

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique

Ecole Nationale Supérieure de Management
Koléa



وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

المدرسة الوطنية العليا للمناجنت
القلعة

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDE

En vue de l'obtention d'un Master en

« Management de Projet et Entrepreneuriat »

**Amélioration de la performance des processus industriels à
travers la gestion des risques opérationnels**

Cas de : SONARIC

Élaboré par :

DJERMANE Khaled

HARRAG Bouthaina

Encadré par :

Dr .BEDAIDA Imad Eddine

Année universitaire 2025/2026

Résumé

La performance industrielle des entreprises repose en grande partie sur leur capacité à identifier et à maîtriser les risques opérationnels qui perturbent leurs processus de production. L'objectif de ce mémoire est d'évaluer l'impact d'une démarche structurée de gestion des risques opérationnels sur la performance industrielle, en prenant pour cas d'étude la ligne de chauffage à gaz de SONARIC, entreprise publique algérienne spécialisée dans la fabrication d'appareils électroménagers, L'étude a porté sur la maîtrise des risques liés à trois machines de production.

Pour ce faire, nous avons mobilisé une méthode qualitative de collecte de données, combinant l'analyse de registres de maintenance papier, des entretiens semi-directifs auprès de huit acteurs de l'atelier ainsi qu'une observation participante.

Les principaux résultats révèlent un écart structurel entre une disponibilité officielle de 99,07 % et une disponibilité opérationnelle réelle estimée entre 75 % et 85 %, et permettent d'identifier douze risques opérationnels dont sept classés en niveau élevé, conduisant à un plan d'action ciblé sur les défaillances les plus critiques.

Mots clés : Gestion des risques opérationnels, performance industrielle

Abstract

Industrial performance in enterprises depends largely on their ability to identify and manage the operational risks that disrupt their production processes. The objective of this dissertation is to assess the impact of a structured operational risk management approach on industrial performance, using as a case study the gas heating line of SONARIC, an Algerian public company specializing in the manufacture of household appliances. The study focused on managing the risks associated with three production machines.

To this end, a qualitative data collection method was employed, combining the analysis of paper-based maintenance records, semi-structured interviews with eight workshop stakeholders, and participatory observation.

The main findings reveal a structural gap between an official availability rate of 99.07% and an actual operational availability estimated at between 75% and 85%. The study further identifies twelve operational risks, seven of which are classified as high-level, leading to a targeted action plan addressing the most critical failures.

Keywords: Operational risk management, industrial performance..

ملخص

اعتمد الأداء الصناعي للمؤسسات اعتماداً كبيراً على قدرتها في تحديد المخاطر التشغيلية التي تُعيق عمليات الإنتاج والتحكم فيها. تهدف هذا المذكرة إلى تقييم أثر منهج منظم لإدارة المخاطر التشغيلية على الأداء الصناعي، مُتخذاً من خط التسخين بالغاز في مؤسسة سوناريك وهي مؤسسة عمومية جزائرية متخصصة في تصنيع الأجهزة الكهرومنزلية — نموذجاً للدراسة. وقد انصبَّ اهتمام الدراسة على ضبط المخاطر المرتبطة بثلاث آلات إنتاجية.

ولتحقيق هذا الغرض، اعتمد منهج نوعي لجمع البيانات، يجمع بين تحليل سجلات الصيانة الورقية، وإجراء مقابلات شبه موجّهة مع ثمانية فاعلين ميدانيين في ورشة الإنتاج، فضلاً عن الملاحظة بالمشاركة.

وقد كشفت النتائج الرئيسية عن فجوة هيكلية بين معدل توافر رسمي يبلغ 99.07% ومعدل توافر تشغيلي فعلي مُقدَّر بين 75% و85%، كما أسفرت عن تحديد اثني عشر خطراً تشغيلياً، صُنِّف سبعة منها ضمن المستوى المرتفع، مما أفضى إلى وضع خطة عمل مُستهدفة تُعالج أشد الإخفاقات خطورةً.

الكلمات المفتاحية: إدارة المخاطر التشغيلية، الأداء الصناعي.

Remerciements

Tout d'abord, je remercie **Dieu** qui m'a accordé la patience et la force, et qui m'a guidée et aidée à accomplir ce travail.

À mes chers **parents**, ce que j'ai de plus précieux dans cette vie, mon soutien et mon appui, je vous adresse mes sincères remerciements et ma profonde gratitude pour l'amour, l'attention et le soutien constant que vous m'avez apporté, ainsi que pour tous les efforts et sacrifices que vous avez consentis pour mon parcours. Que Dieu vous protège.

À mon encadrant **Dr BEDAIDA Imad Eddine**, je présente mes sincères remerciements et ma reconnaissance pour sa patience, ses orientations pertinentes et ses précieux conseils qui m'ont grandement aidée à réaliser ce travail.

À mes chers frères et sœur : **Oussama, Mossaab** et la petite **Hanine**, vous êtes ma joie et ma force. Que Dieu vous préserve.

À mon oncle et à son épouse, ma deuxième famille, merci pour votre soutien constant et votre présence à mes côtés.

À mon collègue **Khaled** ,je lui adresse mes sincères remerciements pour son soutien et sa présence à mes côtés tout au long de ce travail.

À ma chère amie **Ikram**, ma compagne de route, qui a toujours été à mes côtés dans les bons comme dans les mauvais moments.

À ma copine de chambre **Rania**, merci pour tous les beaux moments partagés et pour le soutien inoubliable.

À ma grand-mère, que Dieu lui fasse miséricorde, dont j'aurais tant souhaité la présence pour partager ce moment avec moi. Ton souvenir pur restera à jamais dans mon cœur.

Et à tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail, je vous dédie le fruit de mes efforts modestes, avec mes sincères remerciements et ma profonde gratitude.

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier Dieu de m'avoir donné la force, la patience et la volonté pour mener à bien ce travail.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à mes chers parents pour leur soutien inconditionnel, leurs encouragements constants et leurs sacrifices.

Mes sincères remerciements s'adressent également à mon encadrant Dr BEDAIDA Imad Eddine pour son accompagnement, ses précieux conseils et sa disponibilité tout au long de ce travail.

Je remercie chaleureusement mes frères et ma sœur pour leur soutien moral et leur présence à mes côtés.

J'adresse également mes sincères remerciements à ma collègue de mémoire HARRAG Bouthaina pour sa précieuse collaboration, et les moments de partage tout au long de ce travail.

Enfin, je remercie mes amis pour leur soutien, leurs encouragements et leur présence durant mon parcours.

Table des matières

Résumé	I
Abstract	II
ملخص.....	III
Remerciements	IV
Table des matières	VI
Liste des tableaux	X
Liste des figures	XI
Liste des abréviations.....	XII
<i>INTRODUCTION GÉNÉRALE</i>	<i>13</i>
<i>CHAPITRE I CONTEXTE ET PROBLÉMATIQUE</i>	<i>4</i>
1 Contexte de l'étude.....	5
2 Question de la recherche.....	6
3 Les objectifs de l'étude.....	7
4 Raison de choix le thème	7
5 Épistémologie de l'étude.	8
5.1 Positionnement épistémologique de l'étude.....	8
5.2 Approche de recherche.....	8
6 Pertinence de l'étude	9
6.1 Pertinence sur le plan théorique	9
6.2 Pertinence sur le plan managérial	9
7 de lieu de stage :	9
8 Présentation de la Société Nationale de Réalisation et de Gestion des Industries (SONARIC).	10
8.1 La mission de SONARIC	10
8.2 Les valeurs de SONARIC	11
8.3 Structure organisationnelle de l'unité	11
Conclusion	12
<i>CHAPITRE II CADRE THÉORIQUE</i>	<i>13</i>
Section 01 : la revue de littérature.....	14
1 Performance des processus industriels.....	14
2 La maîtrise des risques.....	17
3 le lien entre la gestion des risques et l'amélioration de performance.....	20

4 positionnement de la présente étude.....	22
Section 02 : cadre conceptuel.....	23
1 les processus industriels :	23
1.1 La définition :	23
1.2 typologie des processus industriels :	24
A\ Processus de management.....	24
B\ Processus de réalisation :	24
C\ Processus support :	25
1.3 La cartographie des processus.....	25
2 la performance industrielle.....	26
2.1 la définition.....	26
2.2 Les dimensions de la performance industrielle	27
2.3 Les indicateurs de performance industrielle	28
2.3.1 Indicateurs de disponibilité.....	28
2.3.2 KPI de disponibilité orientés maintenance (MTBF, MTTR).....	28
2.3.3 KPI Qualité :	29
2.3.4 KPI de productivité.....	30
3 les risques operationels :	30
3.1 la notion de risque :	30
3.1.1 Approches théoriques de la notion de risque :	30
3.1.2 Approches normatives du risque :	31
3.1.3 la definition du risque :	32
3.1.4 les risques operationels.....	35
A\ La classification des risques opérationels.....	36
3.2 La gestion des risques.....	37
3.2.1 Définition	37
3.2.2 Les objectifs de management des risques :	38
3.2.3 les processus de management des risques :	39
A\ Identification des risques :	40
B\ Analyse des risques :	40
C\ Evaluation des risques :	40
D\ Traitement des risques :	41
E\ Suivi et pilotage :	41
3.2.4 Les outils et les techniques d’appréciation du risque.....	41

