticipation pour agir en se préservant et maintenant la qualité

7.3.1. Le tri une activité qui engage les sens : percevoir l'environnement pour identifier au plus tôt les produits à extraire

Nous avons pu constater durant les observations et autoconfrontations que plusieurs éléments de l'environnement sont pris en compte pour identifier les catégories d'objets à trier et les produits à retirer du tapis. Il s'agit de prise d'informations visuelles et auditives, mais aussi des sensations ressenties au toucher. Dans une moindre mesure, les odeurs peuvent également être une source d'information pour anticiper certains risques biologiques ou chimiques (e.g., animaux morts ou produits toxiques).

7.3.1.1. L'importance des informations visuelles pour identifier et anticiper

La vue est le premier sens mobilisé pour repérer l'ensemble des produits présents sur la table de tri. Les éléments visuels (e.g., taille, couleur, forme, aspect) permettent aux agents de tri de repérer et reconnaître les produits qui défilent sur le tapis (e.g., un carton, bouteille, etc.). Les connaissances mobilisées leur permettent également de discriminer les caractéristiques spécifiques des produits se ressemblant à partir d'une pluralité de perceptions visuelles. Par

[96] Pour rappel, le tri négatif consiste à éliminer du flux présent sur le tapis les produits indésirables. Le produit restant sur le tapis correspond à un flux qui sera recyclé.

exemple, la forme et la couleur d'une bouteille permettent de distinguer le type de plastique qui la compose : la bouteille de lait blanche étant en plastique PE-HD et la bouteille d'eau transparente en PET. De même, la forme d'un carton peut indiquer s'il est vide ou remplit. Ainsi, il est possible, grâce à un ensemble de repères visuels et de connaissances acquises au fil de l'expérience, d'identifier les produits qui sont valorisables de ceux qui ne le sont pas. L'interprétation de ces informations visuelles permet aux opérateurs et opératrices d'agir et de développer les mouvements qui leur permettent de trier l'objet préalablement identifié.

Les observations filmées sur les postes, ainsi que les autoconfrontations réalisées montrent qu'en portant le regard en amont du tapis, les agents de tri évitent d'avoir des vertiges en raison du défilement du tapis, de repérer les produits à extraire avant qu'ils n'arrivent à leur hauteur :

1 « ***Je regarde toujours devant.*** *C'est quelque chose que je dis quand je forme des intérimaires ou des stagiaires. Quand c'est moi qui les forme, je leur dis toujours, toujours de regarder devant que leur cerveau déjà* ***prévisualise*** *comment leur main va attraper."*

(Trieuse 1 et cheffe de cabine remplaçante, 45 ans, CDT A)

2 « *Il faudrait […] qu'on puisse* ***avoir un regard plus loin*** – sur le tapis -. *Parce que qui dit regard plus loin* ***dit « ah ça va arriver, attention !*** *[…] » "*

(Cheffe de cabine 2, 50 ans, CDT A)

3 « ***Il faut regarder loin normalement****, regarder le bout du tapis* ***pour analyser*** *avant que ça passe devant soi. Il faudrait regarder au loin le bout du tapis avant que ça passe devant soi."*

(Trieuse 3, 47 ans, CDT A)

Comme on peut le voir dans ces extraits d'autoconfrontation, regarder loin devant permet de « prévisualiser », d'« analyser » ou encore de « dire » aux autres collègues qu'il faut *se préparer à agir.*

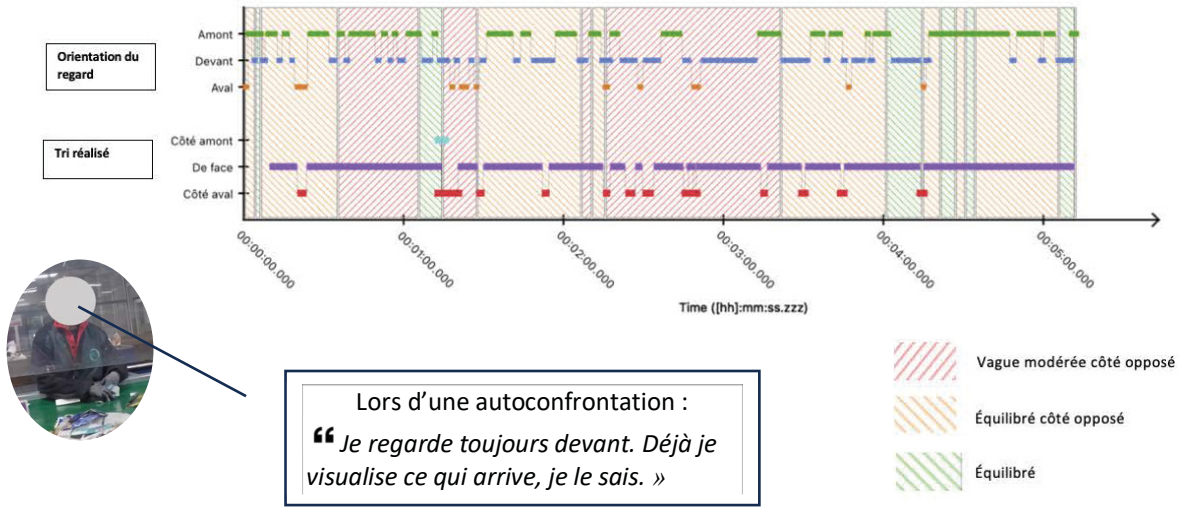


Figure 35. Chronique de l'orientation du regard au cours de l'activité de tri selon les caractéristiques du flux de produit sur le tapis. Trieuse 1 ligne A poste n°9, sur un flux JRM/GM (CDT A).
En abscisse le temps (5'18) et en ordonné les catégories d'observables « orientation du regard » et « tri réalisé », la troisième catégorie qui apparaît en légende, correspond aux caractéristiques du flux de produits sur le tapis.

La chronique d'activité sur le poste n°9 (*cf.* Figure 35) montre que sur la période considérée, la trieuse oriente son regard 49% du temps en amont[97] du tapis, 43% du temps devant elle face au tapis, et 8% du temps en aval du tapis. On peut noter que lorsque le regard est porté vers l'aval du tapis, 63% du temps cela correspond à une « vague modérée côté opposé ». Lorsque les conditions sont réunies, c'est-à-dire lorsque le produit est suffisamment étalé, en quantité raisonnable pour que la trieuse puisse repérer au plus tôt les fractions à extraire, alors la trieuse est en mesure de mettre en place des stratégies d'anticipation, ce qui n'est plus − ou en tout cas moins − le cas lorsque les conditions ne sont pas optimales (i.e., quantité de produit plus importante ou par vagues). De plus, l'analyse de contenu des entretiens d'autoconfrontations réalisées, a été enrichie par une recherche de mots-clés, transversale à l'ensemble des entretiens réalisés. Ces données montrent que les éléments de langage autour du champ lexical de la vue sont les plus récurrents pour évoquer les produits à trier et le tapis de tri[98]. Le mot « regard » est apparu au moins une fois dans chaque autoconfrontation réalisée sur le CDT A, et jusqu'à 23 fois. Le verbe « voir » apparaît dans 4 autoconfrontations sur 5, et il apparaît entre 10 et 15 fois dans les discours pour évoquer les produits à trier.

[97] Le *côté amont* du tapis désigne la zone où le flux de produit arrive. Le *côté aval* correspond à la zone après le poste où le flux se poursuit.

[98] Toutes les fois où les mots étaient utilisés pour parler d'autres aspects que le produit sur les tapis de tri (collègues, process etc.), ils n'ont pas été comptabilisés.

Ainsi, les **informations visuelles permettent : (1) l'identification des produits**, à travers le repérage et la détermination des caractéristiques des produits à trier ; **(2) l'anticipation et l'ajustement de l'action**, grâce à la préparation des mouvements appropriés en fonction de la situation et des risques identifiés.

7.3.1.2. Les éléments provenant de l'environnement sonore comme source d'anticipation complémentaire

L'environnement sonore joue également un rôle complémentaire dans la reconnaissance des produits à venir et contribue à l'anticipation (extrait n°4).

4 ❝ *Au bruit, quand il y a une poubelle oui on sait le bruit c'est pas le même bruit, ça fait « plaplaplaplap » donc on le sait. "*

(Trieuse 3, 47 ans, CDT A)

Les trieurs perçoivent et identifient certains sons sur les produits à venir avant qu'ils ne soient visibles en cabine. Ainsi l'environnement sonore permet soit d'intervenir suffisamment tôt pour éviter des incidents techniques (extrait n°5), soit de se préparer à l'action et d'éviter de se blesser (extrait n°6). Par exemple, lors de l'entretien, la trieuse explique que pour une raison inconnue des agents de tri, des containers[99] arrivent sur le site et se mêlent au flux de produits, et ce plusieurs fois par semaine. Cette question relève de la collecte des déchets qui s'effectue en amont du site de tri. Ces containers ne sont pas censés se retrouver sur le process de la collecte sélective (papiers, emballages ménagers).

5 ❝ *On peut entendre des fois, et encore c'est surtout les tapis du carton où on va entendre « POUM POUM » et ça c'est une poubelle dans le décartonneur. […]* ***Elles vont être secouées et en fait c'est ça qui fait le bruit et on se repère à ça.*** *Ill faut les enlever sinon après on a, comme je vous dis, ça fait des bourrages. Si nous on entend pas au tri et que le rondier la voit pas passer sur les* ***chaines là ça va nous faire un bourrage de parfois ¾ d'heure, 1 heure.*** *"*

(Cheffe de cabine 2, 50 ans, CDT A)

6 ❝ *Des fois les poubelles elles tombent sur le tapis des cartons* ***on les entend*** *« attention une poubelle qui arrive ! », parce qu'on avait pas entendu avant et elle tombe sur ce tapis-là. Et* ***là on peut se préparer par rapport au bruit, on se prépare psychologiquement à attraper, parce qu'elle est lourde*** *! Elle tombe sur le tapis, parce que le rondier était ailleurs et il ne l'a pas entendue, personne ne l'a entendu, donc elle tombe et c'est les trieurs qui les mettent par terre et le rondier va les ranger en haut pour que ça parte à la benne. Donc* ***au bruit on repère,*** *mais sinon si la poubelle elle arrive tout d'un coup comme ça on va se faire mal. "*

(Cheffe de cabine 2, 50 ans, CDT A)

[99] Nous faisons référence ici aux containers individuels présents chez les particuliers et ramassés durant les collectes en porte à porte.

Une cheffe de cabine nous explique que des rondiers tournent sur le process et tentent de repérer les containers le plus tôt possible, afin de les enlever (1) pour éviter un arrêt de la production. Cependant, il arrive que certains containers passent sans être repérés par le rondier et arrivent sur le tapis de tri. Dans ce cas, les entendre à l'avance permet (2) d'éviter que les trieurs sur le poste ne se blessent en retirant brusquement cet objet lourd et volumineux nécessitant une rotation du buste pour être évacuer (ce type d'encombrant n'est pas déposé dans les exutoires au risque de produire des bourrages) ; ou en sortant de son poste avec cet objet lourd et volumineux avec un risque de chute.

L'environnement sonore comporte des ressources complémentaires à la vue. Il contribue à anticiper le flux à trier et permet d'élaborer des stratégies d'anticipation et d'action technique appropriées à la situation. Tout comme le regard porté au loin, **la perception de certains sons permet de « se préparer » à l'action**.

7.3.1.3. Toucher les produits pour les reconnaître et identifier des caractéristiques complémentaires

Le toucher est également mobilisé pour identifier certaines caractéristiques du produit et préciser l'action technique à effectuer. Dans l'extrait sélectionné, nous pouvons voir une trieuse qui porte son regard sur un carton, le saisi dès qu'il arrive à sa portée, le soulève brièvement et le repose sur le tapis (*cf.* Figure 36.). Cette situation se déroule à un moment où le flux de produit est épars, avec une contrainte puisque la plupart des produits sont répartis sur le côté opposé du tapis par rapport à l'agent de tri, cela est dû à la position des convoyeurs sur le process.[100]

[100] Dans ce cas précis le tapis A se déverse sur le tapis B en arrivant perpendiculairement. Lorsque le produit du tapis A se déverse sur le tapis B, il tombe d'un seul côté du tapis.

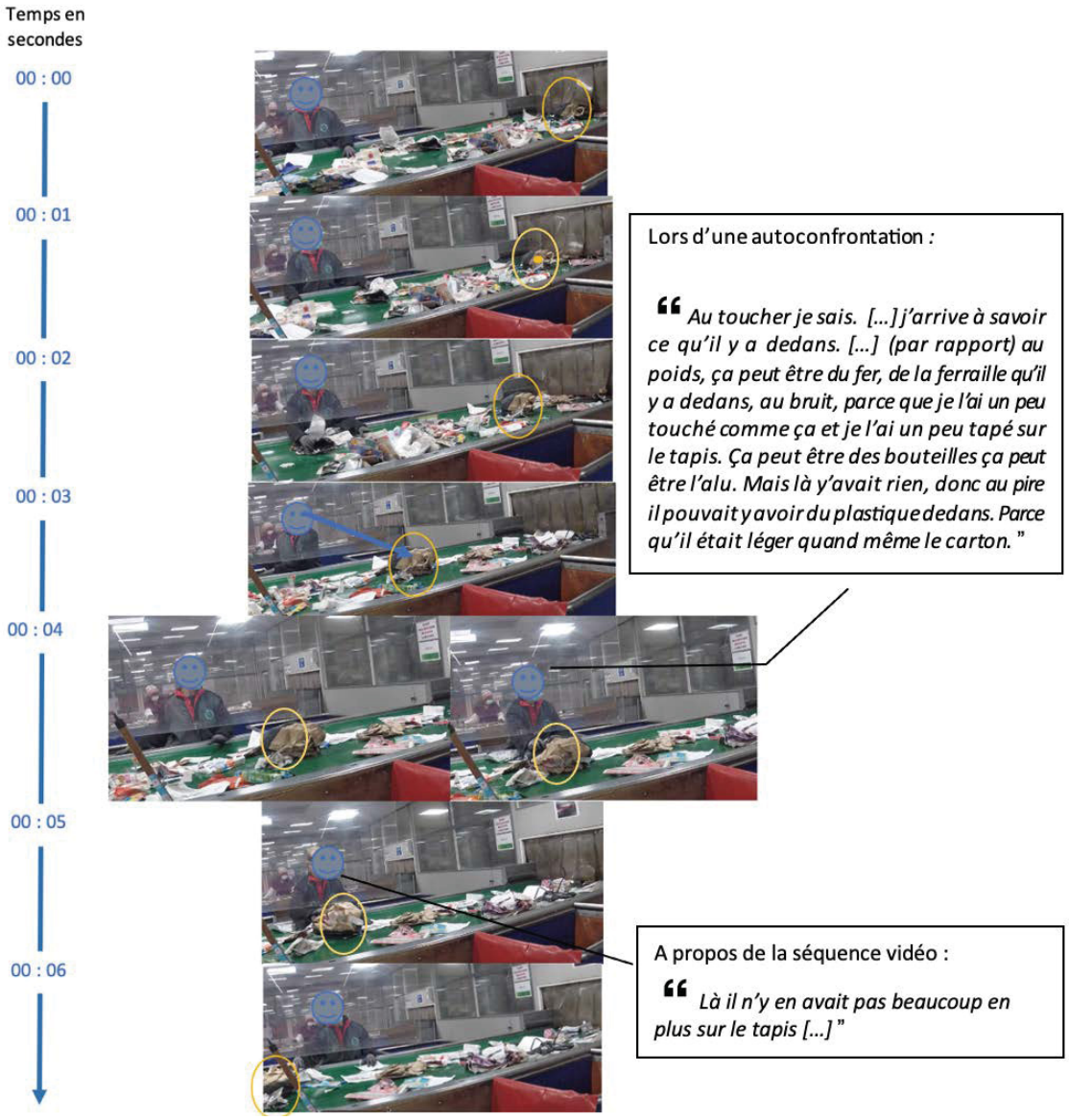


Figure 36. Chronophotographie de Trieuse 1 à partir d'une séquence vidéo de 6 secondes et extrait d'autoconfrontation – la trieuse située sur le premier poste de la ligne A JRM/GM

Sur cette chronophotographie, l'objet entouré en jaune sur l'image est le carton saisi par la trieuse et évoqué dans les extraits d'entretien mentionnés. La flèche bleue à la 3ème seconde de l'extrait indique le moment où on observe une orientation du regard vers ce carton. Cette chronophotographie montre que le regard permet d'anticiper l'arrivée d'un produit, mais qu'il n'est parfois pas suffisant. La trieuse doit alors recueillir des informations complémentaires pour prendre une décision quant au tri à effectuer. Dans le cas présent, elle a besoin d'identifier si le carton contient ou non d'autres produits. En le touchant, elle parvient à identifier son contenu. Ainsi, elle utilise des stratégies de reconnaissance tactiles lorsque les informations visuelles ne suffisent pas (*e.g.,* doute sur la matière d'un produit ; suspicion de carton

remplit[101]). Dans certaines situations, toucher les produits est plus efficace que les seules informations visuelles :

7 « ***Je le sens***, *je le sens, c'est l'habitude encore une fois.* ***Au toucher je sais****. C'est trop bizarre, c'est vrai que quand j'analyse mon travail, même moi quand j'en parle, c'est bizarre.* ***Rien qu'au toucher ma pauvre tu sais ce qu'il y a dedans !*** *C'est bizarre. C'est vraiment une habitude. Alors qu'il y en a qui diraient « bon comment ça tu touches, non il faut regarder » alors* ***qu'au toucher, j'arrive à savoir ce qu'il y a dedans****.* »
(Trieuse 1 et cheffe de cabine remplaçante, 45 ans, CDT A)

À partir d'expériences passées, les agents de tri vont pouvoir faire des inférences afin d'identifier des caractéristiques supplémentaires. Bien que la vue soit un sens essentiel pour identifier les différents objets constituant le flux de produit, elle peut parfois s'avérer insuffisante pour prendre une décision d'action à effectuer vis à vis d'un produit. Les informations sensorielles obtenues en touchant un objet (e.g., poids, texture, etc.) vont **permettre de vérifier et d'affiner les informations obtenues visuellement**, notamment dans des situations où il existe une incertitude.

Cette complémentarité des informations et la mobilisation des différents sens conduisent les trieurs à élaborer comme nous avons pu le voir des stratégies de reconnaissance, afin de pouvoir réaliser les actions adéquates pour atteindre les objectifs de performance visés. Ces informations permettent également d'amorcer la mise en place de « stratégies de tri ».

7.3.2. Le développement de stratégies de tri

Les observations et l'analyse fine de ces observations filmées permettent d'identifier un certain nombre d'actions techniques[102] que nous aborderons en détail dans cette partie. Les actions techniques relèvent de la part observable de l'activité (*e.g.* l'opérateur soulève la matière, l'opérateur déchire un produit, etc.). Les autoconfrontations réalisées ont ensuite permis d'identifier quelles étaient les intentions associées à ces différentes actions techniques (*cf.* Tableau 8).

[101] Les cartons devraient être vides, or il arrive qu'ils contiennent d'autres produits de type refus, plastique, bouteille, etc. qui ne vont pas dans le même exutoire.

[102] Nous parlons « d'actions techniques » telle que le propose la norme NF X 35-702. Cependant, elles ne sont pas détaillées dans la norme puisqu'elles visent à guider des comptages théoriques d'actions techniques et non une démarche compréhensive telle que nous le proposons, ce qui nécessitait une redéfinition pour correspondre aux actions observées dans le cadre de cette recherche.

Tableau 8. Tableau résumé des actions techniques

Actions techniques	Description
Saisir	Saisir un objet sur le tapis avec une ou deux mains
Déposer	Déposer un objet ou plusieurs dans l'exutoire du même côté par rapport à la main avec laquelle il a été saisi
Jeter	Jeter un objet ou plusieurs dans l'exutoire du côté opposé par rapport à la main avec laquelle il a été saisi
Lancer	Lancer le produit dans un exutoire se situant en face ou plus loin sur le côté
Balayer	Faire un mouvement de balai avec la main pour enlever un produit du tapis (direction exutoire)
Pousser	Pousser plusieurs produits directement dans une goulotte avec l'engagement du bras entier ou des deux bras
Toucher	Toucher un objet sans le saisir réellement ou en le reposant immédiatement sur le tapis
Transférer	Transférer un produit d'une main à l'autre (est suivi de « saisi » de la main opposée)
Étaler	Étaler la matière sur le tapis pour la répartir différemment
Fouiller	Glisser les bras et remuer la matière sans viser un exutoire
Retenir la matière	Retenir la matière qui arrive sur le tapis (généralement avec le bras en aval) notamment lorsqu'il y en a beaucoup
Soulever	Soulever la matière

A partir de cette catégorisation des actions techniques observées, nous présentons les *stratégies de tri* auxquelles elles sont associées découlent. Ce terme de *stratégies de tri* renvoie à ce qui est pris en compte et significatif de ce qui est perçu de la situation et comporte des intentions d'actions pour réaliser le tri. Ces stratégies sont orientées vers des buts spécifiques propre à la situation. Parmi ces actions techniques, certaines relèvent de gestes prescrits[103] (saisir, jeter, déposer, lancer un produit) et d'autres sont associées à des stratégies de tri (e.g., retenir, pousser, étaler la matière, etc.). Ces stratégies de tri permettent aux agents de tri de réguler leur activité en fonction des variations des contraintes auxquels ils sont confrontés (e.g., retenir la matière lorsqu'il y a une arrivée par vague) tout en assurant le tri. Il est complexe de quantifier les actions techniques à partir d'observations, celles-ci s'enchaînant de façon rapide (quelques dixièmes de secondes) dans un mouvement fluide et continu[104]. Toutefois, à titre d'illustration

[103] Les gestes prescrits renvoient aux actions techniques de base, essentielle pour réaliser le tri. Les stratégies de tri renvoient aux actions techniques qui sont perçues par certains acteurs (directeur, préventeur, chef d'équipe, cheffe de cabine) comme des actions techniques « superflues » pouvant être évitées et augmentant le nombre d'actions techniques. Nous ne partageons pas cette vision, et les stratégies de tri nous apparaissent jouer un rôle dans la préservation d'une variabilité gestuelle.

[104] La norme de conception NF X 35-702 recommande de concevoir les postes en s'appuyant sur un indicateur théorique basé sur des calculs intégrant différents paramètres inhérents au poste à concevoir. Elle fixe une limite de 40 actions techniques par minute et par membre supérieur (soit une action technique chaque 1,5 seconde).

nous avons extrait des images d'une séquence vidéo pour en réaliser une chronophotographie, permettant de rendre compte de cet enchaînement de mouvements.

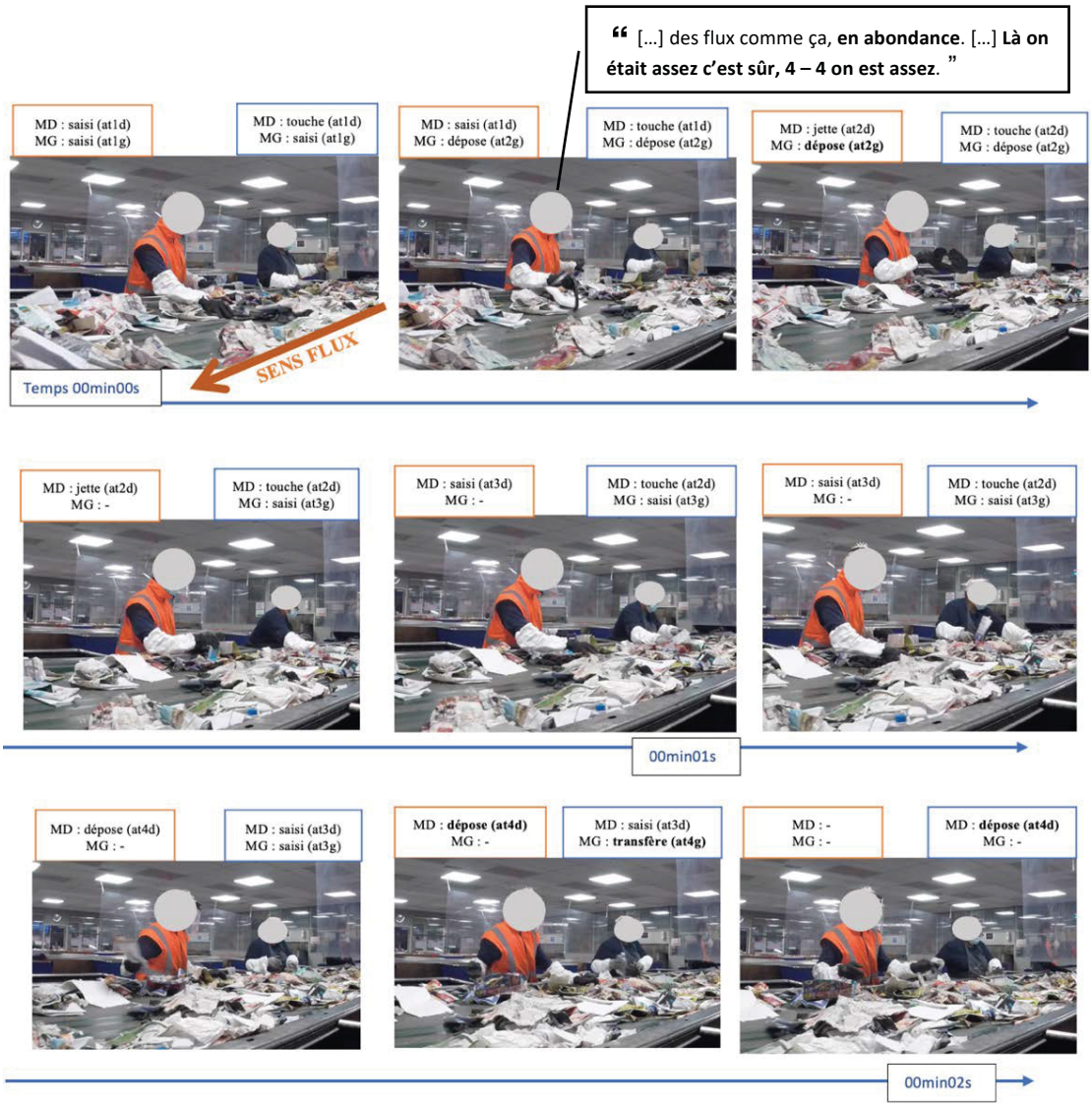


Figure 37. Chronophotographie de l'activité d'un trieur (à gauche) et d'une trieuse (à droite) sur un poste JRM/GM dans un centre de tri de la collecte sélective (CDT A)

Cette chronophotographie représente deux secondes de tri manuel (*cf.* Figure 37). La chronologie est représentée par la flèche bleue et le sens d'avancement du tapis de tri est précisé par la flèche orange. On peut lire dans les encadrés les actions techniques réalisées par le trieur en orange (à gauche) et la trieuse en bleu (à droite). Le trieur réalise deux actions techniques de la main gauche et quatre de la main droite, et la trieuse quatre de chaque côté soit trois fois les recommandations de la norme. Cette chronophotographie est issue d'une observation filmée qui a eu lieu dans un contexte où le flux a été qualifié a posteriori « d'abondant » par le trieur situé à gauche de l'image, lors d'une autoconfrontation. Cependant, les trieurs étaient exceptionnellement suffisamment nombreux sur la ligne de tri comme le souligne l'agent de

tri[105]. Cette configuration s'explique par la maintenance de la ligne B, en arrêt ce jour là – ligne similaire à celle observée –, conduisant l'ensemble des trieurs du flux JRM/GM habituellement répartis sur deux lignes, à trier sur une seule ligne (*cf.* Annexe 1).

Ces observations couplées à des autoconfrontation permettent d'explorer de manière plus précise et dans une visée compréhensive certaines stratégies de tri que nous présentons dans les sous-parties suivantes.

7.3.2.1. Soulever pour identifier l'ensemble du flux

Nous avons observé durant les observations filmées que les agents de tri soulèvent certains produits (*cf.* Figure 38). Soulever la matière permet, lorsque le flux est composé de plusieurs couches de produits de regarder si les produits en surface ne cachent pas des fractions à retirer qui seraient situées en dessous (extrait n°8). De plus, comme nous avons pu le voir (*cf.* Partie 7.3.1.3.), soulever un produit peut permettre d'obtenir des informations complémentaires (visuellement ou grâce au toucher) afin de savoir si un carton contient d'autres produits d'une nature différente (extraits n° 9 et 10).



Figure 38. Chronophotographie d'une trieuse qui soulève un produit en début de poste ligne B

8 ❝ *Dès que c'est passé, juste après le rideau de suite je le sais. Je sais que là je vais devoir soulever,* ***pour voir si y'a pas un truc dessous****… c'est trop bizarre, c'est automatique (rires).”*

(Trieuse 1 et CC1 remplaçante, 45 ans, CDT A)

[105] Bien que la présence de tous les agents de tri sur la même ligne soit exceptionnelle, le flux abondant lui, est représentatif de situations fréquentes.

9 « *[Il soulève]* Trieur : *voir si y'a des refus ou pas*
Ergonome : *Dans ce cas-là, c'est que vous pensez avoir vu quelque chose ?*
Trieur : *Euh pas forcément, pas forcément. Bon des fois, les cartons en principe quand on les voit gonflés on a un soupçon qu'il y a quelque chose en dessous, ou des fois les cartons sont comment presque fermés, il se peut qu'il y ait du polystyrène là-dedans. Là on le bloque et on ouvre pour voir s'il y a du polystyrène. […] Vous voyez je regarde.*"
(Trieur 4, 62 ans, CDT A)

10 « *Le carton je soulève, je le touche, je regarde si dedans y'a pas de l'alu, si y'a rien dedans. Parce qu'autrement je l'aurais vidé.*"
(Trieuse 1 et CC1 remplaçante, 45 ans, CDT A)

7.3.2.2. Déchirer pour reconnaître : des informations visuelles supplémentaires

Les postes de finition, situés en bout de ligne, sont les derniers postes de tri avant que le produit trié en tri positif sur le tapis ne sorte de la cabine pour être compacté. Ces postes requièrent de distinguer des objets aux caractéristiques similaires, parfois difficiles à différencier. Par exemple, lorsque la ligne A est configurée pour le tri des JRM, il est nécessaire de différencier divers types de papiers, car tous ne doivent pas rester sur le tapis dans le flux sortant. Il s'agit notamment d'identifier les papiers teintés dans la masse de ceux qui ne le sont pas. Les papiers teintés dans la masse sont ensuite déposés dans l'exutoire GM1, situé en aval. Déchirer le papier pour vérifier s'il est teinté dans la masse – notamment pour les opérateurs novices – peut permettre de lever le doute sur la nature d'un produit et de décider s'il peut être trié avec le flux JRM[106] ou s'il doit être retiré :

11 « *[…] si* ***vous déchirez*** *c'est tout rose c'est teinté dans la masse. Toute la couleur on le met ici* (dans l'exutoire GM1) *les enveloppes, tapisserie, tout ce qui sera un peu couleur, c'est le gros de magasins […]* "
(Cheffe de cabine 2, 50 ans, CDT A)

7.3.2.3. Séparer pour affiner la qualité

Nous avons également observé des agents de tri séparer la matière. Cela consiste à séparer deux matières différentes qui constituent un même produit. Par exemple, un journal encore dans son emballage plastique est un produit de tri qui contient à la fois du plastique, et du papier, deux matières qui se trient séparément (*cf.* Figure 39 ; extrait n°12). Cela implique de mobiliser les deux mains, coudes et épaules en donnant plus ou moins de force selon la nature du produit (il arrive que ce soit des matières difficiles à séparer comme des matières adhésives sur du carton).

[106] Le papier teinté dans la masse est accepté dans le flux Gros de Magasin (GM) mais exclu du flux Journaux, Revues, Magazines (JRM). Cette distinction s'explique par des propriétés différentes : les papiers teintés dans la masse sont plus difficiles à blanchir, ce qui complique leur recyclage. En revanche, les autres types de papier, même colorés, ne sont colorés qu'en surface, ce qui facilite leur traitement.

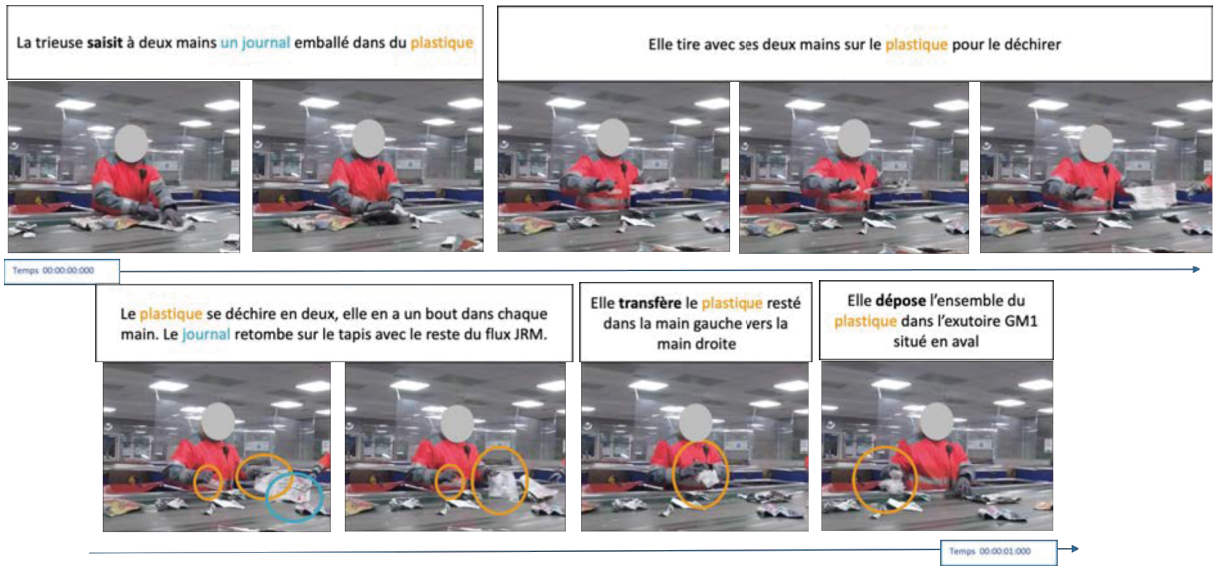


Figure 39. Chronophotographie trieuse en fin de ligne A (flux JRM)

Dans d'autres cas, il arrive qu'un carton ait été utilisé comme contenant pour d'autres déchets (canettes, bouteilles, emballages plastique, etc.). Ces produits se trient également de façon séparée (extrait n°13). Dans les cas où le contenant à vider est particulièrement rempli, cela peut nécessiter un enchaînement répétitif d'actions (retirer la matière du contenant à plusieurs reprises).

12 « *Parce qu'il y a des plastiques, par moment il y a des journaux avec un emballage plastique moi ça je les enlève. Quand j'ai le temps hein ! "*
(Trieuse 1 et CC1 remplaçante, 45 ans, CDT A – Ligne B poste début de ligne)

13 « *Et là en fait plus j'épure, et plus c'est facile pour mes collègues, voyez là c'est un carton, j'ai enlevé le plastique du carton parce qu'autrement mon collègue qui est derrière il va perdre du temps à le faire et puis ainsi de suite. Et encore là ça va y'a pas beaucoup. Quand y en a beaucoup, non, il faut optimiser nos gestes. Si moi devant je peux le faire pour qu'un collègue le fasse pas et que mon collègue derrière fasse autre chose c'est mieux. "*
(Trieuse 1 et CC1 remplaçante, 45 ans, CDT A – Ligne B poste début de ligne)

Ainsi, la séparation de la matière permet de produire collectivement mais aussi individuellement un tri de meilleure qualité. Cependant, cela nécessite que la quantité et la nature des produits arrivant sur le tapis le permette.

7.3.2.4. Étaler la matière pour réaliser un tri collectif de qualité



Figure 40. Chronophotographie d'une trieuse qui étale la matière (la flèche en bleu montre un produit qui sert de repère pour l'avancée du tapis ; en orange la zone devant la trieuse où elle étale le produit)

Étaler la matière consiste, en mobilisant une main ou les deux, à passer la (les mains) de façon circulaire sur le tapis notamment lorsque le produit est concentré plus spécifiquement en un endroit (par exemple au milieu du tapis) (*cf.* Figure 40). Ce geste permet aux agents de tri de s'assurer qu'ils ont correctement trié, en s'assurant qu'aucun produit ne reste caché par d'autres (extrait n°14). De plus, cela permet de répartir le flux de produit de manière plus uniforme, facilitant ainsi la visibilité des produits pour les opérateurs ou opératrices situés en aval sur la ligne de tri (extrait n°15).

14 « *J'étale le produit pour voir si y'a pas autre chose que j'ai oublié dessous.* »
(Trieuse 1 et CC1 remplaçante, 45 ans, CDT A)

15 « *J'étale, j'étale aussi un peu pour les collègues comme ça ils vont mieux y voir, ils vont mieux voir ce qu'il y a sur le tapis.* »
(Trieuse 1 et CC1 remplaçante, 45 ans, CDT A)

7.3.2.5. Transférer pour éviter de sur-solliciter son corps

Sur l'ensemble des observations réalisées sur les postes auprès de différents agents de tri, nous avons observé le transfert de produit d'une main à l'autre. L'opératrice ou l'opérateur au lieu de *saisir* puis *déposer* ou *jeter* le produit dans l'exutoire il va *saisir* (avec une main) *transférer* (à l'autre main) *saisir* avec l'autre main, et *déposer* (*cf.* Figure 41 ; Figure 42).



Figure 41. Chronophotographie du transfert d'un produit saisi en amont vers la main situé en aval du flux



Figure 42. Chronophotographie du transfert d'un produit saisi en aval vers la main situé en amont du flux

Cette stratégie est couramment utilisée et permet aux agents de tri de se ménager en réduisant l'amplitude de leurs mouvements (extrait n°16, 17, 18) :

16 « *C'est plus facile pour moi de faire comme ça* [transférer], *que faire que comme ça* [attraper et déposer avec la même main] »

Trieuse 3, 47 ans, CDT A

17 « *J'essaie de me ménager le plus possible en fait.* »

(Trieuse 1 et CC1 remplaçante, 45 ans, CDT A)

18 « *Le plus possible, là où ça arrive, on prend comme ça et on met dans la main* [opposée], *et hop on jette. Plutôt que de faire comme ça tout le temps, on peut pas trop. Le mieux c'est de faire comme ça sinon on est obligés de se tourner […]* »

(Trieur 5, 56 ans, CDT A)

Bien que le transfert de produit implique la mobilisation de plusieurs actions techniques, cela apparaît comme une stratégie permettant de limiter une sur sollicitation du haut du corps. Cette stratégie illustre également la limite du comptage purement quantitatif des actions techniques des agents de tri, puisqu'elle ne tient pas compte de l'importance de ce qui se joue dans la variabilité gestuelle.

7.3.2.6. « Balayer » la matière pour éviter de sur-solliciter son corps

On observe chez certains agents de tri, une façon de déposer les produits sans les saisir, simplement en les faisant glisser sur le tapis vers les exutoires. Ce type d'action implique d'avoir un flux de produit étalé de façon homogène et non en couches sur l'ensemble du tapis. Cela permet de repérer les produits suffisamment tôt, et de pouvoir les faire glisser sans risquer de pousser d'autres matières qui serait malencontreusement déposées dans les exutoires :

19 « *Je balaie avec les mains si vous voulez, vous le verrez dans la vidéo, je balaye des fois. Parce que les gens des fois ils font comme ça* [elle lève le bras], *lever le bras alors que Mr. [directeur du site] était venu leur expliquer c'est pas la peine de faire comme ça, vous allez vous faire mal. Il ne faut pas lever comme ça.* »

(Cheffe de cabine 2, 50 ans, CDT A)

7.3.2.7. Des stratégies tournées vers soi, la qualité et le collectif

À travers des données d'observations et d'autoconfrontations, nous avons cherché à identifier les intentions associées aux différentes actions techniques observées. Nous avons identifié 3 intentions majeures associées aux différentes actions techniques. Elles peuvent être orientées vers : la recherche de qualité du tri effectué, la préservation de sa santé, ou celle du collectif et/ou des collègues (*cf.* Figure 43). Une action technique peut être associée à plusieurs de ces intentions et visent toutes, dans une certaine mesure, la qualité du tri réalisé.



Figure 43. Différents types de stratégies de tri mises en place

Par exemple, séparer la matière n'a pas les mêmes objectifs associés selon le poste où cette action est réalisée. Comme nous l'avons vu (*cf.* Partie 7.3.2.3.), si cette action est réalisée en fin de ligne, cette stratégie peut être qualifiée d'orientation « qualité ». En début de ligne, l'objectif visé est également tourné vers la qualité, mais implique également une forte dimension collective puisque la trieuse seule sur son poste ne dispose pas d'exutoire pour le carton, aussi elle réalise cette action qui va ensuite permettre aux collègues suivants de réaliser

à leur tour des actions techniques adéquates pour atteindre les objectifs de performance et de qualité.

7.4. Une anticipation et la mise en place de stratégies pas toujours possible

Nous avons identifié deux contraintes majeures existantes et persistantes sur l'ensemble des centres de tri étudiés. Elles sont relatives d'une part au flux de produits entrants en cabine (*cf.* Partie 7.4.1.), et d'autre part à la conception des postes de tri (*cf.* Partie 7.4.2.). L'anticipation sur les postes grâce à la prise d'informations rapide, et le déploiement de stratégies de préservation de la qualité, de soi, et du collectif ne sont possibles que lorsque les conditions de la situation de travail le permettent.

7.4.1. Le flux de produits comme déterminant majeur de l'activité

Dans les situations de surcharge de travail, notamment lors de l'arrivée par « vagues » de produits, la mise en place de ces stratégies de tri et l'anticipation deviennent difficiles voire impossibles à mettre en place en raison de contraintes temporelles trop importantes. Cette arrivée par vague se caractérise par l'alternance de périodes au cours desquelles le flux de produits sur le tapis est particulièrement discontinu. Parfois, le produit arrivant sur le tapis ne recouvre pas l'entièreté du tapis, qui reste visible, voire est quasiment vide ; avec des périodes où le tapis est entièrement recouvert d'un flux composé de plusieurs épaisseurs de produits. Ces fluctuations restreignent les marges de manœuvre des agents de tri.

Un tapis trop chargé en raison d'une quantité importante de produits entrants

La figure ci-dessous (*cf.* Figure 44) illustre une situation où le tapis est surchargé en raison d'une quantité importante de produit à trier dans la journée. Dans cette situation le trieur ne peut ni étaler les produits, ni identifier les produits recouverts.



Figure 44.Photographie d'une ligne JRM basculée en GM[107] en raison d'une quantité de produit trop importante pour assurer une qualité optimale[108]

Ainsi, un des freins majeurs au développement de ces marges de manœuvre est la saturation du tapis : lorsque la quantité est trop importante, le produit arrive en couche qui limitent la prise d'information visuelle possible, et donc la possibilité de « se préparer à l'action ». Les conditions ne sont alors plus réunies pour que les agents de tri puissent mettre en place et développer des stratégies à des fins de préservation de leur santé et de celle de leurs collègues (extrait n°20). De plus, cette saturation de produits altère également la qualité du tri effectué, puisque certaines stratégies qui permettent d'affiner et de parfaire la qualité du tri des produits sortant sont impactées.

20 ❝ [à propos d'étaler le produit] ***Si il y a beaucoup beaucoup beaucoup je pourrai pas le faire****, parce que c'est très très lourd, quand ça arrive là au milieu, et que je dois tout bouger c'est lourd, si je devais faire ça toute la journée maintenant j'ai les épaules elles sont mortes. Ça ne serait pas possible****. Je fais ça que quand y en a pas beaucoup, là c'est faisable., Ça facilite le travail de tout le monde****. "*

(Trieuse 1 et CC1 remplaçante, 45 ans, CDT A)

Un flux trop complexe en raison d'une quantité importante de produits à retirer

Au-delà de la quantité de produits présents sur le tapis, le volume de produits à retirer impacte également le tri. Il arrive que le flux ne semble pas visuellement surchargé, mais qu'il soit tout de même perçu comme complexe par les agents de tri en raison du grand nombre nécessaires d'actions techniques pour retirer l'ensemble des produits présents. Cette surcharge peut résulter d'une défaillance ou un mauvais réglage de machines en amont. Elle peut également être due à un flux entrant sur le site comportant un nombre important de cartons ou d'erreurs de tri liés à

[107] Sur cette ligne, lorsqu'il n'est plus possible d'atteindre les objectifs de qualité en JRM (Journaux Revue Magazines), il est possible de basculer la ligne en GM (gros de magasin) dont les objectifs de qualité sont moins stricts.

[108] Dans cette situation, le nombre d'agents de tri dépasse le nombre de postes (quatre) prévus sur cette ligne en raison de la maintenance d'une autre ligne.

la saisonnalité ou propre à un territoire (e.g., les camions arrivant de la commune X comportent plus d'erreur de tri que les camions en provenance de Y).

21

« Ergonome : *Souvent on vous voit utiliser vos deux mains*
Trieuse : *Eh oui parce que des fois on est obligés parce qu'il y en a un peu plus que voilà, parce que mine de rien on dirait qu'il y en a pas beaucoup là mais il y a des petites cartonnettes et il y a pas mal de gestes par rapport à des petites cartonnettes à faire vous voyez j'enlève des bouteilles* »

(Cheffe de cabine 2, 50 ans, CDT A)

Cette situation peut également survenir après une modification temporaire des réglages des machines. Sur le CDT A, une cabine sert à trier les corps plats, et une autre les corps creux. Lorsqu'un incident survient au niveau de la cabine des creux, il devient nécessaire de basculer l'ensemble des produits vers la cabine des corps plats. Malgré une adaptation organisationnelle impliquant trois agents de tri supplémentaires dans la cabine des corps plats, la quantité de produits sur le flux combinée à une quantité importante de produits à retirer, conduisent les agents de tri à travailler dans une situation altérée ne permettant pas de réaliser un tri satisfaisant.

Le mélange des produits sur la ligne de tri des cartons présente également une complexité accrue, en raison de la grande différence de nature des produits à traiter. D'une part les cartons volumineux nécessitent des manipulations impliquant la mobilisation de l'ensemble du corps, tandis que les papiers qui doivent être retirés requièrent des gestes plus précis :

22

« ***On préférerait ne pas avoir de papier, parce qu'avec les gros cartons le papier c'est très compliqué, c'est très très compliqué*** *parce que le carton c'est énorme, et quand il pleut quand ils sont pliés, vous avez vu ils sont pliés, donc c'est pas qu'un seul carton, c'est 10 cartons, et un carton ça pèse. Ça pèse beaucoup et quand vous savez que votre papier il est dessous comme ça, vous avez 10 cartons et vous devez quand même tout soulever, vous soulevez, on soulève ! Et puis tout attraper ! Mais la chaîne là, attention c'est pas j'ai un bouton et j'arrête, je suis pépère je soulève je mets ça sur le côté… Non ! Pendant que je soulève ça avance. Donc on soulève et on doit faire tout ça là mais y'en a une vingtaine, je ne vais en attraper que 2* […] *y'en a 15 qui sont partis avec le carton ! mais ça nous rend dingue, ça nous rend dingue !* ***ça ne sert à rien ce qu'on fait et on se bousille les épaules ! mais c'est inutile*** *! ils nous font faire un truc pour rien ! pour rien !*"

(Trieuse 1 et CC1 remplaçante, 45 ans, CDT A)

Cet extrait montre également qu'au-delà des sollicitations physiques entraînant des douleurs et pouvant conduire à des blessures, cela engendre aussi une perte de sens dans le travail puisque la qualité du tri réalisé n'est pas satisfaisante pour les agents de tri, et ce malgré les régulations mises en place pour faire face à ces variabilités de situations.

Un flux comportant trop d'erreurs de tri de la part des usagers

Nous avons observé de nombreuses erreurs de tri sur l'ensemble des sites. Ces erreurs sont fréquentes – l'ensemble des flux entrants en comportent – et concernent les produits et objets qui ne correspondent pas aux matières triées sur place. Cela inclut des produits destinés aux ordures ménagères résiduelles (i.e., les déchets domestiques non valorisables) tels que des couches, des bâches, ou bien des produits qui auraient pu être valorisés s'ils avaient été déposés dans la filière adéquate, comme par exemple des planches de bois :

23

> *« Puis les gens comme je vous expliquais hier, ils jettent n'importe quoi. Vous avez vu hein ! Les machines elles fonctionnent très bien, d'ailleurs quand on n'a pas les [trieurs optiques] on le voit. Quand y'a pas les machines, là on voit la différence. On voit quand on change de programme, on voit qu'elles sont efficaces.* ***Mais c'est les gens après, ils jettent n'importe quoi. Les grandes bâches et tout ça on ne devrait pas avoir****. Ça bouche les machines alors qu'on n'aurait pas d'arrêt."*
>
> (Cheffe de cabine 2, 50 ans, CDT A)

24

> *« Parce qu'on reçoit un peu de tout. Des animaux morts, tout, tout des carcasses… "*
>
> (Trieur 4, 62 ans, CDT A)

Toutes ces erreurs de tri sont destinées au refus, c'est-à-dire que les produits concernés ne feront pas l'objet d'une valorisation matière mais seront être incinérés ou enfouis. Voici quelques exemples observés sur l'ensemble des sites :

- Sur le CDT A, une tente s'est dépliée en arrivant sur le tapis des cartons, et un four est arrivé sur la ligne GM1 ;
- Sur le CDT B, très fréquemment (à plusieurs reprises sur une prise de poste de 25 minutes) il arrive que de grandes bâches arrivent en cabine de pré-tri ;
- Sur le CDT C, un agent de tri a été piqué par une seringue, ce qui entraîne un risque de contamination nécessitant un suivi médical dans les mois qui suivent ;
- Sur le CDT D, situé près d'un port de plaisance, on trouve régulièrement des fusées de détresse, obligatoires à bord de certains bateaux. Celles-ci sont parfois déposées en déchetterie lorsque la date d'expiration est dépassée et peuvent être à l'origine de départ de feu. Par ailleurs, lors d'une journée d'observations, une arme a été retrouvé en cabine.

De plus, lorsque le flux de produits entrants donne lieu à un taux élevé de refus, il devient plus difficile pour les agents de tri d'identifier les produits valorisables suffisamment tôt, ce qui les empêche de déployer l'ensemble des stratégies de tri et de positionnement nécessaires sur le poste. En outre, ces erreurs de tri de la part des usagers peuvent comporter des risques supplémentaires en matière de :

- Risque infectieux (*e.g.,* masques covid, matériel médical utilisé tel que des seringues, animaux morts, etc.)[109] ;
- Risque d'inhalation de produits chimiques (*e.g.,* récipients contenant un produit toxique, etc.) ;
- Risque d'incendie (*e.g.,* produits explosifs, batterie, etc.) ;
- Risque de blessures causées par des objets dangereux à manipuler (*e.g.,* objets tranchants, arme, etc.) ;
- Risque de blessures lié au poids et au volume des objets à retirer (*e.g.,* tente dépliable, four, aspirateur, container, etc.)

Certaines erreurs de tri des usagers concernent des produits longs qui posent problème à la fois pour le process, mais également pour les agents de tri lorsqu'ils arrivent en cabine. Par exemple, les bobines de cassettes VHS, lorsqu'elles arrivent en cabine doivent être mises au refus. Cela nécessite de nombreux mouvements pour venir à bout du fil, parfois coincé sous d'autres produits. Durant le temps où des gestes répétitifs sont observés pour retirer ce fil, les agents de tri ne peuvent pas retirer d'autres produits.

Un flux trop irrégulier : le « creux de la vague »

Comme mentionné plus haut (*cf.* § *Un flux trop complexe en raison d'une quantité importante de produits à retirer*), lorsqu'un volume excessif de produit arrive sur le tapis, les agents de tri sont contraints d'accélérer leur cadence ce qui dégrade la qualité du tri et les expose à des postures à risques. Cela se traduit notamment par des flexions et torsions du dos, ainsi que par des élévations ou extensions des bras, avec une amplitude de mouvements importante et des angulations marquées des épaules. Par exemple, un agent de tri peut être amené à se pencher pour rattraper un produit identifié trop tardivement ou à s'étirer pour attraper un objet hors de portée. Ces postures induisent de la fatigue, des douleurs, des frustrations pour les personnes, et génèrent des risques immédiats et à plus long terme telles que des blessures, ou le développement de TMS.

[109] L'ensemble des objets cités en exemple ont été observés sur un des 4 CDT

Cependant, les agents de tri et cheffes de cabine interrogées soulignent également qu'au-delà des pics de quantité et de complexité du flux de produits (le « haut » de la vague), un sentiment d'ennui est également ressenti dans les périodes de « creux », qui est tout aussi problématique. En effet, ces périodes de « creux » sont perçues comme étant source d'ennui, provoquent un sentiment d'inutilité et de frustration. Les agents de tri recherchent l'équilibre tout au long de leur période d'activité sur les postes de tri.

Une hygrométrie variable : un facteur de variabilité supplémentaire

L'hygrométrie impacte directement les caractéristiques des produits entrants qui vont être plus ou moins secs ou humides, ce qui peut avoir des effets sur l'activité des agents de tri. Certaines matières, comme le carton ou le papier, ont tendance à se coller entre elles lorsqu'elles sont humides, ce qui peut entraîner des bourrages sur le process en raison d'une accumulation de produit ou des difficultés pour trier le produit qui arrive en cabine de tri (extrait n°25) :

25 « Et quand il pleut, alors c'est encore pire. Les cartons ils sont mouillés, ça se bouche dans toute les machines, ça arrive y'en a haut comme ça ! On n'en peut plus ! »
(Trieur 5, 56 ans, CDT A)

De plus, le poids des produits mouillées représente une contrainte supplémentaire. Plus ils contiennent d'eau, plus ils deviennent lourds (notamment les gros cartons), ce qui augmente le risque de blessure lorsque les agents de tri doivent les manipuler. À l'inverse, lorsque les matières sont très sèches, leur légèreté peut poser des difficultés aux caristes chargés d'alimenter la trémie, notamment pour atteindre les tonnages souhaités, ce qui peut conduire à un risque de surcharge de produits, avec des conséquences sur le process et en cabine de tri puisque le flux contient dans ces cas une grande quantité de produits.