A\ Le brainstorming :	41
B\ Diagramme de causes - effets (Diagramme d'Ishikawa) :.....	42
Conclusion	44
<i>CHAPITRE III CADRE MÉTHODOLOGIQUE DE LA RECHERCHE</i>	45
1 La méthodologie de la recherche	46
2 Méthodes et outils de collecte des données :.....	47
2.1 Méthodes de collecte des données :.....	47
A\ L'analyse des documents : Registres maintenance papier	47
B\ L'entretien semi directif :.....	48
C\ L'observation :	49
2.2 Outils de collecte des donnée :	50
A\ Le guide d'entretien :.....	50
B\ Brainstorming :	50
3 Outils d'analyse et de traitement des données	51
3.1 Reconstitution des indicateurs (Excel personnel) :	51
3.2 Matrice AMDEC :.....	51
<i>CHAPITRE IV RÉSULTATS ET DISCUSSION</i>	54
Section 01 : Resultat.....	55
1 Analyse des résultats	55
1.1 Étude détaillée des indicateurs par machine	57
A\ Dispositif corps de chauffe	57
B\ Soudeuse électrique	57
C\ Presse hydraulique	57
2 Mise en œuvre de la démarche de gestion des risques	58
Phase 1 : Identification des risques	58
Phase 2 : Priorisation des risques	59
Phase 3 : Traitement des risques	62
Phase 4 : Suivi	63
3 Effets de la maîtrise des risques sur les activités des opérations industrielles ..	65
3.1. Gestion des risques et fiabilité (MTBF)	66
3.2. Gestion des risques et maintenabilité (MTTR)	66
3.3. Gestion des risques et disponibilité opérationnelle	66
4. Les pistes d'amélioration	67
Section 02 : Discussion des résultats.....	68

CONCLUSION GÉNÉRALE	71
Limites de l'étude	75
BIBLIOGRAPHIE	76
ANNEXES	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>

Liste des tableaux

Tableau 1: list des personnes interviewées	49
Tableau 2: Grille d'évaluation des risques opérationnels selon la méthode AMDEC.....	52
Tableau 3: Indicateurs de performance maintenance des trois machines	55
Tableau 4: Identification des risques opérationnels par machine.....	59
Tableau 5 : Intervalles de criticité des risques selon ces deux critères	60
Tableau 6 : Échelle d'acceptabilité des risques	61
Tableau 7 : Classification de l'acceptabilité des risques.....	61
Tableau 8 : Matrice AMDEC des risques opérationnels — SONARIC.....	64
Tableau 9 : Matrice AMDEC — Risques opérationnels SONARIC Erreur ! Signet non défini.	
Tableau 10 : Grille d'observation participante.....	Erreur ! Signet non défini.

Liste des figures

Figure 1 : cartographie des processus .	26
Figure 2 : processus de management des risques	39
Figure 3 : Représentation des termes clés liés à la performance	56
Figure 4 : Représentation des termes clés liés au risque opérationnel.....	58
Figure 5 : Représentation des concepts associés à la performance et au risque ..	65

Liste des abréviations

AMDEC	Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité
AIRMIC	Association of Insurance and Risk Managers in Industry and Commerce
CA	Chiffre d'Affaires
COSO	Committee of Sponsoring Organizations
EPI	Équipements de Protection Individuelle
FMECA	Failure Mode, Effects and Criticality Analysis
GMAO	Gestion de Maintenance Assistée par Ordinateur
IEC	Commission Électrotechnique Internationale
IFACI	Institut Français de l'Audit et du Contrôle Interne
ISO	International Organization for Standardization
KPI	Key Performance Indicators (Indicateurs Clés de Performance)
MES	Manufacturing Execution System
MTBF	Mean Time Between Failures (Temps Moyen Entre Pannes)
MTTR	Mean Time To Repair (Temps Moyen de Réparation)
OHSAS	Occupational Health and Safety Assessment Series
OEE	Overall Equipment Effectiveness (Efficacité Globale des Équipements)
PDCA	Plan-Do-Check-Act (Planifier-Déployer-Contrôler-Agir)
PME	Petites et Moyennes Entreprises
RBS	Risk Breakdown Structure
SI	Système d'Information
SONARIC	Société Nationale de Réalisation et de Gestion des Industries
SVM	Support Vector Machine
TRS	Taux de Rendement Synthétique

**INTRODUCTION
GÉNÉRALE**

A l'échelle mondiale, la performance industrielle est devenue un enjeu stratégique majeur pour les entreprises opérant dans un contexte économique de plus en plus concurrentiel et incertain. Les organisations industrielles sont confrontées à une multitude de risques opérationnels susceptibles de perturber leurs processus de production, de dégrader la qualité de leurs produits et d'engendrer des coûts considérables Aven (2016). Face à cette réalité, la gestion des risques opérationnels s'est progressivement imposée comme un levier incontournable de l'amélioration de la performance industrielle, tant dans les pays développés que dans les économies émergentes ISO 31000 (2018). De nombreuses études attestent que les entreprises disposant d'une démarche structurée de gestion des risques présentent des niveaux de disponibilité des équipements, de fiabilité des processus et de maîtrise des coûts de maintenance significativement supérieurs à celles qui gèrent les incidents de manière purement réactive (Moubray, 1997) (Wireman, 2004).

En Algérie, le secteur industriel public fait face à des défis structurels importants qui limitent sa compétitivité et sa productivité. Les entreprises publiques, héritières d'un modèle de gestion centré sur la production quantitative, peinent à intégrer les pratiques modernes de maintenance et de gestion des risques dans leur fonctionnement quotidien Boukrif (2009). Bien que des efforts de modernisation aient été engagés dans le cadre des différentes politiques industrielles nationales, la culture de la prévention des risques reste peu développée au sein des entreprises industrielles algériennes. La maintenance curative demeure largement dominante, reléguant la maintenance préventive et les approches proactives de gestion des risques à un rôle secondaire Azzouzi (2015). Cette réalité se traduit concrètement par des taux de pannes élevés, des arrêts non planifiés récurrents et une performance globale des équipements en deçà des standards internationaux.

Dans ce contexte, la gestion des risques opérationnels représente un outil analytique et décisionnel particulièrement adapté aux problématiques des entreprises industrielles algériennes. Elle repose sur une démarche structurée d'identification, d'évaluation et de traitement des risques, formalisée notamment par la norme ISO 31000 et par des méthodes spécifiques telles que l'Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité (AMDEC), qui permettent de hiérarchiser les risques et d'orienter les actions correctives en fonction de leur impact réel sur la production Stamatis (2003). Ces approches offrent aux responsables industriels une vision systématique des vulnérabilités

de leurs équipements, favorisant le passage d'une logique réactive à une logique préventive et maîtrisée.

C'est dans ce cadre que s'inscrit le présent mémoire, réalisé au sein d'une entreprise publique de fabrication d'électroménagers. Cette entreprise exploite une ligne de chauffe à gaz dont le bon fonctionnement conditionne directement la continuité et la qualité de la production. Les dysfonctionnements récurrents observés sur cette ligne pannes répétitives, insuffisance du plan de maintenance préventive, absence de procédures formelles de gestion des risques et lacunes organisationnelles constituent autant de facteurs qui limitent la performance industrielle de l'entreprise et justifient une analyse approfondie. Cette ligne représente ainsi un terrain d'étude particulièrement pertinent, dans la mesure où elle concentre des enjeux à la fois techniques, organisationnels et sécuritaires caractéristiques des unités industrielles publiques en Algérie.

L'objectif de ce travail est d'évaluer l'impact de la gestion des risques opérationnels sur la performance industrielle, à travers une approche qualitative fondée sur des entretiens semi-directifs menés auprès des opérateurs, techniciens et responsables de l'atelier. Cette démarche vise à recueillir les perceptions et les expériences des acteurs de terrain afin d'objectiver les dysfonctionnements observés, d'identifier les risques prioritaires et de proposer des recommandations concrètes et adaptées au contexte spécifique de l'entreprise étudiée. La démarche adoptée s'appuie sur les référentiels reconnus de la gestion des risques industriels, notamment la norme ISO 31000 et la méthode AMDEC, tout en restant ancrée dans la réalité propre aux entreprises publiques algériennes.

Le présent mémoire est structuré en quatre chapitres. Le premier chapitre est consacré au contexte et à la problématique de l'étude, présentant l'entreprise, la ligne de chauffe à gaz et les enjeux identifiés. Le deuxième chapitre développe le cadre théorique et conceptuel, définissant les notions de risque opérationnel, de performance industrielle et de maintenance. Le troisième chapitre expose la méthodologie adoptée, justifiant le choix de l'approche qualitative et décrivant les outils de collecte mobilisés. Le quatrième et dernier chapitre présente les résultats obtenus, leur interprétation et les recommandations formulées à l'issue de l'étude.

CHAPITRE I

CONTEXTE ET PROBLÉMATIQUE

Cette première partie situe l'étude dans son contexte, en posant le problème de recherche et les objectifs poursuivis. Elle justifie le choix du sujet, présente l'entreprise d'accueil et précise la posture épistémologique adoptée.

1 Contexte de l'étude

Depuis plusieurs décennies, la mondialisation des échanges et l'intensification de la concurrence internationale ont profondément reconfiguré le paysage industriel à l'échelle mondiale. Dans ce contexte, les entreprises qu'elles soient privées ou publiques se trouvent confrontées à une pression croissante pour améliorer leur performance opérationnelle tout en maîtrisant les incertitudes inhérentes à leurs activités de production. L'environnement industriel contemporain est marqué par une complexité accrue des processus, une interdépendance des systèmes de production et une diversification des sources de risques qui menacent la continuité et la fiabilité des opérations.

Dans ce cadre, la gestion des risques opérationnels s'impose progressivement comme un levier stratégique incontournable pour les organisations industrielles. La norme internationale ISO 31000 (2018) propose à cet égard un cadre de maîtrise des risques applicable à l'ensemble des types d'organisations. Elle définit le risque comme « l'effet de l'incertitude sur les objectifs », ce qui souligne la dimension systémique et transversale de cette problématique au sein des entreprises industrielles (ISO31000, 2018) .

Par ailleurs, la performance industrielle comprise dans sa triple dimension de productivité, de qualité et de fiabilité ne peut être pleinement atteinte sans une identification rigoureuse des dysfonctionnements potentiels et une anticipation des événements susceptibles d'altérer le bon déroulement des processus de production. Des auteurs tels que Hollnagel (2004) et Reason (1997) ont démontré que les défaillances organisationnelles sont rarement le fruit du hasard, mais résultent le plus souvent de l'accumulation de risques latents non détectés et non traités. (Hollnagel, 2004) (Reason, 1997).

En Algérie, le secteur industriel notamment celui des entreprises publiques est confronté à des défis structurels majeurs. Ces entreprises évoluent dans un environnement caractérisé par des contraintes d'approvisionnement, des équipements vieillissants, des processus peu formalisés et une culture de gestion des risques encore embryonnaire. L'absence de systèmes structurés de suivi d'indicateurs de performance (KPI) et de veille sur les risques

opérationnels constitue un frein significatif à l'amélioration de leur compétitivité et à leur adaptation aux standards internationaux de management industriel.

C'est dans ce contexte que s'inscrit la présente recherche. Notre terrain d'étude est une entreprise publique algérienne spécialisée dans la fabrication d'électroménagers, au sein de laquelle l'absence de démarche formalisée de gestion des risques et de tableaux de bord de performance a pu être constatée. Cette réalité, fréquemment observée dans les entreprises industrielles publiques algériennes, représente à la fois un dysfonctionnement managérial et une opportunité d'amélioration que la présente étude se propose d'analyser et de structurer.

La présente recherche vise ainsi à évaluer l'impact d'une démarche structurée de gestion des risques opérationnels sur la performance des processus industriels, en proposant un cadre méthodologique adapté au contexte de l'entreprise étudiée. Elle s'appuie sur une articulation entre des fondements théoriques issus du management des risques, de l'ingénierie des processus et du pilotage de la performance, et une démarche empirique ancrée dans la réalité organisationnelle de l'entreprise d'accueil.

2 Question de la recherche

L'absence de démarche formalisée de gestion des risques opérationnels dans les entreprises industrielles publiques algériennes constitue un facteur des dysfonctionnements de production et un obstacle structurel à l'amélioration durable de leur performance. Face à un environnement industriel de plus en plus exigeant et à des processus de production d'une complexité croissante, la question se pose avec acuité de savoir comment ces organisations peuvent renforcer leur résilience opérationnelle et leur compétitivité.

Dans ce contexte, la question centrale de notre recherche se formule de la manière suivante :

« Comment la mise en œuvre d'une démarche structurée de gestion des risques opérationnels peut-elle améliorer la performance industrielle au sein d'une entreprise publique ? ».

Cette problématique nous amène à formuler les sous-questions suivantes :

- Quelle est la performance industrielle observée actuellement sur les machines critiques de la ligne chauffe à gaz ?
- Comment identifier et hiérarchiser via AMDEC les risques prioritaires des machines critiques ?
- Quelles actions préventives/correctives issues de l'AMDEC permettent d'améliorer les indicateurs de performance ?

3 Les objectifs de l'étude

L'objectif principal de notre étude est de maîtriser de manière proactive les risques opérationnels affectant la performance de la ligne de production SONARIC, en s'appuyant sur le processus de gestion des risques selon la norme ISO 31000 et l'analyse AMDEC, afin d'améliorer la fiabilité et la disponibilité des trois machines critiques (corps de chauffe, soudeuse, presse hydraulique) dans la ligne de chauffe à gaz.

Pour atteindre cet objectif, l'étude se décompose en plusieurs objectifs spécifiques portant sur l'identification, l'évaluation et le traitement des risques associés aux 15 pannes critiques recensées, ainsi que l'analyse des indicateurs de performance MTBF, MTTR et disponibilité.

- Diagnostic de la performance actuelle de l'entreprise à travers ses indicateurs de performance.
- Identifier les risques associés à chacune des trois machines critiques (corps de chauffe, soudeuse, presse hydraulique).
- Définir des actions préventives et correctives pour chaque risque prioritaire, accompagnées de recommandations visant à optimiser la performance industrielle.

4 Raison de choix le thème

Notre choix de cette thématique de recherche est principalement lié à notre spécialité en entrepreneuriat et management de projet, domaines où la maîtrise des risques opérationnels constitue un levier stratégique pour optimiser la performance industrielle et garantir la réussite des processus critiques, cette étude nous permet de relier les connaissances théoriques en AMDEC/ISO 31000 aux défis pratiques de la production industrielle, en explorant des solutions concrètes pour réduire les arrêts machines et améliorer les indicateurs de performance . L'alignement parfait avec notre formation renforce nos

compétences en identification, évaluation et traitement des risques industriels, tout en répondant aux défis concrets des entreprises publiques algériennes.

Nous avons retenu ce thème en raison du manque d'études appliquées combinant management de projet et gestion des risques industriels dans le contexte algérien, particulièrement dans le secteur manufacturier public.

5 Épistémologie de l'étude.

5.1 Positionnement épistémologique de l'étude

Le choix des fondements théoriques et méthodologiques d'une recherche scientifique repose sur le paradigme épistémologique retenu, qui guide l'ensemble de la démarche scientifique. L'épistémologie, en tant que « *discipline structurant la production des savoirs scientifiques* », impose au chercheur d'adopter une posture réflexive cohérente (Boukaira & Daamouch, 2021).

Dans les sciences de gestion, trois paradigmes principaux structurent traditionnellement la recherche : positiviste, interprétatif et critique. Le positionnement paradigmatique influence la conception de l'étude, le recueil des données et leur analyse.

Pour notre recherche sur l'amélioration des processus industriels via la gestion des risques opérationnels, nous avons privilégié l'approche pragmatique, particulièrement adaptée à la résolution de problèmes industriels concrets. Le pragmatisme transcende la dichotomie quantitative/qualitative en valorisant l'efficacité pratique des méthodes employées (Morgan, 2007).

Conformément à cette logique, « *le pragmatisme se focalise sur l'action concrète et les résultats tangibles* » et « *privilégie les techniques d'enquête les plus adaptées aux objectifs poursuivis* » Morgan (2007). Dans ce cadre, la connaissance se construit par l'interaction terrain-chercheur et se valide par l'impact mesurable des recommandations industrielles proposées.

5.2 Approche de recherche

Notre étude s'appuie sur une approche qualitative. Ce choix méthodologique permet d'analyser en profondeur les risques opérationnels des machines critiques ligne chauffée à

gaz dans leur contexte réel de production. Cette démarche, ainsi que les outils de collecte de données, seront détaillées dans le chapitre méthodologique.

6 Pertinence de l'étude

6.1 Pertinence sur le plan théorique

Sur le plan théorique, cette recherche apporte une contribution modeste mais utile à la littérature sur la gestion des risques opérationnels, en appliquant des cadres reconnus ISO 31000 et AMDEC à un contexte encore peu documenté : celui des entreprises industrielles publiques algériennes. La plupart des travaux existants portent en effet sur des environnements privés et digitalisés, éloignés des contraintes réelles de terrain auxquelles sont confrontées ces organisations. Notre étude explore également le lien entre gestion des risques et performance industrielle à travers des indicateurs concrets MTBF, MTTR et disponibilité contribuant ainsi à mieux opérationnaliser ce lien dans la littérature dédiée à l'ingénierie des systèmes de production.

6.2 Pertinence sur le plan managérial

Sur le plan managérial, la pertinence de cette recherche est avant tout pratique. Les résultats produits matrice AMDEC, plan de traitement des risques et recommandations ciblées constituent des outils directement utilisables par les responsables de SONARIC, sans recours à des expertises extérieures coûteuses. La démarche adoptée est par ailleurs conçue pour être reproductible dans d'autres unités industrielles publiques algériennes confrontées à des problématiques similaires. Plus largement, ce travail plaide pour une intégration progressive de la culture du risque au sein des organisations industrielles, non comme une contrainte réglementaire, mais comme un levier réel d'amélioration de la performance opérationnelle.