En conclusion, le flux de produit est un déterminant majeur de l'activité de tri. Les irrégularités du flux de produits sur les lignes de tri, qu'il s'agisse d'une surcharge ou de sous-charge, sont déterminants pour le déploiement de l'activité des trieurs. Ces conditions limitent leurs marges de manœuvre et rendent difficile la mise en place des stratégies de tri nécessaires à la préservation de leur santé et à la réalisation d'un tri de qualité. Ces constats invitent à rechercher des améliorations techniques et organisationnelles permettant de stabiliser le flux et de mieux préparer les agents aux variations qu'ils peuvent rencontrer pour soutenir l'activité de tri et permettre de préserver voire développer les marges de manœuvre qui sont autant d'espaces ou les stratégies peuvent être mises en œuvre.

7.4.2. La conception des postes comme facteur limitant

La conception des postes peut également constituer une limite supplémentaire pour le développement de l'activité. En effet, nous avons identifié que certains postes restreignent les possibilités de développement de stratégies d'anticipation[110], avec notamment un flux de produit majoritairement composé de fractions à déposer dans l'exutoire situé en aval du tri (*cf.* Figure 45).

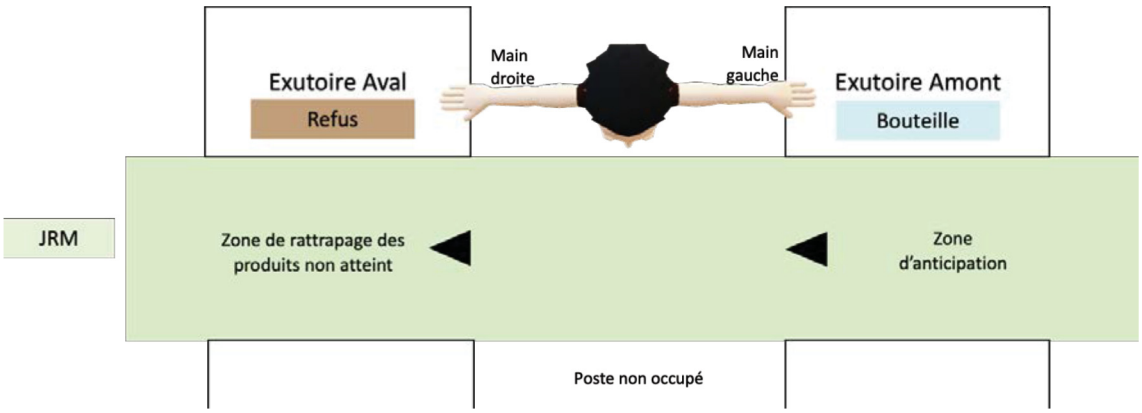


Figure 45. Représentation schématique du poste 9, ligne B (CDT A)[111] associée à la chronique d'activité (Figure 45)

Afin d'analyser les données recueillies, nous avons réalisé une chronique d'activité à partir d'observations sur ce poste (*cf.* Figure 46).

[110] Nous avons observé cela sur les deux centres de tri CDT A et C où une analyse des gestes et des stratégies a été réalisé à partir d'observations filmées et d'un recueil de données issues d'entretiens. Cela a également été observé sur certains postes de tri des CDT B et D. Toutefois, nous ne présentons pas dans cette partie une analyse fine de l'activité des agents de tri en raison de l'absence d'entretiens ou d'autoconfrontations réalisées avec ces derniers.

[111] *Cf.* Annexe 1 pour voir le plan de la cabine CDT A

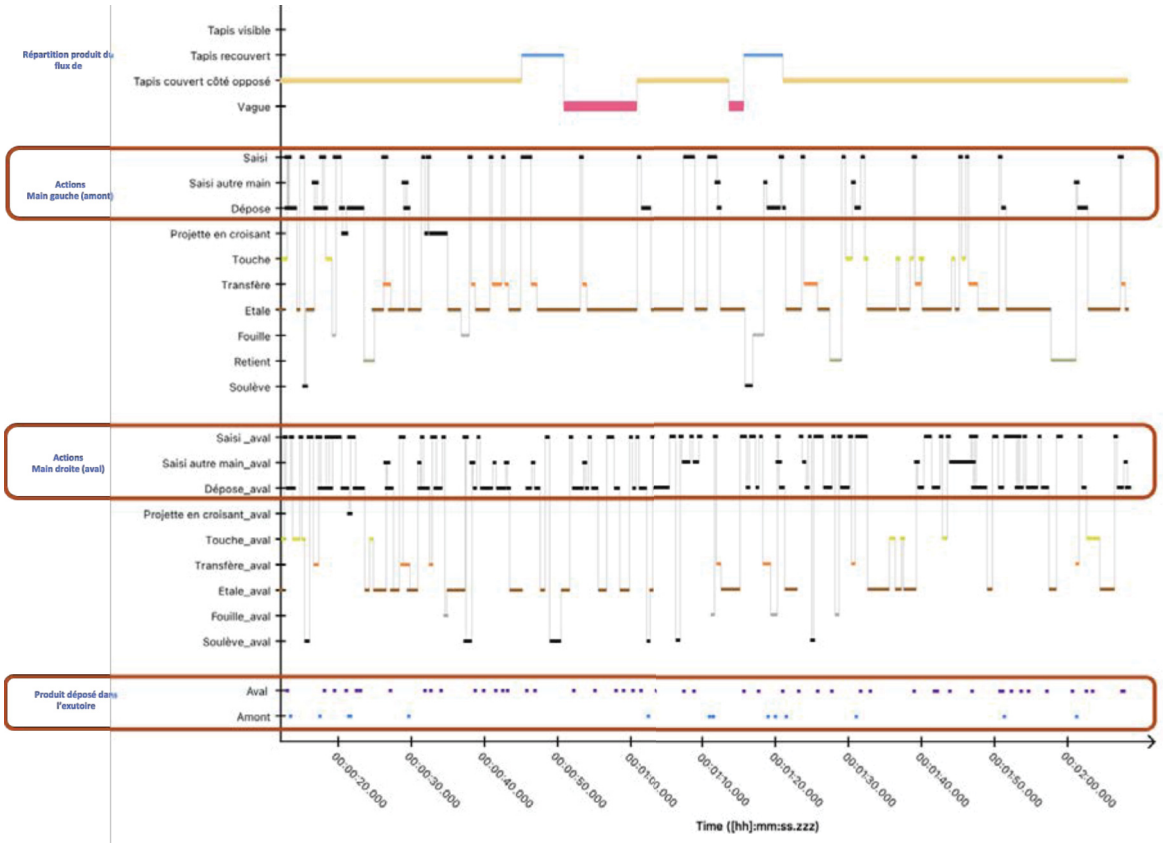


Figure 46. Chronique d'activité du poste 9 de la ligne B (CDT A)[112] [113]

Cette chronique d'activité représente deux minutes de tri sur la ligne B. Comme on peut le voir sur cette chronique, l'exutoire situé en aval est majoritairement utilisé avec 50 produits déposés, contre 14 pour l'exutoire situé en amont (*cf.* Figure 45 ; Figure 46). La main droite situé en aval est 2,3 fois plus utilisé pour saisir des produits sur le tapis que la main gauche. Les agents de tri disposent davantage de possibilités d'anticipation lorsqu'ils peuvent se positionner vers l'amont du tapis, qui correspond à la zone d'anticipation (prise d'information sensorielles, ajustements préalables, anticipation des gestes à effectuer, etc.). À l'inverse, l'aval constitue une zone de « rattrapage », où les gestes sont plus contraints et souvent réalisés dans l'urgence. Or, l'utilisation principale de l'exutoire de gauche limite cet accès à l'amont, rendant l'anticipation plus difficile.

[112] Voir figure agrandie annexe 7

[113] **Note.** Dans cette chronique, *saisi autre main* correspond au produit saisi dans la main opposée et est associé à un « transfère » de produit. Par exemple, l'opératrice *saisi* (avec sa main gauche) > transfère > saisi autre main (avec sa main droite) > et dépose (le produit).
On distingue également *dépose* de *projette en croisant. Dépose* signifie que la trieuse met le produit dans l'exutoire de la main par lequel l'objet a été saisi ; et *projette en croisant* signifie que le produit a été mis dans l'exutoire opposé à la main de saisi. Par exemple, l'opératrice *saisi* un produit avec sa main droite et *dépose* dans l'exutoire de droite ou *projette en croisant* dans l'exutoire de gauche.

Un autre cas a pu être observé, il s'agit d'un poste carton où l'exutoire est étroit et situé très en arrière du tapis (*cf.* Figure 47).

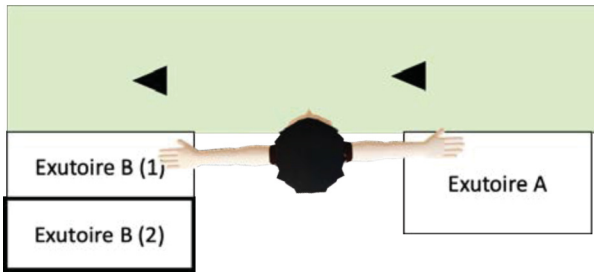


Figure 47. Représentation schématique du poste 14, ligne carton (CDT A)[114] avec exutoire en aval

La limitation de l'anticipation – et des possibilités de « rattrapages » que nous allons voir – sur ce poste est aussi renforcée par le fait que le tapis soit très court, ce qui ne permet pas d'avoir une visibilité sur les produits qui arrivent. Sur cette ligne carton, les fractions à retirer sont du refus (exutoire A), des bouteilles (exutoire B2), et du papier (exutoire B1) qui se mêlent aux cartons. Ce poste est considéré comme un poste difficile et très sujet à l'effet vague. Bien que notre analyse pour sur l'activité réelle observé, nous pouvons noter que cette conception est contraire aux préconisations de la norme NF X35-702 qui encourage la conception de sorte à ce que les agents de tri puissent trier un maximum vers l'amont, voir sur des postes à 45 degrés afin de limiter l'amplitude des mouvements dans des zones à risques (*cf.* Partie 5.3.2).

7.5. Réguler l'activité : des stratégies de rattrapage pour fonctionner en mode dégradé

Lorsque la situation ne permet plus d'anticiper flux de produits et de mettre en place des stratégies d'anticipation, on peut observer la mise en place de stratégies de « rattrapage » et de préservation de soi, pour tenter d'assurer malgré tout, la qualité du tri.

7.5.1. Développer des stratégies pour « rattraper »

L'aménagement de certains postes conduit les agents de tri à adopter des stratégies de tri et une posture dans l'espace du poste davantage tournée vers l'aval du tapis afin de faire face aux contraintes techniques et de la production (*cf.* Figure 48).

[114] *Cf.* Annexe 1 pour voir le plan de la cabine CDT A

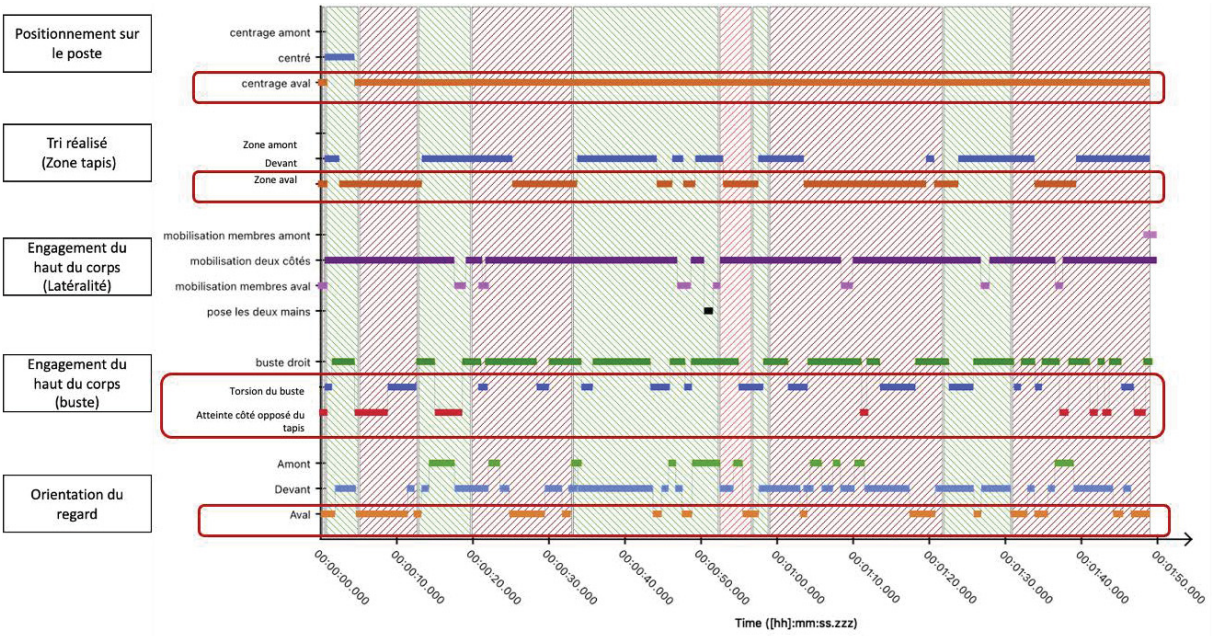


Figure 48. Chronique d'activité de l'engagement du corps du Trieur 5 sur un poste de tri en fonction des variations des quantités du flux de produits (poste « de finition » en fin de ligne) (CDT A). En fond vert, les moments où le tapis est en partie visible en arrivant à hauteur du trieur, en fond rouge les moments où le tapis est entièrement recouvert de produits. [115]

Cette chronique d'activité représente 1'50 minutes de l'activité d'un trieur réalisé sur un contexte sur ce poste de finition[116] (*cf.* Figure 48). Elle a été réalisée dans un contexte où le flux était important[117]. Bien que ce poste de finition, situé en fin de ligne, soit supposé permettre d'affiner la qualité, il est en réalité soumis aux mêmes contraintes que les autres postes lorsque le flux est trop chargé. Comme le montre la chronique, le trieur dispose de peu de possibilités d'anticipation. Il effectue la majeure partie du tri en étant positionné côté aval sur son poste, près l'exutoire situé en aval. Les mouvements sont réalisés principalement entre la zone centrale du tapis et la zone de rattrapage, tandis que la zone d'anticipation est peu exploitée – même pas du tout durant cet extrait. Dans ce contexte, où les agents de tri ne sont plus en mesure d'anticiper efficacement, nous observons l'émergence d'autres stratégies visant avant tout à maintenir un niveau de performance malgré ces contraintes.

[115] Voir figure agrandie annexe 7

[116] Poste en fin de ligne B entouré en pointillé vert sur le plan de la cabine (*cf.* Annexe 1).

[117] Pour rappel, le flux a été qualifié a posteriori « d'abondant » par le trieur, lors d'une autoconfrontation. Cependant, les trieurs étaient exceptionnellement suffisamment nombreux sur la ligne de tri comme le souligne l'agent de tri. Toutefois, bien la présence de tous les agents de tri sur la même ligne soit exceptionnelle, le flux abondant lui, est représentatif de situations fréquentes.

7.5.1.1. *Fouiller pour identifier et ne rien rater*

Nous distinguons « étaler » de « fouiller » bien que les deux soient proches, fouiller la matière consiste davantage à explorer un flux important en mobilisant davantage le corps, notamment les avant-bras et non plus seulement avec les mains. Cette stratégie a surtout été observée dans le CDT D, mais elle a également été décrite par des agents de tri du CDT A.

7.5.1.2. *Pousser pour sauver la qualité*

D'autres stratégies tournées vers le maintien d'une qualité – partielle dans les situations les plus difficiles – vont alors prendre le relai et être mises en place, souvent au détriment de stratégies tournées vers la préservation de la santé. Par exemple, dans les situations de saturation de produit on peut observer les agents de tri pousser la matière (à l'aide de leurs deux bras, et dans une posture penchée sur le tapis et en effectuant une rotation du buste au moment de pousser la matière) dans l'exutoire de refus des déchets non valorisables, sans réel tri entre produits valorisables et produits non valorisables. Cela permet alors de maintenir une qualité partielle du tri en positif[118] mais représente un manque à gagner puisque des matières valorisables ne vont pas être valorisées.

7.5.1.3. *Retenir la matière pour gagner du temps*

Lorsque les agents de tri n'ont pas le temps de trier l'ensemble des produits qui passent à leur niveau, on observe parfois une stratégie qui consiste à ramener la matière de l'aval vers l'amont du tapis afin de gagner du temps additionnel (quelques secondes ou millisecondes) en laissant passer une seconde fois les produits devant soi (*cf.* Figure 49). Cependant, toutes les situations ne permettent pas de mettre en place cette stratégie, au risque d'impacter le collectif.

[118] Ce qui est trié en restant sur le tapis

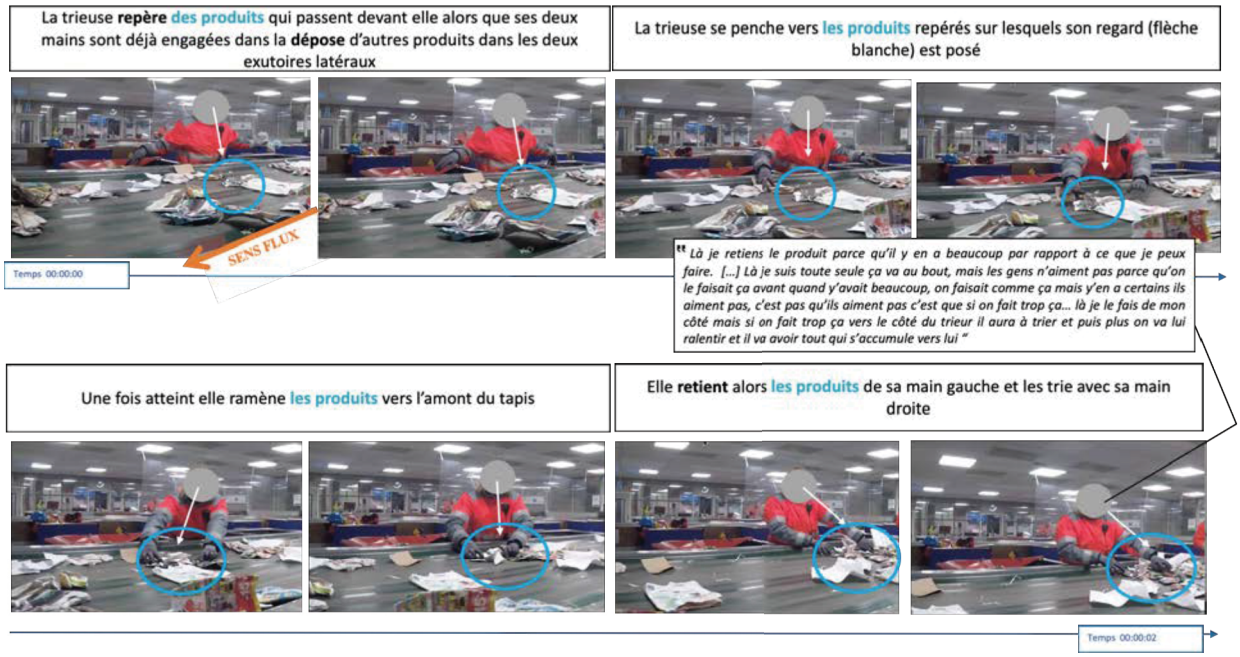


Figure 49. Chronophotographie et données d'autoconfrontation d'une trieuse qui retient le produit en fin de ligne. Les produits retenus sont entourés en bleu et l'orientation du regard de la trieuse est représentée par la flèche blanche.

7.5.2. Réaliser des arbitrages

La mise en place de stratégies dans un contexte variable (changement de postes, variabilité du flux, etc.) nécessite la réalisation d'arbitrages, pour lesquels les savoir-faire des trieurs quant aux priorités en termes de qualité, couplés à la perception et l'interprétation des informations dans la situation de travail, sont mobilisés.

Exemple n°1 : un arbitrage entre trois niveaux de qualité

L'exemple présenté ici correspond à une situation où l'agent de tri est en fin de ligne où le tri négatif concerne du JRM. Elle dispose d'un exutoire refus (côté aval) et d'un exutoire GM1 (côté amont). Un journal qui est trié en tri positif et doit rester sur la ligne, passe à sa hauteur. Il est emballé par un plastique qui, sur ce poste doit être mis au refus puisqu'elle ne dispose pas d'exutoire dédié au plastique.

26 ❝ *- Trieuse : Oui parce qu'il y a des plastiques, par moment il y a des journaux avec un emballage plastique moi ça je les enlève,* ***QUAND j'ai le temps hein ! Là il n'y en avait pas beaucoup on a le temps*** *on les enlève. On met le petit plastique au refus et on repose tout dessus*

- *Ergonome : ça c'est possible quand ….*
- *Trieuse :* ***Quand y'en n'a pas beaucoup on le fait****. Sinon certains films sont fins et on peut, laisser passer mais il vaut mieux éviter quand même*
- *Ergonome : Sinon vous mettez tout au refus ?*
- *Trieuse : Euh la qualité… y'a certains plastiques où ça peut passer parce que c'est une autre qualité et certains qui est plus épais, celui-là il termine au refus.*

(Cheffe de cabine 2, 50 ans, CDT A)

Dans ces cas, l'arbitrage n°1 consiste à séparer le plastique et le journal, et mettre au refus le plastique. Cependant cela nécessite que le tapis ne soit pas surchargé, au risque de laisser passer d'autres matières plus problématique qu'un petit emballage (e.g., un refus volumineux). Aussi, lorsque trop de produit est présent sur le tapis et qu'il n'est pas possible de *séparer* la matière, alors la qualité risque d'être impacté soit directement parce qu'un produit non désirable se retrouve avec le flux JRM (arbitrage n°2), soit indirectement parce qu'un produit valorisable sera déposé au refus, ce qui représente un manque à gagner pour l'entreprise (arbitrage n°3). C'est ce qui est synthétisé dans le schéma décisionnel ci-dessous (*cf.* Figure 50).

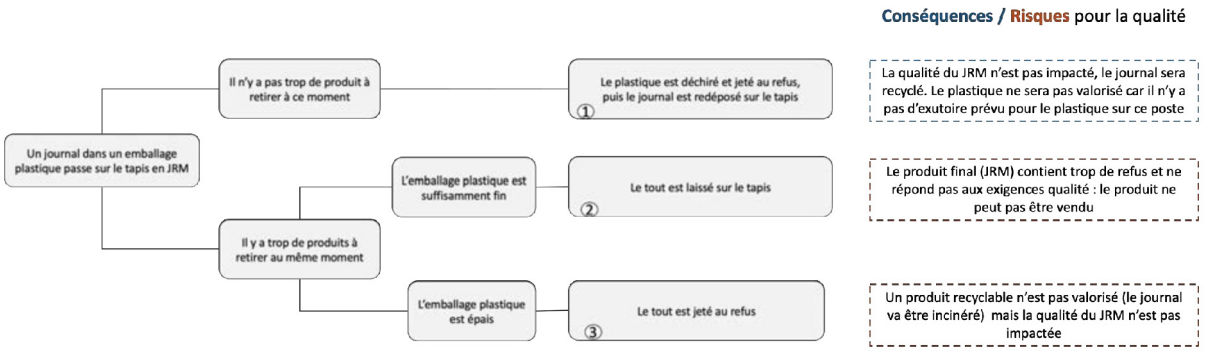


Figure 50. Schéma décisionnel d'une situation où un journal est dans un emballage plastique en fin de ligne JRM (CDT A), à partir de données d'entretiens[119]

[119] Voir figure agrandie annexe 7

Exemple n°2 : arbitrage collectif pour gérer la qualité de JRM à GM

Cet exemple présente une situation où le flux de produit sur la ligne JRM devient excessif. Dans ce contexte, les agents de tri doivent réaliser des arbitrages entre le maintien de la qualité, leur santé et les objectifs à atteindre (*cf.* Figure 51). La ligne dispose sur le poste central d'un bouton qui va permettre de basculer rapidement d'un tri en JRM à un tri en GM, dont les exigences de qualité permettent de laisser passer plus de produit qui sont indésirables dans le flux JRM, et inversement. Cela n'entraîne aucune modification de vitesse du convoyeur ou du produit entrant. Les agents de tri peuvent cependant laisser passer certains produits (i.e., papier teinté dans la masse ou certains plastiques). Ce bouton apparaît comme une des régulations possibles pour les trieurs et leur permet de ne pas se trouver dans une situation d'échec des objectifs de production lorsque ce passage reste une solution temporaire. En effet, un tri JRM de mauvaise qualité peut conduire à des retours de camions de la part des clients, il y a donc un enjeu important à ne pas laisser passer de produits indésirables. En revanche, lorsque les objectifs sont de rester en JRM mais que le flux trop important ne le permet pas et que le flux est maintenu en GM, alors les agents de tri, en plus des risques physiques liés à des postures et mouvements contraignants et la limitation des possibilités de variabilités gestuelle, sont également confrontés au sentiment de travail mal fait et d'inutilité.

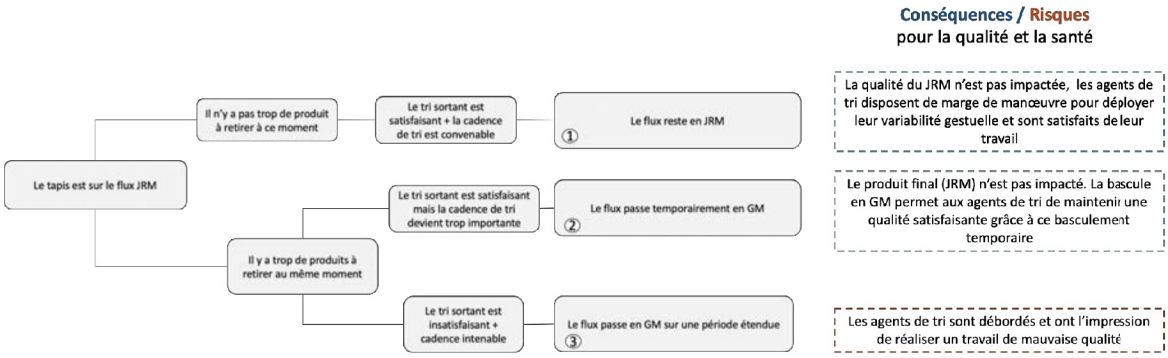


Figure 51. Schéma décisionnel d'une situation de basculement JRM/GM (CDT A), à partir de données d'entretiens[120]

27 ❝ *Ah oui ça change* [de passer de JRM à GM] *parce qu'on peut pas enlever tout le refus, le refus... c'est pour ça qu'on change on met en GM on peut pas enlever tout le refus. Là, y'a quelques refus qui passent, mais tolérés. Là il faut enlever tout ! Tout ce qui est refus, tout ce qui est bouteille, carton"*

(Trieur 4, 62 ans, CDT A)

Ainsi, ces arbitrages qui vont être réaliser vont conduire à mettre en place ou non certaines stratégies, notamment les stratégies de préservation de la santé.

[120] Voir figure agrandie annexe 7

Exemple n°3 : arbitrage entre santé et qualité

Nous l'avons vu, les stratégies d'anticipation peuvent être orientées vers la recherche de la qualité effectué, vers la préservation de sa santé, ou vers le collectif. Bien qu'elles se recoupent puisqu'elles visent toutes, dans une certaine mesure, la qualité du tri réalisé. Ces stratégies sont associées à des arbitrages réalisés en permanence et de façon plus ou moins consciente pour les agents de tri (extrait n°28 et n°29) :

28 « *Là y'en avait pas beaucoup en plus sur le tapis, donc je me dis… mais c'est inconsciemment là je ne me le disais pas en fait, c'est maintenant que je me le dis,* ***je me dis que si je prends une bouteille, j'attends un petit peu j'en ai une autre qui va arriver, au lieu de faire deux gestes, je vais en faire qu'un seul pour jeter 2-3 bouteilles****, maintenant quand y'en a beaucoup euh non le geste je le fais de suite je peux pas les stocker.* »

(Trieuse 1 et CC1 remplaçante, 45 ans, CDT A)

29 « *Je le fais plus mais quand je soulevais par exemple je voyais qu'il y avait une bouteille là, de l'autre côté, avant j'aurais été la chercher.* ***Maintenant je peux plus le faire, je sais que je vais me bousiller****. Maintenant je me dis non* ***ne le fais pas il y a le collègue après qui va le récupérer****.*"

(Trieuse 1 et CC1 remplaçante, 45 ans, CDT

La mise en place de ces stratégies est dynamique et varie sans cesse pour faire face aux situations qui se présentent. Elles évoluent également avec l'expérience, qui va transformer les leurs savoir-faire par l'acquisition de gestes professionnels. Les gestes et stratégies mis en place évoluent également au fil du temps par la proprioception, lorsque la trieuse ou le trieur ressent des douleurs ou des atteintes corporelles. Dans ce cas, l'activité donne lieu à d'autres stratégies qui prennent le relai (en s'appuyant sur le collectif notamment).

7.6. L'analyse du travail et de l'activité des agents de tri dans des situations variées : constances et variabilités pour commencer à *voir large*

Afin de poursuivre cette *analyse en profondeur*, une comparaison-différenciation avec un centre de tri plus récent nous permet d'identifier quelles sont les similitudes dans les régulations de l'activité malgré les variations du contexte organisationnel et technique. Cette partie propose *d'élargir* la connaissance de l'activité d'agents de tri dans des contextes variés.

7.6.1. Éléments de variabilités techniques et organisationnelles entre les CDT A et C

Les deux centres de tri sont des centres de tri de la collecte sélective[121]. Le centre de tri A, d'où proviennent les données présentées jusqu'alors, a été construit en 2001, tandis que le CDT C a été mis en service en 2018. Outre la modernité du site, des différences existent également dans l'organisation du travail. Sur le CDT A, 3 équipes se succèdent avec 14 agents de tri par équipe, et dans le CDT C, ce sont deux équipes qui se succèdent avec 8 agents de tri par équipe (*cf.* Tableau 9).

Tableau 9. Répartition des équipes des agents de tri et horaires de travail en cabine sur les CDT A et C

	CDT A (Mise en service 2001)	**CDT C (Mise en service 2018)**
Équipes	3 équipes Alternance entre l'équipe du matin et celle de l'après-midi tous les jeudis Équipe de nuit fixe	2 équipes Alternance entre l'équipe du matin et celle de l'après-midi chaque semaine Pas d'équipe de trieurs de nuit
Réunions programmées en cabine	-	Point quotidien de quelques minutes
Nombre de postes de travail par équipe	14	8
Horaires	Matin : 5h-12h Après-midi : 12h-19h Nuit : 19h-02h	Matin : 6h-13h Après-midi : 13h-20h
Rotations sur les postes	Toutes les 2 heures	Toutes les heures

Sur le CDT de tri A, 70T de déchets sont triées par équipe, soit environ 10 ou 12T/h selon les éventuels arrêts. Cela représente environ 210T triées par jour. Sur le CDT C, le tonnage est

[121] Nous avons fait le choix de présenter les similitudes et différenciations entre les CDT A et C uniquement, dans cette partie, car des entretiens ont pu y être réalisés auprès d'agents de tri. De plus il nous semblait intéressant de faire ce rapprochement entre ces sites, tous deux issus de la collecte sélective et dont un écart de mise en service donne à voir les évolutions du secteur. Pour rappel, le CTD A, comme le CDT B, sont opérationnel depuis le début des années 2000, et le CDT D a été mis en service plus récemment mais le tri effectué n'est pas le même et les produits valorisés sont issus des déchets encombrants.

compris entre 6 et 7 T/h environ, avec un tonnage par équipe de 42T en moyenne. Ce chiffre peut varier sur les deux sites en fonction des arrivages ou après des jours fériés par exemple où la quantité de déchets à trier peut-être plus importante. Cependant, il est difficile de comparer le tonnage entre deux sites car cela ne détermine pas la quantité de produit entrant en cabine puisqu'il comprend le tri réalisé en amont par les machines. Ces paramètres varient selon la taille du site, le process en amont (*cf.* Annexe 1 à 4), le type de produit entrant, le type de tri réalisé et le tonnage n'indique pas non plus la pureté de ce tri (i.e., les erreurs de tri commises par les citoyens). Cela permet tout de même de mesurer l'importante quantité de produits entrants et sortants des sites chaque jour.

De plus, la conception des lignes de tri diffère entre le centre de tri A et C. Dans le CDT A, la cabine des corps plats[122] est composée d'un poste individuel sur le tapis GM1, et de deux tapis JRM composés de quatre postes chacun. Le tri est réalisé à la chaîne et seuls les deux premiers postes disposent d'un exutoire pour retirer les bouteilles. Le tri a réalisé en début ou en fin de ligne n'est pas le même (*cf.* Annexe 1 et 3)[123]. Dans le centre de tri C la cabine de tri est composée de cinq tapis, dont deux sont constitués de postes individuels (une seule personne est présente sur le tapis), et deux postes sont en miroir c'est-à-dire que les agents de tri se situent face à face et sont amenés à trier le même produit.

Tableau 10. Dimension collective des postes de tri CDT A et CDT C

Type de poste	Activité collective (à l'échelle du poste)	CDT A	CDT C
Poste individuel – un seul poste sur un tapis	-	1	2
Poste en miroir sans poste en amont ou en aval	Tâche +/- identique Répartition du tri face à face	0	**4**
Poste en amont ou en aval (personne en face)	Tâche variable selon exutoire Répartition du tri par type de produit	2	2
Poste en miroir + poste en amont ou en aval	Tâche +/- identique à la personne en face Répartition du tri face à face Tâche complémentaire par rapport au collègue situé en amont/aval	**11**	0
Nombre de postes occupés (prescrit) par cabine		**14**	**8**

[122] Pour rappel, les *corps plats* font référence à la forme d'une catégorie de matériau tels que le papier, le cartons et certains emballages plastiques. En opposition aux *corps creux* qui renvoient aux bouteilles, canettes, etc.

[123] Le CDT A est composé de deux cabines distinctes (corps plats et corps creux). Nos observations ont été ciblées uniquement sur la cabine des corps plats, car la cabine des corps creux dispose de postes frontaux qui n'avaient pas été prévu sur le nouveau site A'.

7.6.2. D'un centre de tri ancien à un plus récent : des contraintes toujours présentes

7.6.2.1. Une conception des postes potentiellement limitantes : l'exemple du poste mix plastique CDT C

Le poste de tri « mix plastique » ainsi que le poste du carton sont considérés (par les chefs d'équipes, cheffes de cabine et les trieurs eux même) comme un des postes les plus difficiles et les plus à risque du CDT C.

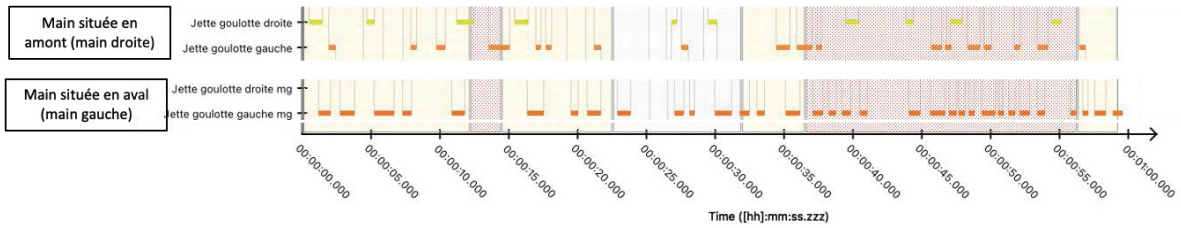


Figure 52. Extrait d'une chronique de l'activité d'un trieur sur le poste mix plastique (flux qualifié de difficile par les trieurs) CDT C

La chronique réalisée sur ce poste (*cf.* Figure 52) permet de montrer que l'exutoire situé en aval est trois fois plus utilisé que celui situé en amont, comme nous avons pu l'observer sur plusieurs postes de tri du CDT A, pourtant plus ancien. Cependant, les agents de tri parviennent à y faire face en développant un ensemble de stratégies, comme nous avons pu le voir sur le premier CDT présenté, et comme nous l'avons également observé sur le CDT C. Ces stratégies restent possibles dans certaines situations, mais lorsque le flux de produit devient trop important, alors il est plus difficile pour les agents de tri de faire face.

7.6.2.2. Un effet « vague » qui pèse sur les possibilités de développement de l'activité

Les entretiens réalisés auprès des agents de tri et des cheffes de cabine mettent en lumière les conditions essentielles en termes d'expérience vécue d'une « bonne journée de travail » (*cf.* Figure 53).

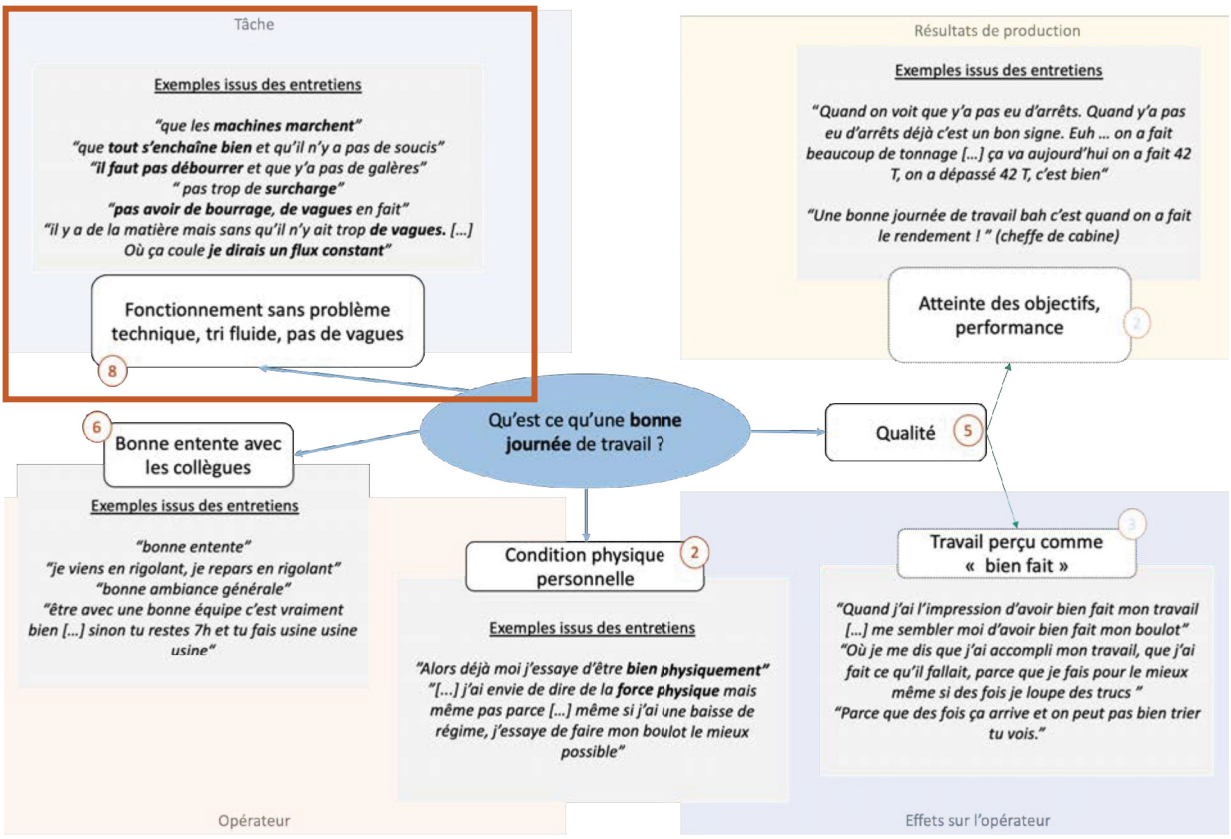


Figure 53. Catégorisation des verbatim issues de 15 entretiens à la question « Qu'est-ce qu'une bonne journée de travail ? » (CDT C) à partir du schéma à 5 carrés (Leplat & Cuny, 1977). Entouré en rouge le nombre de réponses s'inscrivant dans chaque catégorie

En s'appuyant sur le « schéma à 5 carrés » (Leplat & Cuny, 1977), il apparaît que le premier facteur mentionné au cours des entretiens pour considérer qu'une journée s'est bien déroulée, est lié aux conditions de réalisation du travail réalisé, qui se concrétisent par la qualité du flux de produits et l'absence d'arrêts du tapis. Il s'agit plus spécifiquement des déterminants techniques de l'activité qui assurent le pré-tri mécanisé des déchets et constituent le flux de matière arrivant en cabine de tri. Comme sur le CDT A, la question de l'arrivée par vague et des bourrages reste centrale pour l'activité des trieuses et trieurs, même sur ce centre de tri plus récent et automatisé[124]. La dimension collective mentionnée par six agents de tri occupe la seconde place, à travers des aspects liés à l'importance de « bonne entente » et à la « bonne ambiance ». Nous aborderons plus en détail cette dimension dans la partie suivante (*cf.* Partie 7.6.3.). Par ailleurs, la question de la qualité produite est également mentionnée par 5 agents de tri, qui soulignent l'importance d'un travail bien fait, en termes de qualité perçue, mais

[124] Comme nous le verrons par la suite, cette contrainte affecte également l'activité des agents de tri des CDT B et D.

également en termes d'atteinte des objectifs de performance. Enfin, dans une moindre mesure, la question de la condition physique du trieur lui-même est mentionnée par deux agents de tri.

7.6.2.3. L'exemple du « transfert » de produit d'une main à l'autre limitée par la complexité du tri

Comme nous avons l'avons observé sur le CDT A, le transfert de produit d'une main est l'autre est la stratégie de tri la plus fréquemment utilisée. Elle revêt des aspects de préservation de sa propre santé en évitant les angulations à risque des poignets, coudes et épaules. Nous l'avons également observé sur le CDT C et nous avons comparé 4 extraits vidéo en fonction de la difficulté du tri[125]. Dans la figure ci-dessous (*cf.* Tableau 11 ; Partie 7.3.2.5), nous nous sommes centrés sur l'évolution de la stratégie de transfert de produit.

Tableau 11. Stratégie d'anticipation « transfère » sur le poste de tri « Mix plastique » CDT C

Évaluation du tri par les trieurs	**Difficile**		**Facile**	
	Extrait vidéo 1	Extrait vidéo 3	Extrait vidéo 4	Extrait vidéo 5
Transfère des fractions de la main amont vers aval (% des objets transférés parmi ceux saisis sur le tapis en amont)	**26%**	**11%**	**61%**	**63%**
Transfère des fractions de la main aval vers amont (% des objets transférés parmi ceux saisis sur le tapis en aval)	10%	11%	8%	13%

Note. En vert les stratégies relevant de l'anticipation, en rouge celles relevant d'un « rattrapage ». Ce tableau a été réalisé à partir d'extraits vidéo de 1 min, réalisé sur le poste de tri « Mix plastique » CDT C. La difficulté du tri a été évaluée sur une échelle de Likert en 5 points par 8 trieurs.

Le tableau présenté montre qu'environ 60% des produits récupérés sur le tapis sont ensuite transférés de la main située en amont, vers la main située en aval avant d'être déposé dans l'exutoire adéquat lorsque le tri est qualifié de facile. Lorsque le tri est considéré comme difficile ce pourcentage tombe à 26 et 11% des produits ramassés. En revanche, le transfert de la main située en aval vers la main située en amont reste de 10,5% des produits ramassés en moyenne.

Ainsi, tenant compte des résultats présentés, nous pouvons représenter les situations observées sur les deux centres de tri ainsi (*cf.* Figure 55) : les régulations de l'activité des agents de tri

[125] 10 extraits vidéo d'une minute ont été évalués par 8 trieuses et trieurs, sur une échelle de Likert en 5 points. Ils étaient également invités à évaluer la fréquence du type de situation de tri et à nous faire part de commentaires éventuels sur les différents extraits. Les extraits ayant la moyenne de difficulté la plus élevé avec l'écart type le plus faible ont été retenus pour être présenté ici.

consistent à mettre en place un ensemble de stratégies Cela passe à la fois par la mobilisation de l'ensemble des sens afin d'anticiper et se préparer à l'action ; par la mise en place de stratégies de positionnement, visant également à favoriser cette anticipation ; et par la mise en place de stratégies de de tri, que l'on peut considérer comme tournées vers la qualité, la préservation sa santé ou vers le collectif. Ces intentions associées aux différentes stratégies ne s'opposent pas mais se complètent et coexistent lorsque la situation de travail le permet. En revanche, lorsque le flux de produits augmente de par sa quantité et/ou sa complexité la situation de travail va progressivement se dégrader. Les agents de tri vont alors développer des stratégies de rattrapages, qui ne permettent pas de garder un équilibre entre les trois intentions visées par les stratégies d'anticipation.

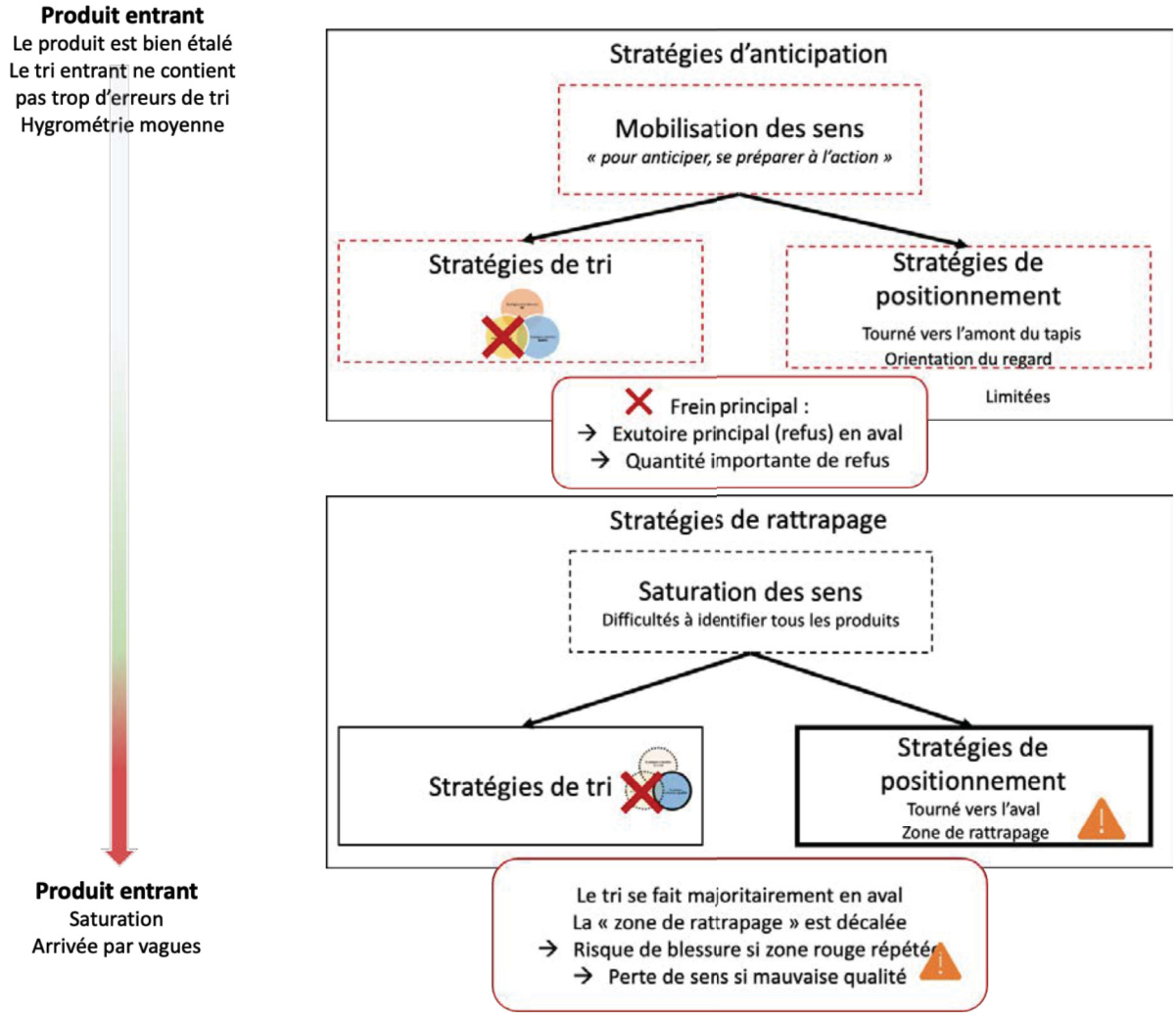


Figure 54. Schéma représentant les possibilités de mises en place de stratégies en fonction de la quantité du flux de produit

7.6.2.4. Le risque d'une vision réductrice des TMS : L'exemple de considérations réductrice sur la santé et les TMS qui semblent se confirmer sur le CDT C

Comme nous l'avons vu, la variabilité gestuelle offre alors des possibilités de régulations et sont une ressource pour l'activité. Or, la vision portée par les responsables de site, chefs d'équipe, préventeur semble aller à l'encontre de ces considérations. Bien que nous n'ayons pas échangé avec un préventeur sur le premier site, les discours des trieurs semblent indiquer des demandes récurrentes des gestes et postures à adopter ou ne pas adopter. Par exemple, une cheffe de cabine nous expliquait en entretien les recommandations faites par le directeur :

30 « *Mr* [le directeur] *il était venu leur expliquer* ***c'est pas la peine de faire comme*** *ça vous allez vous faire mal.* ***Il faut pas*** *lever. Et y'en a vous regarderez, pour un carton qu'ils vont attraper, ils vont faire comme ça* [lever le bras] *le geste et faut pas, c'est là où ils vont se faire mal. Et Mr* [le directeur] ***avait fait une réunion pour ça, il l'avait expliqué à tout le monde.*** *Après c'est l'habitude que prennent les gens aussi, même si on leur dit, c'est les habitudes qu'on prend au tri. Parce que moi je tri comme ça mais vous prenez une autre personne triera différemment comme je vous expliquais tout à l'heure.*

(Cheffe de cabine 2, 50 ans, CDT A)

Sur CDT C nous avons pu observer également une vision portée majoritairement sur la question de « gestes et postures » était portée par les préventeurs sur le site. Notre interlocuteur initial était un préventeur des risques, et bien qu'il n'y ait pas eu de demande initiale puisque la venue sur le site a été sollicité par l'ergonome, des questionnements immédiats suite aux premières observations ont émergé et portaient sur les « bons geste » et « bonnes postures » des agents de tri. Nous avons sur ce même site, été en contact avec les 3 préventeurs qui se sont succédés, et dont les interrogations étaient également limitées à une approche visant « le bon geste » par l'élimination des possibilités de développer certains gestes délétères (*cf.* Tableau 12). Les éléments observations permettent de qualifier cette approche préventive comme plutôt réductrice des questions de santé.

Tableau 12. Récapitulatif des situations rencontrées

Préventeur	Description d'une situation
IPRP 1	Questions orientées systématiquement gestes et postures : le « bon geste » Demandes aux agents de tri d'éviter les « gestes inutiles »
IPRP 2	Contre les sièges assis debout (recommandés par l'INRS)
	Se questionne sur les possibilités techniques de mettre en place des plexi glace de part et d'autre des postes les plus à risque (mix plastique) pour que les trieurs n'aillent plus en « zone rouge »
	Action mise en place : Met en place des scotchs jaune pour indiquer les zones à ne pas dépasser
IPRP 3 (Peu de données)	Situation à risque durant une visite du process : un agent sur le process pour effectuer une réparation ne portait pas sont harnais sur un tapis éteint. L'IPRP réprimande la personne en criant, en rappelant les règles de sécurité sans questionner les conditions de mise en place de ces règles de sécurité.

La mobilisation de stratégies de tri complexes et variées, modulables selon les conditions de réalisation du travail de tri apparaît comme une des marges de manœuvre pour les agents de tri. Aussi, une vision limitante et normative des gestes, visant à réduire et limiter le nombre de mouvement réalisés pourrait être délétère pour la santé. Par exemple, le fait de transférer un produit d'une main à l'autre peut permettre de limiter l'amplitude des mouvements ou d'éviter de trop solliciter une épaule douloureuse. Alors que l'opérateur pourrait « saisir » puis « déposer » il va « saisir » (avec une main) « transférer » (à l'autre main) « saisir » avec l'autre main, et « déposer ». Comme nous avons pu le voir, l'anticipation est centrale, bien que limitée à l'échelle du champ visible du tapis de tri pour les opérateurs. Aussi, cette approche prescriptive semble limitante pour la prévention des TMS puisqu'elle est centrée essentiellement sur des aspects biomécaniques, et vise à restreindre la variabilité gestuelle. Ce type de situation peut conduire à des situations d'activité empêchée à travers une forme de standardisation des gestes.

Par ailleurs, des solutions sont testées régulièrement pour répondre à des difficultés ou risques identifiés. Par exemple, sur le CDT C une modification a été apportée sur les postes suite à une chute. Chaque poste de tri est équipé d'une chaînette qui doit être fermée lorsque les personnes sont sur leurs postes. Or, une trieuse ayant dû retirer un objet lourd s'est retrouvé bloquée par cette chaînette et a chuté. Les chaînettes visant à « sécuriser » le poste ont été modifiées au profit de chaînette extensible[126]. Ainsi, cet exemple illustre le fait que lorsque des solutions sont

[126] Nous avons par la suite observé la même situation sur le CDT B, à la différence qu'à de chaînettes extensibles, des chaînettes aimantées ont été choisies.

proposées, elles relèvent souvent de « solutions pansements » et n'amène pas nécessairement à questionner plus largement le travail.

7.6.3. Des ressources à développer

7.6.3.1. Le caractère automatique du geste et l'importance de cette variabilité gestuelle à prendre en compte pour éviter une forme de standardisation délétère

Le caractère automatique des gestes apparaît central dans les discours des cheffes de cabine et des agents de tri interrogés durant les autoconfrontations et les entretiens. Sur le CDT A, les deux cheffes de cabine parlent d'« habitude », et le caractère « automatique » du geste est également souligné. Aussi, une recherche transversale à l'ensemble des entretiens réalisé sur les deux sites permet d'identifier l'utilisation de d'autres termes récurrents utilisés de façon spontanée pour qualifier les gestes et stratégies mises en place :

31 « *Moi j'ai pris l'**habitude** de faire comme ça parce que c'est là où je suis le plus à l'aise. J'ai pas réfléchi en fait, j'ai fait comme ça en étant le plus à l'aise.* »
(Cheffe de cabine 2, 50 ans, CDT A)

32 « ***C'est un automatisme que j'ai pris à la longue**, et puis peut-être que c'est ma douleur qui fait que... la douleur du tendon qui me dit … beh tant qu'à faire, fait en un seul pour trois bouteilles, que faire trois gestes pour une seule, ça sera mieux pour ton tendon. Mais je sais … c'est **automatique**"*
(Trieuse 1 et CC1 remplaçante, 45 ans, CDT A)

33 « *C'est un réflexe d'aller chercher (le produit)* »
(Trieur 1, 49 ans, CDT C)

On retrouve également des verbalisations spontanées similaires sur le CDT C (*cf.* Tableau 13). Neufs trieurs interrogés sur vingt utilisent spontanément un des mots de vocabulaire citer dans le tableau (*cf.* Annexe 6).

Tableau 13. Analyse de contenu des entretiens par recherche de mots-clés mobilisés spontanément par les agents de tri pour qualifier les gestes et stratégies mises en place

Mot clés recherchés (A propos des actions techniques réalisées et des stratégies mises en place)	**Nombre de personnes utilisant ce mot au moins une fois**	**Occurrence (Dans les 20 entretiens)**	
Réflexe	5	9	
Habitude Habituel Habituellement	2	12	
Automatique Automatisme	1	10	
Naturel Naturellement	1	6	
Mécanique Mécaniquement	1	3	
Machinal Machinalement	1	3	
Instinctif Instinctivement	1	3	
Inconsciemment	1	1	
	CDT A	**CDT C**	**Total**
Nombre de personnes interrogées	5	15	20
Nombres de personne utilisant un des mots au moins une fois	2	7	9

7.6.3.2. Des solutions techniques et organisationnelles variées pour faire face aux contraintes : focus sur 3 variabilités situationnelles importantes du point de vue des possibilités de régulations

Afin de pouvoir atteindre les objectifs de performance tout en préservant leur santé, les opérateurs disposent de marges de manœuvres plus ou moins importantes selon les sites, où ils vont pouvoir mettre en place des régulations. Nous considérons ici, à la fois les régulations du système, qui renvoient à des possibilités techniques de régulation de la production ; mais aussi les régulations de l'activité par les opérateurs et opératrices afin de limiter les répercussions négatives sur leur propre santé (Falzon,2004). Au niveau des postes de tri, nous allons voir que ces régulations sont relativement limitées dans certaines situations, tant du point de vue technique, que du point de vue de l'activité. Nous détaillerons ici les différents types de régulations que nous avons pu observer, à l'échelle des opérateurs que ce soit en cabine de tri, sur le tapis ou sur leur poste de tri.

Nous en avons identifié deux :

(1) La possibilité de basculer une ligne vers un tri avec des exigences de qualité moindre (CDT **A**).

Encadré 1. Régulation technique possible pour les trieurs
La bascule du JRM au GM (1)
CDT A

Le centre de tri est un ancien site composé de deux cabines de tri. Dans la cabine de tri des corps plats, on retrouve 4 lignes. Les ligne A et ligne B, permettent de produire en tri négatif (ce qui restera sur le tapis) du JRM (Journaux Revues Magazines). Ces lignes peuvent être basculé en GM (gros de magasin) par le trieur qui se situe au milieu du tapis. Le tri de JRM est particulièrement exigeant puisque les cartonnettes ou certains types de papiers ne sont pas tolérés, alors qu'ils le sont pour le GM. Sur chaque ligne 4 trieurs sont généralement placés sur des postes, bien que cela fluctue.
Un trieur dispose à son poste d'un bouton, qui permet de basculer instantanément la ligne de JRM à GM et inversement. Cela permet aux équipes de continuer à obtenir une **qualité** acceptable même lorsque le produit est trop important sur le tapis pour poursuivre en JRM de qualité.

Une possibilité intéressante pour les trieurs [à propos de basculer JRM vers GM] (extrait n°35), à condition que cela reste une régulation provisoire (extrait n°36) car la qualité est impactée (extrait n°37).

35 « *Bah ça change beaucoup on préfère. […] On n'en ramasse moins, on ramasse ce qu'on doit ramasser et si on peut pas ramasser le reste bah c'est pas grave ça passe en GM […] c'est plus facile qu'en journaux.* »
(Trieur 4, 62 ans, CDT A)

36 « Si je vois que mes collègues ils n'y arrivent pas et qu'on est toujours sur du GM je vais aller le dire, il faut qu'on fasse de la qualité quand même. Donc je vais aller dire à mon, à la personne qui charge baisse un petit peu pour faire un peu de journaux »
(Trieuse 1 et CC1 remplaçante, 45 ans, CDT A)

37 « *Il y en avait beaucoup donc forcément on était tout le temps en GM1 donc forcément c'était chiant c'était beaucoup comme ça donc j'ai dit à mon chef « là on n'y arrive pas, on peut pas faire de journaux y'en a trop » « ok, il me dit, bon je vais aller voir » bon je patiente et tout, en fait y'avait rien qui avait changé donc mes collègues me le redisent donc je leur dit je vais voir (??) donc au moment où j'allais partir je vois [le directeur] donc je lui dit « là on n'arrive pas à faire de journaux là on fait que du GM1 je dis y'en a beaucoup trop, je dis on peut pas. Donc il me dit « Bon beh très bien je vais baisser » mais c'était. On tournait mais souvent on remettait en GM il avait baissé mais peut-être pas assez. Mais après on comprend parce qu'il y a du stock, y'a énormément de stock en ce moment et il faut y aller, mais j'ai quand même prévenu qu'on pouvait pas faire beaucoup de qualité.* »
(Trieuse 1 et CC1 remplaçante, 45 ans, CDT A)

(2) La possibilité de mettre le tapis quasiment à l'arrêt pour retirer un objet lourd ou lors d'une vague de produit (CDT **C**)

Du point de vue technique, le CDT C introduit une fonctionnalité de ralentissement temporaire des tapis. Les agents de tri disposent d'un bouton qu'ils sont encouragés à utiliser lorsqu'un objet lourd ou un mont de produit arrive sur le tapis (*cf.* Encadré 2). Cependant, ce bouton n'est pas systématiquement activé par les agents de tri.

Encadré 2. Régulation technique possible pour les trieurs
Ralentissement provisoire du tapis
CDT C

Sur les postes, un bouton est accessible aux trieurs pour ralentir provisoirement le tapis.

Fonctionnement : L'arrêt du tapis n'est pas comptabilisé comme un arrêt en dessous de 1 minutes, au-delà l'arrêt est comptabilisé et impacte le temps de fonctionnement et les objectifs chiffrés à atteindre.

Prescrit : Les trieurs sont invités à utiliser ce bouton s'il y a un objet lourd pour éviter de se blesser ou pour enlever un bourrage qui se créer en cabine (au fond d'un exutoire, et à l'entrée ou à la sortie du tapis). Durant une observation des « points collectifs » en début de poste, ce point était à l'ordre du jour et les trieurs étaient encouragés à l'utiliser si besoin.

Réel : Durant nos différentes observations filmées et observations ouvertes en cabine de tri, cette possibilité technique n'a été utilisée qu'à un seul moment.

Nous identifions deux facteurs qui pourraient expliquer la faible utilisation de ce bouton malgré les incitations à l'utiliser. Le manque de connaissance du fonctionnement réel de l'activation de ce bouton (1), qui entraîne la crainte que les collègues soient impactés par cet arrêt, et la crainte que l'arrêt impacte la production. Le temps de réactivité du bouton (2) qui ne réagit pas immédiatement, et qui peut mettre du temps à repartir.

38 « *Oui je peux le faire, je peux le faire mais on n'a pas le droit parce que quand on l'arrête cinq minutes, dans tous les postes ça, les matières s'arrêtent. Ça tourne, mais les matières n'arrivent pas. Donc on appelle ça un blanc. Donc il ne faut pas que je le fasse quoi parce que sinon « Eh rallume ! » pour pas qu'il y ait un blanc quoi.* »

(Trieuse 7, 59 ans, CDT C)

39 « *Jamais je le fais alors que je devrais le faire un petit peu, parce qu'il faut pas le faire très longtemps par rapport à ceux qui travaillent en dessous […] Bon après j'ai pas trop compris mais je crois un peu le système c'est eux qui envoient quoi. […] Je veux pas handicaper mes collègues.* "

(Trieuse 9, 47 ans, CDT C)

De plus les actions techniques qui se réalisent de façon automatique nécessitent une synchronisation avec la vitesse du convoyeur, ce qui implique la nécessité d'une régularité dans la vitesse des tapis puisque toute variation du rythme peut être coûteuse. Il est donc également possible que le changement de rythme soit contraignant pour les agents de tri concernés par cette possibilité.

Nous avons pu observer que quelques marges de manœuvre organisationnelles étaient rendues possibles en cabine de tri. Nous avons pu constater, sur certains sites, qu'il était possible d'échanger de façon informelle de poste avec une collègue (Encadré 3). La conception des postes est plus individualisée sur le CDT C (*cf.* Partie 7.6.1.). Cependant, la dimension collective reste centrale et apparaît comme une ressource. Bien qu'elle ne se limite pas seulement à ces stratégies individuelles qui se jouent à l'échelle du poste, mais se mettent en place également à l'échelle de la cabine. Lorsqu'un objet lourd arrive sur un poste, il est fréquent que la personne présente sur le poste le plus proche (généralement sur le tapis derrière) viennent en aide pour dégager l'objet lourd. De l'entraide entre les agents de tri a également pu être observée lorsqu'une personne ressent des douleurs, les postes sont échangés de façon informelle.

Encadré 3. Récit d'observation
CDT C

Deux trieurs discutent avant d'occuper leur poste. Le trieur 1 demande au trieur 2 s'ils peuvent échanger de poste car il souffre de l'épaule droite et le poste sur lequel il doit aller est particulièrement sollicitant pour son épaule. Le trieur 2 accepte et se positionne sur le poste de son collègue.

Cependant, la plupart du temps, cela passe par le chef ou la cheffe de cabine (CDT **B**, CDT **C**). On peut noter également, que malgré une invitation à signaler toute douleur qui rendrait préférable un échange de poste, certains trieurs « n'osent pas » (CDT **C**) signaler des difficultés ou des douleurs.

Les marges de manœuvres des trieurs sont très limitées voire inexistantes dans certaines situations critiques sur l'ensemble des sites à l'échelle des trieurs et trieuses. Les régulations

techniques (prescrites) relevant de la production sont quasi-inexistantes pour les trieurs. Au-delà des quelques aménagement techniques les autres régulations passent par un ou plusieurs intermédiaires, et les marges de manœuvres n'appartiennent plus aux trieur·euse·s mais à leurs encadrants. Les agents de tri peuvent informer la cheffe de cabine, s'ils estiment par exemple qu'il arrive trop de produit sur la table de tri, et c'est elle qui va ensuite être en mesure d'agir directement en modifiant la vitesse des lames de la trémie d'alimentation (CDT **B**, CDT **C**), en échangeant avec le cariste remplissant la trémie, ou en informant à son tour le chef d'équipe pour qu'il décide – ou non – de diminuer le débit de produit entrant en cabine (CDT **A**). Nous y reviendrons davantage (*cf.* Partie 8.3 sur les cheffes de cabine ; Partie 8.4 sur les chefs d'équipe). De plus, des caméras sont présentes sur le process et visible en cabine de supervision et dans la cabine des corps creux afin de pouvoir repérer en amont d'éventuelles anomalies. Cependant, la prévention ne suffit pas toujours à éviter les bourrages, et donc l'effet vague sur les tapis. Afin de palier au maximum la survenue de bourrage sur le process technique, un poste de rondier permet d'anticiper afin d'éliminer des bourrages dès leur formation, voire même avant qu'ils ne surviennent grâce à l'identification par le rondier des encombrants telles que les containers qui se trouvent par erreur dans le flux de produits.

7.7. Éléments de discussion du premier axe d'analyse : *analyser en profondeur*

L'analyse de l'activité des trieurs nous a permis d'identifier un ensemble de déterminants de la situation de travail (produit entrant, organisation, conception des postes) pouvant avoir des effets sur les possibilités de développement de l'activité des personnes. Cependant, les agents de tri pour faire face à ces contraintes vont développer un ensemble de régulations afin de contourner les difficultés. Ainsi, ils vont mobiliser un ensemble de stratégies lorsque les marges de manœuvre de la situation le permettent, à travers la mobilisation d'un ensemble de stratégies d'anticipation comprenant des stratégies de tri et des stratégies de positionnement. Cela se traduit notamment par une variabilité gestuelle dans l'objectif d'atteindre une qualité de tri satisfaisante, tout en se préservant. Toutefois, certaines situations vont réduire ces marges de manœuvre, ce qui limite les agents de tri dans le déploiement de leur activité, qui vont rencontrer davantage de difficultés pour tenir les stratégies orientées vers la qualité, la santé et le collectif (*cf.* Figure 55).

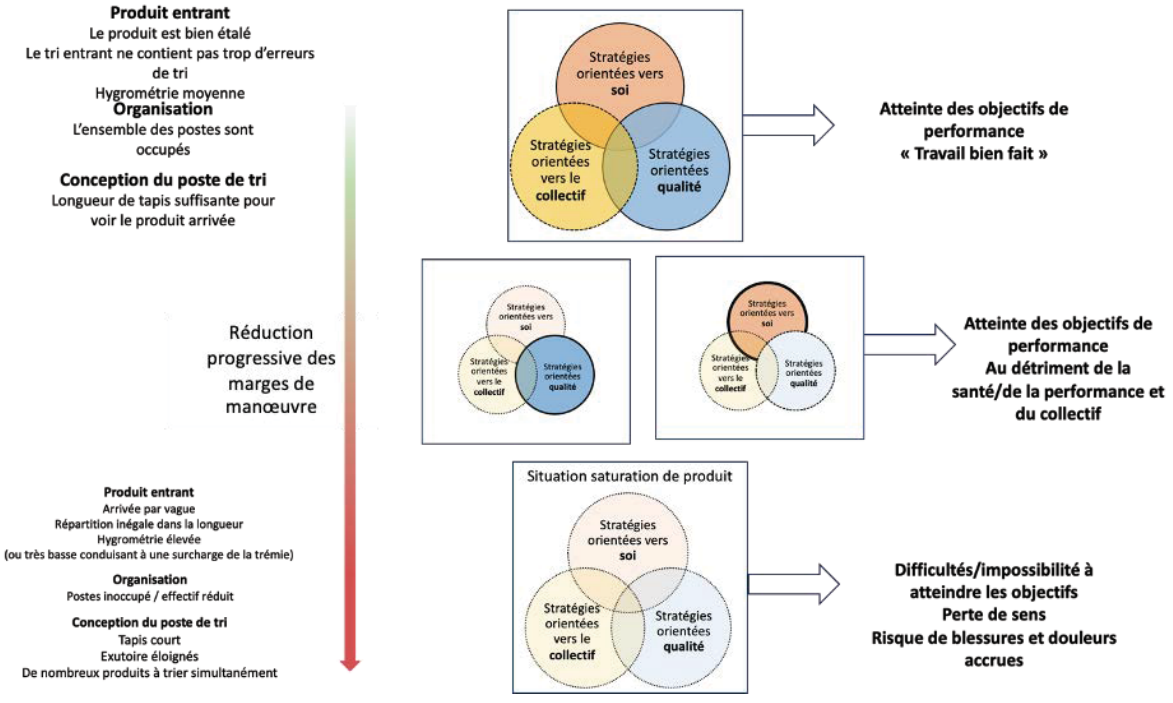


Figure 55. Possibilités de stratégies mises en place à l'échelle du poste et évolution en lien avec la diminution des marges de manœuvre

La figure ci-dessus permet ainsi d'illustrer les trois types de stratégies Pour faire face, ils vont mettre en place des stratégies de rattrapage visant en premier lieu à maintenir la qualité avant tout. Lorsque le flux devient d'autant plus complexe est chargé, alors il va à un moment devenir

impossible d'atteindre un certain niveau de qualité et dans ce cas, les agents de tri sont empêchés, et ne peuvent plus mettre en place des stratégies ce qui conduit à des situations à risque pour la santé où les marges de manœuvre sont insuffisantes (*cf.* Figure 56).

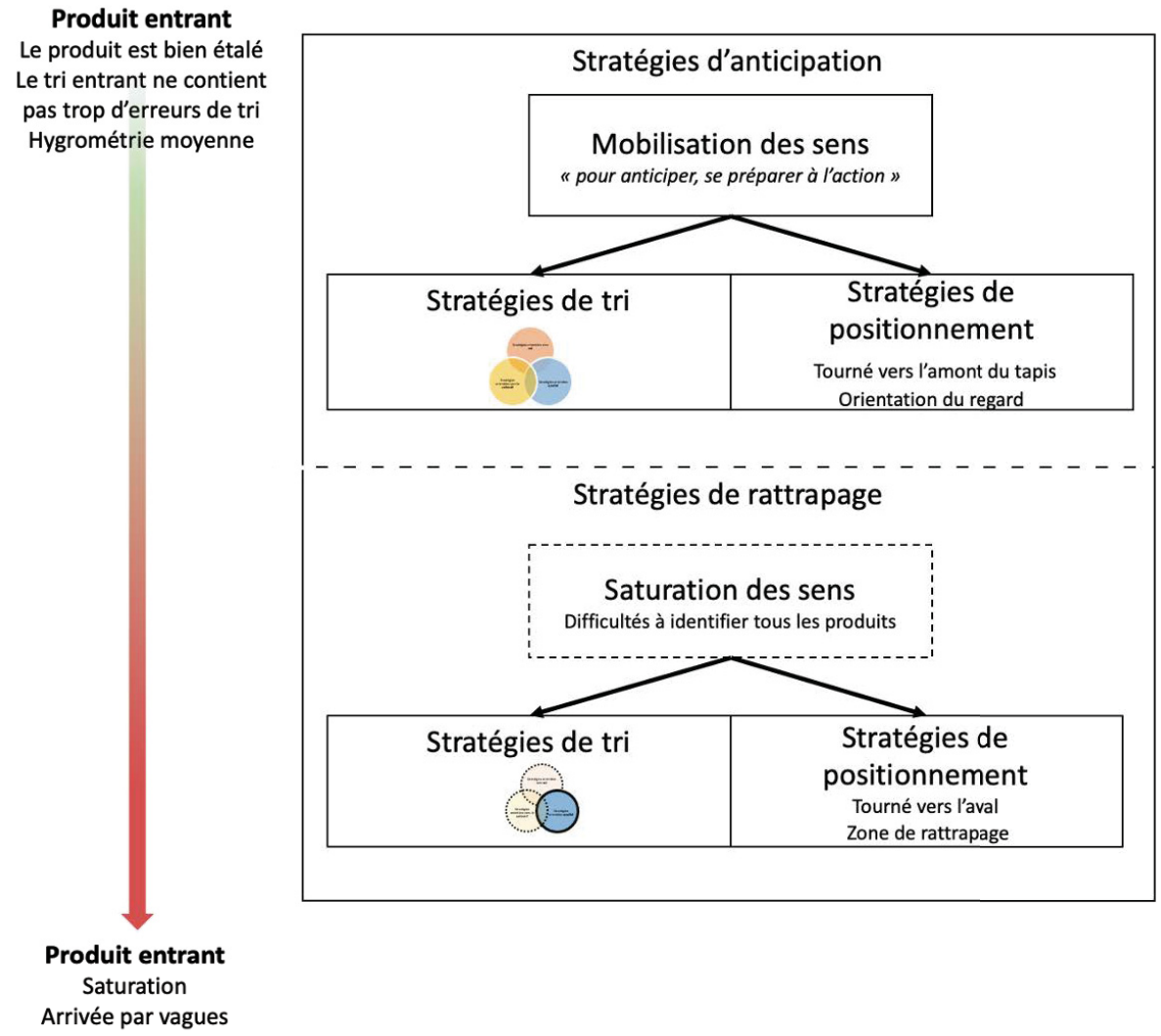


Figure 56. Possibilité de mise en place de stratégies de régulation et diminution des marges de manœuvres liées aux caractéristiques et à la quantité du produit entrant

L'« effet vague » se traduit par l'augmentation de la quantité de produits sur le tapis, mais aussi par les caractéristiques du produit entrant (*cf.* Partie 7.4.1.) (e.g., hygrométrie qui alourdie les cartons et colle les produits entre eux, les erreurs de tri réalisées par les usagers, etc.). La difficulté principale que pose cet « effet vague » est la limitation des possibilités de variabilité gestuelle. Comme nous avons pu le voir, nous pouvons distinguer deux formes de régulations possibles à travers, le développement stratégies d'anticipation (stratégies de tri, en termes de zone de tri et par mobilisation des différents sens) et des stratégies de rattrapages (abandon de

certaines stratégies au profit stratégies de tri orientées vers la qualité pour réguler une arrivée par vague, et utilisation d'une zone de rattrapage) (*cf.* Figure 55). La mise en place – ou non – des stratégies de régulations présentées varient au cours de l'activité, elles peuvent va être influencées par des déterminants internes propres à chaque opérateur (son état d'éveil, d'éventuelles douleurs, son expérience, etc.), mais également par des facteurs externes à l'opérateur. Ces déterminants externes de l'activité peuvent dépendre de l'organisation, et les choix de conception réalisés (e.g., exutoire le plus utilisé situé en aval ou en amont du tri) et de la quantité et la qualité du tri entrant (i.e. flux de produit). Il existe également des facteurs déterminants externes aux opérateurs et opératrices de production qui qui dépassent le cadre de l'organisation et de l'entreprise (la quantité de produit entrant, le type de produits à trier, le taux d'humidité, etc.). Ces déterminants vont jouer un rôle sur l'activité et sur les effets de l'activité sur la personne (e.g., fatigue accrue, douleurs, perte de sens, ou sentiment de satisfaction, expérience, etc.) et l'entreprise (e.g., atteinte ou non des objectifs).

Ainsi, ces analyses et les apports d'une comparaison-différenciation entre ces deux sites nous ont permis de commencer à percevoir et identifier des situations limitantes pour les agents de tri et ce dans des contextes de travail différents. Comme nous avons pu le voir, les deux centres de tri sur lesquelles nous avons réalisé une analyse fine de l'activité de tri présentent des variabilités d'un point de vue technique et organisationnel. Les similitudes et variabilités observées sur ce site permet de nous apporter des éléments complémentaires quant aux conditions favorables et ou défavorable au « bon » déroulement de l'activité, et au développement et limites au développement de marge de manœuvre. Ainsi ces analyses fines de l'activité, et l'identification des sources de variabilités et déterminants sur plusieurs sites, nous permettent d'identifier des situations caractéristiques qui sont propres aux centres de tri. Dans le cadre de notre approche prospective, cela nous a notamment permis d'identifier certains points bloquants pour le déploiement de l'activité qui persistent y compris dans un contexte plus automatisé. De plus, bien que l'analyse de l'activité soit située et elle se déploie et se transforme dans une situation donnée qui ne peut être généralisée, la réalisation d'analyses fine et approfondies de l'activité sur différents sites dans un secteur donné apparaît comme un support pour porter une réflexion prospective qui serait en adhérence avec l'activité présente et telles qu'elle pourrait être mise en œuvre. Ces analyses fines et compréhensives, permettent d'apporter un éclairage sur la technologie en tentant d'en comprendre les similitudes qui sont propre à une activité, et les variabilités entre les personnes et entre les centres de tri qui

permettent de mettre en lumière les déterminants de l'activité favorable ou défavorable in fine à la préservation voire au développement de la santé des individus.

Penser à l'homme et *analyser en profondeur*

Pour rappel, cette première composante réflexive soulignée par le philosophe Gaston Berger relève du fait que les méthodes rétrospectives peuvent présenter des limites pour se projeter dans un monde où les transformations transforment ce monde même dans lesquelles elles se développent, il propose alors de développer « une analyse en profondeur » pour « rechercher les facteurs vraiment déterminants et des tendances qui poussent les hommes dans certaines directions, sans que toujours ils ne s'en rendent bien compte. » (Berger, Bourbon-Busset & Massé, 2007, p.85)[127]. Cette proposition qu'il développe, rappelons-le à une échelle moins localisée que nous nous y attardons ici invite à comprendre les situations et les dimensions qui la compose. A l'échelle du système de travail étudié ici, et qui se limite à la cabine de tri inscrite dans le contexte plus systémique du centre de tri et d'un territoire qui conditionne les réglementations, directives, etc. cela demande une analyse d'autant plus détaillée et fine, nécessitant de passer par l'analyse de l'activité pour comprendre ce qui se joue dans la situation. S'intéresser à l'activité de travail, implique nécessairement de « penser à l'homme » ou plutôt de « penser aux personnes dans le cadre d'une situation de travail ». Les modèles de l'analyse de situation de travail et des régulations de l'activité, ainsi que les connaissances scientifiques acquises, nous offrent des moyens de comprendre ce qui se joue pour les hommes et les femmes dans leur activité, et ce que cela implique pour la santé des personnes. Pour autant, si ces dimensions sont essentielles et font partie de la nécessité pour développer une attitude prospective, il s'agit là des fondements de l'ergonomie et cela ne nous permet par seul de penser les futurs. Il est alors nécessaire d'explorer conjointement les autres piliers réflexifs proposés par Berger. Dans les prochains chapitres nous verrons notamment comment l'ergonomie peut tenter de se saisir de deux réflexions essentielles à la prospective qui sont voir large (*cf.* chapitre 8), voir loin et prendre des risques (*cf.* chapitre 9) . Cela se traduit par une nécessité d'élargir la compréhension du système étudié (ici les centres de tri). Ce changement d'échelle ou plutôt cet élargissement nous paraît nécessaire pour comprendre davantage comment se jouent les

[127] Berger, G., Bourbon Busset, J. de, & Massé, P. (2007). L'attitude prospective, Gaston Berger (1959). In De la prospective, textes fondamentaux de la prospective française 1955-1966. Textes réunis et présentés par Philippe Durance. (p. 81-86). L'Harmattan.

régulations en prenant en compte les déterminants de l'activité des trieurs pour comprendre comment à d'autres échelles il serait possible d'agir dessus.

Point d'étape

Ce chapitre, à travers une analyse de l'activité d'agents de tri, met en lumière l'importance de l'anticipation dans l'activité de tri. Cependant, les marges de manœuvres disponibles restent faibles et passent essentiellement par la mise en place de stratégies de tri, et stratégies de positionnement déployées par les agents de tri sur leurs postes. La possibilité de mettre en œuvre – ou non – ces stratégies va dépendre d'un ensemble de facteurs déterminants tels que la conception des postes de tri (longueur des tapis, répartition des exutoires), la qualité du produit entrant (quantité importante de gros cartons et d'erreurs de tri), la quantité du produit (arrivée par vague), qui sont renforcés par des facteurs externes à l'entreprise (tourisme, hygrométrie, etc.). Ces éléments sont à prendre en compte dans les considérations futures autour de l'outil Captur en termes d'effets sur l'activité des trieurs et de conditions au « bon usage » du point de vue de la prévention des TMS. Nous avons également pu constater qu'un ensemble de ces facteurs déterminants en cabine de tri, semblent provenir de déterminants et d'aléas situés en amont de la cabine de tri. C'est pourquoi nous allons tenter de « remonter la chaîne déterminants » afin de les identifier et catégoriser, également afin de savoir si d'autres « lieux » de développement pourraient être envisagés dans le cadre de développements futurs.

Chapitre 8 : « Voir large » une approche croisée qui donne à voir plus précisément les contraintes rencontrées au cours de l'activité

Dans ce chapitre, nous verrons comment « voir large » permet d'apporter une épaisseur supplémentaire à ce premier niveau d'analyse de l'activité des trieurs en cabine de tri (*cf.* chapitre précédent). En ce sens pour *voir large,* nous proposons (1) d'inclure l'analyse de l'activité des encadrants afin de proposer une analyse plus globale des situations de travail, afin de mieux comprendre l'activité de trieurs et les marges de manœuvre dont ils disposent. Pour cela nous reviendrons dans un premier temps sur l'analyse de l'activité des cheffes de cabine sur les différents sites, puis nous présenterons ensuite l'activité des chefs d'équipe. À travers ces analyses nous proposerons (2) d'avoir un regard croisé à partir des données recueillies sur les 4 centres de tri présentant des caractéristiques et niveaux d'automatisation variés. Ce pilier prospectif s'inscrit dans le développement et la continuité des deux premiers piliers de Berger « penser à l'homme » et « analyser en profondeur » qui correspondent à l'essence même de l'ergonomie : transformer le travail par l'analyse de l'activité.

Tableau 14. Rappel de l'organisation des chapitres de résultats au regard des piliers de Berger : *voir large*

Chapitre 7	Penser à l'homme + Analyser en profondeur	**Penser aux acteurs et actrices au cœur des situations de travail** + **Analyser l'activité**	Analyser l'activité et les régulations de l'activité opérées par les agents de tri Identifier les déterminants et marges de manœuvre dont ils disposent
Chapitre 8	+ Voir large	**Voir large pour inscrire l'analyse de l'activité des agents de tri dans un contexte plus global**	Analyser l'activité des cheffes de cabine et chefs d'équipe Développer une analyse de rapprochement-différenciation entre les 4 CDT

8.1. Organisation et travail prescrit des encadrants sur les CDT

Comme nous l'avons présenté dans le chapitre 5 (*cf.* Partie 5.1.3.), les centres de tri s'inscrivent dans un contexte impliquant différents acteurs. Afin d'élargir notre compréhension de la situation de travail des agents de tri et d'alimenter une approche exploratoire de raisonnement prospectif (*cf.* chapitre 9), ce chapitre se centre plus spécifiquement sur l'activité des encadrants de proximité des agents de tri : les cheffes de cabine (*cf.* Partie 8.2)[128] et les chefs d'équipe (*cf.* Partie 8.3).

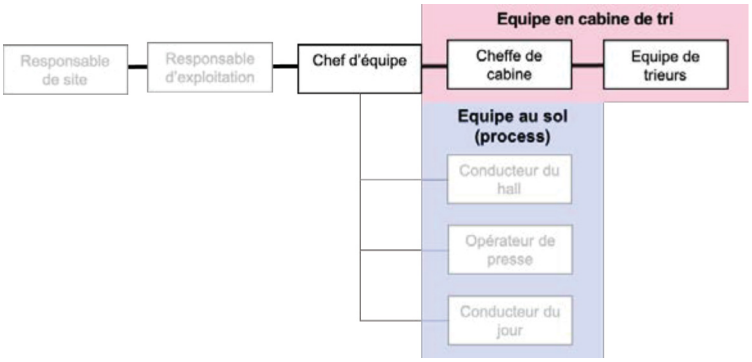


Figure 57. Rappel de l'organisation hiérarchique entre l'équipe de trieur, la cheffe de cabine et le chef d'équipe

L'organisation du travail en cabine de tri repose sur une hiérarchie visant à assurer l'efficacité du tri et le respect des normes de sécurité et de qualité du tri (*cf.* Figure 57 ; Annexe 5). Sous la supervision du responsable d'exploitation, les chefs d'équipe planifient et coordonnent les opérations, assurant la gestion des ressources humaines et matérielles, ainsi que le suivi de la production et des expéditions. Ils veillent également au bon fonctionnement des équipements et à l'application des procédures de sécurité. La répartition des tâches varie entre les chefs d'équipe selon les compétences et les parcours individuels. Ils doivent être polyvalents et pouvoir assurer la continuité du tri y compris dans des situations dégradées.

À un niveau plus opérationnel, les cheffes de cabine supervisent directement l'activité des trieuses et trieurs, en ajustant la répartition des effectifs en fonction du flux à traiter et en garantissant la conformité des opérations. Bien que les contextes techniques et organisationnels varient d'un site à l'autre, chaque équipe comporte une cheffe de cabine référente (*cf.* 5.1.3.4.). Des cheffes de cabine remplaçantes sont également présentes pour assurer la continuité de la production en cas d'absence prolongée (i.e., congés, arrêt maladie) ou d'absence ponctuelle

[128] Parmi les cheffes de cabine rencontrées dans le cadre de cette recherche, une large majorité étaient des femmes. Nous avons alors choisi d'utiliser le féminin pour parler des personnes occupant ce poste.

(i.e., formation, réunions, débourrage sur le process, etc.) de la cheffe de cabine référente. De la même façon, les cheffes de cabine référentes sont remplaçantes des chefs d'équipe.

L'analyse de l'activité des agents de tri sur le CDT A nous a permis d'identifier l'importance des cheffes de cabine et des chefs d'équipe dans les régulations de la production[129]. Leur activité contribue à préserver des marges de manœuvre des agents de tri. Dans cette perspective, nous avons analysé leur activité dans les centres de tri B, C et D. L'objectif étant de mieux comprendre leurs contraintes ainsi que les espaces de régulation dont ces encadrants disposent pour répondre aux exigences de performance tout en préservant leur santé et celle des équipes.

8.2. L'analyse de l'activité des cheffes de cabine pour mieux comprendre la situation de travail en cabine de tri

Les cheffes de cabine constituent le premier niveau d'encadrement des agents de tri. Leur travail consiste à veiller à ce que le tri en cabine se déroule dans des conditions optimales, tant pour les agents de tri, que pour atteindre les exigences de qualité visées du point de vue de la production. En plus d'assurer un premier niveau de régulation de la production, elles participent activement au tri en assurant des temps de tri sur les postes avec l'ensemble des agents de tri. Dans le chapitre précédent, nous avons présenté une partie de leur travail qui représente la majeure partie du temps : le tri des déchets en cabine de tri. Nous nous concentrerons ici sur les autres aspects de leur activité, notamment la répartition des équipes en cabine, la formation des nouveaux arrivants, la régulation de la production et les autres missions que les cheffes de cabine assurent. Ces différentes tâches, essentielles au bon fonctionnement du centre de tri, sont réalisées dans un contexte marqué par une gestion quasi quotidienne d'aléas.

[129] Lorsque l'on parle de régulation de la production il s'agit pour les cheffes de cabine et chefs d'équipe d'agir sur les quantités de produits sur le convoyeur, pour que le flux soit stable. Nous distinguons ainsi le terme de *régulations* au sens *de régulations de l'activité*, et les *régulations de la production* qui font partie du travail prescrit des encadrants.

8.2.1. À l'interface entre la cabine, les trieurs et le process : un rôle clé dans la régulation de la production et les possibilités de marges de manœuvre des trieurs

8.2.1.1. Environnement spatial et technique des cheffes de cabine sur les 4 CDT

L'activité des cheffes de cabine se déroule principalement en cabine de tri. Elles sont équipées d'un talkie-walkie qui leur permet de communiquer avec le personnel situé à l'extérieur de la cabine, notamment les chefs d'équipes et les équipes au sol, tels que les conducteurs d'engins incluant l'opérateur chargé d'alimenter la trémie[130]. Elles disposent également d'un outil de supervision leur offrant la possibilité, sur certains sites, de réguler la production, en agissant sur la quantité de produit tombant depuis la trémie sur les convoyeurs (CDT B, C, D) (*cf.* Figure 58).



Figure 58. À gauche, photographie depuis la cabine de supervision du CDT B, à droite, photographie de l'écran de supervision (IHM) situé en cabine de tri CDT C

Cet outil de supervision peut être situé directement en cabine de tri (CDT C, D) ou dans une cabine de supervision à part (CDT A, B). Il donne un certain nombre d'informations sur la production en cours. On peut retrouver, par exemple, le plan du process avec la localisation des bourrages éventuels, le tonnage de la trémie en temps réel, le taux d'utilisation avec les temps d'arrêts, etc. De plus, sur les CDT A et B les cabines de supervision sont équipées d'écrans vidéo donnant accès à des informations visuelles sur certains points stratégiques (zones de bourrages potentielles) du process (e.g. la trémie d'alimentation). Dans CDT C les cheffes d'équipes n'ont pas accès à des vidéos du process. Enfin, initialement le CDT D n'était pas

[130] Les conducteurs incluent le « conducteur du hall ». Le conducteur du hall est en charge de remplir la trémie qui alimente l'ensemble de la chaîne de tri. Il est également appelé le « cariste ». Ces deux termes sont donc utilisés pour parler de ce travailleur.

équipé d'écrans mais des accès vidéo ont été ajoutés entre deux observations sur le site, donnant accès à des vidéos sur le process directement en cabine de tri.

Sur les différents sites, les possibilités d'actions sur la régulation de la production varient également. Sur le CDT A, la cheffe de cabine ne dispose pas de possibilités de régulation de la production. Elle doit en informer le chef d'équipe qui va prendre à son tour la décision d'agir – ou non – sur la production. Sur les centres de tri B et C, les cheffes de cabine peuvent modifier les réglages des fonds mouvants de la trémie, permettant ainsi de jouer sur la quantité de produits tombant sur les convoyeurs. Enfin, sur le CDT D, la cheffe de cabine ne dispose pas de possibilités de modifier les réglages de la trémie. Ce centre triant des produits différents, issus des déchetteries (matelas, mobiliers, etc.), la trémie et le process ont un fonctionnement différent et la trémie est équipée d'une tête broyeuse (*cf.* Chapitre 5). Un récapitulatif (*cf.* Tableau 15) permet de rendre compte des similitudes et des différences que nous venons de présenter et que l'on retrouve sur les 4 CDT en matière d'organisation spatiale et technique :

Tableau 15. Récapitulatif par site de l'organisation spatiale et technique de la supervision pour les cheffes de cabine

Conditions de supervision / **Centre de tri**	**Localisation des outils de supervision**	**Bureau équipé d'un écran de contrôle vidéo**	**Régulation technique de la production**
A (Ancienneté >20 ans)	**Cabine de supervision** avec vue sur la cabine des corps plats et corps creux. Le bureau donne un accès direct sur la cabine des corps plats	Oui	Géré par le chef d'équipe
B (Ancienneté >20 ans)	**Cabine de supervision** avec vue dégagée sur la cabine des corps plats, et vue sur la cabine des corps creux obstruée par un tapis intermédiaire	Oui	Modification de la vitesse du fond mouvant de la trémie d'alimentation[131]
C (Site récent)	**Cabine unique** avec interface de supervision située en cabine	Non	
D (Site récent)	**Cabine unique** avec interface de supervision située en cabine	Caméras mises en place entre deux observations	Gère la bascule benne 1 et 2

Des moyens d'action sur le flux de matière sont donnés à l'encadrement de proximité sur certains sites. Les cheffes de cabine disposent également d'informations qui leur donnent une vision plus large que celle des trieuses et trieurs, et leur connaissance du fonctionnement global du process est indispensable pour qu'elles puissent agir sur la production.

[131] La trémie (*cf.* Partie 5.2.2.) permet d'alimenter l'ensemble du process. Elle est composée de lames métalliques en fond dont le mouvement coordonné permet de faire avancer le produit stocké vers le convoyeur.

8.2.1.2. Réguler la production pour préserver la variabilité gestuelle des agents de tri

Comme nous l'avons vu dans le chapitre 7, la préservation des possibilités de variabilité gestuelle des trieurs dépend notamment de l'arrivée par « vagues » des déchets et des caractéristiques du produit entrant, ce qui va avoir un effet sur les marges de manœuvre dont les agents de tri disposent. Lorsque l'on parle de régulation de la production, il s'agit pour les cheffes de cabine d'éviter que les trieuses et trieurs soient soumis à cet effet « vagues » (*cf.* Partie 7.4.1.) tout en tenant compte des objectifs de production à atteindre. Afin de réguler la performance en termes de tonnages et de qualité de tri obtenus, les cheffes de cabine prennent en compte un ensemble d'informations.

8.2.1.3. Des données chiffrées nécessaires mais insuffisantes : quelles informations et quelles possibilités pour réguler la production ?

8.2.1.3.1. Informations prises en compte par la cheffe de cabine à partir des données chiffrées disponibles

Les outils de supervision produisent des données chiffrées qui indiquent les tonnages réalisés en temps réel. Ces données permettent de suivre la production et de faire remonter chaque jour, aux responsables d'exploitation et du site l'atteinte ou non des objectifs de tonnages triés. Parmi les données disponibles, les cheffes de cabine vont majoritairement s'appuyer sur les informations concernant le remplissage de la trémie d'alimentation, puisqu'elles peuvent agir directement dessus et participer par ce biais à la régulation de la production « en temps réel » (extrait n°40).

40

> *Alors les cadences c'est le chef de cabine qui gère. Donc du coup **on a des directives de Mr Y et de Mr X, comme quoi il faut qu'on fasse un quota de tonnage par poste**. On sait à peu près comment on doit le gérer. **On tourne à peu près à 6,6 T/h** donc on… Je te montrerai sur l'IHM tout à l'heure… **On règle la vitesse de la trémie**. Et avec cette vitesse de la trémie, de la translation des lattes, ça nous permet d'aller un petit plus vite, ou un petit peu moins vite. Et du coup, **tu gères la fréquence de la matière qui descend de la trémie et au final ça se répercute beaucoup moins après au final sur le tapis.** Par contre, le principal, pour moi à mes yeux, celui qui gère le mieux le débit et qui gère tout ce qui arrive sur le tapis, c'est le conducteur du bas. Pourquoi ? Parce que lui derrière déjà il a un rythme à tenir. Il doit enlever tous les indésirables en amont, ça peut être des bâches, ça peut être des piscines, tu vois, tout ce qui es … ce qui ne va pas dans le sélectif. Bien sûr, en gros, il ne pourra pas tout enlever. Et ensuite, il a un seuil de chargement à respecter. Pas descendre en dessous d'1,4T et pas être supérieur à 2,5T[132]. Et s'il respecte ce seuil, nous ici là-haut on n'a plus rien à toucher. On n'a plus rien à faire, c'est lui en bas qui gère. Et si lui arrive à faire son job comme il faut tout roule. "*
>
> *Cheffe de cabine, CDT C*

[132] Ce tonnage correspond au poids du chargement de la trémie en temps réel.

À travers cet extrait de verbalisations issues d'un entretien, nous notons également l'importance du conducteur qui remplit la trémie (*cf.* Figure 58) dans la régulation de la production et la répartition du produit en cabine. La cheffe de cabine se situe à l'articulation entre les équipes hors cabine qui constituent l'espace où d'autres travailleurs « préparent » les conditions de travail[133] des agents de tri, et la cabine de tri, où les agents réalisent le tri.

On note également que leur prise de décision, de modifier ou non la vitesse de la trémie repose sur leur interprétation des indicateurs chiffrés restitués par l'outil de supervision, et les savoir-faire et compétences acquises par l'expérience de la cheffe de cabine qui lui permettent d'interpréter ces informations.

8.2.1.3.2. Informations prises en compte par la cheffe de cabine à partir du produit entrant

La quantité du produit entrant

Dans les centres de tri (CDT A, B, C), les produits issus de la collecte sélective des ménages sont déposés dans le hall de stockage par des conducteurs de camions-bennes depuis l'extérieur du site. Les produits sont alors en tas dans le hall. Le tas va progressivement augmenter selon les arrivages de produits qui varient d'un site à l'autre en fonction des ramassages effectués. Puis au fur et à mesure de la semaine, lorsqu'il y a moins d'arrivées de camions et que le tri est réalisé, il va diminuer progressivement. Nous avons analysé les verbatim de deux cheffes de cabine afin de visualiser l'évolution de la quantité de produits entrant sur une semaine (*cf.* Figure 59 ; Figure 60).

[133] Nous faisons ici référence à la définition des marges de manœuvres au sens de Coutarel et al. (2024) (*cf.* Partie 2.2.2.).

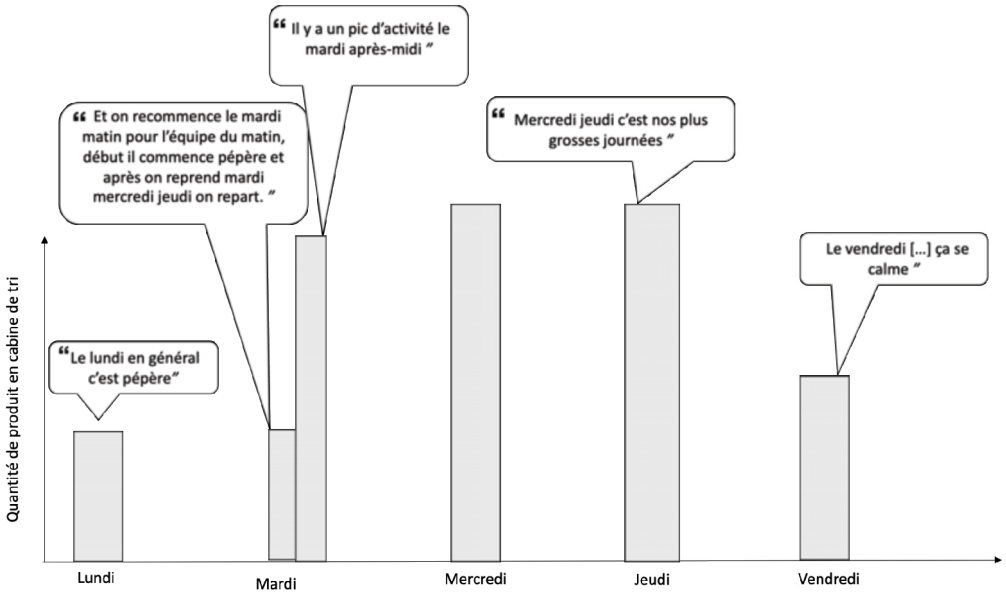


Figure 59. Représentation schématique du tri à effectuer à partir de données qualitatives concernant la variation de l'arrivée des produits sur la semaine à partir des verbatim de Trieuse 1 et cheffe de cabine remplaçante, 45 ans, CDT A **(**Région Nouvelle-Aquitaine)

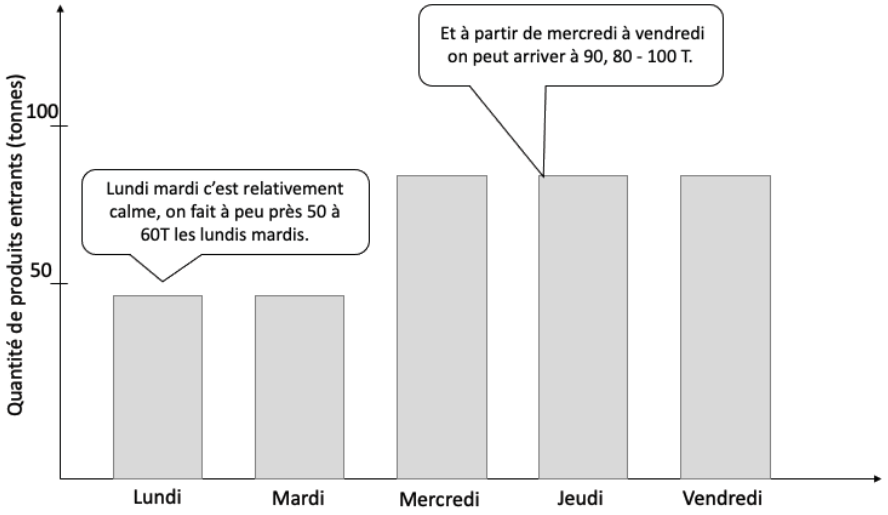


Figure 60. Représentation schématique du tri à effectuer à partir de données qualitatives concernant la variation de l'arrivée des produits sur la semaine à partir des verbatim de Trieuse cheffe de cabine, CDT C (Région Occitanie)

On constate qu'il existe plusieurs échelles temporelles à prendre en compte pour expliquer les variations de la quantité (et de la qualité) de produit qui arrive en cabine :

- À l'échelle de la journée : des bourrages peuvent entraîner des arrêts de la chaîne de production, pouvant être contrebalancés par des phases plus intenses à la reprise de l'activité
- À l'échelle de la semaine : il existe des variations liées au jour de la semaine et à l'arrivée de camions (*cf.* Partie 8.1.1.2.)

- À l'échelle des saisons, vacances et jours fériés : durant la période de noël, ou pendant le confinement, on retrouve plus de cartons dans les centres de tri, à l'inverse durant les périodes de canicules on y retrouve plus de bouteilles
- Au fur et à mesure des années : les citoyens sont davantage sensibilisés au tri et les techniques de valorisation permettent de trier plus de matières, et le centre de tri et les capacités du site ne sont plus adaptées pour répondre aux besoins de la population

Ces contraintes temporelles influencent l'activité développée par les agents, tant à l'échelle individuelle que collective pour faire face aux contraintes. Elles peuvent avoir des effets variables sur leur santé et leur performance en matière de tri.

La qualité du produit entrant sur le site

La pureté du produit entrant va entrer en compte dans les prises de décisions qui vont ensuite être prises par les cheffes de cabine. Les propriétés de ces produits entrants peuvent varier, nous avons pu observer que certains paramètres sont pris en compte. Nous avons répertorié un ensemble de situations évoquées par les cheffes de cabine des 4 CDT :

(1) Le produit est mouillé, les cartons se collent entre eux et le produit est plus lourd
(2) Le produit est particulièrement « sale » c'est-à-dire avec beaucoup d'erreurs de tri
(3) Le produit est composé de beaucoup de gros cartons et gros objets
(4) Le produit est composé de beaucoup de gros cartons, et il fait chaud donc la matière est sèche donc très légère

Ces situations peuvent avoir des conséquences sur le process, notamment en causant des bourrages, ou en entraînant une surcharge de la trémie, qui vont avoir des répercussions en cabine de tri (*cf.* Tableau 16). Cela va conduire à l'augmentation des contraintes de l'activité pour les agents de tri – augmentation de la quantité, flux comportant de nombreuses erreurs de tri ou le poids des produits – qui engendrent des risques à court terme et long terme pour leur santé (*cf.* Chapitre 7).

Tableau 16. Résumé des situations problématiques et leurs conséquences en lien avec la qualité du produit entrant

Situations observées	Conséquence pour le process	Conséquences en cabine
Le produit est mouillé, les cartons se collent entre eux et le produit est plus lourd.	Risques de bourrage accru	Difficultés supplémentaires pour les trieuses et trieurs liées au poids des produits Risques de vagues
Le produit est particulièrement « sale » c'est-à-dire avec beaucoup d'erreurs de tri	Risques de bourrage accru	Difficultés supplémentaires pour les trieuses et trieurs liées au poids des produits Risques de vagues
La matière est composée de beaucoup de gros cartons et gros objets	Risques de bourrage accru	Difficultés supplémentaires pour les trieuses et trieurs
La matière est composée de beaucoup de gros cartons et gros objets par temps très sec	Risques de surcharge de la trémie (et donc des tapis) de la part du conducteur du hall qui a un tonnage à atteindre	Difficultés supplémentaires pour les trieuses et trieurs liées à une surcharge de produit

8.2.1.3.3. Informations prises en compte par cheffe de cabine à partir du produit sortant

Le respect des exigences de qualité de la production revêt une importance centrale pour éviter des retours de camions coûteux pour l'entreprise. En temps réel, les cheffes de cabine prennent en compte des informations visuelles directement en fin de ligne pour évaluer si la qualité répond – ou non – aux objectifs visés. Afin d'avoir cette vision sur la qualité du tri réalisé et, si besoin, d'ajuster la production, les cheffes de cabine occupent un poste de tri stratégique. Dans les centres de tri où elles disposent d'une cabine de supervision à part (CDT A, B), elles se positionnent en fin de ligne pour avoir une vision sur la qualité finale. Dans les centres de tri où leur outil de supervision est situé dans la cabine de tri directement, elles se positionnent sur un poste leur permettant d'être au plus proche de l'outil de supervision (CDT C, CDT D) :

- CDT A, la cabine de tri est séparée de la cabine de supervision. Durant nos observations, la cheffe de cabine s'est placée en fin de ligne A (*cf.* Annexe 1, poste en pointillé verts), afin de pouvoir contrôler la qualité du tri réalisé en positif sur la ligne[134]. De plus, ce poste lui permet un accès plus rapide vers la cabine de supervision que si elle se trouvait sur un autre poste de la ligne. La cheffe de cabine remplaçante choisit de se positionner du même côté, mais sur un poste en début de ligne (poste 9). Elle déploie fréquemment des stratégies pour anticiper en s'appuyant sur un ensemble d'informations, visuelles, sonores, etc. Ainsi, elle peut mettre en place des stratégies de tri visant à « faciliter le travail des collègues », en

[134] Le produit restant doit être du JRM (journaux, revues, magazines).

étalant la matière par exemple, ce qui leur donne une meilleure visibilité leur permettant à leur tour de déployer des stratégies de tri (*cf.* chapitre 7).

- CDT B, la cabine de tri est séparée de la cabine de supervision (*cf.* Annexe 2). La cheffe de cabine peut se placer à plusieurs postes, notamment pour pallier le manque de personnel. Cependant, elle fait en sorte de se situer en cabine des corps plats. Cela lui permet un accès facilité à la cabine de supervision tout en soutenant les collègues en triant avec eux sur la ligne. Elle se positionne au maximum sur le poste en fin de ligne, permettant ainsi de parfaire la qualité en retirant les produits indésirables restants.
- CDT C, une cheffe de cabine se situe sur le même poste, à côté de l'outil de supervision (*cf.* Annexe 3). Elle a fait le choix de rester sur le même poste pour s'éviter d'être trop éloignée de cet outil.
- CDT D, la cheffe de cabine se situe du côté de l'outil de supervision, sur un poste situé en début de ligne (*cf.* Annexe 4).

Un retour chiffré sur la qualité du tri réalisé se fait aussi en temps différé. Cela passe par des caractérisations des produits sortants. Un échantillon de produit trié est prélevé et caractérisé manuellement par un agent de tri. Les erreurs de tri sont comptabilisées par cet agent et la qualité du produit sortant est évaluée en termes de pourcentage de produits conformes présents. Ces caractérisations n'étaient pas systématiques sur tous les sites, mais ont été introduites, car le seul retour sur la qualité sortante était les camions reçus en retour de la part des clients refusant les balles de produits triés reçues, ce qui se fait alors aux frais du centre de tri. Ces informations sont ensuite communiquées par les chefs d'équipes aux équipes sur les centres de tri de la collecte sélective où des points quotidiens sont réalisés (CDT B et C).

8.2.1.4. Les informations issues de l'observation du travail et de l'activité : une source d'informations pour les cheffes de cabine

Au-delà d'indicateurs chiffrés et d'informations qualitatives sur la qualité, les cheffes de cabine tiennent également compte des informations issues de l'environnement ou à travers des observations qu'elles réalisent.

8.2.1.4.1. Prise en compte de la variabilité gestuelle et de la préservation de la santé

La prise d'informations directement à partir de l'observation de l'activité des agents de tri leur permet de tenir compte de la santé des équipes. Cette prise d'information s'appuie sur l'expérience de la situation des cheffes de cabine et implique leurs connaissances sur les flux de produits, mais aussi sur les variabilités gestuelles propres à chaque personne (extrait n° 41).