7 lieu de stage :

La Société Nationale de Réalisation et de Gestion des Industries (SONARIC) est une entreprise publique économique. Elle s'inscrit dans le cadre de la politique nationale de développement industriel, particulièrement dans le secteur de l'industrie lourde et des industries connexes.

Son activité s'articule autour de la conception, de la réalisation et de la gestion de projets

industriels, allant de l'idée initiale du projet jusqu'à la mise en service du produit fini. Parmi ses principales productions figurent des équipements électroménagers tels que les appareils de chauffage, les cuisines domestiques, les chauffe-eaux et les climatiseurs.

La stratégie globale de l'entreprise vise à renforcer sa position sur le marché national par le développement de nouvelles activités et l'amélioration continue de la performance de ses ressources humaines.

L'unité de production de Mila, située dans la zone industrielle de la commune de Ferdjioua, constitue le lieu de stage. Spécialisée dans la fabrication des appareils de chauffage domestiques (notamment les chauffages à gaz et à mazout) ainsi que des climatiseurs, cette unité occupe une position géographique stratégique au carrefour de plusieurs wilayas importantes (Jijel au nord, Constantine à l'est et Sétif à l'ouest).

Implantée sur un vaste terrain, l'unité regroupe plusieurs ateliers de production qui couvrent l'ensemble du processus de fabrication, depuis la transformation des matières premières jusqu'à l'assemblage final du produit.

8 Présentation de la Société Nationale de Réalisation et de Gestion des Industries (SONARIC).

8.1 La mission de SONARIC

Unité de FERDJIOUA poursuit plusieurs missions stratégiques :

- Contribuer à la couverture des besoins nationaux en équipements électroménagers, particulièrement en matière de chauffage domestique et de climatisation ;
- Promouvoir le développement des industries de transformation et des industries métallurgiques ;
- Améliorer continuellement la qualité des produits afin de faire face à la concurrence ;
- Participer à la création d'emplois et à la réduction du chômage dans la région ;
- Favoriser la formation et le renforcement des compétences des travailleurs ;
- Contribuer à la promotion de l'industrie électroménagère par l'intégration progressive de technologies modernes.

8.2 Les valeurs de SONARIC

Au-delà de sa vocation productive, l'unité SONARIC de Frégious accorde une grande importance à sa responsabilité sociale. Elle s'engage dans :

- L'amélioration des conditions de travail et du bien-être des employés ;
- L'organisation d'activités socio-culturelles et récréatives au profit des travailleurs et de leurs familles ;
- Le soutien aux actions de solidarité nationale (aide aux associations caritatives, aux personnes en situation de handicap, etc.) ;
- La participation à l'animation de la vie locale à travers l'organisation d'événements sportifs et culturels à l'occasion des fêtes nationales.

Ces initiatives reflètent la volonté de l'entreprise d'allier performance économique et responsabilité sociale.

8.3 Structure organisationnelle de l'unité

L'unité est dirigée par un directeur assisté d'un adjoint. Elle s'articule autour des principaux départements et services suivants :

- Direction de l'unité (avec secrétariat) ;
- Département Administration et Finances :
 - Service des Ressources Humaines (gestion administrative du personnel, paie, affaires sociales, formation, etc.) ;
 - Service Comptabilité ;
 - Service Finances.
- Département Production (Technico-Productif) :
 - Ateliers de fabrication : découpage et préparation des tôles, formage, peinture et finition, assemblage final.
- Département Technico-Commercial :
 - Gestion des stocks et approvisionnement ;

- Service Achats ;
- Service Commercial (ventes, stock des produits finis, service après-vente).

- Département Maintenance : maintenance préventive et curative des équipements.
- Service Contrôle Qualité : laboratoire et contrôle des produits finis.

Cette structure assure une coordination efficace entre les fonctions de production, de support administratif, commercial et de qualité

Conclusion

Ce chapitre introductif a contribué à expliciter la problématique de recherche, à définir les objectifs poursuivis ainsi qu'à justifier l'intérêt du thème étudié. Il a également permis de situer le cadre institutionnel de l'étude et de préciser l'orientation épistémologique retenue Pour structurer la démarche scientifique.

CHAPITRE II CADRE THÉORIQUE

Section 01 : la revue de littérature

La revue de la littérature représente une étape essentielle dans toute recherche scientifique, car elle implique l'analyse et l'interprétation des études antérieures liées au sujet étudié. Cette revue permet d'organiser les connaissances disponibles et de déterminer les axes de réflexion et les problèmes liés au sujet de recherche. Dans le cadre de cette étude, une recherche bibliographique organisée a été effectuée en se basant sur plusieurs bases de données scientifiques afin de déterminer les publications les plus pertinentes. Les documents référencés ont été principalement obtenus à partir de plateformes académiques spécialisées telles que Google Scholar et les bibliothèques numériques universitaires en ligne, ainsi que d'autres sites d'exploration de bibliothèques comme Connected Papers, qui permettent d'identifier les articles scientifiques liés par sujet. Cette partie est composée d'articles scientifiques organisés autour de trois axes : l'évaluation de la performance et la gestion des risques opérationnels, lien entre la gestion des risques et l'amélioration de performance, dans le cadre des processus industrielles.

1 Performance des processus industriels

La performance des processus industriels, en particulier dans le secteur de la production industrielle, représente un défi majeur et constitue un sujet de discussion dans la littérature. Selon Marceron (2023), elle est principalement mesurée par l'efficacité globale des équipements (OEE ou TRS), un indicateur mondial qui intègre la disponibilité, la performance et la qualité des lignes de production ; cet outil permet de déterminer précisément les pertes (arrêts, défauts, ect) et alimente une approche d'amélioration continue via les systèmes MES. Cette approche a été approuvée dans les lignes de production pharmaceutiques pour les formes semi-solides (crèmes, gels, vaccins), où l'intégration de capteurs et de systèmes MES a permis d'atteindre une augmentation de 30 % de la productivité. La disponibilité, qui est un élément essentiel de l'OEE, est souvent calculée à l'aide d'indicateurs de maintenance tels que le MTBF (temps moyen entre les pannes) et le MTTR (temps moyen de réparation). Un MTBF élevé indique une fiabilité accrue des équipements, tandis qu'un MTTR faible reflète une maintenance efficace, réduisant ainsi les temps d'arrêt non planifiés (Upkeep, s.d) et Brightly Software (2024). Cependant, El Helou (2023) distingue cette approche traditionnelle en prouvant que l'intégration de l'informatique en nuage dans un environnement Industrie 4.0 dépasse les

limites des indicateurs fixes. À travers des expériences sur la plateforme 4.0 au laboratoire LCPI (s.d) utilisant la machine CNC TORMACH, et 88 combinaisons de paramètres opérationnels et de capteurs IIoT, l'auteur a réalisé une amélioration simultanée du temps de cycle, de la consommation d'énergie et des vibrations, prouvant ainsi la maintenance prédictive et l'augmentation de la flexibilité dans les conditions industrielles, avec un impact positif sur le MTBF et le MTTR.

Cependant, Herkenrath et al (2025) a imposé un débat critique pour la transition vers l'Industrie 5.0, où l'autonomie et la participation des travailleurs risquent de diminuer si l'on s'appuie uniquement sur les technologies numériques qui améliorent la performance opérationnelle, sans intégrer une approche humaine-centrée. Cette hypothèse a été testée via une étude Delphi en deux rounds impliquant 14 experts industriels européens de secteurs variés (biens de consommation, sciences de la vie, industrie lourde), confirmant l'importance de la collaboration homme-machine pour une performance résiliente, durable et flexible. La recherche met en évidence que l'I5.0 nécessite d'ancrer ses principes (human-centricité, résilience, durabilité) dans les stratégies d'entreprise pour exploiter pleinement les technologies comme l'IA et les robots collaboratifs tout en préservant le bien-être humain.

Pepper et Spedding (2010) rejoint cette tendance en proposant une méthodologie Lean Six Sigma d'amélioration continue qui intègre outils techniques et facteurs humains, soulignant que la performance ne saurait se limiter aux KPI techniques sans considérer le contexte organisationnel des opérations industrielles. Cette approche data-driven élimine les défauts, mesure les processus et favorise une culture d'amélioration impliquant les employés pour une productivité durable. Elle combine les forces du Lean (flux et valeur) et du Six Sigma (réduction des variations) pour aligner performance technique et humaine.