41

> *Alors, **nous on fait à l'œil, d'accord.** On a un certain tonnage fin de journée, mais on n'est pas bridé à faire tant de tonnes. C'est-à-dire que tu peux pas, **tu peux pas crever une équipe**, ton équipe il faut que tu la... comment ? C'est bête à dire, mais il faut que tu en prennes soin quelque part, parce que c'est sur la durée. **On n'est pas là… Il faut pas crever les gens, il faut pas les épuiser** parce qu'on… c'est que **c'est un travail difficile et il faut tenir 5 jours comme ça.** Y'a les horaires aussi, quand t'es du matin tu commences vers 5h, donc automatiquement vers 10h30 ça commence à tirer et donc, moi **perso j'y fais attention et on n'est pas là pour crever les gens**. On est là pour équilibrer le travail entre tous, parce que tu as style, un peu fou furieux comme lui, s'il a quelqu'un qui va pas nécessairement faire son travail devant il va compenser. Sauf qu'il va se crever la paillasse et il n'est pas là pour ça. Donc il faut équilibrer. Après tu as des gens, ils ont un certain rythme, quoi qu'il arrive, tu ne les changeras pas. C'est-à-dire que tu as beau rabâcher, rabâcher, on a tous un rythme quelque part. C'est bête à dire, mais sur la durée on s'en rend compte. Et ça tu peux l'affiner, mais tu peux pas le changer, tu peux pas le modifier. Après, c'est pas parce que quelqu'un est plus tranquille, en fait du travail à la chaîne, il faut regarder le résultat final et l'équilibre de l'équipe. Par exemple l'équilibre de la ligne 1, parce qu'à la longue on les connaît. Si tu t'aperçois qu'il y a certaines personnes qui naturellement sont plus calmes, plus lentes, tu vas essayer d'équilibrer avec quelqu'un en face qui est plus vif, qui a plus d'énergie. Mais en fait au global il faut regarder l'équilibre de la ligne parce que c'est du travail à la chaîne il faut le résultat. "*
>
> *Cheffe de cabine, CDT B*

Les informations de diverses natures qui sont prises en compte sont soit visuelles – directes ou indirectes par le biais d'images vidéo issues de caméras placées sur le process[135] – soit issues de données chiffrées (e.g. tonnage de chargement de la trémie, vitesse des fonds mouvants de la trémie). Ces informations sont recoupées et interprétées conjointement, conduisant à la prise de décisions quant à la baisse ou l'augmentation du débit ou quant à toutes autres actions correspondant à des régulations opérées. Ces informations proviennent à la fois de l'observation en cabine de tri, mais la place de la trémie d'alimentation est aussi centrale dans la prise de décision que ce soit d'un point de vue quantitatif à travers des données chiffrées, ou d'un point de vue qualitatif concernant la répartition du produit déposé (extrait n°42).

[135] Ainsi qu'en cabine de pré-tri en ce qui concerne le CDT B.

42 « ***Des indicateurs on en n'a pas, c'est ton œil en fait,*** *quand tu regardes la ligne, c'est ça. Pour la ligne 1, c'est pareil* ***avec les années on fait à l'œil****. Là, il va falloir que je baisse bientôt parce que pareil tu as* ***la marchandise, elle change au fur à mesure,*** *mais ça c'est avec les années. On ne sait pas trop l'expliquer, tu regardes déjà* ***si c'est bien étalé tout le long*** *au maximum et après, quand tu regardes les gens,* ***au nombre de gestes, à la rapidité*** *euh… On arrive à voir si c'est trop chargé ou pas.* ***Il ne faut pas qu'il y ait d'épaisseur non plus*** *et* ***il ne faut pas se baser sur les plus rapides****. Parce que t'en as un fou furieux là-bas, lui il te démonterait tout, c'est sa nature. Sauf qu'en fait, même moi personnellement, c'est trop. Les gens en général, c'est pas ce rythme-là qu'il faut avoir. Après lui il est vif, bon il fait sa petite vie on va pas… Lui tu mets ça* [mime une grosse quantité] *sur le tapis, bah il s'en fout. Mais on se base pas sur lui par exemple, on ne peut pas se baser sur lui. C'est-à-dire qu'en général* ***je regarde très rarement les premiers postes parce que là, quoi qu'il arrive c'est galère*** *d'accord. Moi* ***je regarde surtout ceux du milieu, parce que tu as le creux qui est parti, tu as l'alu, les conserves, les cartons la plupart, il reste des cartonnettes****. Et si là eux ils sont à un rythme trop soutenu et qu'il y a encore trop de choses sur le tapis, c'est que c'est un peu chargé. ”*

Cheffe de cabine, CDT B

C'est à partir d'un ensemble d'informations de nature variées, provenant à la fois du process technique, de l'activité des agents de tri, en lien avec la performance et la santé des équipes, que les cheffes de cabine régulent la production (*cf.* Figure 61).

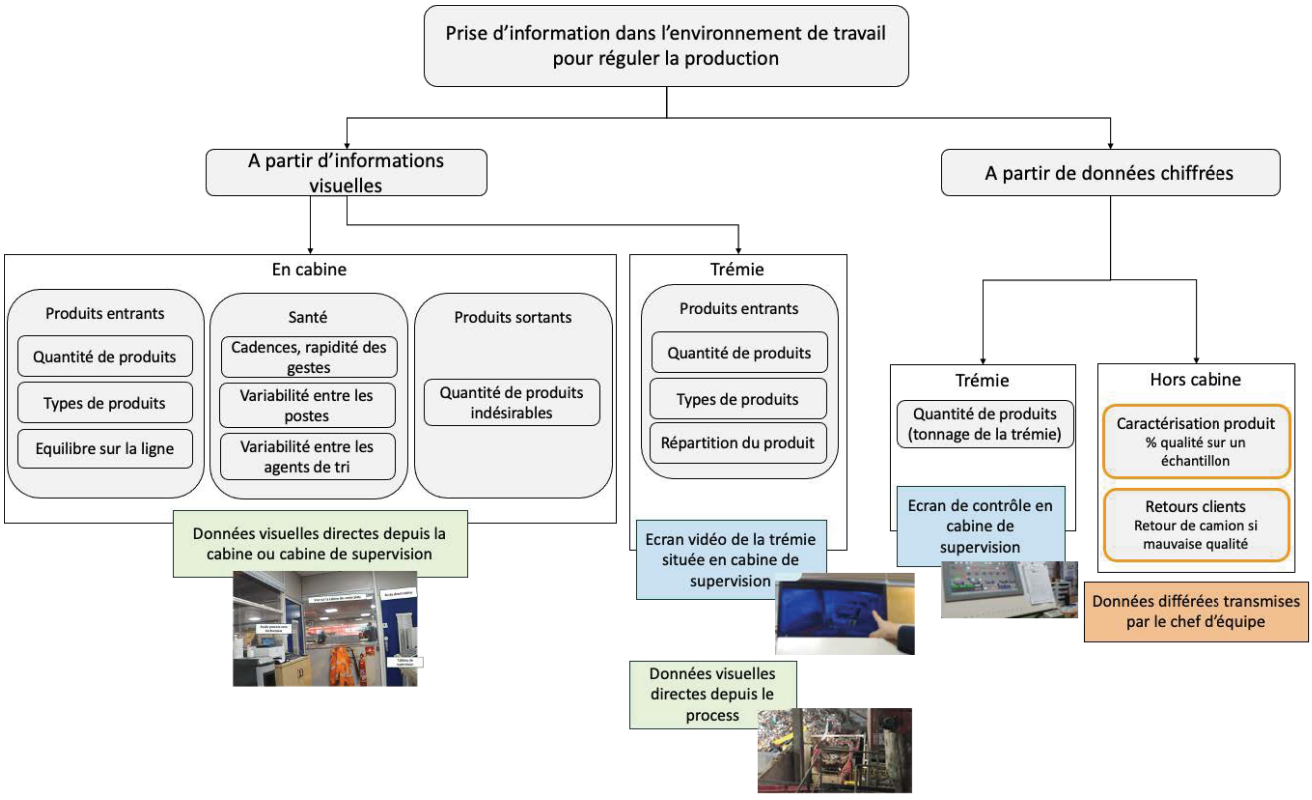


Figure 61. Résumé des différentes sources d'informations prises en compte par une cheffe de cabine pour réguler la production (à partir de données d'observations et d'entretiens en situation CDT B)

Les considérations autour de la santé de l'équipe se traduisent, pour les cheffes de cabine, par la prise en compte d'un ensemble de paramètres liés à l'activité des agents de tri (rapidité des gestes, postures à risques, etc.) et par les remontées d'informations que ces derniers réalisent, qu'elles soient verbalisées ou exprimées de manière gestuelles (e.g. signe qu'il y a trop de produit sur le tapis). Ces prises d'informations orientées vers la préservation de la santé des équipes, sont articulées avec l'ensemble des points évoqués plus haut (données chiffrées en lien avec la production, produit entrant, produit sortant, etc.), dans une logique de régulation visant à trouver un équilibre entre le maintien d'un certain niveau de performance et la préservation de la santé des équipes, lorsqu'il n'est plus possible de tenir les deux de façon optimale.

8.2.1.4.2. Une priorisation des informations issues de l'activité de tri variable selon les cheffes de cabine

On note une variabilité, entre les cheffes de cabine, dans les données recueillies lors des entretiens concernant la priorité donnée à la qualité du tri et à la santé des agents de tri. Ainsi, parfois la qualité est davantage mise au premier plan que la question de la santé (extrait n°43). Par exemple, une cheffe de cabine mentionne :

43 « *Alors un critère **c'est forcément la qualité**, si on voit que sur un tapis forcément c'est pas gérable on utilise, enfin on fait appel à un de nos collaborateurs pour l'aider, avoir un soutien, des mains en plus pour trier. **Si on voit que ce n'est vraiment pas, vraiment pas gérable à ce moment-là on baisse*** [les réglages de la trémie]."

Cheffe de cabine, 42 ans, CDT C

[À propos des informations à prendre en compte pour agir sur la production]

Cet extrait illustre la dimension graduelle dans la prise de décision des cheffes de cabine pour concilier qualité et santé des équipes. Dans un premier temps, des solutions vont être trouvées pour que les objectifs de performance ne soient pas impactés, mais cela ne doit pas se faire au détriment de la santé des équipes. Le recours à « des mains en plus pour trier » traduit une forme de régulation collective qui peut être mise en place dans la cabine. Toutefois, cela implique de prioriser certaines lignes et de réduire les effectifs sur d'autres lignes, généralement celles où le tri est effectué en positif (par exemple, sur la ligne des refus, si les produits ne sont pas retirés du tapis cela n'impacte pas la qualité du flux sortant).

Certaines verbalisations de cheffes de cabine témoignent de l'importance de la prise en compte de la santé des trieuses et des trieurs. Les cheffes de cabine ont eu l'expérience et ont vécu des problèmes de santé (*e.g.* arrêts maladie de longue durée en raison de tendinites ou sciatiques).

Il est probable que cette expérience explique en partie le fait que dans le cadre de notre étude, elles ont tendance à donner une place première à la préservation de la santé de l'équipe (extrait n°44).

44 ❝ *La qualité et la santé mais de toute façon **la santé c'est en premier** n'importe quel critère la santé il faut qu'elle passe en premier. On n'est pas là pour se démonter parce que si on a pas la santé on peut plus rien faire, on est bien d'accord la santé la qualité enfin il faut qu'il y ait tout : santé, qualité, production, tout doit y être. (Rire) Je suis exigeante hein ! "*
Cheffe de cabine, 60 ans, CDT C
[À propos des informations à prendre en compte pour agir sur la production]

Le savoir-faire des cheffes de cabine porte sur la recherche d'équilibre entre respect de la santé des trieuses et trieurs et la recherche de la meilleure qualité possible. Il apparaît essentiel de soutenir cet aspect de leur activité dans le cadre de transformations technologiques visant la préservation de la santé des agents de tri.

8.2.1.4.3. Agir pour éviter les bourrages

Les rondes comme moyens d'anticipation et de préservation de l'activité des agents de tri

Sur l'ensemble des sites des rondes sont effectuées en moyenne chaque heure sur le process par les cheffes de cabine, afin de prévenir d'éventuels bourrages. Lorsqu'un début de bourrage est repéré visuellement sur le process, cela permet d'intervenir avant qu'il ne se crée un arrêt de la production ou une arrivée par vague en cabine. Cette intervention peut être réalisée par la cheffe de cabine elle-même, ou elle peut appeler d'autres personnes en renfort. Lorsque des produits pouvant créer des bourrages sont repérés, ils sont retirés à l'aide de longue perche – ou par d'autres moyens plus inventifs (*cf.* Figure 62) – par précaution avant même qu'un début de bourrage ne se créé, si possible sans arrêter les machines. Parfois cela ne suffit pas et les machines doivent être arrêtées temporairement pour permettre à la cheffe de cabine ou un rondier de retirer l'objet en se rendant directement dans la machine (e.g. comme pour les containers qui arrivent sur le CDT A – *cf.* Partie 7.3.1.2.). Se rendre sur le process permet aux cheffes de cabine de repérer plus spécifiquement les produits présents qui pourraient entraîner des bourrages (notamment les objets longs, lourds et/ou volumineux). Par exemple, sur le CDT B, une cheffe de cabine a repéré un tuyau dans la trémie pouvant favoriser l'accumulation de produits. Afin de prévenir un bourrage, le tuyau a été enroulé de sorte à pouvoir le récupérer lorsqu'il sera possible de le retirer de la trémie (*cf.* Figure 62).

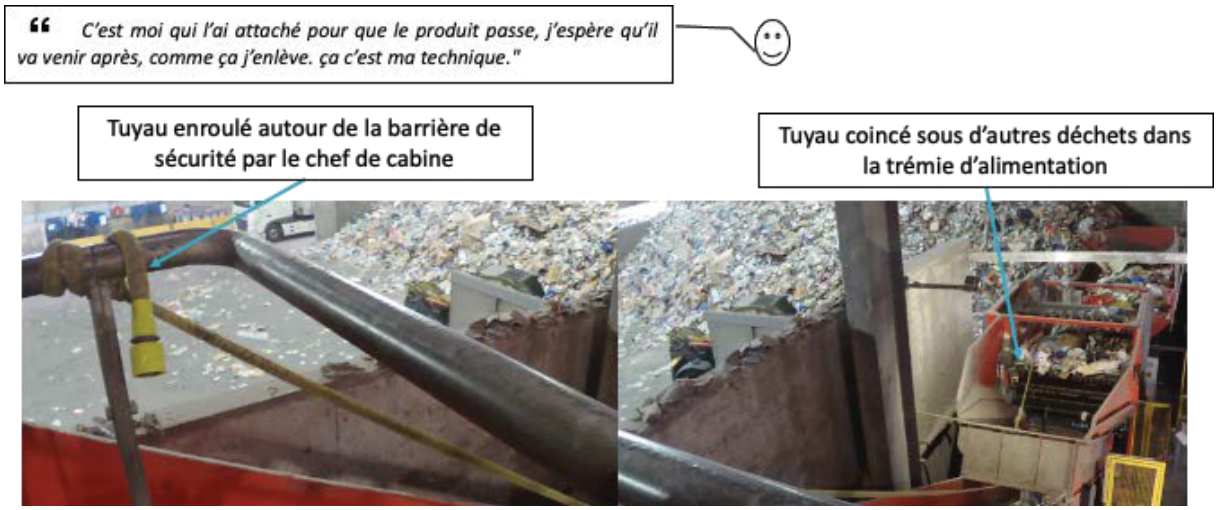


Figure 62. Photographie de la trémie d'alimentation vue depuis le process. Un tuyau a été enroulé de sorte à éviter un bourrage (CDT A)

Les images vidéo comme outil d'anticipation de bourrages en amont de la cabine

Les images vidéo sont utilisées pour limiter les risques d'obtenir un débit trop élevé en cabine de tri et pour maintenir un flux constant de produits de sorte à éviter les bourrages. Les CDT A, B sont équipés de caméras filmant le process et la trémie et qui sont accessibles depuis la cabine de supervision. Bien que les logiciels de supervision permettent l'accès en temps réel aux rapports d'erreurs affichés sur les plans du process, les cheffes de cabine s'appuient également sur les images des caméras pour recueillir des informations complémentaires, notamment afin d'anticiper les risques de bourrages. Il est à noter que ces images vidéo que l'on retrouve sur les anciens sites, ont été supprimés dans la conception des nouveaux sites, puis réintroduits entre deux observations réalisées sur le CDT D (*cf.* Encadré 6).

Encadré 6. Récit d'observation : les caméras comme outil d'anticipation CDT D

Un nouveau crible a été installé sur le site quelques jours avant notre venue. Le crible est équipé d'une caméra, qui permet d'avoir une vision sur le contenu du crible depuis la cabine de tri et la cabine de supervision des chefs d'équipes. Durant nos observations, alors que nous étions en cabine de tri, le chef d'équipe a pu constater en regardant l'écran qu'une barre (type manche à balai) était en train de se coincer sur le crible. Deux personnes (extérieures) étaient en charge de veiller -provisoirement- au bon fonctionnement du crible. Le chef d'équipe a alors attendu quelques dizaines de secondes pour vérifier que l'équipe sur place allait s'en charger. Un bourrage dans le crible était en train de se former quand les personnes ont commencé à tenter de débloquer le bâton gênant. Les quelques secondes qui se sont écoulées ont cependant suffit à créer des bourrages plus loin sur la chaîne, entraînant de grandes difficultés pour débourrer par la suite.

La réintroduction de caméras témoigne de l'importance de pouvoir s'appuyer sur des éléments visuels provenant du process. Si les indicateurs chiffrés et l'expérience – tant des cheffes de cabine que des chefs d'équipe (que nous verrons dans la suite de ce chapitre) – leur permettent de prendre certaines décisions, l'accès à des informations visuelles demeure essentiel. Elles viennent enrichir leur compréhension de la situation renforçant ainsi leurs possibilités d'anticipation.

L'anticipation des risques de bourrage à partir des informations visuelles en lien avec l'activité du cariste

Le cariste remplissant la trémie qui alimente toute la chaîne de tri, n'a pas ou peu de visibilité sur la trémie. Pour que le produit tombe correctement et de façon équilibrée sur le convoyeur, la trémie doit être remplie de sorte à ce qu'un mont se forme au milieu. Là le produit est versé du côté droit de la trémie. Ce problème a été soulevé par deux cheffes de cabine différents (CDT B). Sur d'autres sites un miroir se situant au-dessus de la trémie offre un visuel au cariste. Le cariste a également un rôle de « pré-trieur » en retirant les objets volumineux qu'il repère (e.g. gros cartons, bâches, encombrants). Nous verrons que cet espace de l'activité (le hall), qui se situe en amont du tri effectué par les trieuses et trieurs représente un point charnière qu'il nous semblerait nécessaire d'investiguer davantage dans le cadre d'un développement technologique visant le plus de bénéfices pour l'activité des personnes (*cf.* chapitre 9).

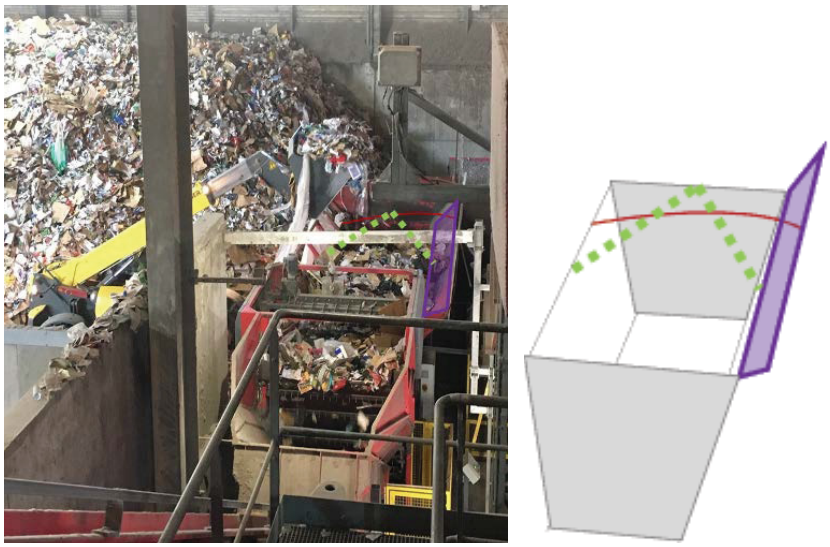


Figure 63. Photographie de remplissage de la trémie (à gauche) et explications de la cheffe de cabine sur le « bon » remplissage de la trémie (à droite). En rouge le remplissage est problématique pour la répartition du produit, et en vert le remplissage correct.

8.2.2. L'activité des cheffes de cabine : un levier face aux aléas quotidiens en cabine de tri et sur le process[136]

8.2.2.1. Trier en cas d'absences ou besoin de renfort : un soutien pour le collectif et la production

Les cheffes de cabine font face à de nombreux aléas, liés à la fois au process technique et au déroulement du travail des équipes (extrait n°45). En cas de sous-effectif, ce qui est une situation récurrente sur les CDT A et B, elles occupent alors un rôle tampon sur les CDT A, B puisqu'elles n'apparaissent pas sur le planning de tri mais viennent en remplacement des absents ou en renfort lorsque l'équipe est au complet (extrait n°46).

45 « *C'est polyvalent. Moi je peux être au tri. Je peux partir deux minutes après être … déboucher… voilà. Mais ça me plait, c'est ça qui est bien aussi. Là j'ai reçu des stagiaires aujourd'hui, […] parce qu'il faut les former aussi. […].* "
Cheffe de cabine 2, CDT A [à propos d'un poste en bout de ligne JRM]

46 « *Je ne me mets pas sur le planning comme ça quand il y a un absent, je peux faire décaler les personnes et je me mets là où je vous ai dit* [sur un poste en bout de ligne] *je fais décaler la personne parce que moi c'est plus facile de rester à ce poste là parce que j'ai l'ordinateur à côté donc je fais des va et vient. Et des fois j'aide aussi ceux qui sont aux creux, je débouche comme ça le rondier qui est à l'autre bout je l'aide. […].* "
Cheffe de cabine 2, CDT A [à propos d'un poste en bout de ligne JRM]

46 « *Le mix plastique, le souci qu'il y a eu, c'est que si tu veux les personnes qui ont travaillé sur ce tapis étaient novices on les a formés forcément. Mais elles ont voulu tellement bien faire qu'elles allaient vite, beaucoup plus vite. Elles avaient un rythme soutenu forcément, et elle n'a pas le réflexe peut-être d'appeler son collègue en face et du coup c'est à ce moment là où elle s'est blessée. C'est tout à leur honneur de vouloir bien faire leur travail c'est sûr, mais pas au point de se faire mal* "
Cheffe de cabine, CDT C [à propos d'un poste en bout de ligne JRM]

8.2.2.2. Former les nouvelles et nouveaux arrivants « dans l'urgence » : entre CDT B et CDT C une diversité de prise en charge par les cheffes de cabine

Nos observations menées sur le CDT B, durant la période estivale, ont mis en lumière les défis liés à la formation des nouvelles et nouveaux arrivants dans un contexte relativement contraint. En effet, en l'absence d'une partie des équipes en congés estival, et en raison de l'indisponibilité d'intérimaires déjà formés au tri, de nouvelles personnes sont recrutées et il revient aux cheffes de cabine de les former. Dans ces situations, la formation à dispenser par les cheffes de cabine s'ajoute à une charge déjà élevée pour elles et l'incertitude sur le fait que les nouveaux formés

[136] Dans cette partie, nous parlons de l'activité et des régulations de l'activité opérées par les cheffes de cabine.

reviendront. Dans cette situation de formation, la transmission des stratégies de tri reste sommaire voire inexistante, et s'avère dépendante des trieurs plus expérimentés qui peuvent également poursuivre la prise en charge de la formation des nouvelles et nouveaux arrivants lorsque la cheffe de cabine doit s'absenter pour assurer d'autres actions prioritaires.

A l'inverse, sur le site CDT C, lors d'une observation ouverte en cabine de tri, nous avons constaté que la formation des nouvelles et nouveaux arrivants est d'emblée déléguée à une ou un trieur expérimenté, qui travaille en binôme durant plusieurs jours avec la personne à former. Cette organisation permet un soutien où les conseils sont dispensés en direct en situation de tri, notamment sur les situations de tri les plus complexes tels que sur la ligne « mix plastiques » et celle des cartons. De plus, ce site où le niveau sonore est moins élevé en raison de l'isolation et des goulottes anti-bruit, est plus propice aux échanges verbaux.

8.2.2.3. Pour certaines le ressenti d'un manque de lien aux « encadrants » de plus haut niveau hiérarchique

Sur les différents sites de la collecte sélective, nous avons pu constater à travers des entretiens en situations et verbalisations spontanées au cours de l'activité que les cheffes de cabines se sentent mises à l'écart des décisions concernant la cabine de tri et les agents de tri de la part de la hiérarchie. Sur le CDT A, des réunions hebdomadaires entre les agents de tri, les cheffes de cabine et chefs d'équipe[137] ont été supprimés (extrait n°47). Nos observations et entretiens ont été réalisés dans une période de transition d'un exploitant à un autre, il est possible que cette difficulté de positionnement soit liée à cette phase de transition Ainsi, une cheffe de cabine rend compte de sa relation avec la hiérarchie :

[137] Pour rappel, les chefs d'équipe (*cf.* Partie 5.1.3.4 ; Partie 8.1.) se situent à un niveau hiérarchique plus élevé que les cheffes de cabine. Ils sont responsables du bon fonctionnement et de l'organisation de l'ensemble des équipes incluant les agents de tri mais également le personnel hors cabine, notamment les « équipes au sol » composés de caristes.

47 ❝ [Avant] *on leur donnait le compte rendu chaque semaine*[138]*, moi et le chef d'équipe. Chaque semaine on faisait le point sur ce qu'on avait fait, le suivi de production de la semaine. Le tonnage, les difficultés qu'on avait eues et on pouvait parler, aborder des points et ça on n'a plus ça. Moi je me permets de le faire quand on a des choses à dire quand on est arrêtés* […]. [Avant] *les gens même participaient et disaient ce qui n'allait pas. Par exemple, ils voyaient des choses que des fois ils ne nous avaient pas avertis et y'avait des trieurs qui disaient « ah ça j'ai vu ça il faudrait faire… » et de suite on menait une action et ça, c'était bien. "*

Cheffe de cabine 2, CDT A

Sur le CDT B également, les cheffes de cabine sont également peu intégrées aux décisions prises en amont et ce délibérément (*cf.* Encadré n°7). Cet exemple illustre également la difficulté d'opérer des dialogues sur le travail entre agents de tri et cheffes de cabine face aux chefs d'équipes et directeur.

Encadré 7. Récit d'observation : prise de décision sur la production sans en informer les cheffes de cabine et agents de tri par crainte de conflits ou d'opposition

Lors d'une discussion dans le bureau entre le chef d'équipe et le directeur du site, il a été décidé d'opérer une modification des réglages sur une machine du process. Cette modification entraînera des modifications du type de produit arrivant sur les convoyeurs en cabine de tri. Ils ont alors décidé de réaliser ce réglage sans en avertir les agents de tri ni les cheffes de cabine afin d'éviter tout conflit et toute opposition. Le directeur souligne qu'ils s'en rendront compte dans tous les cas.

Sur CDT C, la cheffe de cabine exprime le sentiment d'être mise à l'écart progressivement, avec l'exclusion de certaines réunions où elles étaient conviées avant. De plus, l'intégration du chef d'équipe dans un bureau en cabine quelques mois plus tôt[139] est perçu comme un contrôle de ce qu'il se passe en cabine, relevant initialement de la responsabilité de la cheffe de cabine. Durant un « brief » (point quotidien) nous avons assisté à un échange conflictuel entre les équipes de tri et le responsable de production (*cf.* Encadré n°8).

[138] La cheffe de cabine fait référence ici aux remontées d'informations faites auprès des trieuses et trieurs.

[139] Une cabine de supervision à destination du chef d'équipe a été intégrée en cabine 8 mois avant le moment des observations. Avant cela, le chef d'équipe disposait d'un bureau en dehors du process.

Encadré 8. Récit d'observation : point quotidien

Durant le « brief » le responsable de production fait un point sur un audit 5S* réalisé quelques jours plus tôt. Le retour est positif, mais ils en sont au 4S car le rangement reste un point d'amélioration. Il explique que les caisses d'alu n'étaient pas vidées. Sur chaque poste, l'alu est trié dans une caisse à côté du poste et non dans les goulottes qui se situent de part et d'autre. Ces caisses sont généralement vidées toutes les heures, à chaque changement de poste, puis déversées manuellement directement sur le process où l'alu est stocké.
Lors de cette annonce, plusieurs réactions se font entendre : des rires et des remarques verbalisées traduisant globalement une incompréhension. On entend notamment « Diviser pour mieux régner ». La cheffe de cabine (en haussant légèrement la voix) et les agents de tri expliquent que c'est normal qu'il reste des caisses pas totalement vides en fin de poste. Ils précisent que les caisses sont vidées 20 minutes avant la fin de poste, alors que le process tourne encore. Ensuite, ils continuent de vider l'alu, mais ne peuvent plus vider les caisses une fois le process éteint, car cela risquerait de provoquer des bourrages.
Le responsable de production réitère la nécessité d'avoir des caisses vides le soir pour respecter les 5S, puis clôt la discussion. Certains trieurs expliquent que dans ce cas, la solution serait de continuer à les jeter avant, puis de ne plus trier l'alu à partir de ce moment.

*Le 5S est une méthode du Lean Management visant à standardiser les pratiques d'organisation de l'espace de travail en 5 étapes (généralement traduites par : trier, ranger, nettoyer, standardiser, respecter)

Au cours d'une discussion informelle, la cheffe de cabine a évoqué cet échange lors du point quotidien durant lequel elle s'est opposée au responsable de cabine. Elle nous a expliqué que, si elle était informée en amont, elle parviendrait à garder son calme. Cependant, en l'état actuel, elle apprend ce type d'informations en même temps que l'ensemble de l'équipe, ce qui la conduit à réagir de façon impulsive sans prise de recul sur la situation.

Or, comme nous avons pu le voir les cheffes de cabine occupent une place centrale à l'articulation entre plusieurs postes. Elles font le lien entre d'une part les décideurs qui ont une vision globale et qui décident des objectifs de production en tenant compte notamment des contraintes techniques et de objectifs de performance ; et d'autre part les agents de tri et les contraintes du travail réel auxquelles les trieuses et trieurs sont confrontés en cabine.

8.2.3. Les variabilités organisationnelles liées aux marges de manœuvre données aux cheffes de cabine

L'effet « vague » de produits qui est un élément central pour le travail de tri, peut être géré à différentes échelles et de différentes façons par les cheffes de cabine et les chefs d'équipe. Ainsi, nous avons constaté une différence entre les possibilités d'actions données aux cheffes de cabine sur les deux centres de tri. Sur le CDT A, la possibilité de réguler la charge de produits entrants repose sur la possibilité pour les trieurs de basculer de flux. La cheffe de cabine n'a

pas d'autres possibilités de son côté pour réguler le flux d'un point de vue technique. La régulation se fait par le biais des remontées de terrain qui passent par des communications verbales ou gestuelles de la part des agents de tri qui conduisent les cheffes de cabine à faire des demandes d'adaptation du flux au chef d'équipe, qui prend ensuite la décision d'agir ou non.

48 ❝ ***Nous on signale*** *qu'il y en a beaucoup ou pas et c'est lui qui voit en fonction du produit s'il faut baisser ou pas.* ***Nous on ne décide pas trop la quantité et régler la machine. On dit « il y en a trop » et puis c'est lui qui juge****, le chef d'équipe si la semaine ils vont arriver à passer le produit ou pas. ″*

Cheffe de cabine 2, CDT A

Sur les autres centres de tri de la collecte sélective (CDT B et C), la régulation de la production se fait à deux niveaux, des réglages peuvent être modifiés[140] sur certaines machines du process par les responsables de production et chefs d'équipes, mais la cheffe de cabine peut également agir sur la régulation en opérant des réglages au niveau de la trémie d'alimentation (extrait n°48).

8.2.4. Le travail des cheffes de cabine et les marges de manœuvre pour l'activité des trieurs

Les cheffes de cabine sont sur les postes de tri, elles s'appuient sur leur propre vécu et expérience du travail de tri pour réguler la production, mais aussi sur ce qu'elles observent et entendent en cabine dans la situation présente. Elles prennent en compte à la fois l'activité de leurs collègues – et leur propre perception de l'activité du tri – ; tout en tenant compte de la pureté du produit entrant, de la qualité du produit sortant ainsi que les exigences de production en termes d'objectifs chiffrés à atteindre. Ainsi, on peut illustrer l'activité des cheffes de cabine à partir de trois tâches principales : le tri, la régulation de la production, et la dimension managériale.

[140] Il s'agit de modifications plus pérennes qui visent à réguler la production sur des temporalités plus étendues et non ponctuellement comme le font les cheffes de cabine.

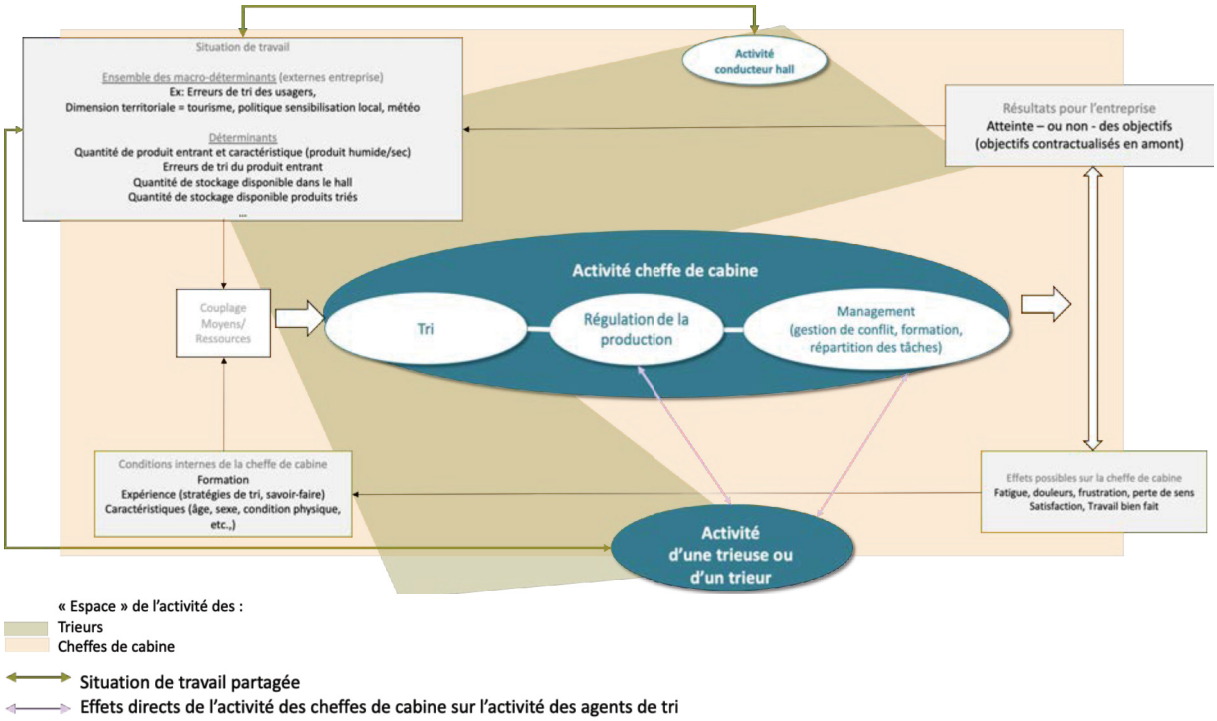


Figure 64. Analyse des régulations des cheffes de cabine au regard de l'activité des agents de tri et du conducteur du hall

Cette figure illustre les relations entre les différentes sphères d'activité, en mettant au centre l'activité des cheffes de cabine. Leur activité est structurée par plusieurs tâches qui se rejoignent : elles assurent à la fois le tri, la régulation de la production, et elles participent au management au quotidien (répartition des tâches, gestion des conflits, accompagnement). L'analyse croisée de leur activité et de celle des agents de tri met en évidence que l'activité des cheffes de cabine ne peut être comprise isolément : elle est en constante interaction avec celle des trieurs et trieuses, sur laquelle elle agit directement à travers les décisions prises pour agir sur la production notamment. À cela s'ajoute l'activité du conducteur hall, bien que nous n'ayons pas pu réaliser d'analyse de l'activité de ces travailleurs, les interactions observées à travers l'analyse de l'activité des cheffes de cabine sur différents sites montre que leur activité impacte directement les conditions de la situation de travail des cheffes de cabine et agents de tri.

8.3. L'analyse de l'activité des chefs d'équipe pour mieux comprendre la situation de travail hors cabine

Nous avons présenté le travail et l'activité des cheffes de cabine, nous allons maintenant présenter l'activité des chefs d'équipe, supérieurs hiérarchiques directs des agents de tri et cheffes de cabine.

8.3.1. Présentation des chroniques d'activité des chefs d'équipes : à l'interface entre la cabine et le hors cabine

Les chefs d'équipe sont le maillon intermédiaire entre les intervenants extérieurs (conducteurs), le responsable du site, les équipes au sol et en cabine de tri (*cf.* Partie 5.1.3.4. ; Figure 57). Ils doivent agir à la fois sur les aspects relatifs à la production et aux personnes. Nous présenterons dans cette partie trois chroniques d'activité réalisées à partir d'observations notées menées auprès de chefs d'équipe (*cf.* Figure 65 ; Figure 68 ; Figure 69). Les chroniques d'activité sont hétérogènes, elles représentent des situations d'actions différentes et reflètent la variabilité que l'on peut observer entre les différents chefs d'équipe et les différents centres de tri (CDT B et D)[141].

[141] Les chroniques présentées sont issues des observations réalisées sur les CDT B et D. Des observations ont également été réalisées auprès des chefs d'équipe du CDT C, cependant les données recueillies ne permettaient pas de réaliser des chroniques d'activité. Deux raisons l'expliquent : une absence de données précises liées à l'impossibilité de réaliser des observations continues, les chefs d'équipes nous ont demandé à plusieurs reprises de les attendre en cabine de supervision ; une activité impactée par notre présence avec de nombreuses verbalisations et actions à visée explicative. Les données du CDT C recueillies auprès de chefs d'équipe seront mobilisées sous d'autres formes.

Éléments d'analyse de l'activité du chef d'équipe 1 – CDT B

Tout d'abord, nous présenterons une première chronique dans sa globalité (*cf.* Figure 64) que nous reprendrons plus en détail ensuite (*cf.* Figure 65 ; Figure 66).

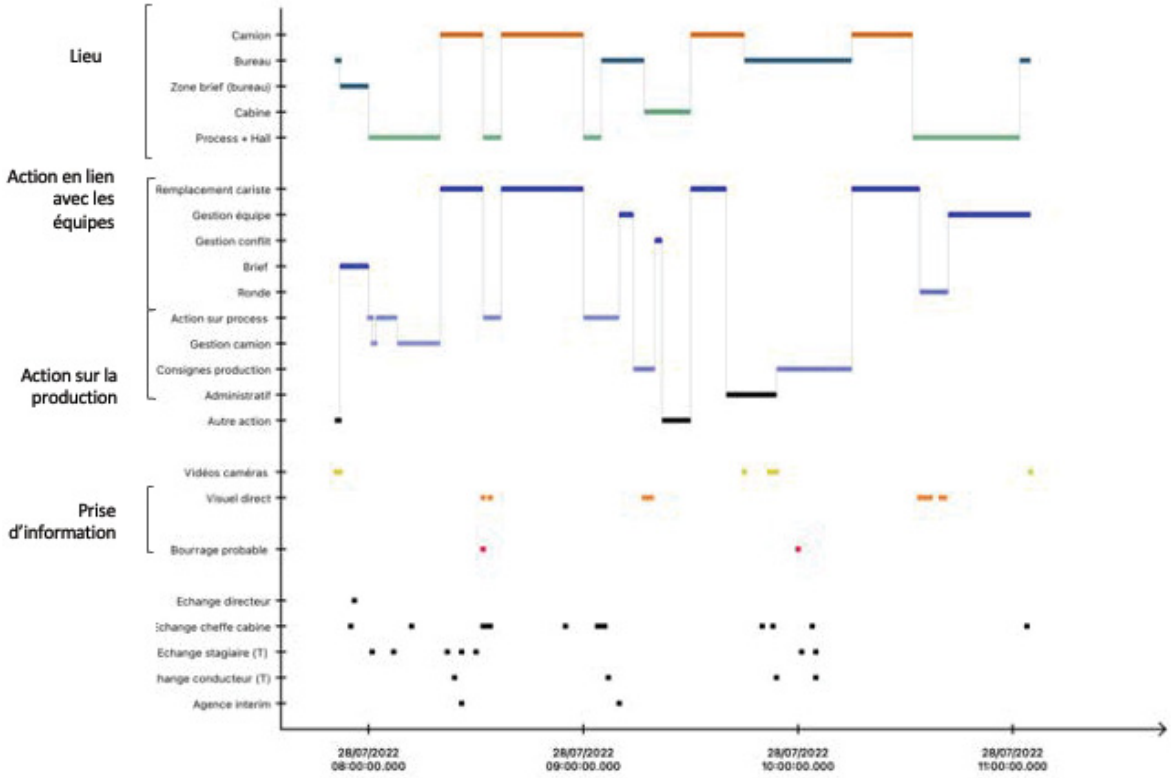


Figure 65.Chronique de l'activité du chef d'équipe 1 poste du matin (CDT B)

Cette chronique (*cf.* Figure 64) illustre l'activité d'un chef d'équipe 1 entre 7h30 et 11h30, le jour d'une observation marquée par l'absence d'un cariste. Dans ce contexte, le chef d'équipe a consacré 35% de son temps à pallier cette absence en amenant les bennes de refus remplies vers l'Unité de Valorisation Énergétique (UVE), située à côté du bâtiment de tri :

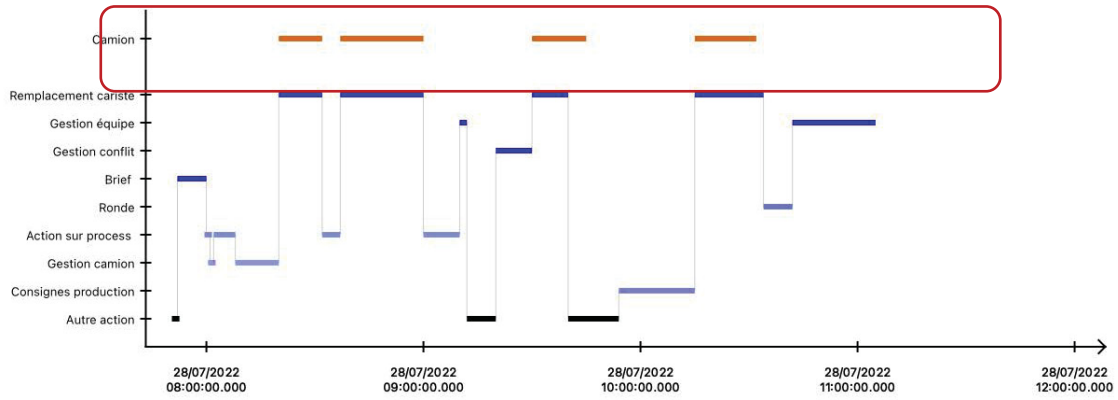


Figure 66. Extrait de la chronique d'activité chef d'équipe n°1(CDT B) ciblé sur le remplacement du cariste absent

Par ailleurs (*cf.* Figure 65), 37% de son temps a été consacré à des actions relevant de tâches de la gestion de production et 17% de son temps a été dédié à des actions de gestion d'équipe. Durant les périodes d'accalmie, il rejoignait son bureau pour réaliser des actions relevant de tâches administratives (ce qui représente ici 7% de son activité) telles que la coordination des intérimaires, ou du reporting. Il est à noter cependant que la journée du chef d'équipe ayant débuté à 04h00 il nous fait part de l'importance d'anticiper les tâches administratives le matin avant que les équipes arrivent en cabine (à 5h) de façon à pouvoir répondre aux aléas, comme l'absence du cariste ce jour-là. On note également qu'il a passé une majeure partie de son temps sur le terrain : 31 % au niveau du process technique et du hall, principalement pour y réaliser des actions sur le process et éviter des bourrages (28% du temps), mais aussi pour gérer les camions entrants et sortants (22% du temps), et anticiper d'éventuels problèmes en réalisant des rondes (13%). Dans cette situation, le chef d'équipe a dû à plusieurs reprises, stopper certaines actions engagées, pour en prioriser d'autres (*cf.* Figure 66).

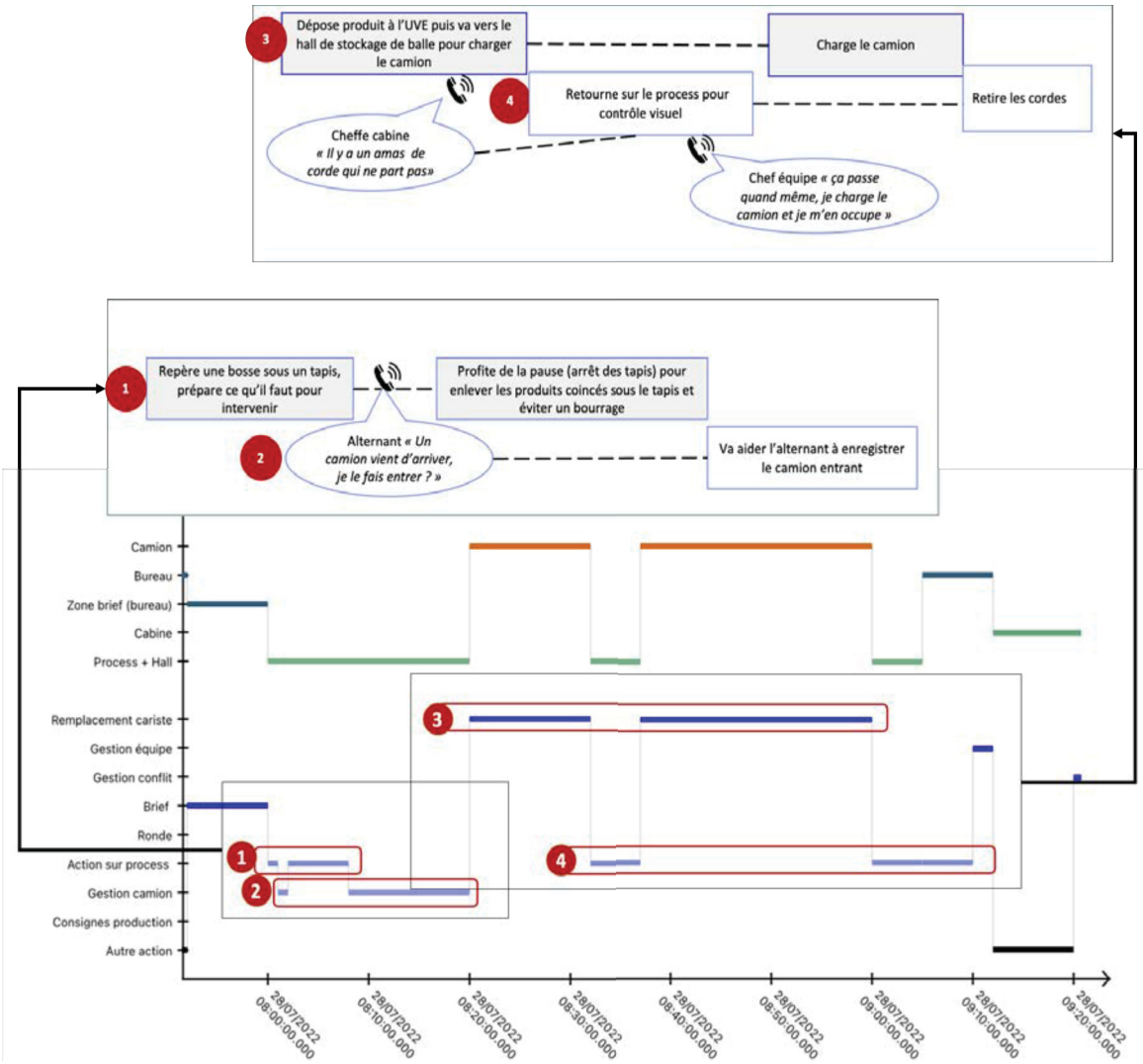


Figure 67. Extrait de la chronique d'activité détaillée chef d'équipe n°1 de 8h à 12h durant une journée considérée comme difficile (vendredi) (CDT B)

Sur cet extrait de la chronique on peut voir que 4 actions se succèdent et s'entrecoupent. Premièrement, il repère un défaut sur un tapis lors d'une ronde sur le process (*cf.* Figure 67, n°1) et attend la pause pour pouvoir intervenir. Il commence à préparer la nacelle élévatrice pour atteindre le tapis. Il est interrompu par le talkie, un camion entrant doit être enregistré pour venir récupérer des balles de produits triés à destination des clients (*cf.* Figure 67, n°2). Le chef d'équipe agit d'abord sur le process durant la pause des équipes car le process est arrêté à ce moment-là. Il s'occupe ensuite de l'enregistrement du camion. Lorsqu'il termine, il reprend son rôle de remplacement du cariste (*cf.* Figure 67, n°3). Il conduit la benne de refus à l'UVE[142] puis se rend sur le hall de stockage des produits triés pour charger le camion qu'il a enregistré précédemment. Lorsqu'il s'apprête à charger le camion (dont le conducteur attend depuis son arrivée 30 minutes plus tôt), un appel de la cheffe de cabine le prévient d'un potentiel bourrage

[142] Rappel : l'UVE est l'Unité de Valorisation Énergétique où sont incinérés les produits non recyclables.

à venir sur le process (*cf.* Figure 67, n°4). Le chef d'équipe se rend sur place et constate que malgré un amas de corde, le produit continue à s'écouler. Il décide de prioriser le remplissage du camion et revient traiter ce bourrage ensuite.

Par ailleurs, au total, 16 échanges téléphoniques ou par talkie-walkie portant sur la production et la gestion de camions entrants sortants ont eu lieu, dont 8 avec la cheffe de cabine, 3 avec le stagiaire en alternance, 2 avec le conducteur de la trémie et 1 avec le directeur, et 2 avec l'agence intérim. Ces échanges témoignent de la centralité de la coordination entre les différents acteurs présents sur site et hors site pour le bon déroulement du tri. Ils révèlent également que l'activité des chefs d'équipe nécessite des ajustements permanents pour rétablir leurs priorités en fonction des flux de camions et des imprévus de terrain.

Ces déplacements sur le terrain, majoritairement hors cabine, répondent à la nécessité de recueillir un maximum d'informations sur la production et les équipes, en s'assurant régulièrement une prise d'informations visuelles en direct, sur des éléments du process, les caractéristiques du produit ou des éléments relatifs aux travailleuses et travailleurs (extrait n°50).

50 « *Tu vois, le fait de venir ici* [dans le hall] *je vois des choses que j'aurais pas vu dans mon bureau […] je regarde le tas, le convoyeur et si le port d'EPI est respecté"*

Chef d'équipe 1, CDT B

En complément, le chef d'équipe consulte tout de même régulièrement les écrans de son bureau (à 6 reprises durant le temps passé dans son bureau), qui diffusent des images vidéo des points clés du process, tel que le hall de stockage ou des zones sujettes aux bourrages. Cette surveillance lui assure une prise d'informations continue, bien que moins riche qu'une observation directe, car limitée par l'angle fixe des caméras (*cf.* Figure 64).

Éléments d'analyse de l'activité du chef d'équipe 2 – CDT B

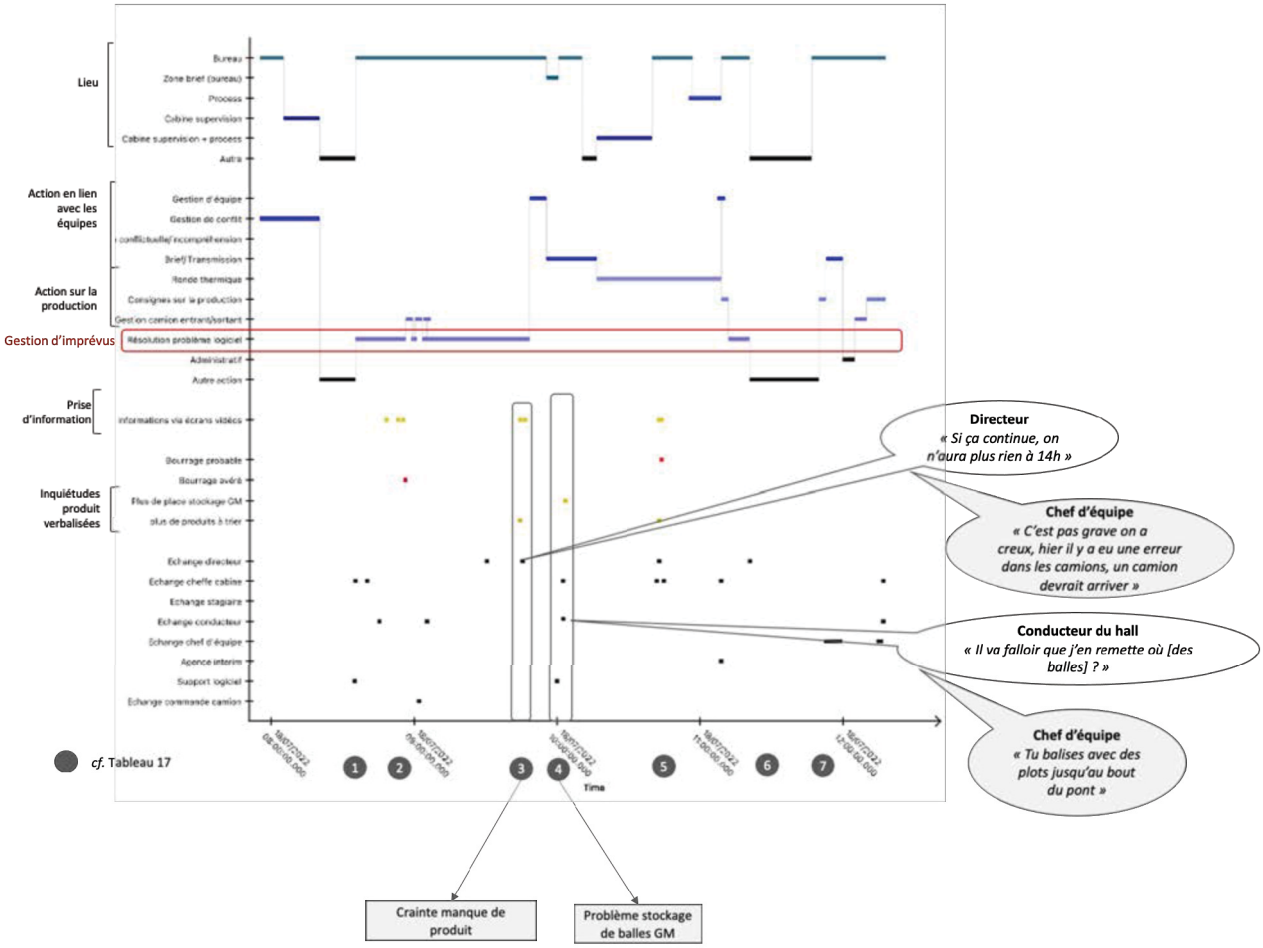


Figure 68. Chronique de l'activité d'un chef d'équipe 2 poste du lundi matin (22 juillet) (CDT B)

Cette chronique (*cf.* Figure 67) illustre l'activité du chef d'équipe 2, entre 8h00 et 12h30, lors d'un jour de canicule. Afin d'éviter les fortes chaleurs de l'après-midi, l'organisation du travail a été adaptée : une équipe prend son poste de 5h à 12h (chef d'équipe 2) et l'autre de 7h à 14h (chef d'équipe 1). Cette journée a été qualifiée de plutôt calme (extrait n°51).

51 « *Aujourd'hui ça va encore, il y a des jours où on ne touche pas terre […] Je fais 10 à 12 km par jour […]. Là je suis déjà à 7000 pas. […] Nous, [les chefs d'équipe] on court partout, on gère les problèmes.* »

Chef d'équipe 2, CDT B [à 10h10, pendant la pause]

Cette configuration (deux chefs d'équipes et une journée relativement calme) conduit le chef d'équipe 2 à passer davantage de temps dans son bureau (60%). Comme nous avons pu le montrer concernant le chef d'équipe 1, le chef d'équipe 2 passe également une majeure partie de son temps (29%) à gérer un imprévu, bien qu'il soit de nature très différente : il n'arrive plus

à accéder au site qui lui permet de gérer les commandes de camions. Il appelle les entreprises externes gérant le site pour tenter de comprendre le problème rencontré sur le site, en parallèle il appelle les entreprises de transports pour essayer de passer des commandes de camions en dehors du site prévu à cet effet.

Les chefs d'équipe doivent également gérer d'autres aléas en lien direct avec la production, comme l'illustrent les deux exemples apparaissant sur la chronique. Dans le premier cas, le directeur qui dispose d'un écran vidéo montrant le hall de stockage signale au chef d'équipe sa crainte que le stock soit écoulé avant la fin de poste des agents de tri. Ce dernier regarde l'écran depuis son bureau à deux reprises et le rassure en lui disant qu'il reste un autre flux de produits à trier (du creux), et qu'un camion devrait déposer davantage de produit. Quelques instants plus tard, le hall de stockage du produit trié est quant à lui plein. Le chef d'équipe donne comme consigne au conducteur de baliser une zone plus large.

La gestion des camions ne représente pas un temps majeur dans la gestion de la production. Cependant, cette tâche nécessite d'anticiper et d'ajuster en permanence et le type de produits entrants ainsi que la quantité sont à l'origine des difficultés rencontrées par les équipes qui assurent le bon déroulement de la production, des caristes qui remplissent la trémie, aux agents de tri en cabine. Plusieurs éléments viennent impacter la gestion des camions. Ce problème de logiciel ne lui permet pas de commander des camions, or le stockage des balles est bientôt atteint[143]. Face à cette situation le chef d'équipe tient compte : du flux de produit restant à trier, du temps de travail des trieurs restant, des réglementations concernant le stockage maximal. Il doit réaliser des arbitrages entre : respect des normes, atteintes des objectifs de performance et conséquences pour les trieurs en cabine (ici l'absence de produit). Pour cela, le chef d'équipe doit être capable d'anticiper cette situation en commandant des camions supplémentaires pour venir récupérer les balles de produits triés.

[143] Pour rappel le stockage du produit est limité dans le hall et en termes de balles de déchets triés. Les centres de tri des déchets sont soumis à la réglementation des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE), qui impose des limites de stockage afin de prévenir les risques environnementaux et sanitaires, notamment en matière de sécurité (incendie), de pollution et de gestion des flux de déchets. Les quantités maximales de produits stockés (le produit non trié et le produit trié stocké en balles) sont alors fixées par arrêté préfectoral tenant compte des spécificités du site.

Tableau 17. Régulation de la production : difficultés à anticiper

8h30	Problème pour accéder au logiciel qui permet de commander des camions
8h59	Le chef d'équipe tente d'appeler une personne extérieure au site pour commander deux trois camions puisqu'il n'a pas accès au logiciel, en vain Chef d'équipe 2 : « Je suis dans la mouise »
9h44	Le directeur fait part de son inquiétude de ne plus avoir assez de produit (entrant) dans le hall
10h00	Le conducteur qui gère les balles appelle le chef d'équipe pour savoir quoi faire. Il doit baliser une nouvelle zone avec des plots pour pouvoir continuer à déposer des balles
10h43	Le chef d'équipe 2 dit au chef d'équipe 1 « Je pense qu'on va être à court de produit »
11h25	Le chef d'équipe 1 dit de garder un peu de papier puis de passer en creux (autre type de produits à trier). Il demande combien de tonnes il reste à l'autre cheffe de cabine. Puis il demande de vider le régulateur et de laisser les gens sur la ligne 2.
11h47	Chef d'équipe 1 : « Tu verras il n'y aura pas assez [de produit]» Le chef d'équipe 2 invite le chef d'équipe 1 à regarder l'écran sur lequel on voit le hall situé dans le bureau du directeur. Ils regardent un instant puis le chef d'équipe 1 dit « Je vais voir la benne comment elle est en vrai »

Éléments d'analyse de l'activité du chef d'équipe 3 – CDT D

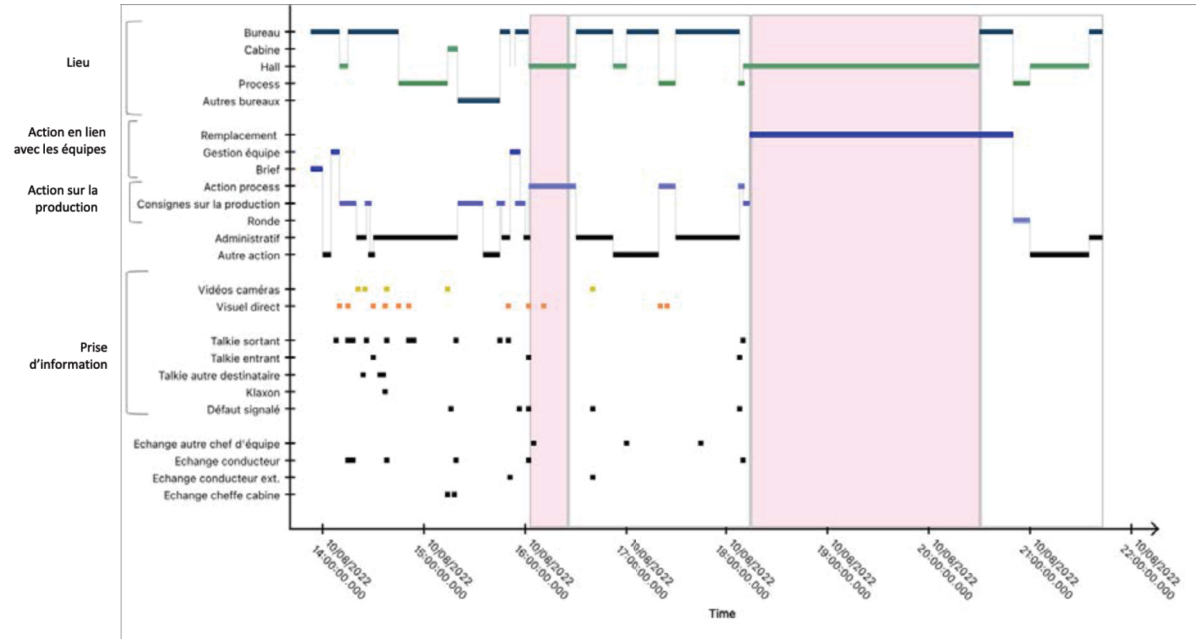


Figure 69. Chronique de l'activité d'un chef d'équipe (CDT D) (en fond rouge sont représentés des problèmes au niveau de la trémie)

Cette chronique d'activité a été réalisée auprès d'un chef d'équipe du CDT D. Il s'agissait d'une journée de canicule et une trémie broyeuse externe était ajoutée en raison des fortes chaleurs qui empêchaient la trémie principale de fonctionner. Sur la chronique on peut voir en fond rouge les deux moments où il y a eu un problème pour faire fonctionner la trémie en raison de

la chaleur. Tout comme la première chronique (*cf.* Figure 65), le chef d'équipe 3 effectue un remplacement de conducteur du hall entre 18h14 et 20h50 (33% du temps du poste).

Comme le montrent ces différentes chroniques, les chefs d'équipe occupent une place à l'interface entre les décideurs et les équipes. Ils sont amenés à réguler la production (*cf.* Partie 8.2.1.1. ; 8.2.1.2.), gérer les équipes (*cf.* Partie 8.2.1.3.), le tout en faisant face quotidiennement à des aléas. On observe également une répartition de tâches tenant compte des compétences spécifiques de chacun (*cf.* Partie 8.2.1.3.).

8.3.2. La régulation de la production : un équilibre entre produits entrant, sortant et respect des contraintes réglementaires

Les chefs d'équipe[144] agissent sur régulation de la production. Si les cheffes de cabine agissent essentiellement sur le process de tri, en lien direct avec la cabine, les chefs d'équipe agissent à l'interface entre les décideurs (responsable de production, responsable de site), les entreprises extérieures (transports) et sur le site hors cabine (maintenance, caristes et conducteurs) et en cabine (agents de tri et cheffes de cabine) (*cf.* Figure 17, p.131 ; Figure 56, p. 213). Ils ont ainsi une vision moins centrée sur ce qu'il se passe en cabine de tri mais plus globale, qui intègre toute la chaîne de production. Ils gèrent à la fois le produit entrant sur le site, tout en tenant compte du respect des réglementations concernant le tonnage maximum à atteindre dans le hall de stockage ainsi que le stock de produits mis en balles.

Le lien aux équipes est dont plus faible que les chefs de cabine. Cela est renforcé par le fait que sur certains sites, les équipes soient spatialement plus distantes (*cf.* Annexe 1). Sur les CDT A et B, les chefs d'équipes se situent en dehors de la cabine et du process, ils disposent d'un bureau situé dans un bâtiment proche des vestiaires, de la salle de pause, et d'autres bureaux tels que les bureaux du responsable de production et du responsable du site. Sur le CDT B, nous avons pu observer les chefs de d'équipe passent peu de temps (13 et 15 minutes[145]) en cabine, et lorsqu'ils y vont c'est avant tout pour contrôler la production.

52 « *Je regarde la qualité du tri, et la quantité de produit"*
Chef d'équipe 1, CDT B [à propos du « contrôle » en cabine]

[144] Les résultats présentés ne tiennent pas compte des chefs d'équipe du CDT A auprès desquels n'ont n'avons pas recueilli de données auprès des chefs d'équipe.
[145] Cette durée peut également être allongée par notre présence puisqu'ils ont pris le temps de nous montrer et verbaliser leurs actions.

Sur le CDT C le bureau du chef d'équipe est situé directement en cabine de tri, avec vue sur l'ensemble de la cabine. Le temps passé en bureau est également du temps en cabine, il passe alors davantage de temps en cabine. Enfin, sur le CDT D, le chef d'équipe dispose d'une cabine de supervision avec une vision directe sur les camions entrants et le hall de stockage, situé entre le process et la partie bureaux qui est dans un autre bâtiment. Durant nos observations il a passé 6 minutes en cabine de tri sur 8 heures d'observations.

8.4. Éléments de discussion du second niveau d'analyse : « Voir large » pour élargir la compréhension des situations de travail et identifier des situations de travail à enjeux prospectifs

8.4.1. La trémie un des principaux leviers de régulation de la production à l'échelle des cheffes de cabine

Sur les sites observés (B, C et D), il apparaît que la trémie d'alimentation constitue un levier de régulation de la production. Que la trémie soit ou non équipée d'un broyeur ou d'un fond mouvant, elle exige une attention particulière. L'équilibre à maintenir repose sur plusieurs variables : la quantité de matière à traiter, les objectifs de poids à atteindre, et les caractéristiques des produits entrants (carton, bouteilles, produit très sec ou humide, etc.). Pour intervenir sur la production, chefs d'équipe et cheffes de cabine mobilisent des leviers d'action spécifiques. Soit en ajustant directement les réglages de la trémie, soit en modifiant les objectifs transmis au conducteur.

Encadré 6. Récit d'observation. Remplissage de la trémie. CDT B

Le chef d'équipe 2 est dans son bureau, il regarde l'écran à plusieurs reprises entre 09h55 et 10h00. Il dit à haute-voix à propos du cariste qui remplit la trémie *"Mais qu'est-ce qu'il fait ?".* Il prend son talkie-walkie et lui dit *"Tu es trop sur le régul, je m'en fous tu descends sur le poids mais tu montes pas comme ça ". La cheffe de cabine ajoute " depuis ce matin on a d'énormes cartons ça fait des vagues "*. Ce à quoi le cariste répond *" Désolé je fais au mieux, mais y'a beaucoup de cartons"*

8.4.2. L'organisation des expéditions et réception de produit : un des aspects de régulation de la production à l'échelle des chefs d'équipe

Le travail et l'activité des cheffes d'équipe ont un impact sur le travail en cabine du fait de leurs actions sur le flux de produits arrivants sur site. Ce flux est structuré par l'arrivée des camions apportant les déchets collectés. Pour eux, la gestion des camions ne représente pas un temps majeur par rapport au reste de leur activité sur la production. Cependant, cette activité nécessite d'anticiper et d'ajuster en permanence le type de produit entrants ainsi que sa quantité. Ces différents points sont à l'origine des difficultés rencontrées par les équipes et les caristes qui

remplissent la trémie, aux agents de tri en cabine. Plusieurs éléments viennent impacter la gestion des camions. Lors de l'organisation de l'expédition des produits, le chef d'équipe est confronté à un problème avec le logiciel de gestion associé, il est confronté à une difficulté puisqu'il ne peut pas commander de camions, or le stockage des balles est bientôt atteint.

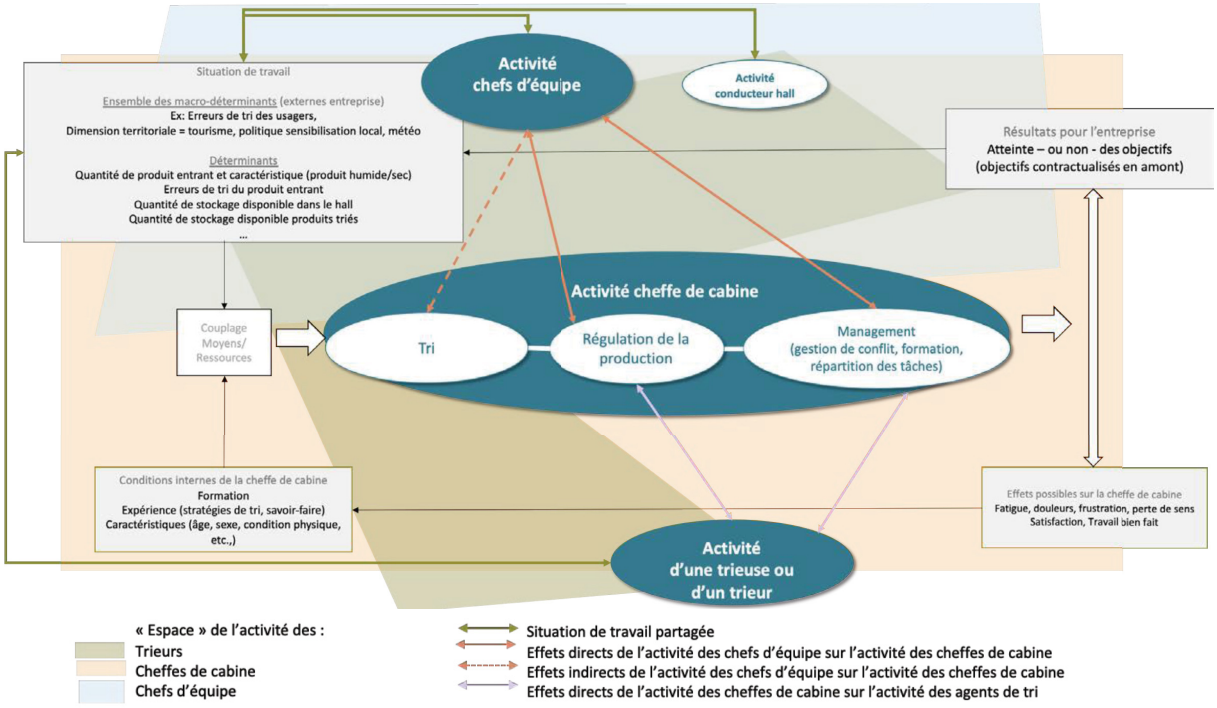


Figure 70. Analyse des régulations des cheffes de cabine au regard de l'activité des agents de tri, des chefs d'équipes et du conducteur du hall[146]

Ces interactions génèrent des effets croisés : les décisions prises à un niveau (par exemple, la planification de la production par les chefs d'équipe) influencent directement les marges de manœuvre des cheffes de cabine. Inversement, les ajustements opérés localement par ces dernières (par exemple, réorganisation spontanée de la répartition des postes en fonction des absences ou de la fatigue) peuvent avoir un effet sur l'atteinte des objectifs globaux de l'entreprise. Enfin, la figure montre que l'activité de régulation est façonnée par des déterminants externes (météo, volume de déchets entrants, politiques locales) et internes (expérience, conditions physiques), avec des effets potentiels sur la santé ou la perception du travail (satisfaction, fatigue, frustration, etc.). L'ensemble souligne l'importance de considérer

[146] Voir figure agrandie annexe 7

les systèmes d'activité comme interconnectés, traversés par des tensions mais aussi porteurs de régulations collectives.

Le pilier « voir large » (1) à travers une analyse de situations de travail variées (CDT B, C et D) nous offre un premier regard sur les « possibles » en termes d'organisation et de réponses apportées aux différents aléas selon les sites tant sur le plan organisationnel que technique. « Voir large » (2) en adoptant une perspective élargie à l'activité des cheffes de cabine et chefs d'équipes nous permet de mieux comprendre les situations dans la globalité et la complexité dans lesquelles l'activité des trieuses et trieurs est réalisée.

Cette analyse élargie de l'activité des trieurs à celle des chefs d'équipe et cheffes de cabine enrichit la compréhension des conditions de travail des agents de tri, et est à même de servir de base à une démarche prospective visant à identifier des « lieux » dans les situations de travail croisées qui sont porteurs d'enjeux spécifiques, où il semble *a priori* souhaitable à considérer, préserver et développer pour investiguer des pistes de nouveaux SIA.

En effet, la complexité de ces situations révèle des contraintes de l'activité des agents de tri qui sont partagées et mettent en lumière des déterminants et macro-déterminants. Ces déterminants offrent ou limitent les possibilités de développement de marge de manœuvre ensuite pour les trieurs puisque toutes les décisions et régulations opérées en amont vont avoir un impact sur le produit arrivant en cabine de tri, et donc avoir des effets sur les possibilités de mise en place d'une variabilité gestuelle (Lémonie & Chassaing, 2013).

Point d’étape

Ce chapitre, en élargissant l’analyse à l’activité des encadrants de proximité (cheffes de cabine et chefs d’équipe), a permis d’apporter une compréhension plus globale des contraintes et déterminants de la situation de travail de l’activité des agents de tri. Le pilier « voir large » a ainsi permis de mettre en lumière l’importance des régulations opérées en amont de la cabine de tri pour préserver les marges de manœuvre des opératrices et opérateurs en cabine de tri. Les analyses croisées menées sur les quatre centres de tri ont montré que, malgré la diversité des organisations et des niveaux d’automatisation, certaines constantes émergent.

Ainsi, les leviers pour soutenir l’activité des agents de tri ne se situent pas uniquement en cabine de tri, mais également au-delà. Cela nécessite une réflexion élargie sur l’organisation globale du tri, et sur les articulations entre les différents niveaux hiérarchiques et techniques.

Ces éléments seront essentiels pour orienter la réflexion prospective engagée dans le chapitre suivant, en identifiant des Situations de Travail à Enjeux Prospectifs (STEP) susceptibles de soutenir le développement de marges de manœuvre et d'anticipation, en s'appuyant à la fois sur l'analyse de l'activité des agents et sur celle de leurs encadrants de proximité.

Chapitre 9 : « Voir loin » à partir de tendances globales et « prendre des risques »

Ce chapitre vise à ouvrir des perspectives de développement technologique, en s'appuyant sur les analyses des chapitres 7 et 8 pour montrer comment elles peuvent nourrir une réflexion prospective. Nous proposons ce chapitre comme une **approche exploratoire ergonomique de raisonnement prospectif fondé sur l'analyse de l'activité.** Tout d'abord, nous examinerons comment le pilier « voir loin » permet d'adopter une première ébauche d'attitude prospective en accordant une considération explicite aux temporalités et aux évolutions dans le temps. Cela à travers l'identification et la prise en compte des trajectoires engagées par les politiques publiques, ainsi que par les enjeux qui émergent de la réalité du travail et de l'activité des acteurs de terrain. Ensuite, nous exploiterons le dernier pilier prospectif « prendre des risques » afin de proposer des pistes concrètes de développement souhaitables, favorables aux développements de marges de manœuvres, dans une situation de développement technologique et sur des terrains à enjeux prospectifs, dans le secteur du tri des déchets.

Tableau 18. Rappel de l'organisation des chapitres de résultats : *voir loin* et *prendre des risques*

	Analyse de l'activité des agents de tri, cheffes de cabine et chefs d'équipe		
Chapitre 7	Penser à l'homme + Analyser en profondeur	**Penser aux acteurs et actrices au cœur des situations de travail** + **Analyser l'activité**	Analyser l'activité et les régulations de l'activité opérées par les trieurs Identifier les déterminants et marges de manœuvre dont ils disposent
Chapitre 8	+ Voir large	**Voir large pour inscrire l'analyse de l'activité dans un contexte plus global**	Analyser l'activité des cheffes de cabine et chefs d'équipe Développer une analyse de rapprochement-différenciation entre les 4 CDT
	Démarche exploratoire de raisonnement prospectif basé sur l'analyse de l'activité et du travail		
Chapitre 9	+ Voir loin + Prendre des risques	**Penser les temporalités pour élargir les champs de possibles** + **Prendre des risques pour avancer**	Explorer les évolutions possibles et souhaitables du projet de référence Identifier des *Situations de Travail à Enjeux Prospectifs* afin de proposer des *Esquisses de Concepts* intégrant l'analyse des situations de travail et de l'activité (chapitres 7 et 8)

9.1. Positionnement du chapitre : proposition de formalisation de la dimension prospective

Ce chapitre occupe une place particulière entre résultats et discussion. Nous y proposons une approche exploratoire de réflexion prospective, construite autour des piliers « voir loin » et « prendre des risques ». Il s'appuie sur les résultats présentés dans les chapitres 7 et 8, issus des collectes de données réalisées sur les différents centres de tri. Nous y explorons le potentiel prospectif que l'on peut tirer à partir de nos connaissances sur l'activité, tout en tenant compte des évolutions et tendances actuelles en termes d'innovations dans les centres de tri. Ainsi, nous proposons d'ouvrir la discussion sur le potentiel créatif et innovant que l'on peut explorer à partir de ces connaissances des situations de travail et de l'activité. Nous éprouvons l'analyse de l'activité dans une visée prospective sur la base de situations existantes pour lesquelles il existe des signaux de transformations des situations par l'IA.

En tant qu'ergonome, il s'agit d'identifier des *situations de travail à enjeux prospectif* (STEP), en vue de proposer, à partir de l'activité, des *esquisses de concepts* issue de l'analyse de l'activité. L'*esquisse de concept* vise ainsi à préfigurer d'éventuels *Proof Of Concept* (PoC)[147], pouvant potentiellement être poursuivies en tant que projet de transformation future des situations considérées. L'identification de STEP vise à proposer, au-delà d'un développement technologique des niveaux dans l'espace de l'activité (ici des agents de tri) qui serait pertinent à investiguer dans l'objectif poursuivi de développement technologique souhaitables pour la santé des personnes. Ces esquisses de concept intègrent la complexité du travail et visent également à préciser des points de vigilance et d'analyse à intégrer dans des développements futurs.

L'objectif de cette démarche est double : d'une part, formaliser des repères à partir de l'analyse de l'activité pour questionner la technologie CAPTUR à travers les dynamiques observées sur différents centres de tri ; d'autre part, proposer des pistes d'orientations de développement plus ciblées, à travers les *esquisses de concept*. Il s'agit de pistes d'orientations dans le sens où il s'agit d'élaborer des voies possibles d'évolution, non définitives dans la mesure où toute démarche prospective comporte une incertitude inhérente.

[147] Les preuves de concepts, couramment appelés « PoC » correspondent à une démonstration préliminaire de faisabilité ou de viabilité d'une idée, méthode ou d'un processus.

Elles seront présentées en fin de chapitre et ont vocation à servir de supports à la réflexion collective, et doivent être discutées en termes de possibilités, limites et impossibilités – techniques, sociales, organisationnelles ou juridiques.

9.2. L'analyse de l'activité comme appui pour adopter une vision globale des situations de travail et identifier des situations à enjeux prospectifs

Comme l'ont montré les chapitres précédents (*cf.* chapitres 7 et 8), l'analyse de l'activité des agents de tri et de leurs encadrants permet d'adopter une approche systémique de la situation de travail. Elle met en évidence les caractéristiques de la situation limitant les possibilités de développement de marges de manœuvres (i.e., flux de produit important, comportant de nombreuses erreurs de tri, peu de possibilités de régulation de la production pour les cheffes de cabine et les agents de tri, combiné à de nombreux aléas, problèmes techniques et bourrages, etc.). À partir de l'analyse de l'activité et en partant d'un niveau « micro », au plus proche de la situation de travail, on peut également identifier certains macro-déterminants (*cf.* Figure 71) qui apparaissent comme déterminants structurels de la situation de travail qui se manifestent au cœur de l'activité, et avec lesquels les opératrices et opérateurs doivent composer (i.e., la météo qui va avoir un effet sur l'hygrométrie des produits entrants, les erreurs de tri réalisées par les ménages, etc.).

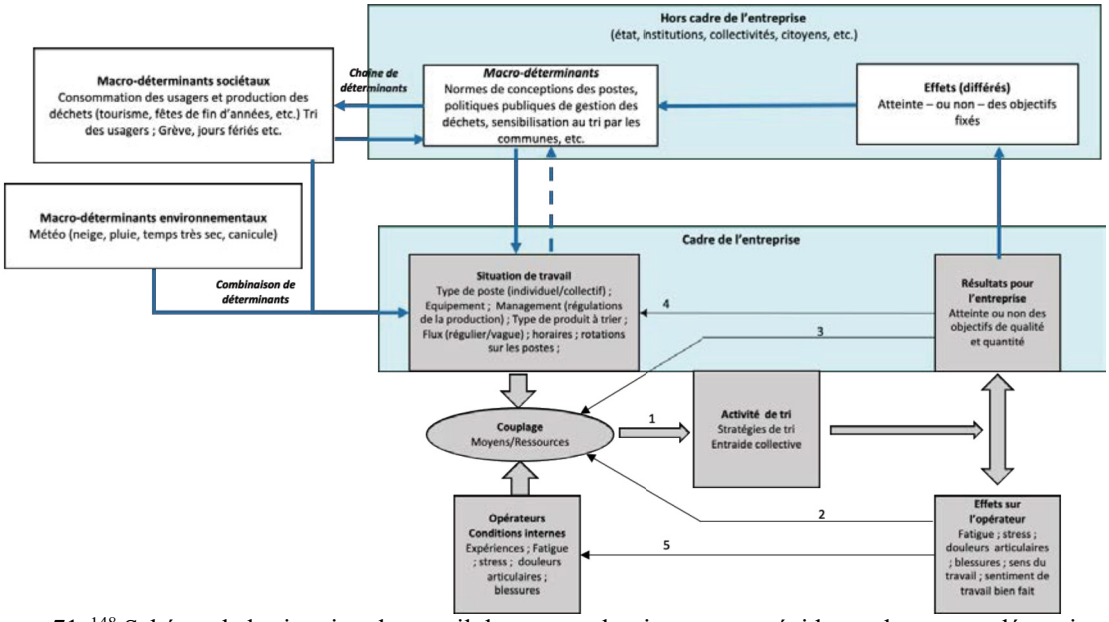


Figure 71. [148] Schéma de la situation de travail des agents de tri mettant en évidence des macro-déterminants ayant des effets sur la variabilité des situations et les possibilités de développement des marges de manœuvre, à partir du modèle présenté par Jansou et al. (2024)[149][150]

Ce schéma illustre qu'à travers l'activité de tri, au-delà de gestes en apparence répétitifs, les trieuses et trieurs mettent en place un ensemble de stratégies (*cf.* chapitre 7). L'agent de tri, comme ses encadrants, réalise des choix et des arbitrages qui ne se limitent pas au poste ou à la cabine de tri, mais s'ancrent également dans des macro-déterminants extérieurs à l'entreprise. Ces macro-déterminants, souvent peu flexibles et difficiles à faire évoluer – normes, politiques publiques, etc. – structurent et influencent d'autres « déterminants » de la situation de travail. Parmi eux, nous avons identifié ce que nous proposons de nommer des « macro-déterminants sociétaux » qui intègrent à la fois les dimensions culturelles et territoriales de la situation. Ils renvoient notamment au rôle des citoyens usagers, dont les pratiques de consommation et de tri influencent le travail en cabine. À cela s'ajoutent des macro-déterminants environnementaux, fréquemment relevés dans les situations de travail agricole, mais qui occupent aussi une place importante pour l'activité des trieurs. Toutefois, face aux variabilités introduites par ces macro-déterminants, les agents de tri disposent de ressources pour s'adapter et réguler leur activité. Les résultats ont montré que l'anticipation de ces variabilités situationnelles constitue une

[148] Les flèches numérotées renvoient aux processus de régulation (cf. Figure 7, chapitre 2).

[149] Voir figure agrandie annexe 7.

[150] Ce schéma s'appuie sur les références suivantes :
De Terssac, G. & Christol, (cité par Jansou et al., 2024)
Leplat, J., & Cuny, X. (1977). Introduction à la psychologie du travail. Presses Universitaires de France.

marge de manœuvre pour pouvoir préserver leur variabilité gestuelle et les stratégies de tri qu'ils développent au cours de leur activité.

Cette identification des macro-déterminants, révélée par l'analyse de l'activité, nous a permis de « localiser » les effets « en chaîne » de ces contraintes, afin d'identifier des « espaces[151] » de développement possibles et de soutien technologique pour favoriser le développement de marge de manœuvre en tenant compte de ces contraintes qui pèsent sur les situations de travail (*cf.* Partie suivante 9.2.3.). Par ailleurs, d'autres éléments sont à considérer dans une visée prospective, afin de tenir compte des évolutions souhaitables des situations pour l'activité des personnes. Ainsi, il convient de tenir compte à la fois de ces « macro-déterminants » mais également de l'articulation entre l'activité des encadrants de proximité (cheffe de cabine et chefs d'équipe) (*cf.* chapitre 8), ainsi que des tendances d'évolutions observées. Pour cela, nous verrons comment le pilier « voir loin » permet d'enrichir notre approche prospective à partir des éléments susmentionnés.

[151] Nous utilisons le terme « espace » au-delà de la dimension spatiale qui peut lui être attribuée. Nous pensons ici l'*espace de l'activité* comme un tout comprenant l'ensemble des conditions antécédentes à l'activité incluant l'activité d'autres personnes, les contraintes potentielles identifiées pesant sur l'activité de ces personnes, ainsi que l'ensemble de l'organisation qui précède l'activité.

9.3. Voir loin : construire une vision prospective des évolutions du travail de tri des déchets à partir de l'activité

9.3.1. Un terrain de référence structurant pour une approche prospective des transitions dans le secteur du tri des déchets : l'exemple de CAPTUR

Le terrain de référence CAPTUR constitue un cadre structurant pour notre raisonnement prospectif en délimitant notre approche. Plus précisément, il cadre notre réflexion sur l'exploration du développement de technologies en lien avec la prévention des TMS, élargie aux enjeux plus globaux de santé au travail, dans le secteur du tri des déchets. Ce terrain nous permet d'envisager les transformations engagées, et celles à venir dans ce secteur en constante transformation. Notre approche prospective vise à questionner les contraintes actuelles avec les transformations envisageables, en termes d'évolutions souhaitables, ou à risque potentiel pour la santé de travailleuses et travailleurs.

9.3.1.1. Entre opportunités et risques : confronter les usages possibles de CAPTUR aux réalités des centres de tri

Éléments de contexte et d'analyse des données du terrain de référence CAPTUR

L'industriel équipementier du terrain CAPTUR souligne que des acteurs institutionnels (l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie [ADEME]), ainsi que les centres de tri avaient alerté sur l'aspect « flicage » et l'exploitant s'est inquiété du « contrôle de performance des opérateurs ». Dans ce contexte, une des questions centrales était « l'acceptabilité » de la technologie. Cependant, cette question arrivait lorsque l'outil était déjà en phase de test technique, en vue d'une industrialisation. Dans cette situation, poser la question de « l'acceptabilité » consistait ici davantage à « faire accepter » qu'à « rendre acceptable » la technologie. En amont de la reformulation du projet de recherche, le terrain de référence CAPTUR était engagé dans un processus d'introduction dans un centre de tri en construction, mais les usages prescrits n'étaient pas encore définis. Les destinataires des données produites, ainsi que l'interface de restitution des données n'étaient pas encore précisés. À noter également que l'exploitant, lié par contrat à la collectivité, est tenu à une obligation de résultat, notamment en ce qui concerne le respect de norme NF X35-702 relative aux gestes et actions techniques, cette obligation de résultat constitue une orientation forte des objectifs à atteindre en termes de performance (extrait n°53). Toutefois, bien que les opératrices et opérateurs soient mentionnés dans la discussion, on peut noter que la vision portée reste éloignée de l'activité de tri et très

normative puisque les deux solutions évoquées visent à résoudre « le problème de nombre de gestes dépassés » ou à « positionner l'opérateur correctement ».

53 « *Et la cabine connectée c'est **le moyen de garantir cette performance quasi en temps réel et qu'on est capable de maîtriser la qualité des flux** aussi bien sur l'amont que sur les postes de tri en eux même pouvoir identifier des zones rouges pour pouvoir intervenir rapidement. Soit en venant compléter la table de tri avec un opérateur supplémentaire si c'est juste un problème de nombre de gestes dépassés. Ou adapter le poste de travail avec des moyens qui sont mis pour positionner l'opérateur correctement. L'engagement est vraiment sur le respect de la norme et la cabine connectée permet de suivre ça. C'est une obligation de résultat. »*

Exploitant d'un site industriel

54 « *L'idée c'est de voir la dérive plus vite et de réussir à **savoir d'où vient la dérive et pouvoir intervenir très rapidement et avant l'incidence économique** sur les filières qui sont aujourd'hui compliquées pour tout le monde. »*

Exploitant d'un site industriel

Ces extraits de verbalisation soulignent l'obligation de résultat de l'exploitant, axée sur le respect des normes techniques et la performance, elles-mêmes appuyées sur un travail de comptage des gestes techniques identifiés dans la norme NF X35-702. Ainsi, les solutions technologiques, comme la cabine connectée, permettent de suivre et d'ajuster en temps réel les conditions de travail, notamment en corrigeant les dérives afin d'éviter les incidences économiques. Bien que l'intervention rapide et l'ajustement des postes soient efficaces pour garantir la performance, une vision plus large pourrait enrichir cette gestion en tenant compte des impacts sur l'activité des opératrices et opérateurs.

Identification de situations « possibles » d'usage des données identifiées

En croisant les connaissances sur l'activité des agents de tri, les positions des demandeurs et des décideurs sur le site, ainsi que les analyses du travail et de l'activité réalisées, nous avons pu identifier, sur le terrain CAPTUR, un ensemble de situations d'usages « possibles » de la technologie. Cela nous a permis de discuter des usages de la technologie CAPTUR qui seraient souhaitables dans une perspective de développement de l'activité. Cependant, une partie de ces usages potentiels comportent également certains risques que nous avons synthétisés (*cf.* Tableau 19).

Lorsque les discussions présentées plus haut (extraits n° 53, n°54) ont eu lieu[152], avec les différents acteurs impliqués dans le projet, ni l'usage prescrit des données produites par CAPTUR, ni les destinataires n'étaient clairement définis. L'usage des données par les encadrants était dès lors envisagés, mais pas un usage de ces données par les agents de tri. Or on peut identifier au moins ces deux pistes d'orientation possibles d'usages des données produites.

Concernant les encadrants (cheffes de cabine et chefs d'équipe), plusieurs usages possibles ont été évoqués par les décideurs, conduisant possiblement à (1) l'ajustement des effectifs, qui bien qu'utile à court terme et favorable pour la santé des personnes, reste une réponse ponctuelle puisque les problèmes de sous-effectifs sur les postes sont présents sur certains sites ; (2) la standardisation accrue de gestes afin de rester dans le cadre de la norme ; (3) des modifications techniques à plus long terme de la conception des postes.

Concernant les agents de tri[153], il a été identifié qu'un accès restreint aux données, pourrait possiblement générer un risque de méfiance, des résistances, voire des conflits sociaux. Il semblerait qu'à l'inverse, en s'appuyant sur ces données pour objectiver leurs difficultés, les agents pourraient ouvrir des discussions sur leurs conditions de travail. Enfin, un usage réflexif des données, ouvre des perspectives de transformation plus profondes. Lorsque les données deviennent un support de discussion, elles favorisent le développement d'une activité réflexive chez les agents de tri, la mise en place d'espaces de régulation et une meilleure transmission des savoirs. Ce scénario constitue le plus fort levier identifié pour un usage favorable pour la santé des personnes.

Nous proposons de synthétiser ces pistes d'orientation possibles identifiées, les scénarios d'usages des données évoquées ainsi que leurs conséquences possibles sur le développement des marges de manœuvres dans les données dans le tableau suivant.

[152] Début 2020, avant le début du premier confinement lié à la pandémie.

[153] Les pistes d'orientation possibles identifiées et les « scénarios futurs « probables » d'usages de ces données » (*cf.* Tableau 19) proposés qui en découlent sont issues notamment des entretiens et autoconfrontations réalisé sur le CDT A, où la question de l'outil Captur a été abordée. De plus, durant les autoconfrontations des verbalisations spontanées ont émergé à propos de l'autoconfrontation en elle-même et du fait de voir sa propre réalisation de l'activité.

Tableau 19. Possibles et souhaitables identifiés concernant la technologie CAPTUR à partir des discussions collectives et des entretiens réalisés sur le CDT A

Pistes d'orientation « possibles » identifiés d'usage des données	**Scénarios futurs « probables » associé d'usages de ces données**	**Conséquences « possibles » en termes de MMS et MMs ; effets pour la santé ; pour l'organisation**
	Encadrants	
Les encadrants s'appuient sur les données en temps réel	A partir des données, les postes sur lesquels l'engagement physique dépasse la norme sont identifiées. Des agents de tri sont ajoutés sur la ligne concernée (court terme) des adaptations du poste de travail sont envisagées (long terme) →**Ajustement des effectifs** → M**odifications du système technique**	Les agents de tri peuvent maintenir un équilibre entre performance, collectif et préservation de soi. → **Vers une préservation voire développement des MMs** Limites : Certains postes sont déjà connus pour être difficiles et ne respectant pas les normes, et les situations de sous-effectifs présentes sur certains sites sont déjà identifiées
Les encadrants ont accès aux données produites par l'outil CAPTUR et ont une approche de la situation de travail « normé » et de « standardisation des gestes »	Les agents de tri sont mis sous pression pour « réduire » le nombre de gestes qualifiés d'inutiles et les actions mises en place s'appuient uniquement sur des formations « gestes et postures ». → S**tandardisation accrue**	Diminution des régulations MMs pour les agents de tri, perte de sens et effets négatifs pour la prévention des TMS → **Vers une diminution des MMs** → **Conséquences délétères pour la santé des agents de tri**
Les encadrants ont accès aux données produites et utilisent ces données pour faire remonter les contraintes liées aux différents postes en vue d'une amélioration	Les contraintes qui pèsent sur le développement de l'activité des agents de tri sont prises en compte. Des ajustements techniques sont opérés régulièrement sur le process et les postes de tri. Fonctionnement que l'on retrouve déjà. → M**odifications du système technique** Autre levier possible : aspects organisationnels Limites techniques liées à la conception du site	→ Amélioration limitée au poste de travail « solutions pansements » → Peu de prise en compte de l'organisation dans sa globalité → **Peu de changements en termes de MMs**
	Agents de tri	
Les agents de tri n'ont pas accès aux données les concernant	-	Problème d'acceptabilité sociale de l'outil → **Conflits sociaux**
Les agents de tri ont accès aux données les concernant	Ils s'appuient sur ces données comme support objectif pour remonter des situations difficiles sur certains postes → **Support objectif**	Des discussions sont en engagées et une meilleure prise en compte du travail réel se fait → **Vers une augmentation des MMS**
		Absence de dialogue et manque de prise en compte → **Conflits sociaux**
	Ils s'appuient sur ces données comme support réflexif → **Support réflexif**	Possibilités de développement de l'activité réflexive des trieurs et développement d'espace de discussion (formel ou informel) et transmissions → **Vers une augmentation des MMS**
	Les données produites collectivement servent de support pour parler du travail et des contraintes rencontrées sur les postes dans une perspective de développement → **Support réflexif**	Possibilités de développement de l'activité réflexive des trieurs et développement d'espace de discussion (formel ou informel) et transmissions → **Vers une augmentation des MMS**

Ce tableau met en évidence différentes situations d'usages possibles identifiés[154] de l'outil CAPTUR. Il rend visible les tensions entre des usages tournés vers le contrôle et la standardisation, et d'autres favorisant le développement de marges de manœuvre et la reconnaissance du travail réel. Si certaines configurations permettent des ajustements locaux (ajout de personnel, adaptations techniques), cela s'inscrit dans la continuité de ce que l'on observe déjà sur les sites. Un enjeu clé réside donc dans l'articulation entre les représentations des différents acteurs (encadrants et agents de tri) et dans l'usage des données comme support de dialogue plutôt que comme outil de prescription.

L'outil CAPTUR peut ainsi être un levier d'amélioration des conditions de travail, à condition que son déploiement favorise des espaces de discussion et une reconnaissance des régulations mises en place par les travailleurs.

9.3.1.2. Faire du terrain CAPTUR une référence pour élargir le champ des possibles et identifier les différents niveaux à considérer

Comme souligné, le terrain de référence CAPTUR constitue un cadre en délimitant le contexte de notre raisonnement prospectif au développement d'une technologie en lien avec le secteur du tri des déchets (*cf.* Partie 9.2.1.1). En partant de ce terrain, engagé dans une dynamique d'innovation, nous proposons d'aborder la notion « d'espace ». Nous l'emploierons non pas uniquement comme un espace physique, mais comme une continuité d'événements et d'actions inscrits en différents « lieux » de cet espace – plus ou moins en amont de l'activité étudiée – et contribuant à la situation de l'activité d'une opératrice ou d'un opérateur à un moment donné. Ces « lieux » peuvent être compris comme des points de cristallisation entre l'organisation du process et l'activité située des trieurs, générateurs de soutien, de contraintes ou de régulations. Ils peuvent ainsi être liés à l'activité d'autres acteurs, au fonctionnement des équipements techniques, ou encore à la configuration spatiale de la chaîne de tri. Partir du projet de référence CAPTUR, pour analyser l'activité en tenant compte de ce prisme de développement possible nous a mené à nous questionner sur d'autres « lieux » dans l'« espace » de l'activité, qu'il pourrait être intéressant à investiguer. Par exemple, un flux de produit excessif sur un poste de tri peut être analysé comme une situation limitante résultant d'une série d'actions et de

[154] Toutefois, il faut noter qu'il existe un écart entre usages prescrits et usages réels, que nous ne pouvons pas anticiper totalement. Cependant, explorer ces différentes possibilités, à partir d'une connaissance du secteur, de l'activité des agents de tri, de leurs encadrants, tout en ayant une connaissance des positionnements des décideurs permet de donner un ancrage au réel.

décisions antérieures, ce qui invite à la fois élargir l'analyse pour identifier les « lieux » que cette situation limitante recouvre.

Ainsi, en identifiant des STEP[155], transversales aux différents sites, nous pouvons comprendre comment une situation donnée à un instant *t* découle de multiples interactions et ajustements préalables. L'analyse de ces « lieux » présent au sein de la STEP permet alors de retracer les enchaînements qui conduisent à certaines problématiques et d'ouvrir des perspectives de réflexion pour le développement technologique – et plus largement pour les situations de travail dans leur ensemble. Si cette approche reste classique de l'ergonomie de l'activité, les buts visés sont modifiés en opérant un glissement d'une démarche d'intervention sur une situation à une approche prospective d'un secteur.

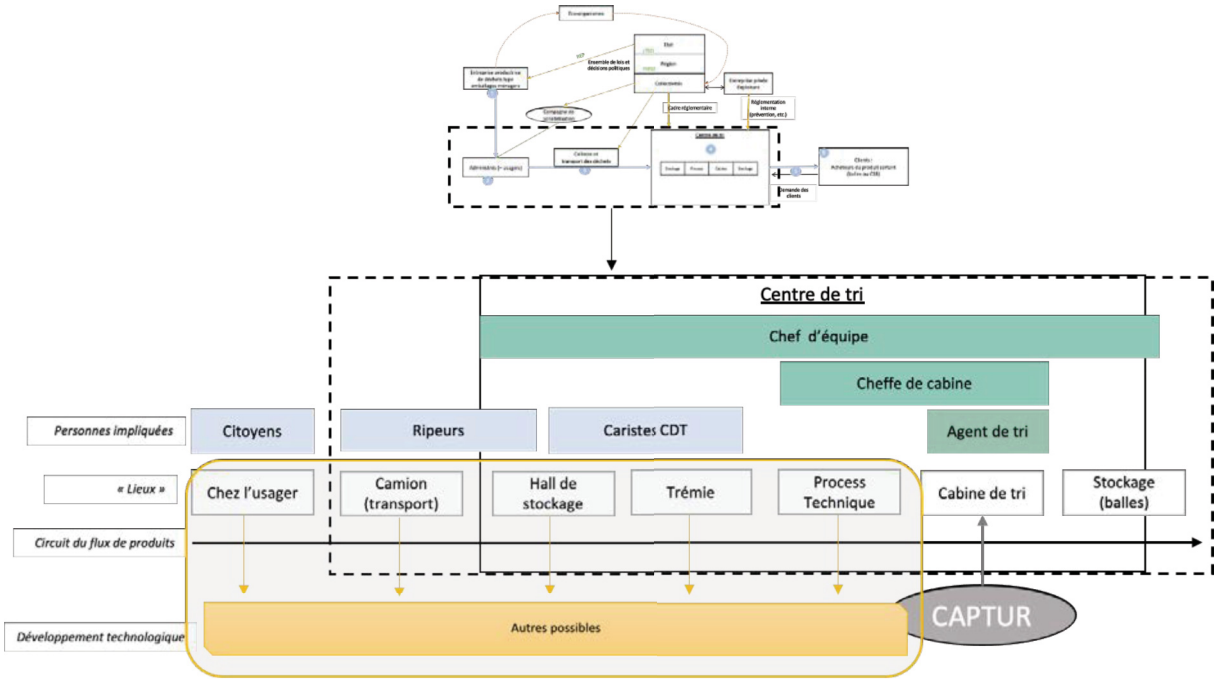


Figure 72. Penser les espaces interconnectés à la situation d'implantation pour développer une pensée prospective et explorer d'autres possibles[156]

Ce schéma illustre l'approche systémique de la situation de travail des agents de tri. Il s'appuie sur le schéma du « contexte institutionnel et réglementaire dans lequel s'inscrivent les centres

[155] Pour rappel les STEP sont proposées pour désigner une situation de travail présentant des caractéristiques transversales avec d'autres situations de travail identifiée comme comparable, dans un même secteur. Ces diverses situations qui forment une situation de travail à enjeux prospectif, ont des caractéristiques proches, bien que nous ne niions pas le caractère spécifique et situé de chacune de ces situations. Ces situations partagent des contraintes susceptibles de limiter les marges de manœuvre des acteurs, à différents niveaux organisationnels. Les STEP s'inscrivent dans des secteurs engagés – ou susceptibles de l'être – dans des transformations majeures, notamment liées au développement technologique.

[156] Schéma en lien avec la figure 5-2 (*cf.* Partie 5.1.3., p.115).

de tri » présenté dans le chapitre 5 (*cf.* Figure 17). Il positionne les « lieux » d'actions qui renvoient aux différents niveaux de l'espace de l'activité des agents de tri, cheffes de cabine et chefs d'équipe. Nous verrons dans la suite de ce chapitre comment l'identification de ces lieux est un premier pas vers l'identification de situations de travail à enjeux prospectif (STEP) en lien avec les analyses d'activité réalisées, et l'exploration des orientations du secteur que nous allons présenter.

9.3.1.3. Prendre en compte les politiques publiques en lien avec le secteur du tri (macro-déterminants)

En matière de gestion des déchets

Les politiques publiques en matière de tri des déchets constituent un cadre structurant pour les centres de tri. Elles ont encouragé le développement du tri des déchets, notamment depuis les années 1975 avec la directive-cadre européenne (*cf.* Partie 5.1.) jusqu'à plus récemment avec la LTECV[157] et depuis le 1er janvier 2024 avec l'extension des consignes de tri.

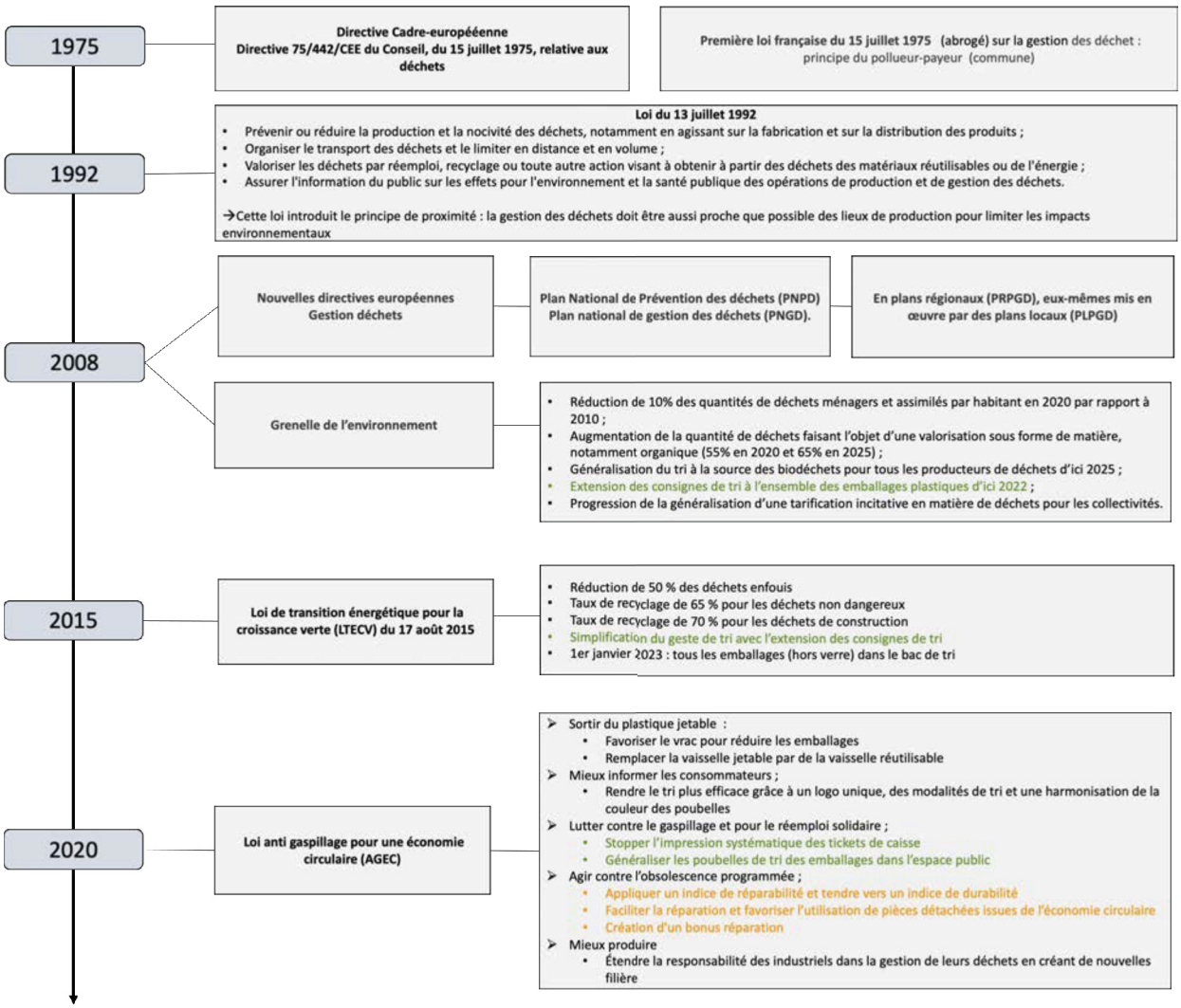


Figure 73. Rappel des principales évolutions des politiques publiques concernant la gestion des déchets (En vert les objectifs concernant plus directement la collecte sélective uniquement ; en orange ceux concernant les encombrants)

[157] Loi de Transition Écologique pour la Croissance Verte.

Ces politiques publiques (*cf.* Figure 73) visent de façon globale à réduire les déchets produits directement à la source et visent en même temps une augmentation de la valorisation des déchets produits. Couplées aux réalités relatées par les acteurs de terrains, elles se traduisent concrètement par une diversification des flux de produits (extrait n°53) et des exigences de performance de plus en plus élevées qui relèvent d'un « challenge » d'un point de vue technique (extrait n°54).