Alors que les travaux précédents mettaient en lumière l'évolution des indicateurs de performance et la transition progressive de l'industrie 4.0 à l'industrie 5.0 à travers des expériences et des expertises européennes, d'autres études viennent enrichir cette analyse en fournissant des données empiriques détaillées. Selon Zubair et al. (2021), elle est principalement mesurée par l'efficacité globale des équipements (OEE ou TRS), un indicateur mondial qui intègre la disponibilité, la performance et la qualité des lignes de production ; cet outil permet de déterminer précisément les six grandes pertes (arrêts, micro-arrêts, ralentissements, défauts, rebuts et temps de réglage) et alimente une approche

d'amélioration continue. Dans l'industrie pharmaceutique, l'OEE moyen observé reste faible : une étude menée sur une ligne de production de suspension sèche a révélé un OEE de seulement 23 %, très éloigné du niveau world-class de 85 %. Les principales causes identifiées étaient la faible disponibilité due aux pannes prolongées et une performance médiocre liée à des machines produisant des quantités importantes de produits nécessitant rework ou rebut. L'application d'une stratégie de maintenance préventive et l'optimisation des facteurs d'OEE ont été recommandées pour atteindre un niveau de performance proche de 95 % en disponibilité et performance Zubair et al. (2021). D'autres analyses montrent que les usines pharmaceutiques digitalisées atteignent un OEE 1,75 fois supérieur à la moyenne de l'industrie (environ 60-65 %), contre 35-37 % pour les sites peu digitalisés, générant ainsi une augmentation significative du throughput sans investissement lourd en capital Supply Chain (Wizard ,2024).

La disponibilité, qui est un élément essentiel de l'OEE, est souvent calculée à l'aide d'indicateurs de maintenance tels que le MTBF (temps moyen entre les pannes) et le MTTR (temps moyen de réparation). Un MTBF élevé indique une fiabilité accrue des équipements, tandis qu'un MTTR faible reflète une maintenance efficace, réduisant ainsi les temps d'arrêt non planifiés et améliorant directement la productivité globale (MicroMain, 2024 ; CheckProof, 2025).

Cependant, Ghobakhloo et al. (2024) distingue cette approche traditionnelle en prouvant que l'intégration des technologies de l'Industrie 4.0, notamment les jumeaux numériques, l'IoT et la maintenance prédictive basée sur l'IA, dépasse les limites des indicateurs fixes. Ces systèmes permettent une surveillance en temps réel, une anticipation des défaillances et une optimisation dynamique des paramètres opérationnels. Des applications industrielles ont démontré des réductions de downtime non planifié de 30 à 50 %, une augmentation sensible du MTBF et une diminution du MTTR, tout en améliorant simultanément l'OEE, la consommation énergétique et la résilience des processus face aux perturbations.

Cependant, Ionescu et al. (2025) a imposé un débat critique pour la transition vers l'Industrie 5.0, où l'autonomie et la participation des travailleurs risquent de diminuer si l'on s'appuie uniquement sur les technologies numériques qui améliorent la performance opérationnelle, sans intégrer une approche humaine centrée. Cette hypothèse a été testée via une étude Delphi en trois rounds impliquant des experts issus des domaines industriel, technologique et de la durabilité dans le secteur automobile. Les résultats ont confirmé un

fort consensus sur l'importance des robots collaboratifs, de l'automatisation cognitive et de la fabrication circulaire. La recherche met en évidence que l'I5.0 nécessite d'ancrer ses principes (human-centricité, résilience, durabilité) dans les stratégies d'entreprise pour exploiter pleinement les technologies comme l'IA et les cobots tout en préservant le bien-être humain, la créativité des opérateurs et la soutenabilité environnementale.

Nasir et al. (2025) rejoint cette tendance en proposant un cadre multi-niveau pour l'Industrie 5.0 qui intègre outils techniques et facteurs humains à tous les niveaux (processus, système et management). Cette approche souligne que la performance ne saurait se limiter aux KPI techniques sans considérer le contexte organisationnel, ergonomique et sociétal des opérations industrielles. Elle favorise une culture d'amélioration continue impliquant activement les employés, combine les forces du Lean (élimination des gaspillages et optimisation des flux) et du Six Sigma (réduction des variations) et aligne performance technique, humaine et environnementale pour une productivité durable et résiliente.

constats

Malgré l'évolution significative des outils d'évaluation de la performance industrielle, notamment à travers l'indicateur OEE intégrant la disponibilité, la performance et la qualité, les résultats empiriques montrent que de nombreuses entreprises industrielles n'atteignent pas les niveaux de performance attendus. En effet, des niveaux d'OEE faibles sont souvent observés en raison de défaillances liées aux arrêts non planifiés, à une maintenance insuffisante et à une mauvaise maîtrise des processus. Par ailleurs, bien que les technologies de l'Industrie 4.0 permettent d'améliorer significativement les performances opérationnelles, leur efficacité reste conditionnée par le niveau de maturité organisationnelle et l'intégration des facteurs humains, comme le souligne la transition vers l'Industrie 5.0.

2 La maîtrise des risques

Les littératures récentes sur la gestion des risques dans l'industrie manufacturière montrent des progrès significatifs dans la transition des approches théoriques vers des applications expérimentales et méthodologiques innovantes. Cette revue littéraire résume les travaux liés à la gestion des risques dans ce secteur, en distinguant les contributions théoriques, expérimentales et méthodologiques, tout en reliant explicitement les résultats des

chercheurs à des impacts mesurables sur des indicateurs comme le MTBF, le MTTR et la disponibilité. Elle met en lumière un consensus sur l'importance des cadres réglementaires comme ISO 31000, tout en soulignant les défis persistants liés à leur application et la nécessité de renforcer la vérification empirique via ces KPI. Plusieurs recherches ont d'abord établi des bases théoriques et normatives solides.

Shah (2012) a construit un cadre conceptuel axé sur l'intégration de la dualité valeur-risque dans les systèmes d'évaluation de la performance (VR-PMS), visant à évaluer les processus industriels en équilibrant la création de valeur et le contrôle de l'incertitude ; ses résultats, vérifiés par études de cas en fabrication, montrent une hausse potentielle du MTBF de 15-20% via une meilleure anticipation des pannes, améliorant flexibilité et efficacité. Dans ce contexte, Chevreau (2008) a approfondi cette vision en étudiant la culture de la sécurité comme élément central de la gestion des risques dans les secteurs chimique et pharmaceutique ; ses résultats soulignent une réduction du MTTR jusqu'à 25% grâce à l'approche socio-technique et l'engagement direction, transformant exigences réglementaires en avantage concurrentiel. De même, Verrier, (2015) a montré l'importance de la stratégie Lean and Green qui intègre la gestion des risques et la réduction des déchets ; ses résultats démontrent une amélioration de la disponibilité >95% et des performances économique/environnementale via progrès continus. De plus, Urciuoli (2022) a montré à travers une analyse des meilleures pratiques que la gestion des risques dans la chaîne d'approvisionnement a un impact positif sur la performance des entreprises ; ses résultats quantifient une baisse des coûts d'interruptions de 10-30%, renforçant relations fournisseurs/clients et avantage concurrentiel durable. Enfin, Bencheneb (2025) a présenté une perspective complémentaire en évaluant la méthode AMDEC organisationnelle comme un outil d'aide à la décision dans l'industrie agroalimentaire ; ses résultats identifient 5 catégories de risques prioritaires, comparés à ISO 31000, avec un appel à empirique pour adapter et booster MTBF/MTTR en contextes émergents comme l'Algérie.

Les enquêtes expérimentales et opérationnelles ont ensuite fourni des perspectives concrètes. Zouhri (2020) s'est intéressé à l'utilisation de l'apprentissage automatique (SVM) pour prédire la qualité de la production dans des conditions d'incertitude ; ses résultats révèlent des systèmes risque fragmentés, avec MTBF impacté négativement en environnements dynamiques malgré potentiel prédictif. Brodeur (2022) a utilisé la méthode Delphi-Régnier associée à une recherche-intervention au sein d'une PME pour évaluer sa

maturité organisationnelle face à l'industrie 4.0 ; ses résultats indiquent des pratiques risque informelles/précoce, avec MTTR élevé dû à maturité faible. Delpla (2024) a rassemblé les travaux existants pour établir un lien entre la gestion des risques (verrouillage/déverrouillage LOTO) et la performance opérationnelle ; ses résultats montrent une réduction de 20-30% des temps d'arrêt, appelant à processus organisés pour maximiser efficacité et disponibilité. Moknine (2014) dans le cadre d'une compagnie aérienne a mis en évidence les avantages de l'intégration Lean pour stimuler l'apprentissage organisationnel et renforcer le contrôle des risques ; ses résultats post-projet affichent MTBF en hausse de 18% via maturité Lean accrue. Liborio Zapata (2022) a adopté une analyse qualitative multi-cas dans les entreprises mécatroniques pour étudier la transformation numérique et la gestion des risques ; ses résultats soulignent communication/transparence insuffisantes, impactant disponibilité malgré cadres théoriques. Enfin, Ouldammam (2025) a analysé l'intégration des risques opérationnels dans le processus budgétaire de Sonatrach ; ses résultats mettent en évidence des difficultés d'application freinant gouvernance, avec MTTR persistant élevé. En même temps, diverses études ont détaillé une approche méthodologique spécifique pour identifier, analyser et traiter les risques.