55 « *Il y a 5 ans,* ***on triait 12 flux maintenant une vingtaine ça augmente la complexité du tri****. Je rejoins l'impact des nouvelles consignes. Il y a un impact fort ici de l'usager. Entre ceux qui vont avoir des affichettes à l'entrée de la mairie et ceux qui vont avoir des conseillers pour leur expliquer*[158]*, les gens ne vont pas tout mettre.* »

Industriel équipementier

56 « *Puis il y a les nouvelles consignes de tri qui arrivent et qui imposent d'élargir la palette*[159]*. On a* ***un flux plus complexe, plus pollué,*** *car les gens se disent, il faut tout trier. C'est demandé pour augmenter le tri mais en même temps, c'est* ***un challenge pour les centres de tri****.* »

Exploitant d'un site industriel

Notre terrain de référence CAPTUR (*cf.* Partie 4.1) nous a permis d'identifier certaines problématiques inhérentes aux évolutions en cours dans le secteur du tri des déchets :

- Une évolution rapide des produits à trier qui dépasse celle des temporalités de l'innovation ;
- Un contexte de transition permanente avec des évolutions successives, notamment en termes de technologies de tri et d'équipements[160] ;
- Un contexte d'urgence climatique susceptible d'engendrer de nouvelles politiques publiques s'inscrivant dans une double dynamique : d'une part la réduction des déchets à la source, et d'autre part une meilleure valorisation des déchets produits.

Nous identifions également certains signaux faibles qui s'ajoutent à ces tendances globales et nécessitent d'être prises en compte pour nuancer et tenir compte de nouvelles orientations qui pourraient être amenées à se développer en parallèle ou dans un futur plus lointain.

[158] Il est ici fait référence aux diverses actions de sensibilisation, dont la nature et l'ampleur varient en fonction des communes.

[159] Les consignes de tri ont été harmonisées à l'échelle nationale depuis le 1er Janvier 2023 afin de simplifier le geste de tri pour les citoyens et ainsi augmenter la part des déchets recyclés. Tous les emballages plastiques, y compris les films, pots et barquettes, doivent être déposés dans le bac de tri, en plus des emballages en métal, papier et carton. Si cette mesure vise à améliorer le recyclage, elle entraîne également une plus grande hétérogénéité des flux de déchets entrants dans les centres de tri, augmentant ainsi la complexité du tri et le risque de contamination des matériaux recyclables.

[160] Par exemple, le CDT C, a été mis en route en prévoyant différentes étapes de travaux permettant de modifier le process et la cabine. Après les entretiens et observations réalisés, la cabine de tri a été transformée intégrant une nouvelle ligne de tri. L'introduction de cette nouvelle ligne a modifié les flux de matière sur d'autres lignes transformant ainsi le travail des trieurs, et nécessitant des réglages et ajustements, comprenant alors une période de transition-stabilisation.

L'identification de ces signaux faibles vise à établir un cadre contextuel nuancé, sans viser pour autant une forme d'exhaustivité des futurs possibles. Par exemple, la loi AGEC (anti-gaspillage pour une économie circulaire) du 10 février 2020 prévoit la suppression progressive des emballages en plastique à usage unique d'ici à 2040[161]. Cette mesure préfigure une transformation des flux de tri, se traduisant soit par une substitution des emballages plastiques impliquant une augmentation et des transformations d'autres flux (e.g., le carton), soit par des dispositifs de réemploi et de consigne qui pourraient aussi conduire à une diminution des quantités de produits à recycler dans la collecte sélective. Toutefois, quelles que soient les alternatives retenues, cette évolution engendrera une modification structurelle des flux de déchets dans les années à venir.

En matière d'industrialisation

Par ailleurs, comme nous l'avons vu les politiques publiques encouragent et accompagnent également les transformations du secteur industriel vers le 4.0 (*cf.* Partie 1.1.). Cette dimension se traduit par des incitations financières, notamment[162] à travers le programme « France Relance ». On note également un foisonnement de recherches et le développement de projet d'IA dans le secteur de l'industrie, en lien avec la santé au travail de façon directe ou ayant un effet indirectement en transformant le contenu du travail (*cf.* Partie 1.3.). Le terrain CAPTUR s'inscrit dans cette ambition de devenir un « centre de tri 4.0 » (extrait n°57) :

57 « ***Sur les métiers du tri on est en pleine évolution avec l'IA**, et l'objectif, c'est d'améliorer les conditions de travail des opérateurs sur les tables de tri. Et la cabine connectée et l'IA, l'idée est de travailler tous ensemble pour que ce cas d'application soit une réussite, l'idée c'est aussi qu'il devienne **le premier centre de tri 4.0.** »*

Exploitant d'un site industriel [à propos de CAPTUR]

Certaines dynamiques de développement technologique, tels que les cobots nous amènent également à considérer un changement probable du travail des agents de tri dans les prochaines décennies, notamment grâce au tri téléopéré et à l'amélioration des technologies de tri. Toutefois, nous considérons que ces changements ne sont pas encore visibles. Le tri des déchets a nécessairement évolué, passant du tri à la chaîne, comme observé dans les CDT A et B, à un

[161] C'est également un des objectifs visés de la loi Egalim promulguée le 1er novembre 2018. Cette loi pour l'équilibre des relations commerciales dans le secteur agricole et une alimentation saine et durable, vise à renforcer la qualité des repas en restauration collective, mais intègre également des mesures contre le gaspillage alimentaire et pour la réduction des plastiques. Toutefois, concernant la gestion des déchets, les collectes restent distinctes entre particuliers et professionnels, ces derniers étant soumis à des filières spécifiques selon la nature des déchets (biodéchets, emballages, déchets résiduels, etc.).

[162] (Gouvernement, 2022; Janneteau, 2024; Levratto, 2020; Ministère de l'Économie, des Finances et de la Souveraineté industrielle et numérique, 2023)

tri largement automatisé, comme dans le CDT C. Cependant, les objectifs visés entre le CDT A et le CDT A' étaient de multiplier par trois les capacités du site, ce qui a été rendu possible par l'amélioration des technologies de tri. Néanmoins, bien que les opératrices et opérateurs soient moins nombreux en rapport du tonnage à trier, ils ne sont pas encore devenus de simples contrôleurs qualité, y compris sur les sites plus récents (extrait n° 58) :

58 « *Les machines elles ne seront jamais à cent pour cent, on le voit ici. On le voit ici parce que ça nous a presque été vendu comme les machines elles feront tout tu vois, ça nous avait presque été vendu comme ça […] je ne sais pas si maintenant ils font toujours pareil mais au début « vous êtes contrôleur qualité » ouais… On est trieurs.* »

Cheffe de cabine 1, 61 ans, CDT *C*

L'évolution technologique régulière, couplée à l'évolution et l'augmentation de la complexité des flux, induit sans cesse des « réajustements » des technologies de tri. Ainsi, nous avons pris le parti de considérer que la prochaine décennie serait une phase de transition, durant laquelle les ajustements successifs et les expérimentations techniques ne permettront pas d'atteindre un niveau suffisant pour automatiser l'ensemble de la ligne de tri en tenant les objectifs de qualité actuels.

9.3.2. Positionnement explicite du cadre temporel considéré

Comme abordé dans le chapitre 1, le contexte actuel favorise le développement de l'IA dans de nombreux domaines (*cf.* Partie 1.1.2.). Certains secteurs sont particulièrement concernés par les évolutions qui y sont associées et sont confrontés à des périodes de transitions successives. Ces transformations s'opèrent en parallèle de la continuité des activités de production, limitant ainsi les opportunités de réflexion et de construction des futurs visés par ces transitions. Aussi, pour « voir loin », le cadre des situations de travail existantes ne peut être dissocié des tendances globales observables ainsi que des orientations visées par les politiques publiques que nous venons de rappeler. Le secteur de la gestion des déchets, et plus largement celui de l'industrie, constitue un cadre de réflexion sur ces orientations futures, afin de considérer et analyser dans quelle mesure ces orientations tiennent compte – ou non – de la santé au travail, et favorisent des conditions de travail soutenables et souhaitables. Or, dans un contexte de transition, ce n'est pas tant la finalité de la transformation uniquement qui nous intéresse, mais tout le processus de transition qui implique une temporalité intermédiaire à prendre en compte. C'est-à-dire que bien que l'on puisse affirmer sans prendre trop de « risque » que le flux de produits sera différent dans 10 ans, nous tenons également compte de la dimension progressive des transformations à venir. Ces temps de transitions concernent et engagent le travail et l'activité

de personnes. Ils sont de fait à considérer dès lors que l'on s'intéresse aux questions de santé au travail.

9.4. Prendre des risques : construire des Esquisses de Concept issues de l'analyse de l'activité

L'élaboration d'*Esquisses de Concept* à partir de l'analyse de l'activité constitue une démarche clé de notre recherche. Elles permettent d'articuler les résultats de l'analyse avec des perspectives de transformations, en tenant compte à la fois des contraintes du terrain et des possibles évolutions souhaitables, afin de proposer des pistes d'orientations. Elles restent à explorer car elles laissent la place à la réflexion et à la remise en cause, par un plus grand nombre de personnes que le, ou les, seuls analystes du travail et de l'activité. Elles sont ouvertes à l'idée qu'il y a plusieurs manières de penser l'avenir, qui peuvent être tout à fait divergentes et conduire à des scénarios d'évolution contrastés comportant des tensions et des bifurcations possibles. De plus, ce terme évoque le mouvement et renvoie à une posture ouverte attendue dans les démarches prospectives. Ainsi, les esquisses de concept se concentrent sur le travail de créativité inspiré par la compréhension fine que confère l'analyse de l'activité et l'identification de situations à forts enjeux prospectifs, tel que nous nous y intéressons dans le travail réalisé dans les centres de tri.

9.4.1. Les situations jouant un rôle dans l'anticipation de pistes possibles favorisant le développement des MMS

L'analyse de l'activité présentée dans les chapitres 7 et 8, permet d'identifier des situations « à risque d'insuffisance de MMS ». Notre proposition consiste à identifier les situations les plus délétères, mais également celles souhaitables pour l'activité au regard des transitions en cours, en s'appuyant sur nos analyses du travail et de l'activité. Nous présentons des exemples des STEP et des limites en termes de possibilités de déploiement de l'activité. Ainsi, à partir de ces situations de travail, nous pouvons identifier des situations, transversales aux différentes situations relevées et aux différents sites, qui présentent des enjeux pour la santé et la performance. Les STEP sont associées aux variabilités situationnelles rencontrées en cabine de tri sur les postes. Comme nous pouvons le voir dans ce tableau, les agents de tri sont limités dans leurs possibilités de régulations de leur activité dans certaines situations, notamment dans les cas où le flux de produits est important, et/ou présentant des caractéristiques spécifiques (hygrométrie élevée, présence d'erreurs de tri d'objets volumineux, etc.). Ces situations

entraînent l'impossibilité de mettre en œuvre certaines stratégies individuelles ou collectives de préservation de la santé en limitant les possibilités de variabilité gestuelle (*cf.* Tableau 20).

Tableau 20. Exemples de situations de travail comportant des risques d'insuffisance de marge de manœuvre

Variabilités des STEP	CDT concernés	Processus de réalisation (stratégies de tri et stratégies collectives)	Effets possibles sur la santé	Effets directs sur la performance	Caractérisations de la MMS (Norval et al. 2019)
Réalisation du tri sur la ligne **carton flux important** régulier **peu de gros cartons**	**CDT A CDT C**	Rythme de travail soutenu Faible variabilité gestuelle Augmentation des gestes répétitifs et du nombre d'action techniques Peu/pas d'entraide possible sur la ligne → Entraide de collègues sur des postes extérieurs pour retirer les produits lourds et/ou encombrants (A, C)	Risques de blessures accrue sur ce poste Risque de chute si objet lourd/grand à retirer Douleurs dos/épaules/poignets/bras Fatigue cognitive et musculaire Stress Perte de sens et sentiment de travail mal fait, inutile	Tous les produits ne peuvent pas être trié Manque à gagner en tri positif Produits indésirables dans le tri des cartons	**Risque de MMS insuffisante**
Réalisation du tri sur la ligne de pré-tri **flux important** régulier **peu de gros cartons**	**CDT B**			→ Risque de bourrage dans la trémie si les gros refus ne sont pas retirés	
Réalisation du tri sur la ligne **carton flux important** et **présence de gros cartons**	**CDT A CDT C**	Idem + Faible variabilité gestuelle - Nécessite de soulever les cartons pour voir en dessous →Entraide de collègues sur des postes extérieurs pour retirer les produits lourds et/ou encombrants	Idem, d'autant plus accentué	Idem, d'autant plus accentué	**Risque de MMS insuffisante**
Réalisation du tri sur la ligne de pré-tri **flux important** et **présence de gros cartons et bâches**	**CDT B**			→ Risque de bourrage dans la trémie si les gros refus ne sont pas retirés	
Réalisation du tri sur la ligne carton **flux modéré irrégulier**	**CDT A CDT C**	Rythme de travail soutenu Faible variabilité gestuelle Augmentation des gestes répétitifs et du nombre d'actions techniques Peu/pas d'entraide possible sur la ligne → Entraide de collègues sur des postes extérieurs pour retirer les produits lourds et/ou encombrants	Risque de chute si objet lourd/grand à retirer Risques de blessures accrue sur ce poste Douleurs dos/épaules/poignets/bras Fatigue cognitive et musculaire Stress Perte de sens et sentiment de travail mal fait, inutile	Tous les produits ne peuvent pas être trié Manque à gagner en tri positif Produits indésirables dans le tri des cartons	**Risque MMS insuffisante**

Note. En rouge apparaissent les aspects négatifs potentiellement délétères et en vert les aspects positifs potentiellement bénéfiques pour la situation et la santé des personnes.

L'identification de ces situations à risques d'absence ou d'insuffisance de MMS nécessite de se poser la question des leviers et des « niveaux » sur lesquels agir pour limiter et améliorer ces situations. Dès lors que l'on s'intéresse à la régulation de la production, c'est l'activité des cheffes de cabines et chefs d'équipe qu'il convient d'articuler à ces données pour mieux comprendre ces situations de références.

9.4.2. Identification d'espaces de régulations à développer pour les situations de travail à enjeux prospectif identifiés

Comme nous l'avons vu, situer la technologie CAPTUR à partir du terrain de référence vise à identifier d'autres éventuels « lieux » de développement possibles (*cf.* Partie 9.2.1.2.). À travers nos analyses, nous avons pu identifier les STEP associées à ces différents lieux de développement à approfondir. En effet, comme nous l'avons montré, ce que l'on peut qualifier de forme d'activité collective à l'échelle des sites, se joue également au-delà, influencé par des déterminants macroscopiques. Ainsi, les analyses de l'activité réalisées (*cf.* chapitres 7 et 8) nous ont permis d'identifier ces STEP à explorer.

Nous proposons de parler de *situation de travail à enjeux prospectifs* (STEP) pour désigner une situation de travail présentant des caractéristiques transversales avec d'autres situations de travail identifiées comme comparables, dans un même secteur. Ces diverses situations qui forment une situation de travail à enjeux prospectifs, ont des caractéristiques proches, bien que nous n'omettions pas le caractère spécifique et situé de chacune de ces situations. Ces situations partagent des contraintes susceptibles de limiter les marges de manœuvre des acteurs, à différents niveaux organisationnels. Les STEP s'inscrivent dans des secteurs engagés – ou susceptibles de l'être – dans des transformations majeures, notamment liées au développement technologique.

Le pilier prospectif « prendre des risques » vise à opérationnaliser ces réflexions en formulant des propositions de développement technologique adaptées aux enjeux identifiés. Il s'agit ici d'articuler les besoins organisationnels avec les opportunités offertes par les innovations technologiques, dans une perspective de développement des marges de manœuvre des travailleuses et travailleurs en agissant sur les contraintes qui freinent le déploiement de marge de manœuvre. L'objectif est ainsi de rendre compte des potentialités d'évolution en mobilisant des modèles et des schémas qui illustrent les modalités concrètes d'intégration de ces innovations.

9.4.3. Exemples de propositions de pistes d'orientation prospective à partir d'esquisse de concept

Comme nous l'avons vu dans la première partie de ce chapitre, les analyses réalisées dans les chapitres précédents (*cf.* Chapitres 7 et 8), cadrées à la fois par le terrain de référence (CDT A et son projet CAPTUR), enrichies par les terrains exploratoires à enjeux prospectifs (CDT B, C et D), nous ont conduit à identifier des STEP. Ces STEP intègrent à la fois les données produites par l'analyse de l'activité des travailleuses et travailleurs (trieurs, cheffes de cabine et chefs d'équipe) dans une vision systémique de la situation de travail tenant compte des « lieux » associés. Ces STEP renvoient à des situations pour lesquelles nous avons identifié de façon transversale à différents sites, des éléments conduisant à une situation limitant les marges de manœuvre. Ces situations sont potentiellement à risque pour la santé, c'est pourquoi elles nous paraissent nécessaires à explorer dans une approche prospective de développement technologique. C'est à partir de ces situations que nous proposons des « Esquisses de concept » visant à proposer des pistes de réflexions et de discussions sur des développements souhaitables pour l'activité des personnes (*cf.* Figure 33., chapitre 6 ; Figure 75. chapitre 9).

Apport des analyses de l'activité et focus sur la problématique du manque de régularité du flux

Les analyses de l'activité montrent que les marges de manœuvre dont disposent les agents de tri sont impactées par la qualité du flux entrant. Pour faire face, ils ont développé à travers leur expérience, des stratégies d'anticipation, impliquant l'engagement des différents sens (*cf.* Partie 7.3.1.), visant à identifier le produit le plus en amont possible afin de « se préparer à l'action ». Elles permettent de pouvoir concilier – lorsque la situation de travail le permet – un ensemble de stratégies orientées vers la performance, le collectif et la préservation de leur santé (*cf.* Partie 7.3). Ainsi, du point de vue des agents de tri et au regard de l'analyse de l'activité et du travail réalisé, il semblerait que favoriser l'anticipation de la prise d'information, permettrait la limitation du risque de blessures, et *in fine,* si cela permet de libérer des marges de manœuvre, alors cela pourrait avoir un effet bénéfique sur la prévention des TMS. Or, ce processus d'anticipation des actions de tri n'est pas toujours possible, notamment lorsque le flux de produits est irrégulier, la quantité trop importante et le flux complexe (*cf.* Figure 74).

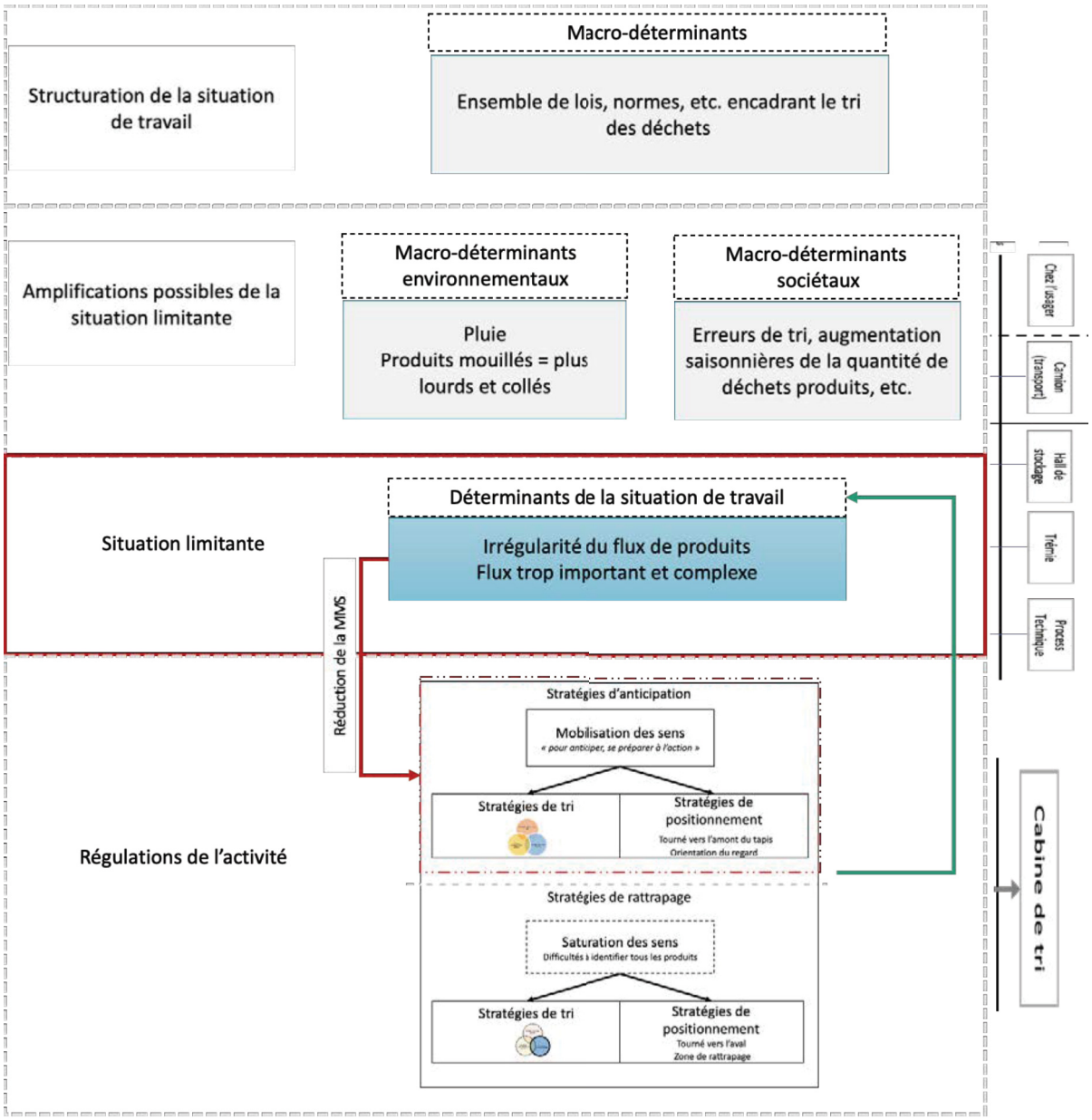


Figure 74. Identification d'une situation de travail à enjeux prospectif pour le développement de l'activité des trieurs

Ce schéma synthétise les éléments principaux d'une STEP. On peut voir que l'activité des agents de tri en cabine, et notamment les marges de manœuvre peuvent être restreintes par un ensemble de déterminants de la situation de travail, notamment ici le flux de produits. À partir des analyses de l'activité et de la situation de travail nous avons pu ainsi identifier l'élément principal de la situation limitante considérée, ainsi que les déterminants de cette situation de travail. Bien que l'activité soit un moyen pour faire face, contourner la situation et développer des stratégies qui permettent de réguler, la situation devient parfois trop réductrice et les agents de tri ne disposent plus de marge de manœuvre.

En s'intéressant aux « lieux » ayant des liens structurant de l'activité des agents de tri on peut ainsi *voir* plus *large* et s'intéresser à d'autres « lieux » de cette situation limitante, impliquant l'activité d'autres acteurs, tels que les chefs d'équipes ou cheffes de cabine.

Rappel des résultats des chapitres 7 et 8

Chef d'équipe

Pour répondre à l'atteinte des objectifs de performance, tout en tenant compte des réglementations et limites de stockage, une des marges de manœuvre créée par les chefs d'équipe vise à anticiper les imprévus et aléas en écoulant un maximum de produit lors des journées où il y a beaucoup d'arrivages. Dans les cas où peu d'imprévus surviennent, alors les cadences sont ralenties afin de ne pas laisser les agents de tri sans produits à trier. Cependant, bien que cet espace de régulation soit nécessaire pour les chefs d'équipe pour ajuster leur activité, elle a des effets sur l'activité des cheffes de cabine et agents de tri, conduisant à des jours avec beaucoup de flux (*cf.* chapitre 8). De plus, les risques de bourrages sont anticipés en permanence et ils sont particulièrement présents lorsque le flux entrant est composé de nombreuses erreurs de tri. Ces points problématiques nécessitant des ajustements nous conduisent à nous interroger sur d'autres éventuels « lieux » à cibler pour apporter des pistes de réflexion dans le cadre d'un développement technologique.

Cheffe de cabine

En cabine de tri, les variations de la production, la présence de gros cartons ou les bourrages ayant lieu sur le process sont autant de variabilités auxquelles les cheffes de cabine et agents de tri doivent faire face. Pour cela, les cheffes de cabine disposent sur certains sites de possibilités d'ajustement du débit de la trémie d'alimentation. Toutefois, cela nécessite de trouver un juste équilibre puisqu'un débit trop lent pourrait amener d'autant plus de bourrages. Sur les plus anciens sites, les cheffes de cabine qui n'apparaissent pas sur les plannings de tri viennent la majeure partie du temps en renfort des équipes, soit pour remplacer une personne absente, soit en plus de l'équipe complète. L'anticipation des aléas est également une grande partie de l'activité des cheffes de cabine, qui visent à limiter l'apparition de bourrages sur le process. Ce risque de bourrage est accentué lorsque les produits entrants comportent des erreurs de tri.

À partir de l'ensemble des éléments présentés, nous avons identifié d'autres « lieux » à investiguer dans une vision systémique, pour proposer des pistes de développement qui contribueraient au développement de marges de manœuvres des travailleuses et travailleurs. Les objectifs poursuivis visent à proposer d'agir sur les possibilités d'anticipation de :

- la qualité des produits entrant et évaluer en temps réelle la pureté (trieurs et cheffes de cabine) (*cf*. Exemple n°1)
- les bourrages possibles afin de les éviter le plus tôt (trieurs, cheffes de cabine, chefs d'équipes) (*cf.* Exemple n°1)
- les flux de produits entrants/sortants grâce à une visibilité sur les camions sur la journée et la semaine (chefs d'équipe) (*cf.* Exemple n°2)

Exemple n °1 : Favoriser l'anticipation à travers une meilleure visibilité sur la pureté du flux de produits entrants

Nous avons présenté, dans le chapitre 7, plusieurs éléments de l'activité des agents de tri. À partir des résultats exposés, nous proposons ici de cibler une contrainte majeure pesant sur leur activité et réduisant leurs marges de manœuvre (*cf.* Figure 75) : les variations du flux en termes de qualité et de quantité. Nous proposons de représenter une première piste d'orientation prospective à partir de cette STEP.

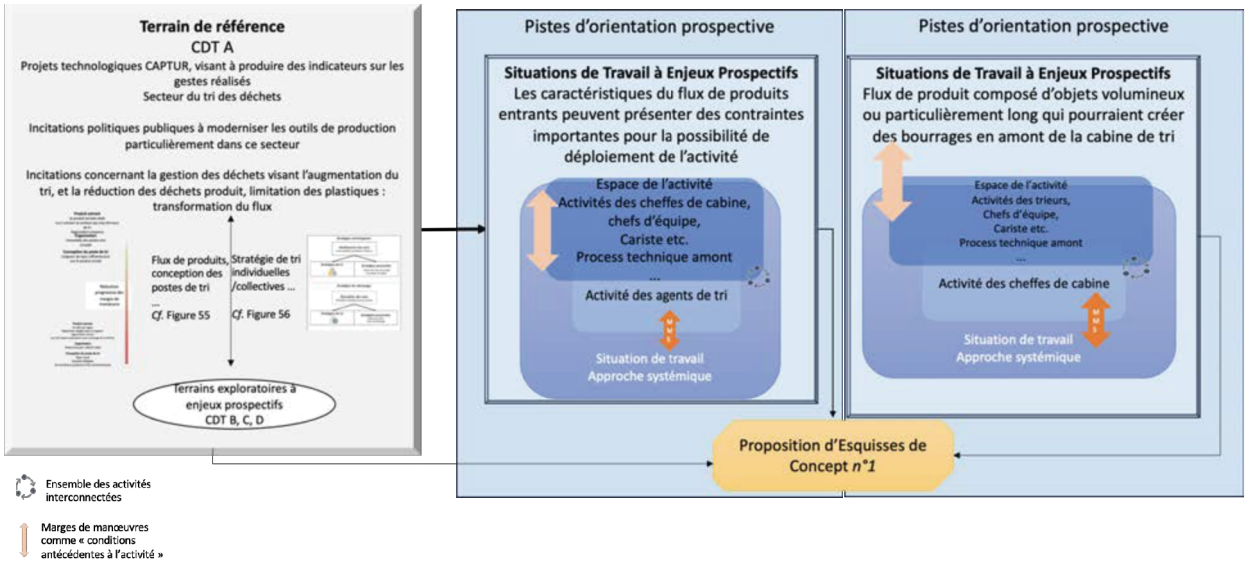


Figure 75. Schéma représentant les apports des terrains dans l'identification de Situations de Travail à Enjeux Prospectifs pour la proposition d'esquisses de concept et de pistes d'orientation prospective. Exemple n°1.

Ce premier exemple s'inscrit dans l'espace – spatial, organisationnel et technique – immédiat de l'activité des agents de tri, nous proposons de nous centrer dans un premier temps sur des développements orientés vers leur activité, à l'échelle locale de la cabine de tri, proche de ce que propose l'outil CAPTUR (*cf.* Figure 76). En revanche, nous proposons d'opérer un décalage en proposant une esquisse de concept qui viserait à s'appuyer sur des données de la production (ici la pureté du tri entrant), plutôt que sur la dimension physique de l'activité des agents de tri. Ce décalage permettrait, nous semble-t-il, d'éviter les risques de surcontrôle et de standardisation des gestes, tout en proposant un outil qui permettrait d'obtenir des données à prendre en compte dans le développement futur des équipements de tri. Nous proposons alors l'esquisse de concept suivante :

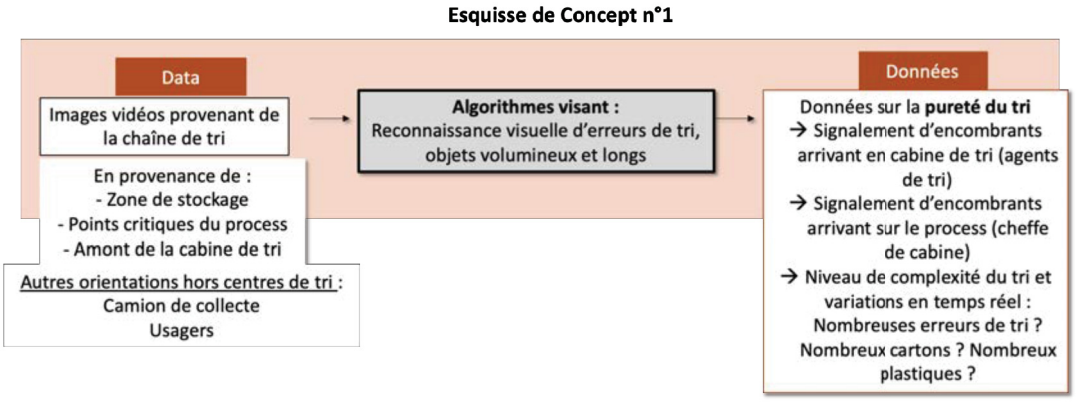


Figure 76. Schéma simplifié de la proposition technologique d'Esquisse de concept n°1

Elle viserait à donner des informations sur le flux de produits arrivant en cabine. À l'échelle de l'activité des agents de tri, ce type d'informations pourrait leur permettre de se « préparer » à l'action et déployer des stratégies collectives pour faire face aux contraintes sur les postes les plus à risque. En revanche, pour que ces informations puissent faire sens pour leur activité – qui pourraient soutenir l'anticipation à travers des stratégies individuelles –, les données recueillies par l'outil devraient se situer en amont des lignes où les postes sont identifiés comme plus difficiles, mais proche sur la chaîne de tri. Par exemple, sur la ligne des cartons sur les CDT A et C, cela permettrait de se préparer à retirer les erreurs de tri – objets long, volumineux – en anticipant leurs arrivées. Or, si les données proviennent du hall, soit avant le tri mécanique et automatisé, ces informations seraient trop éloignées des réalités du produit effectivement présent en cabine. À partir des connaissances actuelles de l'activité, on peut supposer que des stratégies collectives (collègue d'un autre poste qui vient aider) ou individuelles (stratégies de tri et de positionnement sur le poste de tri) pourraient être favorisées.

Dans le prolongement de cette première esquisse, nous proposons également d'ouvrir une réflexion prospective sur un autre niveau hiérarchique : celui des cheffes de cabine. Comme nous l'avons vu dans le chapitre 8, pour les cheffes de cabine, l'anticipation du type de flux et le repérage précoce d'éléments indésirables – tels que bâches, gros cartons ou bâtons susceptibles de se bloquer dans les machines – leur permettent de prévenir les bourrages avant qu'ils ne se produisent. La proposition viserait à concevoir un outil d'aide à la décision qui permettrait aux cheffes de cabine d'accéder à des informations précises sur la qualité du flux en amont, sans devoir attendre que les anomalies soient visibles depuis la cabine de tri. En effet, lorsqu'elles opèrent des réglages sur la trémie, ils ne sont pas effectifs instantanément. Actuellement, les cheffes de cabine s'appuient sur des indicateurs chiffrés de tonnages de remplissage de la trémie. Toutefois, ces données quantitatives ne suffisent pas et elles s'ajustent

en fonction d'informations relevées directement en cabine de tri, lorsque l'effet de « vague » de produits est déjà en place (complexité du flux, difficultés rencontrées par les agents de tri, etc.). Ainsi, à partir de la même esquisse de concept, ciblant des localisations différentes du process, cela pourrait également soutenir l'activité des cheffes de cabine dans l'anticipation des flux de produits et des bourrages. Cela leur offrirait la possibilité d'agir avant qu'un effet vague ou qu'un flux trop complexe (avec de nombreuses erreurs de tri) n'arrive en cabine, ce qui aurait également des effets bénéfiques pour l'activité des agents de tri.

Ainsi, cette double orientation viserait à soutenir l'anticipation à la fois au niveau des agents de tri et de leur encadrement de proximité, renforçant les marges de manœuvre dans l'activité de tri de ces derniers.

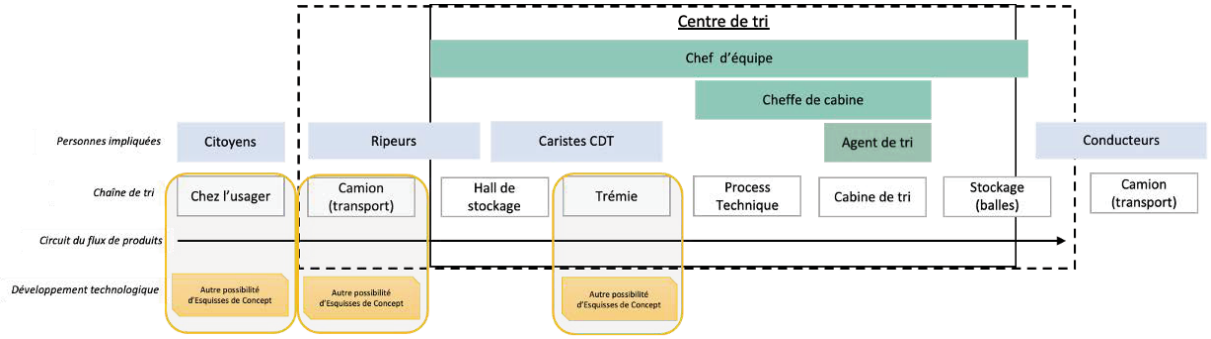


Figure 77. Localisations éventuelles sur la chaîne de tri et dans le centre de tri de l'Esquisse de concept n°1

Cependant, grâce à leur expérience de la situation, les agents de tri peuvent identifier les changements de produits lorsqu'ils arrivent sur le tapis. Les chefs d'équipe, plus expérimentés, et certaines cheffes de cabine ont des connaissances sur les flux de produits et sont capables de dire quelles collectes sont plus ou moins « propres ». Ainsi, les usages qui pourraient se développer, resteraient à être questionnés et seraient *a priori* limités s'ils n'étaient pas associés à un questionnement plus large de l'organisation du travail et des possibilités techniques. Cette Esquisse de concept soulève des propositions qui nécessitent d'être discutées avec les acteurs concernés (agents de tri, cheffes de cabine) pour être approfondies et précisées.

Dans le tableau suivant, nous proposons de reprendre les éléments évoqués dans cette partie sur l'Exemple n°1 :

Tableau 21. Tableau récapitulatif des pistes de réflexions et d'orientations prospectives en lien avec l'Esquisse de concept n°1

Situation à enjeux prospectifs	
Situation de départ	Flux de produits irrégulier avec beaucoup de cartons et d'erreurs de tri sur les lignes de tri Flux composé d'objets volumineux ou particulièrement long qui pourraient créer des bourrages en amont de la cabine de tri
Points critiques identifiés	Risque de bourrages et arrêt de production, risque de blessures si des produits lourds arrivent en cabine de tri, limitations des marges de manœuvre disponibles pour les trieurs
Travailleuses et travailleurs concernés par notre proposition	Trieuses et trieurs Cheffes de cabine
Travailleuses et travailleurs concernés Indirectement	Chefs d'équipe, Caristes
Activités ciblées	Tri et régulation de la production
Activités d'autres acteurs à considérer	Chargement de la trémie, Régulation de la production
Macro-déterminants à la source ou aggravant la situation	Mauvaise connaissance des usagers concernant les consignes de tri, Météo défavorable (canicule ou pluie)
Conséquence marge de manœuvre	Agents de tri : Peu/pas de possibilités de mettre en place certaines stratégies gestuelles et de positionnement Cheffe de cabine : Idem + difficultés à réguler la production
Esquisse de Concept associée n°1	
Objectifs visés	Produire des données plus précises sur la **pureté du tri** entrant afin d'avoir une aide pour pouvoir anticiper l'arrivée de produit lourd et/ou volumineux sur les postes de tri et augmenter les possibilités de régulation (individuelles et collectives)
Localisation sur la chaîne de tri	Données « produites » → **Cabine de tri** avec possibilités pour les agents de tri d'être informé pour pouvoir se préparer pour : ralentir le tapis, appeler un collègue à proximité, se « préparer à l'action » à travers des stratégies d'anticipations Données d'analyses vidéo : Les endroits du process à cibler sont à questionner : - Sur les convoyeurs sur des points du process suffisamment proches de la cabine : nécessaire pour connaître la pureté du tri effectif entrant sur la cabine de tri - Dans le hall de stockage : permettrait une analyse complémentaire - Dès le ramassage des déchets (cette piste, été évoquée lors d'une réunion de thèse, s'avère être engagée – hors centre de tri de cette étude)
Apports	Favoriser l'anticipation et la possibilité de mettre en place des régulations pour faire face aux augmentations temporaires de quantité de produits

	En élargissant cette esquisse de concept à d'autres localisations de la chaîne de tri (ex. transporteurs), cela pourrait permettre par exemple de remonter des données concrètes aux collectivités pour qu'elles agissent à leur échelle en ciblant des campagnes d'informations.
Points d'intérêt vis-à-vis du projet de référence	L'utilisation de données proposées relève non plus de la production d'indicateurs à partir d'opératrices et opérateurs mais à partir du flux de produit. L'enjeu n'est plus de produire des données quantitatives pour les décideurs, mais de développer une approche plus qualitative sur le flux de produits, à destination d'un plus grand nombre d'acteurs.
Points de vigilance	Comme toute proposition, elle serait à discuter, à expérimenter et à coconstruire
Plasticité du système face aux évolutions possibles	L'outil visant une aide à la régulation de la production, il pourrait être envisagé dans un contexte d'automatisation accrue de postes de tri pour soutenir l'activité future des travailleuses et travailleurs en charge de la supervision du système technique
Limites	D'autres possibilités de développement de marges de manœuvre sont également à investiguer plus largement, le risque étant de retomber dans une forme de « solutionnisme technologique » Cette Esquisse de concept peut également être un support à utiliser en ce sens.

Exemple n°2 : Anticiper les flux de produits entrants/sortants grâce à une visibilité sur les camions sur la journée et la semaine

Nous proposons ici d'analyser une situation concernant un autre niveau hiérarchique : les chefs d'équipe. Leur activité s'inscrit à l'interface entre le process technique du centre de tri – considéré dans sa globalité, incluant la cabine de tri – et les entreprises extérieures qui déposent et récupèrent des produits. Comme nous l'avons vu, ces acteurs occupent un rôle clé dans la régulation de la production.

L'une des marges de manœuvre dont ils disposent pour répondre aux contraintes réglementaires, tout en assurant le bon déroulement de la production et l'atteinte des objectifs de performance, repose sur la variation des flux de produits. Leur capacité d'anticipation des problèmes techniques vise à préserver une marge permettant d'éviter, en cas d'aléa, d'atteindre les limites de capacité des zones de stockage, tout en s'assurant de conserver suffisamment de produits en stock pour maintenir le fonctionnement de la chaîne de tri. Pour prévenir toute situation pouvant compromettre l'atteinte des objectifs de production, ils prennent en compte l'éventualité d'un bourrage ou de tout autre incident technique susceptible d'entraver la production. Ils doivent également considérer les zones de stockage, tant pour les produits entrants que pour les produits sortants qui sont limités physiquement, mais aussi par arrêté préfectoral. L'augmentation des volumes traités expose régulièrement les centres de tri au risque d'atteindre ces limites. Ces contraintes de stockage sont définies juridiquement pour des raisons de sécurité, mais aussi du fait du volume important que représente l'ensemble des produits, nécessitant des infrastructures de grande capacité.

À partir de ces constats et au vu des liens établis (*cf.* chapitre 8) entre l'activité des chefs d'équipe et les effets pour les cheffes de cabine et agents de tri, nous proposons donc ici d'élargir notre réflexion en proposant une esquisse de concept qui dépasserait le cadre strict du centre de tri. Cela impliquerait la disponibilité de données quasiment en temps réel, permettant de savoir si des camions sont attendus pour déposer du produit dans les heures à venir. Actuellement, ces informations sont imprécises, alors même que, compte tenu des temporalités propres au tri où chaque seconde est déterminante, leur accès précis revêt une importance cruciale pour la prise de décision. Ainsi, à travers cette esquisse de concept nous proposons de déplacer le « lieux » de développement technologique visé (*cf.* Figure. 78).

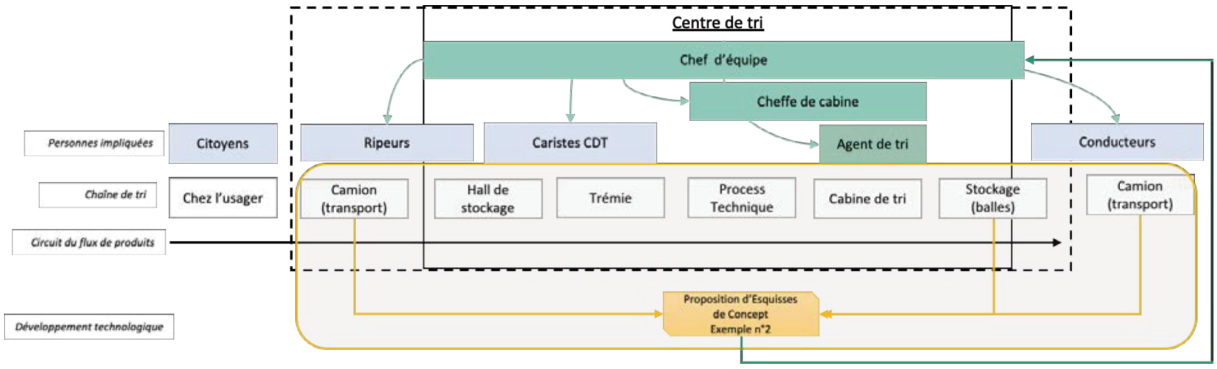


Figure 78. Localisations éventuelles sur la chaîne de tri et dans le centre de tri de l'Esquisse de concept n°2

Ainsi notre proposition vise l'apport de données en temps réel sur le flux de produits à l'échelle territoriale, et non plus uniquement à l'échelle du site. Cela pourrait également se traduire par l'exploitation des données passées des dernières années pour identifier les variations de volume et (à terme) de pureté du produit pour proposer des outils d'aide à la décision reposant sur des analyses statistiques prédictives. Cette esquisse de concept nécessite d'être discutée et enrichie du point de la faisabilité technique et nécessiterait d'élargir davantage les analyses d'activités pour identifier également les contraintes auxquelles doivent faire face les conducteurs situés en amont du tri.

Esquisse de concept n°2

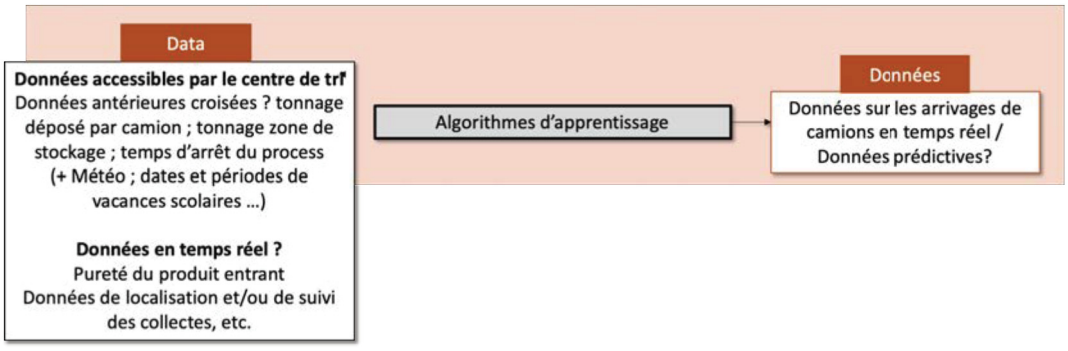


Tableau 22. Tableau récapitulatif des pistes de réflexions et d'orientations prospectives en lien avec l'Esquisse de concept n°1

Situation à enjeux prospectif	
Situation de départ	Les arrivages de produits et de camion fluctuent sur la semaine. Pour faire face aux aléas et anticiper des arrêts éventuels de production, les chefs d'équipe jouent sur les quantités de produits sur la chaîne de tri. Cela a des effets sur l'activité en cabine de tri avec des jours plus « difficiles » que d'autres. Les chefs d'équipe ayant peu de visibilités sur les arrivages réels, nous suggérons ici de nous intéresser à cette situation.
Points critiques identifiés	Le stockage du produit dans le hall est limité. Lorsque la limite est presque atteinte, le chef d'équipe doit anticiper afin d'éviter qu'elles ne soient pas dépassées. À l'inverse le hall est parfois presque vide, dans ce cas peu de produit arrive en cabine afin de ne pas manquer de produit pour faire fonctionner les lignes.
Travailleuses et travailleurs concernés par notre proposition	Chefs d'équipe
Travailleuses et travailleurs concernés indirectement	Trieuses et trieurs, Chefs d'équipe, Caristes
Activités ciblées	Tri – Régulation de la production – « Gestion » des équipes
Activités d'autres acteurs à considérer	Conducteur du hall Chefs d'équipe – notamment sur les sites ou les possibilités de régulations de la production sont limitées pour les cheffes de cabine –
Macro-déterminants à la source ou aggravant la situation	Mauvaise connaissance de usagers concernant les consignes de tri, Jours fériés, Tout évènement pouvant impacter la circulation (grève, accident, incendie, bouchons, neige, etc.)
« Lieux » concernés	Hall de stockage, process, cabine
Conséquence marge de manœuvre	Trieur : Situation de travail avec un effet « vague » Cheffe de cabine : Idem + difficultés à réguler la production
Esquisse de concept associée n°2	
Objectifs visés	Aide à la décision pour réguler la production et éviter l'effet « vague » en cabine de tri
Localisation sur la chaîne de tri	Données « produites » À destination des chefs de cabine Données en temps réel sur l'arrivée de camions et/ou données prédictives s'appuyant sur les événements passés. Nécessite une coordination entre les différents acteurs du tri, hors centre de tri
Apports	Favoriser les possibilités d'anticipation des chefs d'équipe afin d'en tenir davantage compte la semaine
Points d'intérêt vis-à-vis du projet de référence	L'utilisation de données proposées relève non plus de la production d'indicateurs à partir d'opératrices et opérateurs mais à partir du flux de produit.
Points de vigilance	Comme toute proposition, elle serait à discuter, à expérimenter et à coconstruire.
Plasticité du système face aux évolutions possibles	En cas d'automatisation du système, cette technologie pourrait servir la régulation de la production. En revanche, la question des évolutions passées, à venir concernant les collectes seraient à prendre en compte.
Limites / ouverture vers d'autres possibles	Une action coordonnée de plus grande ampleur avec les collectivités visant à redéfinir les différents jours de collecte de sorte à mieux les répartir sur la semaine pourrait également être une piste à investiguer en amont d'un développement technologique.

Nous avons proposé ici deux esquisses de concept intégrant plusieurs pistes d'orientations prospectives. Nous ne visons pas ici l'exhaustivité, et nous identifions également d'autres « lieux » à explorer et qui pourraient également être concernés par la proposition d'esquisses de concept (*cf.* Figure 78). Par exemple, on peut imaginer d'autres lieux avec des esquisses de concept visant à : estimer les erreurs de tri selon les secteurs géographiques (chez l'usager, par les camions des ripeurs) ; aider une meilleure régulation de la trémie en fonction des erreurs de tri et des risques de bourrages, etc. Ces exemples resteraient à explorer et nécessiterait une meilleure connaissance de l'activité des personnes concernées.

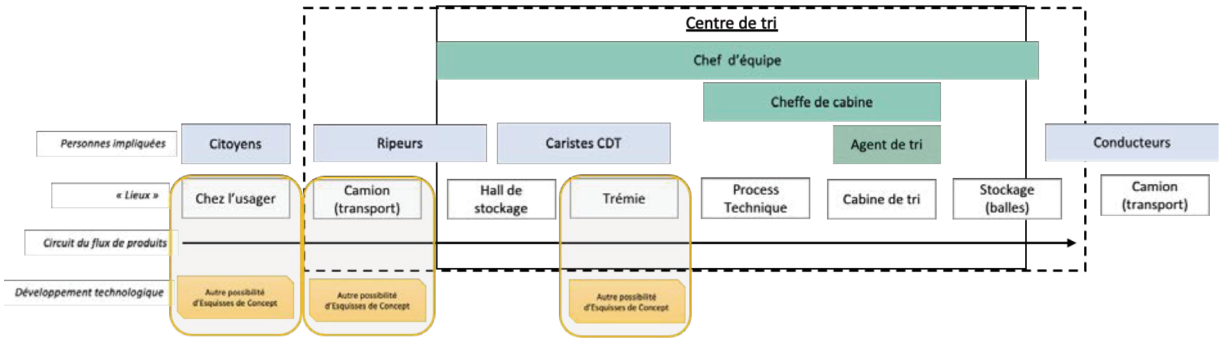


Figure 79. Autres possibilités de localisation sur la chaîne de tri pour la proposition d'Esquisses de Concept

9.5. Éléments de discussion du dernier niveau de l'approche prospective : « Voir loin » et « Prendre des risques »

L'analyse de l'activité, couplée aux connaissances développées par l'ergonomie et d'autres disciplines sur la question des TMS, constitue un appui essentiel pour notre recherche. Elle apporte des éléments essentiels à considérer dans le cadre d'une approche prospective – tout comme dans des démarches de conception –, en particulier dans la perspective de développements technologiques futurs. En mettant l'accent à la fois sur les régulations mises en place et sur les marges de manœuvres existantes à préserver, et/ou à développer, cela nous permet de proposer « des pistes d'orientations » des développements possibles, ou souhaitables. Cependant, à ce stade d'étude prospective, il ne s'agit pas encore de développer un projet de conception, mais d'aller plus loin dans la compréhension de la situation afin d'explorer les différents apports de l'analyse de l'activité dans un tel projet.

Le pilier prospectif « voir loin » a été décliné en trois points :

- (1) *voir loin* à travers l'identification de traces de développements possibles, à travers la prise en compte des politiques publiques et des tendances et signaux faibles identifiés à partir du terrain ;
- (2) *voir loin* du point de vue des temporalités d'un projet et du positionnement de l'ergonome dans ces projets, en présentant explicitement le « futur » mobilisé ;
- (3) *voir loin* en pensant les horizons temporels du point de vue de la maturité – ou absence – des transformations, à travers le développement d'une démarche de comparaison-différenciation[163].

Ce pilier nous apparaît être une invitation à penser la question des temporalités, afin d'élargir les champs de possibles, et des souhaitables. Pour Berger, « voir loin » renvoie au « caractère principal de l'attitude prospective » qui dépend de « l'intensité avec laquelle elle concentre notre attention vers l'avenir » (Berger, 2008, p.82)[164]. Berger, considère qu'il s'agit de *regarder au loin*, et propose la prospective comme l'étude de l'avenir lointain. Il compare notre civilisation – ou plutôt celle de son temps – à « une voiture qui roule de plus en plus vite sur une route inconnue lorsque la nuit est tombée. Il faut que les phares portent de plus en plus loin si l'on veut éviter la catastrophe. ». Nous avons choisi de laisser aux prospectivistes cette question de « l'avenir lointain ». Bien qu'il nous semble effectivement nécessaire d'adopter cette vision à l'échelle de nos sociétés, le caractère plus situé de l'activité nous invite, semble-t-il, à adapter ce pilier à l'échelle de la temporalité plus délimitée des situations de travail.

Ce premier pilier nous renvoie tout de même à la nécessité pour l'ergonome de pouvoir se projeter vers un futur plus lointain que celui initialement visé, mais en partant d'un ancrage au réel. Il ne s'agit pas de tenter d'anticiper ou de penser des besoins futurs qui découleraient d'activités actuellement inexistantes. Nous partons du concret actuel, pour questionner le futur de cette activité au regard de certains constats généraux. Cela se traduit par un positionnement en amont de projets de transformation – ici technologique – ce qui représente un enjeu majeur pour pouvoir proposer des projets centré-activité qui soient en adéquation avec les objectifs de santé et de performance visés par l'ergonomie.

[163] Cette « comparaison-différenciation » a davantage été abordée à travers le pilier « voir large », nous y reviendrons dans

[164] Texte original : Berger, (1959). *L'attitude prospective.*Le Monde en Devenir : histoire, évolution, prospective. De L'Encyclopéie Française. (Paris : Société nouvelle de l'Encyclopédie française, pp. 20/54/12-14)

Enfin, le pilier « prendre des risques » permet de proposer d'ouvrir le champ des possibles en termes de développement technologique. Il conduit à adopter une réflexion teintée d'une pensée divergente par rapport au terrain de référence qui est finalement central ici « Quelles autres « lieux » pourraient être ciblés ? Quelles autres solutions pouvons-nous imaginer ? ». Le « risque » est alors de proposer des esquisses de concept qui ne seraient finalement pas viables, peut-être même pas souhaitables. Toutefois, ce risque est balisé à la fois par la connaissance de l'activité des personnes et une vision *large* de la situation mais aussi par le statut même de ces esquisses de concept qui visent à proposer des « **pistes d'orientations prospectives** » destinées à ouvrir les champs de possibles, questionner, discuter. Ces esquisses reposent ici sur le développement technologique, mais elles tiennent compte de dimensions plus globales. Cette dimension technologique ne constitue qu'un aspect de la transformation envisagée et ces esquisses de concept nécessitent de maintenir un ancrage fort au travail et à l'activité, afin d'identifier les spécificités propres à chaque situation en tenant compte des dimensions sociales, techniques, managériales favorables dans lesquelles devrait s'inscrire l'outil.