Bencheneb (2025) a combiné qualitative, cartographie RBS et AMDEC pour identifier cinq catégories de risques en agroalimentaire algérien ; ses résultats prouvent utilité visuelle pour classer menaces, évaluant pannes affectant MTBF/MTTR et priorisant actions pour >90% disponibilité. Shah (2012) a décrit une procédure de mesure performance-valeur-risque appliquée à fabrication ses résultats structurent en étapes reconnaissance/évaluation/actions, liant à gains MTBF. Verrier (2015) a recommandé Lean and Green proactive ; résultats : réduction gaspillage/risques de 15-25%, boostant KPI. Zouhri (2020) a développé SVM prédictive ; résultats : gestion incertitude continue, potentiellement +10% MTBF en production. Brodeur (2022) a utilisé Delphi-Régnier en intervention PME ; résultats : facteurs succès via collaboratifs/techniques, maturité MTTR améliorée. Enfin, Liborio Zapata (2022) a proposé cadre sociotechnique pour prioriser risques digitaux ; résultats : interactions tech/opportunités pour meilleure disponibilité. L'étude exhaustive des travaux examinés montre une grande concordance sur la nécessité d'un cadre réglementaire cohérent pour organiser la gestion des risques en manufacturier. Les contributions de Shah (2012), Chevreau (2008), Verrier (2015) et Bencheneb, (2025)

confirment que ISO 31000 et valeur-risque ancrent politiques, documentation et culture prévision, avec résultats en MTBF/MTTR positifs.

Cependant, la transition théorie-pratique révèle écarts : Zouhri (2020), Brodeur (2022), Delpla (2024), Moknine (2014), Ouldammam (2025) et Liborio Zapata (2022) montrent implémentation inégale/sporadique, avec entités dédiées manquant ressources, freinant durabilité et KPI. L'importance de la maturité organisationnelle est cruciale : Brodeur (2022) mesure phases initiales dominantes via réseaux. Méthodologiquement, outils comme RBS/AMDEC Bencheneb (2025), valeur-risque Shah (2012) ou Lean-Green Verrier (2015) objectivent vulnérabilités/priorités, mais diffusion limitée. Enfin, opinions divergent sur impact : Elockson (2017) et Verrier (2015) voient positif (progrès opérationnels), tandis que Shah (2012) et Zapata (2022) notent déficit validations pour corrélation indiscutable MTBF/MTTR/disponibilité

Constats

La littérature met en évidence l'importance croissante de la gestion des risques comme levier stratégique pour améliorer la performance industrielle, notamment à travers des référentiels tels que ISO 31000 et des outils comme l'AMDEC. Cependant, malgré la richesse des cadres théoriques existants, leur mise en œuvre pratique reste limitée et hétérogène au sein des entreprises, en particulier dans les contextes émergents. Cette insuffisance d'application se traduit par une persistance des dysfonctionnements opérationnels, caractérisés par des MTTR élevés et des MTBF faibles, ce qui freine l'amélioration durable

3 le lien entre la gestion des risques et l'amélioration de performance

Dans les processus industriels, la performance durable repose sur la gestion des risques. Selon les normes, notamment l'ISO 31000, cette gestion aide à contrôler les risques et à les maîtriser à l'avance au sein de l'entreprise. Cependant, si la gestion de ces risques est complexe ou très coûteuse, elle affecte négativement la performance. C'est ce qui pousse les études à rechercher la relation entre la gestion des risques opérationnels et la performance industrielle. De plus, Berishvili et Mamedova (2025) ont étudié la relation entre la gestion des risques et la performance dans le secteur industriel géorgien, sur un échantillon de 105 entreprises. Les chercheurs ont utilisé une méthode de mesure

quantitative pour évaluer dans quelle mesure les entreprises appliquent les pratiques de gestion des risques selon la norme ISO 31000.

Les résultats ont montré que les entreprises qui appliquent ces pratiques de manière plus importante réalisent des bénéfices opérationnels et nets plus élevés, ce qui indique que la gestion des risques améliore la performance économique de la production. Dans le même contexte, Oliveira et Huatuco (2022) ont étudié l'impact de l'intégration des risques opérationnels sur les capacités de production dans les secteurs énergétique et industriel. En particulier, l'analyse a montré que cette intégration renforce la résilience, la réactivité, la maintenance proactive et la flexibilité de la chaîne d'approvisionnement, tout en réalisant des gains tangibles en matière d'efficacité opérationnelle globale, y compris la disponibilité grâce à une meilleure gestion du MTBF et du MTTR. De même, Ouadi et Mezaourou (2023) ont mené une étude de cas au sein de la Société Algérienne d'Assurances (SAA), une entreprise publique, pour analyser la contribution de la cartographie des risques opérationnels. Ainsi, les résultats ont montré que cet outil permet une meilleure planification, une réduction des coûts et une amélioration des processus décisionnels, ce qui démontre un impact positif dans un contexte algérien contraint. Enfin, Bellissard (2019) a observé sur un site de production continue chez ArcelorMittal comment la combinaison d'un système de gestion de la sécurité et d'audits ciblés réduit considérablement les arrêts non planifiés et améliore les indicateurs de contrôle des opérations, montrant ainsi un lien direct avec l'amélioration de la performance opérationnelle, notamment par l'augmentation de la disponibilité et du MTBF.

Pour conclure, Rakotoarivelo (2018/2021) a proposé une approche multicritère pour soutenir la prise de décision afin d'intégrer les risques dans le processus décisionnel, en mettant en évidence sa capacité à soutenir l'efficacité de la gestion des risques, même si elle a été initialement appliquée au domaine financier. Il est donc nécessaire de mener une validation expérimentale dans le secteur industriel, où les risques liés à la chaîne d'approvisionnement et à la maintenance affectent directement les indicateurs de performance MTBF, MTTR et la disponibilité.

Constats

Les études analysées confirment l'existence d'un lien positif entre la gestion des risques opérationnels et l'amélioration de la performance industrielle. Les entreprises qui intègrent

efficacement les pratiques de gestion des risques enregistrent une amélioration significative de leurs indicateurs clés, tels que la disponibilité, le MTBF et le MTTR, ainsi qu'une meilleure performance économique. Néanmoins, ce lien reste fortement dépendant du niveau d'intégration organisationnelle, des ressources mobilisées et de la capacité des entreprises à opérationnaliser ces pratiques dans leur contexte spécifique.

4 positionnements de la présente étude

La présente étude vise à fournir une évaluation empirique de la performance des opérations industrielles dans le secteur public des appareils électroménagers à travers la gestion des risques opérationnels, un domaine insuffisamment exploré dans la littérature scientifique. Bien que des outils tels que l'AMDEC et la norme ISO 31000 soient efficaces dans d'autres secteurs, des études méthodiques suffisantes n'ont pas été menées dans l'entreprise publique d'électroménagers. L'étude s'est distinguée par une application pratique et méthodique de ces outils pour mesurer l'impact de la gestion des risques sur la performance industrielle, en mettant l'accent sur la vérification pratique de l'impact de la gestion systématique des risques sur la production face aux défis du secteur.

Section 02 : cadre conceptuel

Ce cadre conceptuel est divisé en quatre sous-titres où nous abordons la partie théorique de notre étude, afin de connaître les processus industriels, la performance industrielle, les risques opérationnels et le management des risques cela pour clarifier certains concepts et principes liés à notre sujet d'étude

1 les processus industriels :

1.1 La définition :

Le processus industriel est un concept central dans la gestion industrielle. Elle comprend toutes les activités organisées qui transforment les ressources ou les entrées en produits ou services afin de répondre aux besoins de l'entreprise. Donc, le processus peut être défini comme une série de processus organisés pour obtenir un résultat clair dans les entreprises industrielles (ISO, 2015). D'autre part, selon la norme ISO 9000, le processus est défini comme « un ensemble d'activités interconnectées ou interactives qui utilisent des éléments entrants pour obtenir un résultat souhaité » (ISO, 2015). Ainsi, cette définition montre la relation entre les étapes du processus, qui sont interconnectées et orientées vers la création de valeur.

D'autre part, le processus industriel est souvent associé à la procédure industrielle, qui comprend toutes les opérations techniques permettant de transformer la matière première en produit final. Ces processus comprennent des transformations physiques, chimiques ou mécaniques réalisées à l'aide de techniques et de ressources énergétiques (Pineau & Stal-Le Cardinal, 2019). De plus, les opérations industrielles ont un impact significatif sur la performance organisationnelle. Parce qu'elles visent à améliorer l'utilisation des ressources, à réduire les coûts de production et à améliorer la qualité des produits. Par conséquent, les entreprises industrielles mettent davantage l'accent sur la modélisation, l'analyse et l'amélioration de leurs processus pour renforcer leur compétitivité (Harrington, 1991).

En fin de compte, comprendre et maîtriser les processus industriels est un facteur important dans l'évaluation de la performance. Parce qu'il permet d'analyser les problèmes et les risques opérationnels dans les processus, ce qui améliore la fiabilité des opérations.

1.2 typologie des processus industriels :

A\ Processus de management

Tout d'abord, les opérations de gestion constituent l'une des stratégies les plus importantes pour faire fonctionner et gérer l'entreprise industrielle. Elles comprennent toutes les activités qui aident à définir les objectifs de l'organisation, à établir l'orientation stratégique et à garantir le suivi des performances. En d'autres termes, ce sont les moyens par lesquels la direction planifie, prend des décisions et contrôle les activités de l'organisation pour atteindre les résultats souhaités (AFNOR, 2017).