Point d'étape

Les chapitres 7 et 8 ont mis en évidence les perspectives ouvertes par l'analyse de l'activité des agents de tri, des cheffes de cabine, et des chefs d'équipe. L'approche exploratoire de réflexions prospectives, dans le chapitre 9 a permis de proposer des « pistes d'orientations » possibles afin d'ouvrir une réflexion sur les transformations envisageables. Ainsi, il donne à voir le potentiel créatif dans l'analyse de l'activité à travers l'identification de *situations de travail à enjeux prospectifs* (STEP), issues du terrain de référence et des terrains à enjeux prospectifs. Ces STEP impliquent de s'intéresser aux « lieux » associés à l'activité, qui ne sont pas seulement des espaces physiques, mais aussi des espaces où s'opèrent des régulations et des choix d'actions influençant l'activité analysée. L'analyse prospective des STEP repose sur une approche systémique, où l'articulation entre activité et lieux permet d'identifier des leviers d'action. Ces lieux sont un premier point à investiguer dans la question d'autres possibles : d'autres lieux associés à la situation problématique d'un STEP seraient-ils plus souhaitables à investir ? Cette approche prospective ancrée à l'analyse de l'activité nous a conduite à proposer des esquisses de concept. Ces esquisses de concept sont des propositions concrètes à visée exploratoire, construites à partir de l'activité existante et de l'identification de dynamiques d'évolution. Elles visent à créer des supports pour penser les évolutions souhaitables pour l'activité des personnes.

PARTIE 4 : Discussion générale

Ce travail de thèse vise à explorer la possibilité d'articuler une approche prospective inspirée des piliers de Berger avec une approche ergonomique centrée sur l'activité. Dans cette dernière partie nous proposons de discuter nos résultats pour répondre à notre question de recherche posée en problématique : ***comment l'analyse de l'activité, inspirée des piliers prospectifs de Berger, peut-elle apporter des pistes de réflexions pour le développement d'une ergonomie prospective ancrée à l'activité, pour envisager des futurs souhaitables dans un contexte de transformations techno-poussées par les progrès de l'IA ?***

Pour répondre à cette question, nous verrons en quoi les résultats de cette thèse montrent que l'analyse de l'activité peut être une première source d'inspiration pour proposer l'ouverture d'un champ de possibles à travers les piliers prospectifs « penser à l'Homme » et « analyser en profondeur » (cf. Partie 1). Nous discuterons également chacun des apports des trois autres piliers « voir large », « voir loin » et « prendre des risques » (cf. Partie 2). Nous proposerons ensuite des « conditions préalables » nécessaires au développement de notre approche prospective, puis nous mettrons en évidence ses points de contraste avec l'ergonomie de conception, ainsi que les apports que nous identifions pour soutenir cette dernière (cf. Partie 3). Enfin, nous proposerons de situer notre approche prospective au regard des autres approches prospectives existantes en ergonomie (EP et Prospective du travail) (cf. Partie 4), puis nous présenterons en conclusion les limites et perspectives de notre recherche (cf. Partie 5).

Penser à l'homme et *analyser en profondeur* : l'analyse du travail et de l'activité comme ancrage pour poser les bases d'une réflexion prospective

Les deux piliers de l'attitude prospective de Berger – *penser à l'homme* et *analyser en profondeur* – renvoient au socle de l'ergonomie, à la fois aux fondements théoriques et épistémologiques auxquels elle se rattache. Aussi, ces piliers nécessitent peu d'ajustements dans la lecture que nous en faisons et permettent de développer une connaissance de l'activité, comme nous l'avons fait pour l'analyse de l'activité des trieurs. Les analyses des situations de travail et de l'activité des agents de tri réalisées dans le chapitre 7 nous ont permis de mettre en évidence un ensemble d'éléments constitutifs de leur activité, essentiels pour comprendre les conditions favorables ou défavorables au développement de marges de manœuvre. Celles-ci s'avèrent « déterminantes » pour la santé des travailleurs, en ce qu'elles permettent – ou non – la mise en place de régulations pour faire face aux exigences du travail. L'identification des « déterminants du travail » qui influencent la construction et la mobilisation de ces marges de manœuvre apparaît ainsi tout aussi décisive. Il s'agit là d'apports classiques de l'ergonomie, dont la pertinence et l'intérêt ne sont plus à démontrer pour la communauté d'ergonomes. L'apport de l'analyse de l'activité et du travail étant le socle de notre approche, il nous paraissait nécessaire d'apporter des éléments d'analyse d'activité concrets. Nous avons essayé d'en proposer ici une lecture combinant analyse descriptive et interprétative afin de servir ensuite la visée poursuivie d'approche exploratoire prospective ancrée à l'activité (Barthe et al., 2017 ; Delgoulet et al., 2000 ; Kerguelen & Pigem, 2008). C'est dans les trois autres piliers – *voir large*, *voir loin* et *prendre des risques* – que la dimension prospective nous a permis d'articuler les connaissances issues de l'activité, à une approche prospective. Nous y reviendrons dans le deuxième point de ce chapitre.

Les régulations de l'activité : première piste d'un travail soutenable

Les analyses du travail et de l'activité menées dans cette recherche s'appuient notamment sur l'analyse des régulations opérées au cours de l'activité. Ces régulations renvoient aux ajustements opérés par les agents de tri face à la variabilité des situations. Elles témoignent de la possibilité pour les opératrices et opérateurs de composer avec les contraintes de la situation, à travers notamment la mise en œuvre de stratégies.

Les analyses menées auprès des trieuses et trieurs ont permis de mettre en évidence ces stratégies, relevant de stratégies d'anticipation dans le meilleur des cas, ou de stratégies de

rattrapages en cas de dégradation de la situation. Elles témoignent des possibilités de réaliser un « travail bien fait » en développant des stratégies de préservation de leur santé dans des conditions qui permettent d'atteindre les objectifs de performance. Ainsi, l'analyse de ces régulations face à la variabilité des situations – différents moments de la journée, situations impliquant des personnes plus ou moins expérimentées, flux de produits variés, etc. – permet d'identifier en partie les conditions d'un travail soutenable. Cela repose notamment sur l'équilibre sur les lignes de tri, permettant de développer l'ensemble des stratégies d'anticipation incluant les stratégies de préservation de leur santé, d'atteinte de la performance et de préservation de la santé du collectif. Cette diversité de situations donne alors à voir à la fois les régulations effectives, mais aussi les conditions dans lesquelles elles sont empêchées. En ce sens, l'analyse des régulations apparaît comme un révélateur de la marge de manœuvre situationnelle au sens de Coutarel et al. (2024). Les conditions de « suffisance ou insuffisance de la MMS » (Norval et al. 2019) permettent alors de questionner diverses situations et les variabilités (organisationnelles, techniques, matérielles…) qui impactent la MMS. Ainsi, les marges de manœuvre disponibles permettent d'identifier les situations favorables ou non à la mise en place de régulations de préservation de la santé, pour pouvoir en tenir compte dans les réflexions sur les développements souhaitables – ou non – afin de pouvoir les préserver voire les développer.

Les marges de manœuvre : espace de régulation et ressource pour l'activité

La notion de marge de manœuvre *(cf.* Partie 2.2.2)[165] permet de prolonger la compréhension des régulations de l'activité en les inscrivant dans les possibilités d'action offertes par la situation aux travailleuses et travailleurs. Au-delà de la conception des postes, certains éléments, comme la qualité et la quantité du produit entrant, apparaissent comme des déterminants majeurs influençant la capacité à réguler l'activité. Ces éléments peuvent conduire à des situations d'« insuffisance de marge de manœuvre » (Norval et al., 2019), limitant la possibilité des opératrices et des opérateurs d'agir sur la situation. Si, comme le rappellent Coutarel et al. (2005), « les marges de manœuvre sont à rechercher dès les processus de conception […] » (p.5), en tant que « conditions antécédentes à l'activité » (Coutarel et al., 2024), nous défendons l'idée qu'elles doivent également être prises en compte dans une approche prospective centrée sur la préservation et le développement de la santé au travail.

[165] Nous faisons ici référence la distinction proposée entre *la* marge de manœuvre situationnelle et *les* marges de manœuvre (Coutarel et al., 2024).

Au-delà des caractéristiques de conception des postes, nos analyses suggèrent que certains éléments plus systémiques jouent un rôle central dans la limitation des régulations possibles. La qualité et la quantité du produit entrant constituent à ce titre une situation limitante pour le déploiement de l'activité : elles influencent directement la possibilité d'agir sur la situation, en conduisant à des situations d'« insuffisance de marge de manœuvre ». Ces constats invitent à dépasser une approche strictement localisée de l'analyse de l'activité et à *élargir* l'analyse pour intégrer l'analyse d'autres activités – notamment celle des encadrants –, afin de mieux comprendre la complexité de la situation.

Les régulations comme première expression de la créativité dans l'activité : une ressource pour penser le travail autrement

L'activité elle-même comporte une part de créativité : les opératrices et opérateurs mettent en place des stratégies, contournent les règles, innovent, avec parfois peu de moyens, mais en mobilisant des savoir-faire pour face aux contraintes et atteindre des objectifs visés. Cette créativité est d'ailleurs parfois à l'origine de certaines innovations, notamment en matière de conception d'équipement. Pour n'en citer que deux exemples, Rocha (2014) présente la conception d'une sacoche ayant émergée à la suite de discussions sur le travail et l'activité, où l'analyse de l'activité a mis en évidence des risques liés au matériel existant. On retrouve également cette logique dans le secteur viticole, où les agriculteurs doivent concilier performance, limitation des expositions aux produits phytosanitaires, respect des réglementations, et parfois faire face à des injonctions contradictoires, tout en tenant compte des contraintes rencontrées sur le terrain. Face à des équipements inadaptés, ils mettent en place des solutions artisanales pour optimiser l'efficacité du matériel, comme l'ajout de cheminées sur les cuves de transport afin d'éviter les coulures de produits (Biencourt & Grimbuhler, 2019).

Analyser l'activité, c'est être au contact des régulations déployées par les personnes en situation de travail. Ce n'est pas uniquement à travers ces bricolages que la dimension créative de l'activité nous apparaît. Analyser l'activité c'est « *analyser en profondeur »* et *« penser à l'Homme »,* au-delà du travail, en comprenant les régulations, mais aussi les variabilités auxquelles chacun fait face. Ces régulations et variabilités, si on les considère en étant dans une posture de remise en question de l'existant et d'ouverture de champs de possibles, peuvent porter en elles des ressources pour l'inspiration créative de l'analyste. Cette posture consiste à concilier ce qui se fait, comment, pourquoi, ainsi que ce qui pourrait être fait autrement, comment et pourquoi. Sans prétendre savoir ni pouvoir prédire, elle permet d'objectiver en

partie une réalité pour la confronter à des possibles qui peuvent se construire à travers le raisonnement prospectif de l'analyste.

Voir large, *voir loin* et *prendre des risques* : développer l'*attitude prospective* de Berger pour proposer une approche prospective ancrée à l'activité

Une comparaison-différenciation pour enrichir les connaissances en termes de variabilités de situations pour *voir large*

L'analyse de l'activité réalisée sur différents sites, avec des niveaux d'automatisation variés, nous permet d'*élargir* notre compréhension des situations de travail dans les centres de tri. Cette approche « croisée » entre différents sites, permet notamment d'identifier plus largement les « macro-déterminants » qui déterminent de façon transversale les situations de travail pour les travailleuses et travailleurs de divers centres de tri. Le fait que cette comparaison-différenciation implique des sites présentant différents niveaux de maturité et d'innovation permet de mettre en lumière les évolutions des dernières décennies en termes de possibilités (techniques et/ou organisationnelles). Cette approche contribue à enrichir la variabilité de situations existantes et peut être une source d'inspiration quant aux différents « possibles » des situations de travail et d'activité futures. Se confronter à cette variabilité permet également de connaître différents types de régulations mises en œuvre par les opératrices, opérateurs et encadrantes, encadrants.

Par ailleurs, cette diversité de situations observées invite à questionner le système et ses possibilités de régulations[166]. Elles permettent de penser des situations souhaitables, favorables à la mise en place de régulations de l'activité, de stratégies, et offrant des marges de manœuvre ; notamment à partir de situations potentiellement délétères pour la santé des personnes. Ainsi, la connaissance de ces variabilités est une richesse pour élargir le champ de l'analyse et ouvrir des pistes de développement possibles ; mais aussi nourrir la créativité pour l'innovation de l'analyse en termes de « lieux » d'actions possibles où il serait souhaitable d'agir pour transformer les situations de travail et *in fine* encourager la prise en compte des possibilités de déploiement des marges de manœuvre dans les réflexions de développements technologiques. Nos résultats vont dans le sens de ceux de Boudra (2016) qui montre l'importance de la prise en compte de la territorialité dans le cadre de l'approche de la prévention « en adhérence »

[166] Nous faisons référence ici aux régulations techniques qu'il est possible d'effectuer sur le système de production, que nous distinguons des *régulations de l'activité.*

qu'elle propose. Cela se traduit dans notre recherche à travers la prise en compte des « macro-déterminants » et de propositions d'agir – y compris pour agir sur l'activité des agents de tri – et de réfléchir le développement technologique à une échelle plus large que celle délimitée à la situation de travail en cabine de tri. En ce sens, notre travail rejoint également l'analyse « systémique et multi-scalaire » (Boudra, 2019) qu'elle propose et qui s'inscrit dans les propositions issues du symposium intitulé « construire des approches multiscalaires du temps, de l'espace et de l'organisation pour aborder les transitions vers un développement durable » (Boudra et al., 2021). Nous reviendrons sur cet aspect en proposant d'approfondir la notion « d'*espace* » telle que nous l'avons abordé à travers l'*attitude prospective* et qui intègre cette dimension « multiscalaire ».

Une relecture du cadre temporel et de la notion de futurs possibles et souhaitables pour *voir loin*

L'exploitation du pilier « *voir loin* » nous a permis d'intégrer à nos analyses un questionnement permanent et explicite sur la question du futur. Il nous a conduit à préciser l'approche du futur considérée (*cf.* Partie 9.5). Le pilier *voir loin* dès lors que l'on souhaite proposer une démarche ancrée à l'activité ne doit pas s'intéresser, à notre sens, uniquement aux mutations des transformations du travail, mais doit surtout être pensé en intégrant les transitions qui s'opèrent. De fait, il nous semble que le risque de *voir* trop – et seulement – *loin* est de ne pas penser les transitions. C'est ce que nous avons tenté de garder au cœur de notre proposition pour laquelle nous ne prétendons pas faire de la prospective, mais bien enrichir les approches d'ergonomie en y intégrant une dimension prospective. Cela, dans l'objectif de mieux intégrer les enjeux importants de transformations soulevés par le contexte actuel. Ainsi nous avons exploité ce pilier de deux façons : *voir loin* à travers le croisement d'analyses de situations variées. Bien que cette dimension nous ait permis d'*élargir* nos connaissances sur l'activité, comme discuté précédemment, elle permet également grâce aux deux décennies d'écart entre CDT A et B (début des années 2000) vs. CDT C et D (fin des années 2020), de refléter en partie les choix de conception d'une époque, les évolutions réalisées depuis, pour mieux comprendre les temporalités d'évolutions concrètes du secteur.

Par ailleurs, la temporalité de l'activité productive des agents de tri, qui relève d'une cinquantaine d'actions réalisées chaque minute, donne peu, voire pas de place au développement d'une activité réflexive qui permettrait de construire et de penser aux transitions que comportent les évolutions qui s'amorcent. Les transitions sont pensées par celles et ceux,

ingénieurs, décideurs, équipementiers, qui n'ont pas toujours les connaissances de ce qui se joue au cours de l'activité. Les besoins et demandes qui remontent du terrain sont parfois prises en compte, et des modifications peuvent être apportées ponctuellement, mais elles ne donnent pas lieu à des approches plus globales et restent très ciblées sur des dimensions techniques ayant en réalité peu d'effets sur l'activité.

Pour la prévention des TMS également, plusieurs temporalités sont à considérer, le temps de l'activité en train de se dérouler, et le temps plus long de la construction et du développement de savoir-faire donnant lieu à des ajustements et transformations de l'activité de chacun (Buchmann et al., 2011). Si l'analyse de l'activité permet d'identifier les régulations au cours de l'activité, il est plus difficile de rendre compte des régulations effectuées sur un temps plus long. Cependant, la temporalité est essentielle à prendre en compte dès lors que l'on s'intéresse aux questions de santé, et des TMS qui s'inscrivent dans le temps long.

Dans les travaux relevant des approches prospectives – que soit en EP ou en prospective du travail –, la perspective temporelle sur laquelle les auteurs s'appuient est primordiale et va en partie guider le type de démarche mise en place. Certaines de ces approches visent des temporalités de plusieurs décennies. Or, dès lors que l'on souhaite conserver le cadre de l'existant, la temporalité visée dans un premier temps est plus rapprochée dans la mesure où le travail concerne des individus qui y sont engagés dans le présent. Il est donc essentiel de penser son évolution sur la prochaine décennie environ, bien que cette temporalité nécessite également d'être pensée au regard de la dynamique – et la vitesse de transformations – dans laquelle se situe le secteur considéré. Par conséquent, la question de la temporalité et notamment la question du futur bien que centrale en ergonomie, comme nous l'avons présentée (*cf.* Chapitre 2), est sans cesse requestionnée pour répondre aux nouveaux enjeux face aux transitions en cours, ou qui se dessinent, notamment technologiques, écologiques et politiques.

L'analyse de l'existant pour baliser la *« prise de risque »* évoquée par Berger

L'articulation des piliers « *voir loin* » et « *prendre des risques* » nous a conduit à proposer ce que nous avons appelé des **esquisses de concept**. Nous avons choisi le terme d'*esquisse* qui évoque le caractère brut et perfectible de ces propositions. Le terme de *concept* est quant à lui utilisé en référence à la « preuve de concept »[167]. Ainsi ces esquisses de concept constituent des

[167] *Proof of Concept* (PoC)

supports exploratoires destinés à ouvrir des réflexions futures sur les évolutions technologiques en cours ou à venir dans le secteur du tri des déchets.

Ces esquisses de concept se différencient des scénarios, puisqu'il s'agit de propositions à éprouver. Il ne s'agit pas non plus de support de simulation de l'activité qui interviendrait en amont. Il s'agit de propositions concrètes, souhaitables *a priori* au regard de l'activité existante et de l'identification d'évolutions. Elles nécessitent encore d'être éprouvées, du point de vue technique, mais aussi du point de vue de l'activité future. Toutefois, ces esquisses de concept permettent de formuler des propositions concrètes reposant sur une approche globale de la santé des personnes et visant à tenir compte de larges possibilités. Par ailleurs, ces esquisses de concept intègrent une dimension de durabilité dans la mesure où nous avons tenté d'intégrer le sens qu'elles prendraient face aux évolutions. Par exemple, nous avons envisagé les possibilités d'adaptabilité du développement technologique en cas d'automatisation de certaines tâches, et auquel cas, s'il pourrait continuer à soutenir l'activité d'autres travailleuses et travailleurs.

Prendre des risques en prospective signifie assumer l'incertitude inhérente à cette démarche : le risque est une probabilité d'erreur, et plus l'horizon temporel est éloigné, plus cette probabilité augmente. Autrement dit, c'est assumer de « prendre le risque » de se tromper, tout en visant à envisager des trajectoires d'évolutions et des pistes de solutions (ici technologiques) associées. La prospective ne vise pas à établir un scénario unique, mais à explorer plusieurs futurs *possibles*. Il nous semble cependant que faire de l'ergonomie en développant une approche prospective nécessite d'envisager les évolutions *possibles,* pour proposer des développements technologiques favorisant des situations de travail *souhaitables.* Nous avons choisi dans cette recherche de nous centrer sur des futurs *souhaitables* au regard de l'activité des personnes. Cela nécessite d'opérer un cadrage, en excluant des propositions technologiques incompatibles avec l'élaboration d'un travail soutenable, et en plaçant l'activité au cœur de l'analyse. Cette approche ancre la réflexion dans des situations concrètes, réduisant ainsi l'incertitude associée aux changements envisagés. En intégrant les éléments issus du terrain, elle favorise une approche pragmatique et adaptée aux réalités organisationnelles et humaines. L'analyse de l'activité joue un rôle central dans la maîtrise des risques liés aux transformations du travail. Elle permet d'identifier les contraintes effectives qui pèsent sur les travailleurs, tout en mettant en évidence les marges de manœuvre existantes. En ce sens, elle constitue un cadre structurant qui évite une prise de risque excessive dans l'élaboration des esquisses de concept.

L'attitude prospective et les notions d'espaces et de lieux de l'activité pour orienter les Esquisses de concept

L'attitude prospective de Berger nous a permis de guider nos analyses et de les enrichir au-delà des piliers « *analyser en profondeur* » et « *penser à l'homme* », en s'appuyant sur les piliers « voir large » « voir loin » et « prendre des risques ». Si ce travail nous a conduit à proposer une lecture linéaire de cette approche, l'attitude prospective telle que nous l'avons mobilisée est faite d'allers-retours constants, de liens et d'articulations qui se font au fil du temps et de l'enrichissement des deux premiers piliers cités.

À travers la dimension « *voir large* » nous avons montré que l'activité de tri ne peut être réduite à l'activité des trieurs dans la cabine. Elle s'inscrit dans un espace de travail élargi, composé non seulement de l'espace spatial immédiat de la cabine, mais s'inscrit dans un réseau d'interdépendances spatiales, organisationnelles et temporelles qui vont bien au-delà de la cabine et des régulations et marges de manœuvre laissées par les déterminants « micro » de la situation. Les déterminants de niveaux plus « macro » doivent également être pris en compte dans une approche prospective pour inscrire l'analyse dans une approche systémique de la situation, essentielle dans les travaux qui s'inscrivent dans un contexte de transitions (Le Bail et al., 2023).

Tel que nous l'entendons, cet « *espace de l'activité* » est ainsi coconstruit en différents « niveaux » hiérarchiques, temporels et spatiaux. L'espace de l'activité des trieurs y est défini, à la fois en tenant compte des acteurs impliqués en amont de la situation, mais aussi par les « lieux » où se déroulent leur activité, temporellement et spatialement. Dans le cas de l'activité des agents de tri, l'« espace de leur activité » comprend : les caristes qui chargent la trémie alimentant toute la chaîne de tri, les chefs d'équipe qui régulent la production à travers l'organisation en lien avec les autres structures, les cheffes de cabine qui, à travers leur action, régulent leur production et l'activité des agents de tri, etc. Toutes ces travailleuses et travailleurs contribuent à façonner les marges de manœuvre dans lesquelles les agents de tri exercent leur activité. Cet espace dépasse donc la dimension spatiale de la cabine pour s'étendre à l'ensemble de la chaîne opératoire, en intégrant les interactions, les décisions et les ajustements en amont et en aval. Penser l'activité en termes d'espace revient ici à souligner que l'action prend place dans un tissu complexe de relations matérielles, humaines et organisationnelles. Ainsi, considérer cette notion « *d'espace de l'activité* » nous permet de cibler des « lieux » pouvant

être bloquants dans une configuration dynamique de la situation de travail qui est « déterminée » en partie.

Nous venons de discuter nos résultats au prisme de l'*attitude prospective* (Berger, 1959) Nous allons désormais aborder les « conditions » qui ont permis le développement de la démarche proposée.

Les conditions nécessaires au développement d'une approche prospective pour l'élaboration d'esquisses de concepts

Dans cette recherche, nous sommes parties des contours d'un projet de référence pour développer une approche prospective à travers une démarche exploratoire. Cette dimension prospective a pris forme dans un contexte spécifique qui la distingue d'une approche de conception, plus classique des recherches menées en ergonomie.

Le cadre temporel et contextuel de la recherche : une ouverture à une approche prospective

Cette recherche exploratoire, guidée par les réalités et contraintes d'un projet, nous a conduit à nous questionner sur les apports de l'activité dans le cadre d'une approche prospective en ergonomie. La poursuite de cette recherche vise à évaluer les possibles envisagés auprès d'acteurs de la conception, et d'acteurs de terrain. Nous envisageons cette approche comme une étape préalable, comme une ouverture ou un pas de côté par rapport aux projets de conception. Il ne s'agit pas d'occulter l'importance des projets de conception coconstruits et continués dans l'usage, mais d'en proposer une étape préalable complémentaire, fondée sur l'exploration du potentiel prospectif de l'analyse de l'activité et des connaissances relatives à l'activité et à la situation de travail.

Béguin (2004) distingue le projet qui relèverait du *souhaitable* et la conduite de projet qui relèverait du *possible.* À travers notre approche, nous proposons justement de discuter des *souhaitables* en dehors et en amont des projets, de sorte que la conduite de projet devienne une réalisation *possible* des s*ouhaitables.* En effet, lorsque les projets sont déjà engagés, les souhaitables du point de vue de l'ergonome sont restreints par la dimension technique, financière, mais aussi par les moyens déjà engagés dans le projet et les orientations déjà prises.

En ramenant les souhaitables en dehors de tout projet, alors l'ergonome peut proposer diverses pistes d'orientations ouvrant alors divers possibles.

Développer une approche prospective et questionner les temporalités à travers l'appropriation du pilier « *voir loin* », nous a conduit à questionner les temporalités propres à notre recherche. En effet, nous situant hors du projet de conception, mais avec des enjeux identifiés en termes de développement technologique à venir dans les centres de tri, nous avons eu l'opportunité de questionner les spécificités et temporalités de notre propre recherche. Pour ce faire, nous nous sommes appuyées sur la temporalité du projet – au sens large, et non un projet spécifique – plus classique que l'on retrouve dans les démarches de conception ou démarches participatives, largement présentes en ergonomie (*cf.* Figure 80).

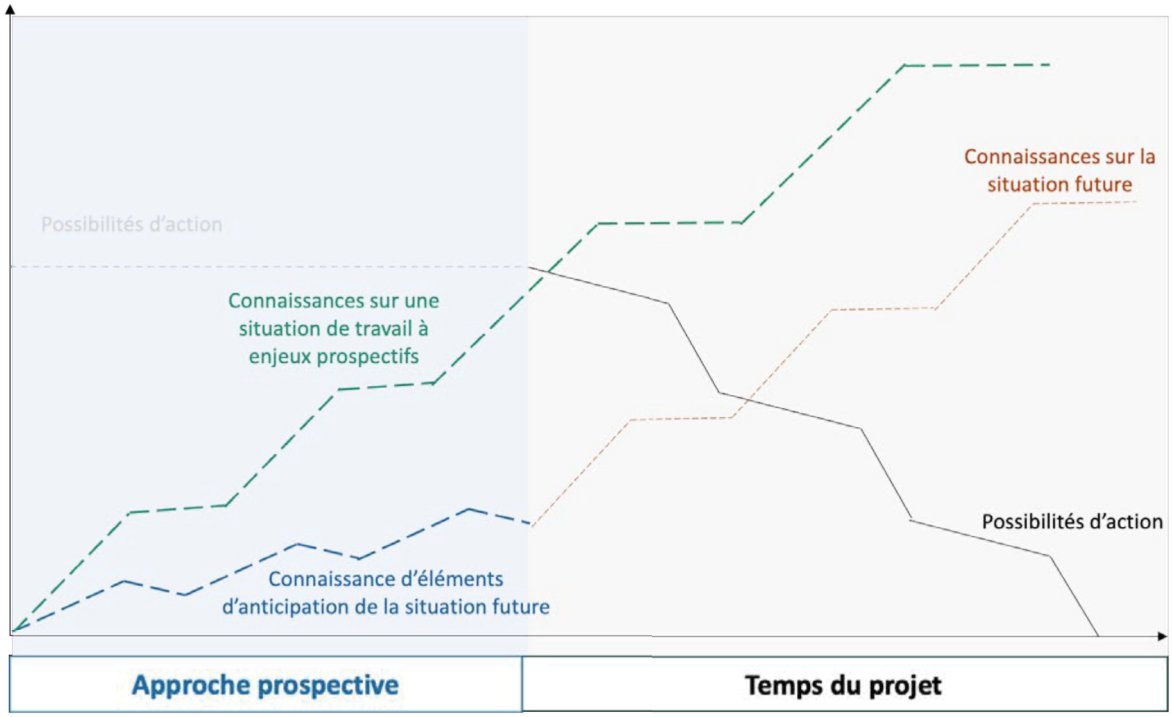


Figure 80. Apports de l'approche prospective pour la conception, à partir du schéma de la temporalité des situations de conception (d'après Midler, 1996 ; cité par Béguin, 2004)

Ce schéma que nous proposons, adapté de Midler (1996) et cité par Béguin (2004) vise à positionner l'approche prospective que nous défendons. La partie de gauche du schéma, que nous proposons d'ajouter, représente l'approche prospective. Elle met en lumière deux types de connaissances qui se construisent dans un temps où aucun projet n'est défini : d'une part, les connaissances d'éléments d'anticipation sur la situation future (ligne bleue), et d'autre part, les

connaissances sur les situations de travail à enjeux prospectifs (ligne verte). Ces deux types de connaissances se développent dans un contexte d'incertitude, mais offrent progressivement des clés de lecture pour penser les futurs souhaitables de la situation de travail. Dans cette temporalité, les connaissances sur la situation future (ligne orange) sont davantage inscrites dans une réalisation effective, souvent figée par les choix techniques ou organisationnels déjà opérés. On observe également que les possibilités d'action (ligne noire) tendent à diminuer à mesure que le projet avance : le *degré de liberté* (Béguin, 2004) et les possibilités de transformations se réduisent, limitant la capacité d'agir sur la conception des conditions futures du travail (Midler, 1996).

Ainsi nous défendons, comme pour la conception, la nécessité de développer des approches visant à « intervenir » en amont de projets, à un moment où les connaissances sur la situation future sont encore fragiles mais où les « possibilités d'actions » sont maximales dans la mesure où elles ne sont pas contraintes par les choix réalisés au cours du projet. L'enjeu pour l'ergonomie est alors de nourrir et guider cette phase exploratoire par la compréhension des situations de travail existantes, dans une visée de transformations des trajectoires de conception futures, généralement « techno-poussées » sans prise en compte de l'activité. Ce « pas de côté » permet d'ouvrir le champ des futurs possibles en portant une attention particulière à la prise en compte et aux possibilités de développement de la santé et de sens du travail pour les travailleuses et travailleurs concernés.

Ainsi, comme nous avons tenté de l'illustrer (*cf.* Figure 80) les différences de temporalités propres aux démarches inscrites dans le cadre de projets de conception, et celles à visée prospective sont centrales et ne s'opposent pas mais ont, au contraire, vocation à s'articuler, se prolonger et s'enrichir mutuellement.

Quand la demande n'est plus formulée : d'une demande opérationnelle à des préoccupations sociétales liées au contexte de transition

Le projet de recherche initial de cette thèse est issu d'une demande émanant de chercheurs en informatique et d'un équipementier dans le cadre d'un projet de conception. Toutefois, au fil du temps, le portage de ce projet a rencontré des contraintes liées au report du projet de construction et au bouleversement du travail durant la période Covid. Dans ce contexte, l'évolution des partenariats nous a conduit à réorienter notre question de recherche vers une thématique de recherche plus large, visant à explorer les apports et les limites pour le travail

des transformations en cours par l'IA. Si les interrogations portées par cette thématique n'émanent pas d'une demande opérationnelle, elles s'ancrent dans une préoccupation sociétale, que l'on peut aussi lire comme une forme de « demande sociale » – implicite – émergente, portée dans l'espace public par des acteurs académiques ou institutionnels, soucieux des effets des transitions technologiques sur le travail. Dans ce contexte de transition, la notion de demande est remodelée par rapport aux standards de l'intervention ergonomique.

Ainsi, les démarches méthodologiques de l'Analyse Ergonomique du Travail (AET) comportant notamment une étape d'analyse et de reformulation de la demande ne correspondent plus au cadre de la recherche. Ces « préoccupations sociétales » ou « demandes sociales » qui comportent des transformations du travail et de l'activité, au-delà des seuls enjeux de l'IA, impliquent un réajustement des démarches ergonomiques développées jusqu'alors en matière d'analyse de la demande. En effet, si celle-ci n'émerge pas directement d'acteurs de l'entreprise, elle doit être repensée. Pour la réalisation d'interventions ergonomiques, il s'agit de « voir plus loin », en s'appuyant sur les politiques publiques et une analyse de la littérature grise du secteur, afin d'identifier tendances globales et signaux faibles. Ces éléments sont des indicateurs des directions futures en train de se faire, tout en envisageant d'autres directions futures possibles, dans une perspective prospective.

La prospective fondée sur l'analyse de l'activité : un enjeu pour explorer les transitions

Comme nous l'avons abordé, la question des transitions constitue un enjeu central, qui justifie la nécessité de penser de nouvelles démarches en ergonomie, pour répondre aux enjeux qui se posent quant aux situations de travail futures. Bien que le secteur du tri s'inscrive dans la dynamique de la transition écologique, vers laquelle nos sociétés tendent – ou devraient tendre au vu de l'urgence climatique – progressivement, c'est davantage la question des transitions technologiques et des « transitions des systèmes de travail » (Chizallet, 2019) que nous avons explorée. Ainsi, nous partageons les constats récents émergents autour de ces questions de transitions, abordées notamment au prisme du développement durable (Le Bail et al., 2023).

Ce qu'impliquent ces transitions du point de vue du travail – risque de standardisation, perte de sens, etc. – méritent d'être investiguées par l'ergonomie de sorte à développer la prospective à partir de l'activité des personnes. Cela peut passer par le développement de recherches qui

dépassent le cadre de l'intervention, en développant un volet prospectif sur les secteurs présentant des STEP.

Des esquisses de concept à visée prospective : une première piste d'orientation pour le développement technologique

Dans cette recherche, nous avons présenté (*cf.* chapitre 9) deux propositions d'**esquisses de concepts**, chacune s'inscrivant dans des **pistes d'orientation prospective**. Ces propositions reposent sur l'identification préalable de **situations de travail à enjeux prospectifs** (STEP). Les esquisses de concept visent à identifier des pistes de développement technologique, tout en en questionnant les apports et les limites au vu de l'activité des opératrices, des opérateurs, ainsi que de leurs encadrantes et encadrants. Bien qu'elles ne constituent pas, en l'état, des solutions définitives, elles permettent de proposer des **orientations technologiques appuyées sur une compréhension fine de l'activité et du travail des personnes engagées dans ces situations.**

À travers cette démarche, nous cherchons à fournir des éléments concrets susceptibles d'être repris, enrichis, discutés et confrontés aux réalités de terrain. Elles pourraient également servir de point d'appui dans de futurs projets de conception dans le secteur du tri, afin d'inciter les acteurs des entreprises à placer l'activité au cœur des réflexions technologiques. Il s'agit ainsi de favoriser, tout comme en ergonomie de conception, une anticipation des transformations du travail, plutôt que d'intervenir pour en corriger les effets délétères.

Cette approche prospective, fondée sur des esquisses de concepts en cours d'élaboration, constitue un support tangible pour initier des discussions centrées sur l'activité. Elle vise à ancrer les choix techniques dans une compréhension approfondie des déterminants des situations de travail, de l'activité et des enjeux de santé, afin de construire des futurs plus soutenables pour les travailleurs.

Il est toutefois nécessaire d'articuler ces esquisses avec les pistes d'orientation prospective proposées, qui introduisent des premiers éléments de réflexion, soulèvent des questionnements et mettent en lumière certaines limites inhérentes aux concepts explorés. Cette articulation vise à privilégier une vision systémique et critique du développement technologique, afin que les projets portés soient « raisonnés », considérant un ensemble de dimensions avant l'engagement dans un projet de conception défini. Ces propositions cherchent ainsi à encourager que les

développements technologiques conçus soient souhaitables pour l'activité des travailleuses et travailleurs, en soutenant une intégration précoce des questions de santé au travail.

Proposition d'une ergonomie prospective ancrée à l'activité : spécificités et points de convergences avec les approches de conception et de prospective développées en ergonomie

Comme nous l'avons évoqué dans le chapitre 3, la frontière entre ergonomie de conception et prospective n'est pas tranchée dès lors que l'on conduit une démarche qui s'inscrit dans l'activité. Cette idée rejoint également celle de Daniellou et Béguin (2004) qui considèrent que la distinction entre « ergonomie de correction » et « ergonomie de conception » repose surtout sur la diversité des caractéristiques de « l'intervention », qu'ils évoquent dans la liste suivante (p.342) :

- Nature de la demande initiale et enjeux identifiés ;
- Positionnement des demandeurs ;
- Identifications des freins et alliés potentiels ;
- Délais fixés à l'action de l'ergonome et moyens mis à sa disposition ;
- Marges de manœuvre financière, sociale, etc. ;
- Projet en cours.

Comme le souligne Cahour (2014), c'est également le cas pour « la frontière entre l'ergonomie de conception […] et l'ergonomie prospective […] [qui] est relativement mince quand on cherche à fonder le prospectif sur l'expérience vécue » (p. 65).

Si l'on reprend les caractéristiques de distinction proposées par Béguin et Daniellou (2004), elles peuvent être reconsidérées dans le cadre d'une ergonomie prospective. En effet, la demande initiale, le positionnement des demandeurs et l'identification des freins et alliés potentiels sont parfois bousculés par un contexte qui dépasse le cadre d'un projet en cours. De la même manière, les délais d'actions, les moyens mis à disposition et les marges de manœuvre, relèvent parfois moins des caractéristiques d'une intervention, que des possibilités – et impossibilités – liées aux réalités et contraintes propres au monde de la recherche (source des financements, durée la recherche, nombre de chercheurs impliqués, etc.).

Nous partageons cette idée selon laquelle les « frontières » sont perméables et se recoupent, y compris si l'on reprend la distinction « ergonomie de conception » et « ergonomie prospective » avec les limites, présentées dans le chapitre 2, que ce découpage comporte (*cf.* Partie 2.4). Cependant, clarifier les spécificités et les points de convergence entre ces différentes

approches nous semble nécessaire pour contribuer au développement d'une approche prospective – sous toutes ses formes – en ergonomie.

C'est d'ailleurs initialement dans une visée d'élargissement du champ d'intervention de l'ergonomie que l'ergonomie « de conception » est apparue, en cherchant à s'inscrire au plus tôt dans les dynamiques de conception, en particulier via l'appui aux démarches de conduite de projet (Barcellini, 2020 ; Béguin, 2007 ; Guérin et al., 2021). Il nous semble que parler d'*ergonomie prospective*[168] permet de mettre en lumière et de répondre à des enjeux émergents en lien avec les transitions et qui incitent les ergonomes à intervenir de manière plus précoce, en amont des démarches plus classiques de conduite de projet. L'ergonomie à visée prospective revendique une posture plus exploratoire et transversale, moins dépendante des contraintes immédiates du projet, et davantage tournée vers des horizons incertains ou émergents.

Par ailleurs, l'approche de l'ergonomie de conception qui se traduit par la mise en œuvre de conduite de projet, implique une dynamique de double construction, à la fois sociale et technique du projet. Cette double construction suppose la mise en place de cadres négociés, tant du point de vue de la participation des acteurs que des méthodologies mobilisées pour analyser les situations de travail (Béguin et al., 2015). Dans ce cadre, l'ergonome est souvent associé à la conduite de projet qui s'appuie sur une démarche structurée, définie dès le démarrage du projet. Cette démarche, inscrite dans un cadre temporel et financier, vise à concevoir ou transformer une ou plusieurs situations de travail (Barcellini et al., 2013).

Ces démarches, efficaces dans certains contextes (Darses & Reuzeau, 2004), ne sont pas toujours compatibles avec les impératifs de production à court terme. Dans de telles situations, peu de place est alors accordée à des démarches participatives de conception. Lorsque ces démarches ne peuvent être mises en œuvre, l'approche prospective offre une alternative. Elle s'inscrit davantage en amont, en se basant sur une réflexion sur les futurs possibles et souhaitables, et en analysant l'activité présente pour anticiper les futures situations et outils.

L'approche prospective diffère donc de ces démarches participatives, non seulement en raison de son inscription temporelle par rapport au projet (*cf.* Partie 10.3.1.), mais aussi par sa manière d'aborder le futur. Il peut être envisagé comme futur probable, possible ou souhaitable.

[168] Au sens large du terme, dans le cadre du « découpage » entre correction, conception et prospective.

Proposition de représentation des différentes démarches au regard des trois fondements : prospectifs, créatifs, et ergonomiques

Comme nous l'avons vu dans le chapitre 3 (*cf.* Partie 3.2.2.), Brangier et Robert (2014) identifient trois fondements nécessaires pour s'inscrire dans la démarche prospective qu'ils proposent à travers l'EP : le fondement prospectif, le fondement créatif et le fondement ergonomique. Selon eux, ces fondements renvoient respectivement à une « démarche réflexive » pour éclairer le futur, à une dynamique d'imagination favorisant la production d'idées nouvelles, et à la mobilisation des savoirs issus de l'ergonomie, qu'il s'agisse de concepts, de modèles, de théories, de normes ou encore de méthodes et d'outils (Brangier & Robert, 2014). Ainsi, pour positionner notre approche, nous proposons une lecture à travers ce prisme, des différentes approches prospectives : l'EP (Brangier & Robert, 2014; Robert & Brangier, 2009, 2012, 2014), la Prospective du travail (Pueyo, 2020, 2021, 2022) et notre proposition d'ergonomie prospective ancrée à l'activité (*cf.* Figure 81).

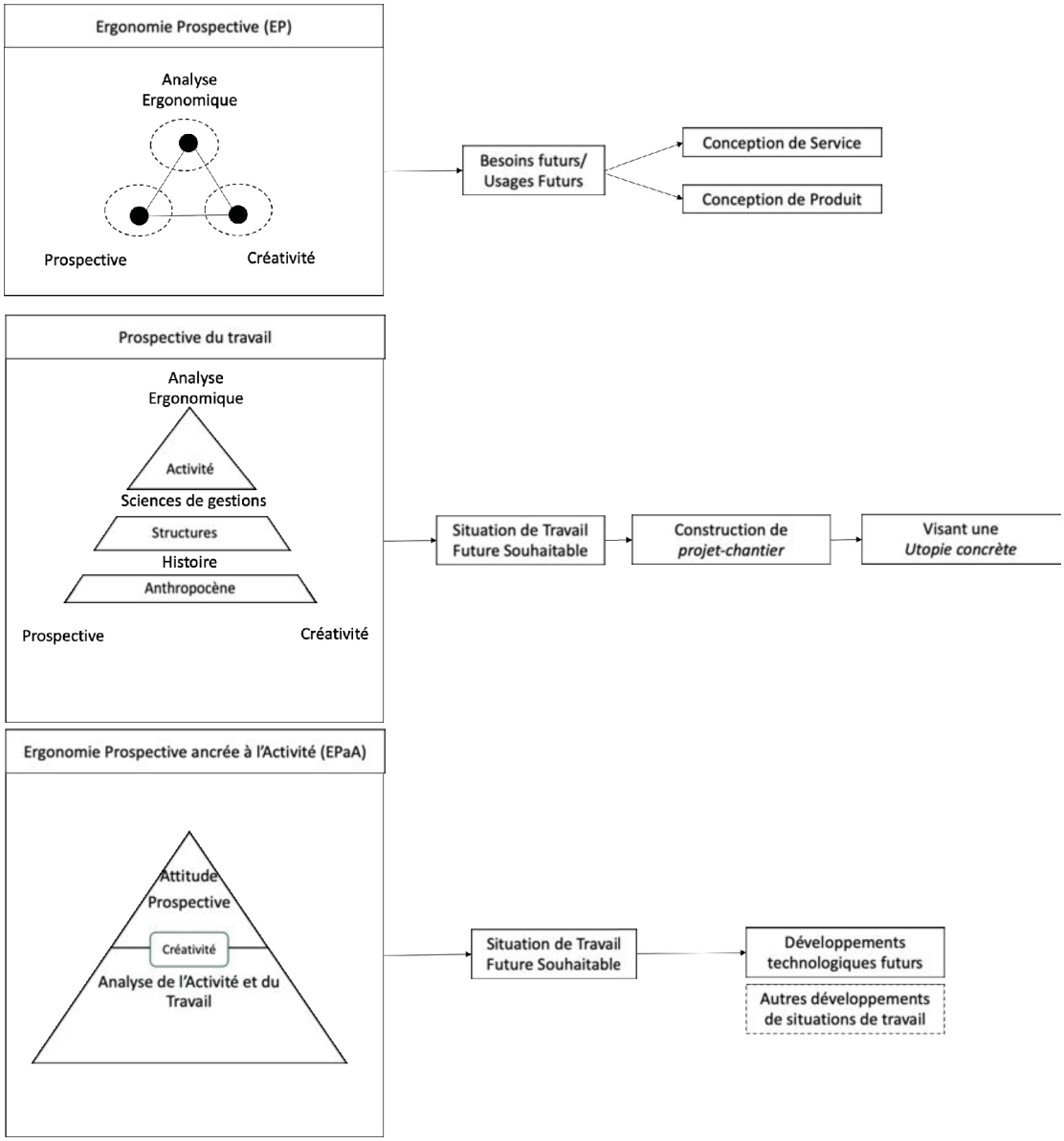


Figure 81. Proposition de représentation schématique des trois approches de l'ergonomie (EP, prospective du travail et ergonomie prospective ancrée à l'activité) inspirée des trois « fondements » de l'EP (Brangier & Robert, 2014)

Ces trois approches prospectives articulées à l'ergonomie diffèrent selon leur point d'entrée, leurs fondements conceptuels et leurs visées.

L'EP (*cf.* Figure 81 (1)) est une approche orientée vers la conception de produits et de services, à partir de l'anticipation des besoins futurs et des usages futurs. Cette première approche repose ainsi sur trois « fondements » que nous proposons de représenter comme trois « pôles » dont les objets d'études, et les méthodes vont s'appuyer de façon plus ou moins importante sur ces pôles. Par exemple, les travaux s'inscrivant dans des contextes où il est question de mobiliser des approches visant à spéculer des besoins ou des usages à partir de méthodes comme des

personas accordent une place centrale à la créativité (Brangier et al., 2019a ; Martin et al., 2021), tout en portant une dimension prospective au sein même de ces méthodes de créativité. L'analyse ergonomique est plus sous-jacente, elle intervient au début du processus pour la création des personas. D'autres études accordent une place plus centrale à l'analyse ergonomique avec une visibilité plus prégnante de l'activité à travers la proposition d'une « démarche prospective par la prise en compte des Systèmes d'Activité » (Bobillier-Chaumon et al., 2014) ou encore en proposant une approche « ancrée dans l'expérience vécue » (Nguyen & Cahour, 2014). Ainsi, ces trois pôles restent présents et varient selon les objectifs visés par le projet de recherche, la possibilité de s'appuyer – ou non – sur une activité existante. Tous ces travaux ont pour point commun de s'inscrire dans des visées transformatrices pour « les activités humaines » – hors travail – qui orientent également ces objectifs ainsi que les possibilités.

La prospective du travail de Pueyo (2020, 2021, 2022), quant à elle, repose sur un ancrage central au travail (*cf.* Figure 81 (2)). Cela à travers une lecture systémique articulant plusieurs niveaux d'analyse : l'activité, les structures organisationnelles et les dynamiques sociétales à l'échelle de l'Anthropocène. Ce cadre permet de penser la transformation du travail en tenant compte des enjeux environnementaux, économiques et sociaux globaux. La démarche, qui vise la construction collective de situations de travail futures souhaitables, à travers des « projets-chantier », c'est-à-dire des espaces de débat et d'expérimentation impliquant les acteurs concernés, avec en vue le futur d'une « utopie concrète ». Cette approche repose sur une projection partagée du futur du travail, conçue comme levier d'action dans le présent. Elle mobilise les trois pôles à travers l'intégration de cette vision systémique globale, qui resitue le travail dans un contexte social et sociétal plus global.

Enfin, nous proposons une ergonomie prospective ancrée à l'activité (*cf.* Figure 81 (3)), qui repose sur une « attitude prospective » ancrée sur l'analyse de l'activité et du travail comme point de départ de la démarche prospective. Dans cette approche, l'Analyse Ergonomique devient le socle du rectangle, portant une *attitude prospective.* La créativité se situe à l'interface entre le socle qui repose sur l'expérience des personnes en situations, les ajustements et contournements qu'elles opèrent pour atteindre les objectifs visés ; et l'*attitude prospective* qui oriente les réflexions et analyses réalisées par la chercheuse (esquisse de conception et pistes de réflexion prospective). Nous accordons une place centrale aux dynamiques du travail réel, envisagées à la fois comme objet d'analyse et comme ressource pour penser les futurs possibles.

La situation de travail future souhaitable y est conçue en lien avec les développements technologiques anticipés, mais aussi avec d'autres transformations des situations de travail (organisationnelles, sociales, environnementales).

Résumé des approches de la prospective en ergonomie et positionnement de l'approche proposée

Ces différences observées, entre l'importance et la place donnée à chacun des trois « fondements » sont liées à un ensemble de variabilités entre les approches : les objectifs visés, l'échelle, l'origine de la « demande », les temporalités visées. Ce qui conduit à des apports méthodologiques et conceptuels variés (*cf.* Tableau 24). Nous reprenons le tableau présenté en problématique, en ajoutant les différences avec l'approche proposée d'ergonomie prospective ancrée à l'activité sur ces différents points.

L'EP, telle que formalisée notamment par Brangier et Robert dans les années 2010, introduit la prospective dans le champ de la conception centrée utilisateur, avec des travaux s'inscrivant autour du développement de la conception de produits et services, à travers une démarche orientée par les usages futurs. Le statut donné à la prospective y est celui d'un levier d'innovation et de créativité, mobilisé en amont des processus de conception. L'EP s'inscrit dans une temporalité de moyen terme et de futur lointain (20, 30, 50 ans). Elle se structure autour de concepts tels que les besoins futurs, l'anticipation des usages ou l'innovation centrée utilisateur.

La prospective du travail (Pueyo, 2020, 2021, 2022) propose une orientation davantage ancrée dans les transformations du travail lui-même. La prospective y est envisagée comme un espace de construction collective de futurs souhaitables, à travers le développement d'un « projet-chantier » visant une « utopie concrète ». Cette approche opère à une échelle plus systémique, intégrant les enjeux globaux dans les dynamiques locales, et s'inscrit dans une temporalité à long terme.

Notre proposition repose sur une forme plus située de la prospective, qui se déploie à travers le développement d'une ***attitude prospective*** **articulée à l'analyse du travail et de l'activité, à partir des situations existantes**. Elle accorde une importance centrale à l'analyse de l'activité comme base de réflexion prospective et à la créativité qui apparaît à travers l'expérience des personnes et l'analyse de l'activité. Cette approche s'inscrit dans une temporalité plurielle, qui

articule le temps présent au plus long terme des transitions. Elle a vocation à développer une approche tenant compte des différentes échelles, selon les cas, et prend naissance dans les préoccupations sociétales qui se sont formées autour de l'arrivée de l'IA – ici, dans le monde du travail plus spécifiquement. Les notions de marges de manœuvre, de régulations, de développement de l'activité et de situations futures souhaitables en constituent les bases sur lesquelles elle repose, articulées dans un objectif de *voir large, loin* et *prendre des risques.*

Tableau 23. Résumé des approches de la prospective en ergonomie incluant l'ergonomie prospective ancrée à l'activité[169]

	Ergonomie Prospective	**Prospective du Travail**	**Ergonomie prospective ancrée à l'activité**
Auteurs principaux	Brangier & Robert	Pueyo	Biencourt (Gaillard et Barthe)
Période de développement	2009 – aujourd'hui	HDR (2022)	Thèse (2025)
Finalité	Prospective des Transformations des situations de vie	Prospective des Transitions du Monde du Travail	Prospective des Transitions des Situations de Travail
Orientation principale	Conception de produit, service (toutes activités humaines)	Travail Société	Pistes d'orientations de transformations en lien avec l'IA dans une situation de travail
Champ d'application/ statut	Nouveau regard Ouverture de l'ergonomie créativité	Projet à long terme inscrit entre Travail et Société	Dimension prospective à développée dans un contexte de transitions
Objectif principal visé	Mise sur le marché d'un produit/service innovant intégrant les besoins d'utilisateurs futurs	Développer un « projet-chantier » qui serve d'orientation pour les transformations futures	Ouvrir le champ de possibles Porter des projets anthropocentrés, durables, et éthiques, à partir d'une approche par l'activité
Échelle	« Toutes les activités humaines »	Travail	Situation de travail Activité
Origine de la demande	1-Absente 2-Portant explicitement sur un projet prospectif pluridisciplinaire	Demande sociétale (?)	Demande sociétale
Temporalité	Moyen terme Futur lointain (20, 30, 50 ans)	Futur lointain	A l'échelle de situations de travail : Moyen terme Long terme (< 15 ans)
Concepts clés et notions développées	Defined future Indefined future	Projet-chantier Contrat de base Utopie concrète	STEP Esquisse de concept Piste d'orientation prospective
Éléments méthodologiques	Scénarios, simulations, personas, prototypage, test utilisateur, créativité, veille technologique	Fée clochette (Créativité)	« *Attitude prospective* » comme grille de lecture Analyse de l'activité (régulations, MMs et MMS) Analyses « croisées »

[169] Tableau en lien avec le tableau présenté en chapitre 4, auquel nous proposons d'ajouter les apports développés dans le cadre de ce travail de thèse

En conclusion

Construire une posture de recherche prospective en dehors d'une recherche-action : entre opportunités et limites

L'ergonomie étant une discipline d'action (Daniellou & Béguin, 2004), elle se déploie à travers des interventions réalisées par des ergonomes ou dans des recherches-actions. La recherche-action, qui vise à articuler la conduite d'un projet de transformation tout en produisant des connaissances à partir de cette transformation, s'est développée dans un contexte où le modèle positiviste dominait dans les sciences sociales. Le développement de la recherche-action a ainsi permis de répondre à la nécessité « pour les praticiens à modifier et améliorer leurs interventions pendant l'action » (Dolbec & Prud'Homme, 2003, p. 511) en produisant des connaissances scientifiques à partir de ces interventions. De ce fait, les recherches-actions permettent un ancrage fort au terrain et sont largement mobilisées en ergonomie. Notre recherche s'est inscrite en dehors de ce cadre, ce qui à notre connaissance, n'est pas toujours possible en raison des financements de la recherche qui reposent sur des projets de transformations. L'évolution du cadre de notre recherche nous a alors permis d'opérer un « pas de côté » prospectif. Nous souhaitons essayer de tirer des enseignements de cette configuration.