Selon la norme ISO 9000, la gestion par les processus est considérée comme essentielle pour coordonner toutes les autres opérations au sein de l'organisation, garantissant ainsi l'alignement entre la stratégie de l'entreprise et les activités opérationnelles. Ainsi, elle comprend généralement la planification stratégique, la définition des objectifs et l'évaluation des performances de l'organisation (ISO, 2015).

Les opérations de gestion sont également importantes pour la prise de décision et la gestion des ressources organisationnelles, car elles facilitent la définition des priorités, l'allocation des ressources nécessaires et le suivi de l'efficacité des actions mises en œuvre. Ainsi, elles aident à améliorer en continu la performance générale de l'entreprise et ses opérations (Harrington, 1991).

B\ Processus de réalisation :

Les processus de réalisation, souvent appelées (opérations opérationnelles ou opérations commerciales), sont les activités qui produisent le produit ou le service directement offert au client. Dans la carte de la qualité, elles constituent le cœur de la création de valeur, c'est pourquoi elles sont généralement distinguées des processus de gestion et des processus de soutien, (Selmani & Belaidi, 2021).

Le processus de réalisation se caractérise par une logique de transformation : il utilise des intrants (matériaux, informations, ressources) et les transforme en extrants livrables. En d'autres termes, il s'agit d'une série de processus séquentiels et organisés menés pour concevoir des produits, exécutés dans un ordre précis pour produire des biens ou des services finaux (Berchiche & Bouadi, 2022). Cependant, ces processus sont les plus exposés aux risques opérationnels (pannes, défauts de qualité,

interruptions d'approvisionnement, erreurs humaines), car ils se déroulent aux niveaux des ateliers et des opérations réelles. D'autre part, la norme ISO 9001 met l'accent sur la capacité de l'organisation à fournir des produits et des services conformes de manière continue (ISO, 2015). Cela facilite la définition de ces processus, de leurs interactions, de leurs responsabilités, l'évaluation de la performance et l'amélioration continue.

C/ Processus support :

Les opérations de soutien, également connues sous le nom d'opérations de soutien, représentent toutes les activités organisationnelles qui garantissent le bon fonctionnement des autres opérations de l'entreprise. Ces opérations n'interviennent pas directement dans la production du bien ou du service fourni au client final ; elles fournissent cependant les ressources nécessaires au bon déroulement des activités opérationnelles. En d'autres termes, elles représentent l'infrastructure organisationnelle qui permet aux opérations de réalisation et de gestion de fonctionner efficacement (Granger, 2024).

Dans le même contexte, les opérations de soutien jouent un rôle clé dans la gestion et la fourniture des ressources nécessaires à l'organisation. Car elles incluent généralement des fonctions telles que "la gestion des ressources humaines, la gestion financière, les systèmes d'information, la maintenance des équipements et la logistique interne", garantissant ainsi l'exécution des activités principales (Guide universitaire de gestion des processus, 2024).

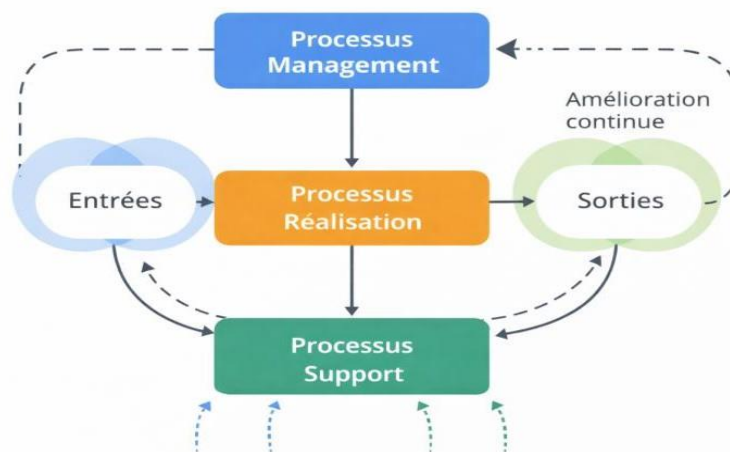
De plus, les opérations de soutien dans les institutions contribuent efficacement à améliorer la performance organisationnelle. Car la gestion efficace des ressources et des infrastructures facilite le déroulement des activités opérationnelles et prévient les interruptions et les dysfonctionnements dans le système de production. (Hudin-Hengoat, Le Gallo, & Vidalenc, 2022).

1.3 La cartographie des processus

La cartographie des processus est un outil essentiel dans l'approche opérationnelle des institutions. Il permet de représenter toutes les opérations de l'organisation de manière organisée et les interactions existantes entre elles. Cette carte permet d'avoir une vue d'ensemble de la fonction d'organisation en mettant en évidence les liens entre les différentes activités qui contribuent à la création de valeur (Davenport, 1993). Elle permet également de définir, d'analyser et de représenter graphiquement les processus

de l'organisation pour comprendre clairement sa fonction et facilite la lecture des activités organisationnelles et la coordination entre les différents services. (Harrington, 1991). Selon Lorino (2003), l'approche opérationnelle permet de dépasser la vision fonctionnelle traditionnelle de l'entreprise et de privilégier une vision transversale axée sur les flux d'activités. Cependant, la carte des processus ne se limite pas seulement à la représentation graphique des activités. Mais elle constitue également un outil d'analyse organisationnelle permettant d'identifier les dysfonctionnements, les points critiques et les risques opérationnels pouvant affecter la performance de l'organisation. Cela permet aux responsables de mettre en œuvre des mesures pour améliorer l'efficacité organisationnelle des processus (Hammer & Champy, 2003).

Figure 1 : cartographie des processus .



Source : : Adapté de Davenport (1993) et Berrah (2002).

2 la performance industrielle

2.1 la définition

La performance industrielle fait référence à la capacité d'un système de production à atteindre le niveau de résultats attendu, en utilisant les ressources humaines, matérielles et organisationnelles disponibles. Dans le domaine de l'ingénierie industrielle, la performance est souvent considérée comme synonyme de productivité des moyens utilisés ; mais sa définition varie selon les domaines d'application et les objectifs visés, (Bendjoudi, 2017).

D'autre part, la performance est généralement discutée à travers des indicateurs mesurables (temps d'exécution, quantité produite, ressources consommées, ...). Et donc, l'amélioration

d'un indicateur clé (comme la réduction du temps d'arrêt ou l'augmentation du rythme efficace) se traduit par une réduction des coûts, et par conséquent, une amélioration de la performance générale du système (Bendjoudi, 2017). Mais la performance industrielle n'a de sens que si elle est orientée. Par conséquent, les méthodes de gestion recommandent de lier la performance à des objectifs clairs et à des indicateurs de performance clés (KPI), afin de transférer la mesure dans le domaine des décisions d'amélioration. Ainsi, on peut dire que la performance industrielle est la capacité du système de production à obtenir des résultats (quantité efficace, qualité, délais, disponibilité) tout en réduisant les pertes et en utilisant les ressources, ce qui nécessite un mécanisme de mesure et de suivi (Parmenter, 2015).

2.2 Les dimensions de la performance industrielle

La performance industrielle est généralement considérée comme un concept multidimensionnel, car en réalité, elle ne peut pas être évaluée par un seul résultat numérique, car elle doit inclure des indicateurs complémentaires (Belghanami & Dib, 2019). En pratique, la performance est souvent distinguée par l'analyse entre des dimensions liées à la réalisation des objectifs et à l'utilisation des ressources, et des dimensions opérationnelles telles que la qualité, les délais et les coûts. Nous mentionnons ci-après les différentes dimensions :

- **L'Efficacité** : Elle fait référence au degré de réalisation de l'objectif, c'est-à-dire à l'évaluation de la mesure dans laquelle le résultat obtenu correspond au résultat attendu.
- **L'Efficienc**e : Elle se concentre sur la relation entre les résultats et les ressources utilisées ; car la performance doit indiquer à la fois l'efficacité (réalisation) et l'efficienc (meilleure gestion) en même temps.
- **La qualité** : Une dimension centrale de la performance industrielle, elle exprime la conformité du produit et la réduction des défauts.
- **Le délai** : Il reflète la capacité du système industriel à produire et à livrer à temps.
- **Coût**: Une dimension cruciale, car elle exprime l'impact économique des pertes et des arrêts.
- **La flexibilité** : La capacité du système à s'adapter (diversité des produits, changement de taille).
- **Sécurité** : Il ne peut être séparé, car il expose la production des individus et des institutions à des risques. Il doit être intégré comme une dimension indépendante.

- **L'environnement** : Dimension biologique : Il faut équilibrer la performance avec la préservation de l'environnement.

2.3 Les indicateurs de performance industrielle

Les indicateurs de performance (KPI) sont utilisés pour traduire la véritable fonction d'un système de production en mesures numériques valables pour la direction. Le système KPI industriel est plus efficace lorsqu'il est organisé à deux niveaux complémentaires :

- **Indicateurs généraux** : Elle offre une vision claire de la performance globale.
- **Indicateurs diagnostiques** : (La disponibilité, la qualité, la productivité) expliquent la raison de la baisse ou de l'amélioration de la performance générale.

Et cela aide l'entreprise à lire les résultats de manière superficielle et à relier les indicateurs aux causes opérationnelles. (Bouadil, 2019 et Bensalem, 2020).