Pour Berger « *voir large* » implique une prise en compte de différents points de vue pour penser le futur. Cette dimension fait échos aux démarches participatives, dont l'application réelle se heurte parfois à des réalités ne permettant pas ou limitant leur mise en œuvre. Le cadre hors recherche-action, nous a conduit à intégrer une dimension prospective, mais nous a également conduit à faire face à certaines difficultés. Notamment, cette démarche ne nous a pas permis de de construire un lien au terrain qui s'inscrit sur le long terme, ni d'avoir des opportunités de restitution des analyses menées auprès des personnes concernées. Par ailleurs, un turn-over de notre contact d'entrée sur le terrain a rendu d'autant plus complexe la continuité et la possibilité d'intégrer d'autres acteurs à la démarche ni d'engager des discussions autour des esquisses de concept proposées.

Toutefois, il nous semble que ce type de recherche, dont la question de recherche se construit autour d'enjeux globaux d'un secteur plutôt qu'en réponse à une demande plus « locale » située, permettrait de développer davantage la dimension prospective que nous proposons. Cela nous semble d'autant plus nécessaire dans le contexte de transition dans lequel nous nous situons et qui conduit à une évolution de la demande et *in fine* de l'intervention. Ces transitions sont

complexes à appréhender et nécessiteraient aussi que des liens soient davantage construits dans des cadres interdisciplinaires pour renforcer encore l'analyse multiscalaire et porter une vision plus large sur les situations.

Perspectives et apports de la recherche

Cette recherche, inscrite en dehors d'une commande explicite de transformation ou d'un cadre de recherche-action, nous a permis d'ouvrir une réflexion sur les différents apports d'une dimension prospective en ergonomie. Elle s'appuie sur les situations de travail existantes en proposant une approche nous permettant de répondre aux enjeux spécifiques de notre recherche : une situation de travail dans un secteur où nous avons pu identifier des *situations de travail à enjeux prospectif*, en interrogeant les transformations sectorielles en cours à travers une entrée par l'activité. L'un des apports de ce travail réside dans une proposition d'**ergonomie prospective ancrée à l'activité**, qui tente de concilier une lecture systémique des transformations en cours et à venir, avec un lien constant aux dynamiques concrètes du travail.

Cette posture prospective, différente de l'intervention classique, ouvre également la voie à des recherches portant un regard plus distancié sur les dynamiques sectorielles, en mobilisant des données issues de plusieurs terrains, pour comprendre ce qui se joue également au-delà du seul niveau de l'entreprise. Ce déplacement permet d'interroger les conditions d'émergence des demandes en ergonomie, et de contribuer, de manière réflexive, à leur évolution.

Enfin, cette recherche appelle à renforcer les cadres pluridisciplinaires dans lesquels l'ergonomie pourrait s'inscrire pour développer des lectures plus globales des transformations du travail, intégrant différentes échelles d'analyse. Elle invite à poursuivre la réflexion sur les conditions, la nécessité et le développement de l'intégration d'une dimension prospective en ergonomie pour répondre aux enjeux de transitions actuels.

L'anthropologie prospective de Berger a constitué le cadre structurant de notre méthodologie et du traitement de nos données. Comme nous l'avons montré dans les discussions intermédiaires proposées à la fin des chapitres de présentation des résultats, ces piliers nous ont permis d'adopter une approche globale de la situation de travail et nous conduisant progressivement à enrichir nos analyses d'une *attitude prospective* centrée sur l'activité des travailleuses et travailleurs. Appliquée à l'innovation dans un contexte « situé », cette approche

repose à la fois sur l'organisation et les spécificités de chaque site, tout en s'intéressant aux enjeux propres du secteur du tri. Ce cadre nous a permis de nous tourner vers « d'autres possibles » avec le cadrage d'un « projet de référence » et surtout d'en questionner d'éventuels futurs « souhaitables » pour la santé – et *in fine* pour la performance – en lien avec l'innovation technologique. Les « esquisses de concept » proposées restent des pistes à explorer, éventuellement à écarter, retravailler, voire à utiliser comme support de réflexion dans d'éventuels projets de conception. Elles ne présentent pas des solutions en elles-mêmes et la dimension située de l'activité nécessiterait des discussions adaptées aux spécificités de chaque situation de travail. Au-delà de ces positions opérationnelles d'esquisses de concept, cette recherche tente de proposer des pistes de réflexions à poursuivre pour répondre aux enjeux d'innovations technologiques auxquels les entreprises sont amenées à répondre et qui soulèvent des questionnements pour la santé des personnes et le travail, pour qu'il reste soutenable et source de développement pour les individus.

Bibliographie

AFP. (2019, septembre 18). *Climat : Mieux anticiper le phénomène El Niño grâce à l'intelligence artificielle*. Geo.fr. https://www.geo.fr/environnement/climat-mieux-anticiper-le-phenomene-el-nino-grace-a-lintelligence-artificielle-197592

Aghion, P., Antonin, C., & Bunel, S. (2019). *Artificial Intelligence, Growth and Employment : The Role of Policy.* 149-164.

ANSES. (2019). *Risques sanitaires pour les professionnels de la gestion des déchets en France*.

Assurance Maladie. (2023). *Rapport annuel 2022 de l'Assurance Maladie—Risques professionnels Éléments statistiques et financiers*. https://www.santepubliquefrance.fr/les-actualites/2022/troubles-musculo-squelettiques-dans-le-secteur-de-la-sante-humaine-et-de-l-action-sociale-mieux-connaitre-les-facteurs-de-risque-pour-mieux-les-p

Aublet-Cuvelier, A., Coutarel, F., & Cuny-Guerrier, A. (2019). Prévention des TMS, des modèles explicatifs aux modèles d'intervention. In *Précis d'évaluation des interventions en santé au travail. Pour une approche interdisciplinaire appliquée aux RPS et TMS* (Octares Editions, p. pp.131-156). Octares Editions. https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-02302624

Bainbridge, L. (1983). Ironies of automation. *Automatica*, *19*(6), 775-779. https://doi.org/10.1016/0005-1098(83)90046-8

Barbier, R. (2002). La fabrique de l'usager. Le cas de la collecte sélective des déchets. *Flux*, *48-49*(2-3), 35-46. https://doi.org/10.3917/flux.048.0035

Barcellini, F. (2019). Industrie du futur : Quelle place pour le travail et ses transformations ? In E. Bourdu, M. Lallement, P. Veltz, & T. Weil (Éds.), *Le travail en mouvement* (p. 136-147). Presse des Mines. https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02433598

Barcellini, F. (2020). Quelles conceptions de la coopération humains-robots collaboratifs ?. Une expérience de participation au projet de conception d'un démonstrateur de robotique collaborative. *Activités*, *17-1*, Article 17-1. https://doi.org/10.4000/activites.5007

Barcellini, F., Buchmann, W., & Lafeuillade, A.-C. (2019, octobre). *Usine du futur et transformations du travail. L'apport d'une conduite de projet centrée activité* (Numéro 482). Union des ingénieurs et cadres CFDT. https://hal.science/hal-03180325

Barcellini, F., Gamkrelidze, T., Greenan, N., Jolivet, A., & Zouinar, M. (2024). *Le travail et l'emploi à l'épreuve de l'IA : Etat des lieux et analyse critique de la littérature*.

Barcellini, F., Van Belleghem, L., & Daniellou, F. (2013). Les projets de conception comme opportunité de développement des activités. In P. Falzon, *Ergonomie constructive* (p. 191). Presses Universitaires de France. https://doi.org/10.3917/puf.falzo.2013.01.0191

Barthe, B. (2016). *Temps de travail atypiques : Désaccords temporels, des accords par l'activité Perspectives individuelles, collectives et socio-familiales pour aménager les temps de travail*.

Barthe, B., Boccara, V., Delgoulet, C., Gaillard, I., Meylan, S., & Zara-Meylan, V. (2017). Outiller l'observation de l'activité de travail. Quels processus de conception d'un dispositif technique ? In SELF (Éd.), *52e Congrès de la SELF. Présent et futur de*

l'ergonomie – Répondre aux défis actuels et être acteur des évolutions de demain. RESACT (Catherine Brun – Béatrice Barthe et Olivier Gonon). https://hal.science/hal-02406026

Barthe, B., & Queinnec, Y. (1999). Terminologie et perspectives d'analyse du travail collectif en ergonomie. *L'Année psychologique*, *99*(4), 663-686. https://doi.org/10.3406/psy.1999.28501

Becker, M., Daube, K. H., & Reinking, E. (2023). Industrie 5.0. *ZBW - Leibniz Information Centre for Economics, Kiel, Hamburg*, *No. 4/2023*.

Béguin, P. (2004). L'ergonome acteur de la conception. In *Ergonomie* (p. 375-390). Presses Universitaires de France.

Béguin, P. (2007). Prendre en compte l'activité de travail pour concevoir. *Activités*, *04*(4-2), Article 2. https://doi.org/10.4000/activites.1719

Béguin, P., & Cerf, M. (2004). Formes et enjeux de l'analyse de l'activité pour la conception des systèmes de travail. *Activités*, *01*(1-1), Article 1. https://doi.org/10.4000/activites.1156

Béguin, P., Lima, F., & Pueyo, V. (2015, septembre). De l'appropriation des inventions à l'appropriation des processus d'innovation. Questions sur la place de l'expérience. *Articulation performance et santé dans l'évolution des systèmes de production, 50 ème congrès SELF*. https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01982054

Berger, G. (1959). L'attitude prospective. In P. Durance, *De la prospective : Textes fondamentaux de la prospective française; 1955-1966. Textes réunis par Philippe Durance. (2007)* (p. 81-86). L'Harmattan.

Berger, G. (1956a). L'avenir des sciences de l'homme, Gaston Berger (1956). In P. Durance, De la prospective : Textes fondamentaux de la prospective française; 1955-1966. Textes réunis par Philippe Durance. (2007) (p. 35-40). L'Harmattan.

Berger, G. (1956b). Le problème des choix : Facteurs politiques et facteurs techniques. In P. Durance, De la prospective : Textes fondamentaux de la prospective française; 1955-1966 (2007) (p. 35-40). L'Harmattan.

Berger, G. (1957a). L'accélération de l'histoire et ses conséquences. In P. Durance, De la prospective : Textes fondamentaux de la prospective française; 1955-1966. Textes réunis par Philippe Durance. (2007) (p. 63-72). L'Harmattan.

Berger, G. (1957b). Sciences humaines et prévisions. In P. Durance, De la prospective : Textes fondamentaux de la prospective française; 1955-1966 (2007) (p. 53-62). L'Harmattan.

Berger, G. (1958). L'attitude prospective. In P. Durance, De la prospective : Textes fondamentaux de la prospective française; 1955-1966. Textes réunis par Philippe Durance. (2007) (p. 73-80). L'Harmattan.

Berger, G. (1959a). L'attitude prospective. In P. Durance, De la prospective : Textes fondamentaux de la prospective française; 1955-1966. Textes réunis par Philippe Durance. (2007) (p. 81-86). L'Harmattan.

Berger, G. (1959b). Le temps. In P. Durance, De la prospective : Textes fondamentaux de la prospective française; 1955-1966. Textes réunis par Philippe Durance. (2007) (p. 123-140). L'Harmattan.

Berger, G. (1960). Méthode et résultats. In P. Durance, De la prospective : Textes fondamentaux de la prospective française; 1955-1966. Textes réunis par Philippe Durance. (2007) (p. 153-164). L'Harmattan.

Berger, G., Bourbon Busset, J. de, & Massé, P. (2007). *De la prospective : Textes fondamentaux de la prospective française; 1955-1966* (P. Durance, Éd.). L'Harmattan.

Bernard, B. P., Putz-Anderson, V., Burt, S., Cole, L. L., Fairfield-Estill, C., Fine, L. J., Grant, K. A., Gjessing, C., Jenkins, L., Hurrell, J. J., Nelson, N., Pfirman, D., Roberts, R., Stetson, D., Haring-Sweeney, M., & Tanaka, S. (1997). *Musculoskeletal disorders and workplace factors : A critical review of epidemiologic evidence for work-related musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity, and low back*. National Institute for Occupational Safety and Health. https://stacks.cdc.gov/view/cdc/21745

Bertail, P., Bounie, D., Clémençon, S., & Waelbroeck, P. (2019). *Algorithmes : Biais, Discrimination et Équité*. 24.

Biencourt, M., & Grimbuhler, S. (2019, mai). *Comprendre les freins et leviers à la réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires chez les viticulteurs du Cœur d'Hérault : Intervention ergonomique.* [Poster]. 49ème Congrès du Groupe Français de Recherche sur les Pesticides, INRA, Montpellier. https://hal.science/hal-04471835

Blanc-Beyne, T. (2020). *Estimation de postures 3D à partir de données imprécises et incomplètes : E de l'acrivité d'opérateurs humains dans un centre de tri de déchets*.

Bobillier-Chaumon, M.-É., Cuvillier, B., Durif-Bruckert, C., Cros, F., Vanhille, M., & Bekkadja, S. (2014). Concevoir une technologie ambiante pour le maintien à domicile : Une démarche prospective par la prise en compte des systèmes d'activité. *Le travail humain*, *77*(1), 39-62. https://doi.org/10.3917/th.771.0039

Bornet, C., & Brangier, É. (2013). La méthode des personas : Principes, intérêts et limites. *Bulletin de psychologie*, *524*(2), 115-134. https://doi.org/10.3917/bupsy.524.0115

Bornet, C., Brangier, E., Deck, P., Barcenilla, J., & Bastien, J. (2013, septembre 11). *Enrichir la créativité des ingénieurs avec l'analyse de l'activité et les personas : Le cas d'un projet d'ergonomie prospective // Increase the creativity of engineers with activity analysis and personas: a case study of prospective ergonomics.*

Boudra, L. (2019). *Activité humaine, espace et territoire. Éléments de réflexion à partir d'une analyse systémique et multiscalaire*.-

Boudra, L., Bail, C. L., Prost, M., Chizallet, M., Masson, A., Bourmaud, G., & Guibourdenche, J. (2021). *Construire des approches multi-scalaires du temps, de l'espace et de l'organisation pour aborder les transitions vers un développement durable*. 15. https://hal.science/hal-03249517

Bouisset, S. (2013). L'émergence de l'ergonomie francophone et fondation de la SELF : 1945-1963. In A. Drouin, *Ergonomie Travail, Conception, Santé. Cinquantenaire de la Société d'Ergonomie de Langue Française 1963-2013.* Octarès Editions.

Bouquin, S. (2020). "Il n'y a pas d'automatisation sans micro-travail humain". *Les Mondes du travail*, *24-25*, 3-21.

Brangier, É., & Robert, J.-M. (2014). L'ergonomie prospective : Fondements et enjeux. *Le travail humain*, *Vol. 77*(1), 1-20.

Brangier, E., Vivian, R., & Bornet, C. (2019a). Méthodes d'ergonomie prospective appliquées à l'identification de besoins pour des systèmes d'énergie à base d'hydrogène : Étude

exploratoire. *Psychologie Française*, *64*(2), 197-222. https://doi.org/10.1016/j.psfr.2019.02.002

Brangier, E., Vivian, R., & Bornet, C. (2019b). Prospective ergonomic methods applied to the identification of requirements for hydrogen-based energy systems : Exploratory research. *Psychologie Française*, *64*, 197-222. https://doi.org/10.1016/j.psfr.2019.02.002

Brière, J., Fouquet, N., Ha, C., Imbernon, E., Plaine, J., Rivière, S., Roquelaure, Y., & Valenty, M. (2015). *Des indicateurs en santé travail : Les troubles musculo-squelettiques du membre supérieur en France* (p. 51) [Report]. Institut de veille sanitaire. https://doi.org/10/document

Brundtland, G. (1987). *Notre avenir à tous : Rapport de la Commission mondiale sur l'environnement et le développement.* Document des Nations Unies A/42/427.

Buchmann, W., & Landry, A. (2010). Intervenir sur les TMS. *Activités*, *07*(2), Article 2. https://doi.org/10.4000/activites.2418

Buchmann, W., Volkoff, S., & Archambault, C. (2011, septembre). L'approche diachronique des TMS, une paire de lunettes pour l'ergonomie myope ? *46e Congrès de la SELF. L'ergonomie à la croisée des risques*. https://hal.science/hal-03180314

Caroly, S. (2010). *Activité collective et réélaboration des règles : Des enjeux pour la santé au travail—TEL - Thèses en ligne*. https://theses.hal.science/tel-00464801v2

Caroly, S., & Barcellini, F. (2013). Le développement de l'activité collective. In *L'ergonomie constructive*.

Caroly, S., Simonet, P., & Vézina, N. (2015). Marge de manœuvre et pouvoir d'agir dans la prévention des TMS et des RPS. *Le travail humain*, *78*(1), 1-8. https://doi.org/10.3917/th.781.0001

Casilli, A. (2019). *En attendant les robots—Enquête sur le travail du clic* (Editions du seuil).

Casilli, A., Tubaro, P., Le Ludec, C., Coville, M., Besenval, M., Mouhtare, T., & Wahal, E. (2019). *Le Micro-Travail en France. Derrière l'automatisation, de nouvelles précarités au travail ?* [Research Report]. Projet de recherche DiPLab. https://hal.science/hal-02139528

Célérier, S., & Monchatre, S. (2020). Fragmentations du travail, continuité productive et épreuves du temps. *Temporalités. Revue de sciences sociales et humaines*, *31-32*, Article 31-32. https://doi.org/10.4000/temporalites.7495

Charlon, Y., Bourennane, W., & Campo, E. (2014). *Mise en œuvre d'une plateforme de suivi de l'actimétrie associée à un système d'identification*. 13.

Chartered Institute of Ergonomics & Human Factors. (s. d.). A brief history. *Chartered Institute of Ergonomics & Human Factors*. Consulté 3 septembre 2024, à l'adresse https://archived.ciehf.org/about-us/history/

Chassaing, K. (2004). Vers une compréhension de la construction des gestuelles avec l'expérience : Le cas des « tôliers » d'une entreprise automobile. *Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé*, *6-1*, Article 6-1. https://doi.org/10.4000/pistes.3280

Chizallet, M. (2019). *Comprendre le processus de conception d'un système de travail dans l'indivisibilité du temps : Le cas d'agriculteurs en transition agroécologique* [Phdthesis, Conservatoire national des arts et metiers - CNAM]. https://doi.org/10/document

CHU de Toulouse. (2023). *Qu'est-ce que l'actimétrie ?* https://www.chu-toulouse.fr/qu-est-ce-que-l-actimetrie

Citéo, & Adelphe. (2024). *Écocoception, réemploi et recyclage des emballages ménagers et des papiers graphiques. Chiffres clés 2022.*

Clot, Y. (1999). *La fonction psychologique du travail.* Presses Universitaires de France.

Clot, Y. (2013). L'aspiration au travail bien fait. *Le journal de l'école de Paris du management*, *99*(1), 23-28. https://doi.org/10.3917/jepam.099.0023

CNIL. (2024, janvier 24). *Surveillance des salariés : La CNIL sanctionne amazon france logistique d'une amende de 32 millions d'euros*. https://www.cnil.fr/fr/surveillance-des-salaries-la-cnil-sanctionne-amazon-france-logistique-dune-amende-de-32-millions

Commission de l'Intelligence Artificielle. (2024). *IA : notre ambition pour la France*.

Conseil National de l'Industrie. (2023). *Solutions Industrie du futur | Conseil national de l'industrie*. https://www.conseil-national-industrie.gouv.fr/comites-strategiques-de-filiere/solutions-industrie-du-futur

Conseil national d'orientation des conditions de travail. (2024). *Les conditions de travail en 2022*.`

Cordeschi, R. (2007). Ai Turns Fifty : Revisiting Its Origins. *Applied Artificial Intelligence*, *21*(4-5), 259-279. https://doi.org/10.1080/08839510701252304

Coutarel, F. (2004). *La prévention des troubles musculo-squelettiques en conception : Quelles marges de manœuvre pour le déploiement de l'activité ?* [Phdthesis, Université Victor Segalen - Bordeaux II]. https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00821248

Coutarel, F. (2011). Des "TMS" aux "RPS", quand tout nous invite à parler "Travail". In F. Hubault (Éd.), *Risques PsychoSociaux : Quelle réalité, quels enjeux pour le travail?* (p. 99-119). Octarès Editions. https://hal.science/hal-00831150

Coutarel, F., Aublet-Cuvelier, A., Caroly, S., Garrigou, A., Roquelaure, Y., Vézina, N., & Zare, M. (2024). Interpellations et perspectives autour de la marge de manoeuvre situationnelle et des marges de manoeuvre. In *Marge·s de manoeuvre : Des concepts à la transformation du travail*. Octarès Editions.

Coutarel, F., Caroly, S., Vézina, N., & Daniellou, F. (2015). Marge de manœuvre situationnelle et pouvoir d'agir : Des concepts à l'intervention ergonomique. *Le travail humain*, *78*(1), 9-29. https://doi.org/10.3917/th.781.0009

Coutarel, F., & Daniellou, F. (2011). L'intervention ergonomique pour la prévention des troubles musculosquelettiques : Quels statuts pour l'expérience et la subjectivité des travailleurs ? *Travail et Apprentissages*, *7*(1), 62-80. https://doi.org/10.3917/ta.007.0062

Coutarel, F., Daniellou, F., & Dugué, B. (2003). *Interroger l'organisation du travail au regard des marges de manœuvre en conception et en fonctionnement. La rotation est-elle une solution aux TMS? Conception et organisation du travail dans les abattoirs en France*. *5-2*. https://doi.org/10.4000/pistes.3328

Coutarel, F., Daniellou, F., & Dugué, B. (2005). La prévention des troubles musculo-squelettiques : Quelques enjeux épistémologiques. *Activités*, *02*(2-1), Article 1. https://doi.org/10.4000/activites.1550

Coutarel, F., Zare, M., Caroly, S., Aublet-Cuvelier, A., Vézina, N., Garrigou, A., & Roquelaure, Y. (2024). *Marge·s de manoeuvre : Des concepts à la transformation du travail*. Octarès Editions.

Couturier, P. (2005). Place de l'actimétrie dans la gestion médicale du sujet âgé fragile. *Gerontologie et societe*, *28 / n° 113*(2), 13-23.

Cuny-Guerrier, A., Caroly, S., Coutarel, F., & Aublet-Cuvelier, A. (2018). Les composantes de la marge de manœuvre situationnelle d'encadrants de proximité en situation de sous-traitance : Un enjeu pour la prévention des troubles musculo-squelettiques (TMS). *Le travail humain*, *81*(2), 85-114. https://doi.org/10.3917/th.812.0085

Damon, J. (2005). La pensée de... - Gaston Berger (1896-1960). *Informations sociales*, *128*(8), 95-95. https://doi.org/10.3917/inso.128.0095

Daniellou, F. (1988). Ergonomie Et Démarche De Conception Dans Les Industries De Processus Continus Quelques Étapes Clés. *Le Travail Humain*, *51*(2), 185-194.

Daniellou, F. (2004). L'ergonomie dans la conduite de projets de conception de systèmes de travail. In *Ergonomie*. Presses Universitaires de France.

Daniellou, F. (2007). Des fonctions de la simulation des situations de travail en ergonomie. *Activités*, *04*(2), Article 2. https://doi.org/10.4000/activites.1696

Daniellou, F. (2008). *Développement des TMS: désordre dans les organisations et fictions managériales.* 2ème congrès francophone sur les troubles musculo-squelettiques: de la recherche à l'action.

Daniellou, F., & Béguin, P. (2004). Méthodologie de l'action ergonomique : Approches du travail réel. In *Ergonomie*. Presses Universitaires de France.

Darses, F., & Reuzeau, F. (2004). Participation des utilisateurs à la conception des systèmes et dispositifs de travail. In P. Falzon, *Ergonomie* (PUF, p. 680). Presses Universitaires de France.

De Brabandère, L., & Mikolajczak, A. (2008). Il sera une fois... La prospective stratégique. *L'Expansion Management Review*, *128*(1), 32-43. https://doi.org/10.3917/emr.128.0032

Decker, D., & Woods, D. (2002). *MABA-MABA or Abracadabra ? Progress on Human–Automation*. 240-244.

Dejean, P.-H., & Naël, M. (2004). Ergonomie du produit. In *Ergonomie* (p. 463-478). Presses Universitaires de France.

Delgoulet, C., Kerguelen, A., & Barthe, B. (2000). *Vers une analyse intégrée des communications et des actions au travail : Quelles modalités de leur mise en relation ?*

Detchessahar, M. (2013). Faire face aux risques psycho-sociaux : Quelques éléments d'un management par la discussion. *Négociations*, *19*(1), 57-80. https://doi.org/10.3917/neg.019.0057

De Terssac, G. (2003). 1. La théorie de la régulation sociale : Repères pour un débat. In *La théorie de la régulation sociale de Jean-Daniel Reynaud* (p. 11-33). La Découverte. https://doi.org/10.3917/dec.terss.2003.01.0011

De Terssac, G. (2012). La théorie de la régulation sociale : Repères introductifs. *Revue Interventions économiques. Papers in Political Economy*, *45*, Article 45. https://doi.org/10.4000/interventionseconomiques.1476

De Terssac, G., & Lompré, N. (1994). Coordination et coopération dans les organisations. In *Systèmes coopératifs : De la modélisation à la conception* (p. 175-201). Octarès Editions.

Devereux, J., & Buckle, P. (1998). *The impact of Work Organisation Design and Management Pratices upon Work Related Musculoskeletal Disorder Symptomology*. 275-279.

Dieu, O. (2012). Expérience corporelle et sens du mouvement : Matérialisation via l'actimétrie du « contexte altéré par l'action » dans l'évolution du joueur de badminton. *Staps*, *n°98*(4), 49-65.

Dolbec, A., & Prud'Homme, L. (2003). La recherche-action. In *In B. Gauthier, Recherche sociale. De la problématique à la collecte des données.* (pp. 505-547). Presses de l'Université du Québec

Drath, R., & Horch, A. (2014). Industrie 4.0 : Hit or Hype? [Industry Forum]. *Industrial Electronics Magazine, IEEE*, *8*, 56-58. https://doi.org/10.1109/MIE.2014.2312079

Durance, P., & Berger, G. (Éds.). (2008). Humanisme et technique, Gaston Berger (1958). In *De la prospective, textes fondamentaux de la prospective française 1955-1966. Textes réunis et présentés par Philippe Durance. 2ème édition.* (p. 191-198). L'Harmattan.

Dutrieux, A., Gaillard, I., Mollo, V., Blanc-Beyne, T., Carlier, A., & Charvillat, V. (2018). De l'actimétrie à l'activité, quels sont les apports de l'ergonome à la conception d'un outil numérique de mesure sur le travail? In SELF (Éd.), *L'ergonomie à quelles échelles?* (p. 322-327). https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01901292

Eco emballage. (2005). *Concevoir, construire et exploter un centre de tri*.

Engeström, Y. (1987). *Learning by expanding : An activity-theoretical approach to developmental research*.

Falzon, P. (2004). *Ergonomie* (P. Falzon). Presses Universitaires de France.

Falzon, P. (2013). *Ergonomie constructive*. Presses Universitaires de France - PUF.

Ferguson, Y. (2019). Ce que l'intelligence artificielle fait de l'homme au travail. Visite sociologique d'une entreprise. In *Les mutations du travail* (p. 23-42). La Découverte. https://doi.org/10.3917/dec.dubet.2019.01.0023

Ferguson, Y., Pecoste, C., Leblanc, A., & Crespin, P. (2022). *L'IA au travail : Propositions pour outiller la confiance*.

France Num. (2023, avril). *Appel à Manifestation d'Intérêt (AMI) « Industrie du Futur »*. francenum.gouv.fr; Direction générale des entreprises. https://www.francenum.gouv.fr/aides-financieres/appel-manifestation-dinteret-ami-industrie-du-futur

Franco, G. C. (2010). *Actimétrie de l'environnement. Un nouveau concept pour l' évaluation et le suivi des personnes âgées fragiles ou démentes* [Phdthesis, Université Joseph-Fourier - Grenoble I]. https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00538556

Freyssenet, M. (1992). *Sytèmes experts et division du travail*.

Gaillard, I., & Mollo, V. (2021). Organisation du travail. In *Ergonomie : 150 notions clés* (Dunod).

Gaillard, I., Mollo, V., & Dutrieux, A. (2019a, juillet). Analysis of the activity to design actimetric tools allowing a work and reasoned uses. *9ème conférence de psychologie ergonomique*. https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02149674

Gaillard, I., Mollo, V., & Dutrieux, A. (2019b, juillet). L'analyse de l'activité pour concevoir des outils d'actimétrie permettant un travail et des usages raisonnés. *10ème Conférence de psychologie ergonomique*. https://hal.science/hal-02149674

Gamkrelidze, T. (2022). *Des discours aux réalités de la conception, du déploiement et des usages des systèmes d'Intelligence Artificielle dans les situations de travail* [HESAM Université]. https://theses.hal.science/tel-03959193

Gonzalez-Laporte, C. (2014). *Recherche-action participative, collaborative, intervention... Quelles explicitations?*

Gotteland Agostini, C., Zara-Meylan, V., & Pueyo, V. (2016). Le travail d'articulation des encadrants de proximité : Quels enjeux de production et de santé en horticulture ? *Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé*, *18-1*, Article 18-1. https://doi.org/10.4000/pistes.4641

Gotteland, C., Zara-Meylan, V., Gaudart, C., Wolff, L., Serverin, E., Chassaing, K., Gillet, A., Dujarier, M.-A., Abord de Chatillon, E., Desmarais, C., Piney, C., Alber, A., & Volkoff, S. (2015). *Le travail d'encadrement. Quelles évolutions ? Quels parcours ? Actes du séminaire " Âges et Travail ", mai 2015* (University works No. n° 103; p. 185 p.). Conservatoire national des arts et métiers - CNAM ; Centre d'études de l'emploi et du travail - CEET ; CREAPT. https://hal-cnam.archives-ouvertes.fr/hal-02306045

Gotteland, C., Zara-Meylan, V., Gaudart, C., Wolff, L., Serverin, E., Chassaing, K., Gillet, A., Dujarier, M.-A., Abord de Chatillon, Emmanuel, E., & Desmarais, C. (2015). *Quelles évolutions ? Quels parcours ? Actes du séminaire " Âges et Travail "*.

Gouët, P. (2019). Lire Gaston Berger aujourd'hui. In *L'aventure humaine* (p. 25-91). Éditions Présence Africaine. https://www.cairn.info/l-aventure-humaine--9782708709270-p-25.htm

Gouvernement. (2016). *NOUVELLE FRANCE INDUSTRIELLE Construire l'industrie française du futur*.

Gouvernement. (2022, février 23). *France relance soutient l'industrie du futur*. info.gouv. https://www.economie.gouv.fr/plan-de-relance/mesures/aide-investissement-transformation-industrie-futur

Guérin, F., Laville, A., Daniellou, F., Durrafourg, J., & Kerguelen, A. (2006). *Comprendre le travail pour le transformer*. ARACT.

Guérin, F., Maline, J., & La porte, G. (2017). *L'ergonomie, une technologie au service de l'action* (Octarès). Octares Editions.

Guérin, F., Pueyo, V., Béguin, P., Garrigou, A., Hubault, F., Maline, J., & Morlet, T. (2021). Une discipline carrefour. In V. Mollo & M.-A. Dujarier (Eds.), *Concevoir le travail, le défi de l'ergonomie* (octares, p. 410).

Hancke, T. (2020). Ironies of Automation 4.0. *IFAC-PapersOnLine*, *53*(2), 17463-17468. https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2020.12.2122

Hélardot, V., Gaudart, C., & Volkoff, S. (2019). La prise en compte des dimensions temporelles pour l'analyse des liens santé-travail : Voyages en diachronie. *Sciences sociales et santé*, *37*(4), 73-97. https://doi.org/10.1684/sss.2019.0157

Hermann, M., Otto, B., & Pentek, T. (2015). *Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios : A Literature Review*.

Heurgon, É. (2005, août 31). *La prospective du présent pour comprendre le mouvement de la société*. 11ème édition de l'Université d'Eté de Marciac, organisée par la Mission Agrobiosciences et la Communauté de communes Bastides et Vallons du Gers. Les agriculteurs dans la société. Traditions, urgences et perspectives : comment accorder les temps ? https://www.agrobiosciences.org/archives-114/agriculture-monde-rural-et-societe/nos-publications/actes-des-controverses-de-marciac/article/edith-heurgon-la-prospective-du-present-pour-comprendre-le-mouvement-de-la-societe

Heurgon, É. (2013). IV. Réversibilité et prospective du présent : Penser le futur au présent en lien avec le passé. In *Villes, Territoires, Réversibilités* (p. 165-184). Hermann. https://doi.org/10.3917/herm.scher.2013.01.0165

Janneteau, B. (2024). L'industrie du futur : 10 ans de plans français et comparaisons internationales. *Annales des Mines - Enjeux numériques*, *28*(4), 88-93. https://doi.org/10.3917/ennu.028.0088

Jansou, P., Marquié, J.-C., Richard, P., & Chabaud, C. (2024). *Petite histoire du RESACT-MP : un acteur incontournable de l'ergonomie toulousaine*. Octares Editions.

Jean, A. (2019). *De l'autre côté de la machine : Voyage d'une scientifique au pays des algorithmes* (Editions de L'observatoire).

Karsenty, L. (2024). *Le télétravail a-t-il transformé le rapport contrôle-confiance ? Une étude de cas dans le secteur de la protection sociale.* Ergomanagement. https://hal.science/hal-04688040v1

Kerguelen, A., & Pigem, N. (2008). « Actogram Kronos » : Un outil d'aide à l'analyse de l'activité. In *Les techniques d'observation en sciences humaines* (p. 142-158). Armand Colin. https://doi.org/10.3917/arco.norim.2008.01.0142

Khoulqi, I. (2022). *Détection des Cancers Gynéco-mammaire par approches de l'Intelligence Artificielle*. Faculté des Sciences et Techniques de Béni Mellal.

Kulin, M., Kazaz, T., Moerman, I., & De Poorter, E. (2020). *A survey on Machine Learning-based Performance Improvement of Wireless Networks : PHY, MAC and network layer*.

Lang, J., Ochsmann, E., Kraus, T., & Lang, J. W. B. (2012). Psychosocial work stressors as antecedents of musculoskeletal problems : A systematic review and meta-analysis of stability-adjusted longitudinal studies. *Social Science & Medicine*, *75*(7), 1163-1174. https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2012.04.015

Laville, A. (2004). Repères pour une histoire de l'ergonomie francophone. In *Ergonomie* (p. 37-50). Presses Universitaires de France. https://doi.org/10.3917/puf.falzo.2004.01.0037

Laville, A., & Volkoff, S. (2004). Vieillissement et travail. In *Ergonomie* (p. 145-158). Presses Universitaires de France. https://doi.org/10.3917/puf.falzo.2004.01.0037

Le Bail, C., Chizallet, M., Prost, M., & Boudra, L. (2023). L'ergonomie au prisme du développement durable : Accompagner les transitions des organisations et les transformations de l'activité. *Activités*, *20-2*, Article 20-2. https://doi.org/10.4000/activites.8789

Le Bris, V., & Barthe, B. (2013). Écrits de relève de poste : Une activité continue. *Activités*, *10*(1), Article 1. https://doi.org/10.4000/activites.532

Le Monde. (2017). *L'intelligence artificielle reproduit aussi le sexisme et le racisme des humains*. https://www.lemonde.fr/pixels/article/2017/04/15/quand-l-intelligence-artificielle-reproduit-le-sexisme-et-le-racisme-des-humains_5111646_4408996.html

Le Monde. (2019, mai 24). Ils font des tâches en quelques clics et pour quelques euros... Qui sont ces microtravailleurs « invisibles » ? *Le Monde.fr*. https://www.lemonde.fr/pixels/article/2019/05/24/jobs-du-clic-qui-sont-ces-micro-travailleurs-invisibles_5466803_4408996.html

Légifrance. (1992). *Loi n° 92-646 du 13 juillet 1992 relative à l'élimination des déchets ainsi qu'aux installations classées pour la protection de l'environnement.* Journal officiel de la République française. https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/jorftext000000345400/

LeMonde. (2024). *Amazon France Logistique condamné à 32 millions d'euros d'amende par la CNIL pour « surveillance des salariés »*. https://www.lemonde.fr/pixels/article/2024/01/23/amazon-france-logistique-condamne-a-32-millions-d-euros-d-amende-par-la-cnil-pour-surveillance-des-salaries_6212447_4408996.html

Lémonie, Y., & Chassaing, K. (2013). De l'adaptation du mouvement au développement du geste. In F. Pierre (dir.) (Éd.), *Ergonomie constructive* (p. 61-74). Presses universitaires de Francz. https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00931755

Leplat, J., & Cuny, X. (1977). *Introduction à la psychologie du travail*. Presses Universitaires de France.

Leplat, J., & Montmollin (de), M. (2004). Les voisinages disciplinaires de l'ergonomie. In P. Falzon (Ed.), *Ergonomie* (p. 51-65). Presses Universitaires de France.

Levratto, N. (2020). Le plan de relance pourra-t-il sauver l'industrie française ? *Revue d'économie industrielle*, *171*, Article 171. https://doi.org/10.4000/rei.9351

Marsot, J., & Atain-Kouadio, J.-J. (2017). Conception des équipements de travail et prévention des TMS Complémentarités et points d'ancrage des démarches. *Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé*, *19-2*, Article 19-2. https://doi.org/10.4000/pistes.4993

Martin, A. (2021). *Méthodes d'ergonomie prospective pour l'exploration des besoins futurs : Applications à l'hydrogène énergie pour l'habitat* [Phdthesis, Université de Lorraine]. https://hal.univ-lorraine.fr/tel-03268330

Martin, A., Agnoletti, M.-F., & Brangier, E. (2021). *Améliorer la créativité en conception orientée-futur : La méthode du persona prospectif*. pp.56-60.

Mascia, F. (2001). *Gérer dans et avec l'atelier : Une approche ergonomique du travail de la maîtrise dans le secteur industriel de production à grande échelle.* [Thèse de doctorat]. EPHE.

Mercier-Laurent, E. (2020). Intelligence articielle 4.0 pour l'Industrie 4.0. *1024 : Bulletin de la Société Informatique de France*, *15*, 127-137. https://doi.org/10.48556/SIF.1024.15.127

Midler, C. (1996). Modèles gestionnaires et régulation économique de la conception. In G. De Terssac & Friedberg, *Coopération et conception*. Octarès Editions.

Ministère de l'Économie, des Finances et de la Souveraineté industrielle et numérique. (2023, septembre 7). *Aide à l'investissement de transformation vers l'industrie du futur*. economie.gouv. https://www.economie.gouv.fr/plan-de-relance/mesures/aide-investissement-transformation-industrie-futur

Moget, C., Bonnardel, N., & Galy, É. (2014). Ergonomie prospective et âge : Proposition de méthodes nouvelles pour la conception d'un système de maintien à domicile. *Le travail humain*, *77*(3), 231-255. https://doi.org/10.3917/th.773.0231

Muller, M. J. (2009). Participatory design : The third space in HCI. In *Human-Computer Interaction Handbook : Development Process* (p. 165-185). J.A. Jacko, & A. Sears.

Nahon, S., Queriaud, C., Mege Piney, C., & Thibault, I. (2018). Effets premiers de l'intervention. Le cas de problèmes complexes (TMS – RPS) en santé au travail. *Activités*, *15-2*, Article 15-2. https://doi.org/10.4000/activites.3582

Nelson, J. (2011). *Contribution à l'analyse prospective des usages dans les projets d'innovation* [Phdthesis, Arts et Métiers ParisTech]. https://pastel.archives-ouvertes.fr/pastel-00620406

Nguyen, C., & Cahour, B. (2014). Véhicule électrique et gestion de son autonomie : Une approche prospective ancrée dans l'expérience vécue. *Le travail humain*, *77*(1), 63-89. https://doi.org/10.3917/th.771.0063

Norman, D. A. (2005). Human-centered design considered harmful. *interactions*, *12*(4), 14-19. https://doi.org/10.1145/1070960.1070976

Norval, M., Zare, M., Brunet, R., Coutarel, F., & Roquelaure, Y. (2019). Intérêt de la Marge de Manœuvre Situationnelle pour le ciblage des situations à risque de Troubles Musculo-Squelettiques. *Activités*, *16-2*, Article 16-2. https://doi.org/10.4000/activites.4588

OCDE. (2019). *Recommendation of the Council on Artificial Intelligence*.

Ombredane, A., & Faverge, J.-M. (1955). *L'analyse du travail, facteur d'économie humaine et de productivité.* PUF.

Organisation Internationale du Travail. (2016). *Stress au travail : Un défi collectif*.

Petit, J., & Dugué, B. (2013). Structurer l'organisation pour développer le pouvoir d'agir : Le rôle possible de l'intervention en ergonomie. *Activités*, *10*(2), Article 2. https://doi.org/10.4000/activites.816

Petit, J., & Max Guénette, A. (2016). *Recontre avec Johan Petit. Ergonomie et Human Factors : Des différences d'enjeux, de concepts et de méthodes*. *2*. https://www.e-periodica.ch/digbib/view?pid=res-001%3A2016%3A74%3A%3A224#225

Piccarozzi, M., Aquilani, B., & Gatti, C. (2018). Industry 4.0 in Management Studies : A Systematic Literature Review. *Sustainability*, *10*(10), Article 10. https://doi.org/10.3390/su10103821

Pinsky, L., & Theureau, J. (1992). *paradoxe de l'ergonomie de conception et logiciel informatique*. 15.

Prévost, M.-C., & Spooner, D. (2014). Concevoir rapidement des produits et services innovateurs en utilisant une approche ergonomique proactive : Le cas d'une entreprise d'aide posturale. *Le travail humain*, *77*(3), 207-230. https://doi.org/10.3917/th.773.0207

Prévot-Carpentier, M., & Toupin, C. (2024). Le modèle de double régulation de l'activité : Un modèle-guide pour la formation en ergonomie à l'Université. *Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé*, *26-3*, Article 26-3. https://doi.org/10.4000/130lc

Pueyo, V. (2020). *Pour une Prospective du Travail. Les mutations et transitions du travail à hauteur d'Hommes* [Habilitation à diriger des recherches, Université Lumière Lyon 2]. https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-02480599

Pueyo, V. (2021). "Pour une Prospective du Travail. Les mutations et transitions du Travail à hauteur d'Hommes" [Résumé]. *Activités*, *18-1*, Article 18-1. http://journals.openedition.org/activites/6349

Pueyo, V. (2022). Contribuer à des futurs souhaitables pour répondre aux défis de l'Anthropocène : Les apports d'une Prospective du travail. *Activités*, *19-2*, Article 19-2. https://doi.org/10.4000/activites.7540

Reboul, L. (2021). "La construction des parcours de travail en santé et en compétences. Le rôle des régulateurs dans la médiation des parcours des personnels au sol d'une compagnie aérienne" [Résumé]. *Activités*, *18-1*, Article 18-1. https://journals.openedition.org/activites/6371

Reboul, L., Delgoulet, C., Gaudart, C., & Volkoff, S. (2023). L'activité de médiation des encadrants de proximité d'une compagnie aérienne, dans leur tâche de planification de la production : La santé au cœur des enjeux d'encadrement. *Activités*, *20-1*, Article 20-1. https://doi.org/10.4000/activites.8096

Rivière, S., Alvès, J., Smaili, S., Roquelaure, Y., & Chatelot, J. (2021). *Estimation de la sous-déclaration des TMS en France : Évolution entre 2009 et 2015*. https://www.santepubliquefrance.fr/import/estimation-de-la-sous-declaration-des-tms-en-france-evolution-entre-2009-et-2015

Robert, J.-M., & Brangier, E. (2009). What Is Prospective Ergonomics? A Reflection and a Position on the Future of Ergonomics. In B.-T. Karsh (Éd.), *Ergonomics and Health Aspects of Work with Computers* (p. 162-169). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-02731-4_19

Robert, J.-M., & Brangier, É. (2012). Prospective ergonomics : Origin, goal, and prospects. *Work*, *41*(Supplement 1), 5235-5242. https://doi.org/10.3233/WOR-2012-0012-5235

Robert, J.-M., & Brangier, É. (2014). L'ergonomie prospective : Quelques leçons pour son développement. *Le travail humain*, *77*(3), 205-206. https://doi.org/10.3917/th.773.0205

Rocha, R., Daniellou, F., & Nascimento, A. (2012). La rotation et les stratégies collectives de préservation de la santé développées par des opérateurs d'une usine de boissons. *Activités*, *09*(2), Article 2. https://doi.org/10.4000/activites.304

Rodriguez, D. (2023, octobre). Mobilisations institutionnelles pour une IA "centrée sur l'humain". *Colloque International "Intelligence Artificielle et institutions publiques : enjeux, controverses et Perspectives"*. https://hal.science/hal-04233075

Roquelaure, Y. (2018). *Troubles musculo-squelettiques et facteurs psychosociaux au travail—*.

Rose, D. C., Wheeler, R., Winter, M., Lobley, M., & Chivers, C.-A. (2021). Agriculture 4.0 : Making it work for people, production, and the planet. *Land Use Policy*, *100*, 104933. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104933

Saleh, I. (2017). Les enjeux et les défis de l'Internet des Objets (IdO). *Internet des objets*, *17*(1). https://doi.org/10.21494/ISTE.OP.2017.0133

Scribe, C. (2019). *Bilan 2016 de la production de déchets en France*. 4.

Scribe, C. (2021). *Bilan 2018 de la production de déchets en France—Juin 2021*.

Scribe, C. (2022). *Bilan 2020 de la production de déchets en France*.

Simonin, J.-F. (2015). *Généalogie de la prospective : L'anthropologie prospective de Gaston Berger : Une philosophie pour le XXIe siècle?*

Société Française de Prospective [SfdP]. (2023). La prospective des organisations revisitée. *Société Française de Prospective*. https://www.societefrancaisedeprospective.fr/la-prospective-de-organisations-revisitee/

Stock, S., Nicolakakis, N., Messing, K., Turcot, A., & Raiq, H. (2013). Quelle est la relation entre les troubles musculo-squelettiques (TMS) liés au travail et les facteurs psychosociaux ? *Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé*, *15-2*, Article 15-2. https://doi.org/10.4000/pistes.3407

St-Vincent, M., Toulouse, G., & Bellemare, M. (2000). Démarches d'ergonomie participative pour réduire les risques de troubles musculo-squelettiques : Bilan et réflexions. *Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé*, *2-1*, Article 2-1. http://journals.openedition.org/pistes/3834

Sznelwar, L. I., & Le Doaré, H. (2006). Alain Wisner : Le développement de l'ergonomie et de la pensée sur le « travailler ». *Travailler*, *15*(1), 39-54. https://doi.org/10.3917/trav.015.0039

Tatar, K., Ericson, P., Cotton, K., Prado, P. T. N. del, Batlle-Roca, R., Cabrero-Daniel, B., Ljungblad, S., Diapoulis, G., & Hussain, J. (2024). A Shift In Artistic Practices through Artificial Intelligence. *Leonardo*, *57*(3), 293-297. https://doi.org/10.1162/leon_a_02523

Teiger, C. (1993). *L'approche ergonomique : Du travail humain à l'activité des hommes et des femmes au travail*. 27.

Tessier, C. (2021). *Éthique et IA: analyse et discussion*.

Ughetto, P., Bourmaud, G., & Haradji, Y. (2021). Analyser les mutations des espaces et des temps à l'ère de la digitalisation : Introduction au dossier « Espaces et temps de l'activité à l'ère de la digitalisation ». *Activites*, *18-2*. https://doi.org/10.4000/activites.6459

Valérian, F., & Du Fou De Kerdaniel, F. (2013). *L'industrie du recyclage en France : Changer de dimension pour créer des emplois ?* Conseil general de l'environnement et du developpement durable (CGEDD) conseil general de l'industrie, de l'energie et des technologies.

Valette, E., Bril El Haouzi, H., & Demesure, G. (2023). Industry 5.0 and its technologies : A systematic literature review upon the human place into IoT- and CPS-based industrial systems. *Computers & Industrial Engineering*, *184*, 109426. https://doi.org/10.1016/j.cie.2023.109426

Van Belleghem, L., De Gasparo, S., & Gaillard, I. (2013). Le développement de la dimension psychosociale du travail. In *L'ergonomie constructive*.

Van Belleghem, L., Pécot, P., Cordier, A., Barbet-Detraye, R., & Tourne, M. (2011, septembre 14). Des déterminants de l'entreprise aux macro-déterminants : À quelle échelle agir sur le risque professionnel ? *Actes du 46ème Congrès de la Société d'Ergonomie de Langue Française, « L'ergonomie à la croisée des risques ».*

Vézina, N. (2001). La pratique de l'ergonomie face aux TMS : ouverture à l'interdisciplinarité. *Compte rendu du congrès SELF-ACE 2001 : Les transformations du travail, enjeux pour l'ergonomie*.

Vogel-Heuser, B., & Bengler, K. (2023). Von Industrie 4.0 zu Industrie 5.0 – Idee, Konzept und Wahrnehmung. *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik*, *60*(6), 1124-1142. https://doi.org/10.1365/s40702-023-01002-x

Volkoff, S., & Molinié, A.-F. (2013). *Emploi des seniors en Europe : Les conditions d'un travail ' ' soutenable ' '*.

Wisner, A. (1995). *Réflexions sur l'ergonomie (1962-1995)*. Octares Editions. https://www.octares.com/travail-et-activite-humaine/51-reflexions-sur-l-ergonomie-1962-1995.html

Wisner, A. (2000). *Entretien réalisé par Antoine Laville*.

Wolf, B., & Scholze, C. (2018). « Médecine 4.0 » ou de l'importance des nouvelles technologies dans la médecine moderne : Le cas de la chimiothérapie personnalisée. *médecine/sciences*, *34*(5), 456-461. https://doi.org/10.1051/medsci/20183405019

Zouinar, M. (2020). Évolutions de l'Intelligence Artificielle : Quels enjeux pour l'activité humaine et la relation Humain-Machine au travail ? *Activités*, *17-1*, Article 17-1. https://doi.org/10.4000/activites.4941

Zouinar, M., & Fréjus, M. (2010). *Ergonomie des situations domestiques : Nouveaux défis, nouvelles opportunités*. https://doi.org/10.3917/puf.lepo.2010.01.0211

Titre : L'analyse du travail et de l'activité : socle d'une ergonomie prospective face aux enjeux de l'IA – Le cas des acteurs des centres de tri des déchets

Mots clés : Activité, Analyse de l'activité, Prospective, Santé au travail, Intelligence artificielle (IA), Centre de tri des déchets

Résumé : Ce travail de thèse explore la question des transformations en cours ou à venir en lien avec l'Intelligence Artificielle (IA). Le développement de système d'IA dans les situations de travail, tient rarement compte de l'activité des personnes, alors même que ces nouveaux systèmes peuvent profondément transformer le contenu et l'organisation du travail. La question de la transformation du travail par l'introduction de nouvelles technologies n'est pas nouvelle en ergonomie. Toutefois, la rapidité des évolutions et la diversité des possibilités offertes par l'IA, ainsi que les risques associés – standardisation, perte de sens, etc. – renouvellent la question de la place du futur dans l'analyse ergonomique.
L'ergonomie francophone fonde sa spécificité sur l'analyse de l'activité, qui est située dans un contexte social, technique et organisationnel. Dès lors, s'intéresser aux transformations futures soulève des questions théoriques et méthodologiques toujours d'actualité. Dans cette recherche, nous proposons une lecture renouvelée de l'attitude prospective proposée par Gaston Berger (1958, 1959), philosophe des années 1950, en l'adaptant à l'échelle des situations de travail et de l'activité. Ainsi, à travers l'interprétation de piliers, qu'il propose – penser à l'Homme, analyser en profondeur, voir large, voir loin et prendre des risques – nous visons à développer une ergonomie prospective ancrée à l'activité.
Dans cette perspective, il s'agira d'abord de situer notre approche du futur au regard de celles déjà développées en ergonomie. Nous proposerons également d'identifier des situations de travail à enjeux prospectifs, en nous appuyant sur l'analyse de l'activité de différents acteurs exerçant au sein de quatre centres de tri des déchets. À partir de ces analyses, nous élaborerons des esquisses de concept, visant à explorer des pistes de développement technologique tout en interrogeant, au regard de l'activité des opérateurs et de leurs encadrants, les apports et les limites de ces propositions.

Title: Work and Activity Analysis: A Foundation for Prospective Ergonomics in Response to AI Challenges – The Case of Waste Sorting Center Workers

Key words: Activity, Activity analysis, Prospective, Occupational health, Artificial intelligence (AI), Waste sorting center

Abstract: This thesis explores the current and future transformations related to Artificial Intelligence (AI). The development of AI systems in work situations rarely takes into account the activity of the people involved, even though these new systems can profoundly transform the content and organization of work.The issue of the transformation of work through the introduction of new technologies is not new to ergonomics. However, the rapid pace of change and the diversity of possibilities offered by AI — along with the associated risks, such as standardization, loss of meaning, etc. — renew the question of how to integrate the future into ergonomic analysis.
French speaking ergonomics is characterized by a specific focus on the analysis of activity, which is situated within a social, technical, and organizational context.Therefore, addressing future transformations raises theoretical and methodological issues that remain highly relevant.
This PhD thesis offers a renewed reading of the prospective attitude proposed by Gaston Berger (1958, 1959), by adapting it to the scale of work situations and activities.Through the interpretation of the pillars he identified — thinking of the human being, analyzing in depth, thinking broadly, thinking long-term, and taking risks — this research aims to develop a prospective ergonomics rooted in activity.
In this perspective, the first objective is to position this approach in relation to existing prospective frameworks within ergonomics. This study also seeks to identify work situations with prospective stakes, based on the analysis of the activity of various actors operating in four waste sorting centers. Based on these analyses, conceptual outlines are developed to explore avenues for technological development while critically examining the potential contributions and limitations of these proposals in the light of the activities of operators and their supervisors.