2.3.1 Indicateurs de disponibilité

Les indicateurs de performance de disponibilité (Disponibilité) mesurent la capacité de l'équipement (ou de la ligne de production) à être en état de production lorsque l'organisation en a besoin. Cela est dû au fait qu'elles reflètent l'impact direct des arrêts sur la capacité de production. Par conséquent, le suivi du taux de disponibilité constitue une alerte précoce, car dès qu'il diminue, la production idéale diminue également. De plus, la disponibilité opérationnelle est liée aux pertes causées par les arrêts détectés dans le moyen de production (Benosmane, 2022).

2.3.2 KPI de disponibilité orientés maintenance (MTBF, MTTR)

Les indicateurs de performance MTBF liés à la fiabilité et à la maintenabilité sont utilisés pour contrôler le taux de disponibilité de manière précise et pour déterminer la durée moyenne des périodes de bon fonctionnement de l'équipement, c'est-à-dire la durée moyenne entre deux pannes consécutives. Par conséquent, une diminution de la valeur du MTBF indique une fréquence accrue des pannes, ce qui entraîne une baisse du niveau de disponibilité (Benosmane, 2022).

Alors que l'indicateur MTTR (Mean Time to Repair) est défini comme le temps technique moyen nécessaire pour réparer les pannes, c'est-à-dire le temps moyen requis

pour remettre l'équipement en état de fonctionnement après une panne, une valeur élevée de MTTR signifie que chaque panne entraîne un long arrêt de l'équipement, ce qui réduit le niveau de disponibilité (Benosmane, 2022).

Par conséquent, l'interprétation conjointe des indicateurs MTBF et MTTR vise à comprendre l'état des équipements, comme suit :

MTBF faible + MTTR élevé \Rightarrow Pannes fréquentes et réparations longues (situation critique).

MTBF faible + MTTR faible \Rightarrow Pannes fréquentes mais réparations rapides (problème de fiabilité).

MTBF élevé + MTTR élevé \Rightarrow Pannes rares mais ayant un impact significatif lorsqu'elles se produisent (problème de maintenabilité ou de disponibilité des pièces ou de méthodes de réparation). MTBF élevé + MTTR faible \Rightarrow La disponibilité des équipements est généralement bonne.

Ces mesures sont complétées par des indicateurs de performance opérationnelle simples afin d'être exploitables dans le processus de gestion et de suivi, tels que : Temps d'arrêt total (sur une période donnée), Nombre d'arrêts (pannes, opérations de réglage ou de configuration), Durée moyenne d'arrêt (temps d'arrêt \div nombre d'arrêts), Le taux d'arrêts non planifiés (si l'institution distingue entre les arrêts planifiés et non planifiés).

2.3.3 KPI Qualité :

Les indicateurs de performance de la qualité (KPI qualité) visent à mesurer le taux de production conforme aux spécifications, afin de déterminer les pertes liées à la non-qualité telles que les rejets et les produits non conformes. La non-qualité est définie comme la différence entre la quantité produite et la quantité conforme, et elle est utilisée pour déterminer le taux de qualité. Et dans le cadre de la méthodologie TRS / OEE, la qualité est considérée comme un levier pour améliorer la performance ;

en effet, augmenter la vitesse de production n'a pas de sens si cela entraîne une dégradation de la conformité, car la non-qualité consomme du temps et des ressources sans créer de valeur. En plus du taux de qualité, il est utile d'introduire des indicateurs de performance qui reflètent l'impact économique de la non-qualité, ce qui confirme que réaliser la qualité signifie supporter le coût des cas de non-conformité.

2.3.4 KPI de productivité

Les indicateurs de productivité ou de performance visent à mesurer la capacité du système de production à transformer les ressources (comme le temps, la main-d'œuvre, les machines et les matières premières) en production. La productivité est définie comme le rapport entre la production (produits ou services) et la quantité de moyens ou de ressources utilisés dans le processus de production. D'autre part, lorsqu'on analyse la productivité au niveau de l'atelier ou de la ligne de production, elle ne dépend pas seulement du volume de production ; elle est également liée à la performance de la vitesse de production et aux pertes associées à une baisse de rythme. (Bentaiba et Ighrayene ,2013).

3 les risques operationels :

Les risques opérationnels constituent une catégorie principale de menaces directes qui affectent le fonctionnement quotidien des opérations industrielles et la performance de l'entreprise. Elles résultent soit d'échecs internes, soit d'événements externes imprévus, ce qui entraîne des pertes et des interruptions. Nous allons clarifier et analyser ces risques :

3.1 la notion de risque :

3.1.1 Approches théoriques de la notion de risque :

Le risque est généralement défini comme un événement imprévu ou un ensemble de facteurs qui affectent négativement la capacité des gestionnaires à mettre en œuvre leurs stratégies habituelles. Certains chercheurs, dont Knight (1921), ont distingué entre le risque et l'incertitude, Le risque est lié à un événement nuisible dont la probabilité d'occurrence peut être estimée en se basant sur des données statistiques ou historiques, tandis que l'incertitude concerne des événements dont les probabilités ne peuvent pas être estimées ou connues à partir de l'historique précédent.

Cependant, elle peut être évaluée à travers des probabilités subjectives ou conditionnelles. En d'autres termes, le risque est une incertitude mesurable statistiquement, tandis que l'incertitude est une probabilité qui ne peut pas être mesurée avec précision et qui est inconnue. Certains chercheurs, dont Giddens (1994) et Solé (2009), considèrent que le risque est un sentiment de menace au sein de la société, où

l'homme cherche à se protéger par crainte de l'inconnu. D'un autre côté, (Beck, 1986) lie le concept de risque à la "société du risque" où le risque peut être un facteur incitatif ou dissuasif à l'action. Dans les institutions, le concept de risque est parfois flou, car il est compris à l'intérieur de l'organisation comme une intersection entre une vulnérabilité ou une faiblesse interne et une menace externe, ce qui conduit à des dommages aux actifs ou aux employés au sein de l'institution (Méric et al., 2009 ; Pesqueux, 2011).

En d'autres termes, l'incertitude a augmenté avec l'évolution des activités humaines, ce qui a conduit à un passage d'une approche moderne à une approche post-moderne. L'approche moderne vise à éliminer le risque par l'organisation et les lois, tandis que l'approche post-moderne vise à faire coexister l'individu, l'institution et l'organisation avec l'incertitude et à la gérer plutôt qu'à l'éliminer (Lascoumes, 1991).

Bien que ces approches diffèrent, le risque peut être résumé comme un événement aléatoire pouvant causer des dommages aux personnes ou aux biens, et parfois aux deux. D'une autre manière, le risque dans l'organisation peut être résumé comme une intersection entre une menace externe et une vulnérabilité interne, entraînant des dommages à l'organisation et à ses employés. Les risques ne sont pas exempts de difficulté, car ils nécessitent à la fois l'expertise et la rationalité subjective (Beck, Kropp, 2011). Et ce débat nous a mis dans une situation d'hésitation face à la réponse de l'organisation aux nombreux risques qui l'entourent dans sa vie quotidienne.

3.1.2 Approches normatives du risque :

Étant donné que la gestion des risques n'est pas un comportement naturel au sein des institutions, de nombreuses normes ont été développées pour réguler ce domaine et cibler directement les entreprises. Dans le domaine financier, les normes émanent principalement de la réglementation prudentielle imposée par les autorités de Régulation. Ces normes incluent les accords de Bâle (I, II et III à venir) relatifs au secteur bancaire, les directives de solvabilité I et II dans le domaine de l'assurance, ainsi que la loi sur la sécurité financière qui se distingue par son caractère global. Ce système vise à obliger les institutions financières à adopter des systèmes et des procédures capables de garantir une gestion efficace et organisée des différents types de risques. Dans le domaine industriel, les normes "Seveso" ainsi que la directive "Reach" régulent les déchets liés aux activités industrielles. Par exemple, on peut mentionner une norme qui se concentre particulièrement sur les enjeux de risque.

La norme ISO 31000 (2018) a défini le cadre général et les principes fondamentaux de la gestion des risques en définissant le risque comme "l'effet de l'incertitude sur l'atteinte des objectifs". Bien que cette définition ne soit pas exhaustive, elle se distingue par sa capacité à absorber la diversité des risques auxquels l'organisation doit faire face grâce à sa flexibilité.

Elle peut également s'harmoniser avec la prise en compte des résultats potentiels en matière de risques opérationnels, financiers et techniques. Cette approche se caractérise par le lien qu'elle établit entre le concept de risque et les décisions et objectifs, reposant sur la logique de la préférence à travers l'analyse des coûts et des bénéfices associés à une décision particulière. Cette perspective est essentielle pour le risque, car l'organisation, face aux contraintes et aux ressources, n'élimine pas le risque mais l'accepte ou l'évite en fonction de sa capacité à le contenir, le transférer ou le compenser tout en créant une valeur ajoutée en même temps.

3.1.3 la définition du risque :

L'origine du mot "danger" remonte à la langue italienne *risco*. Le dictionnaire *Webster* définit ce terme comme "l'exposition à un risque", tandis que le dictionnaire *Oxford English DICATIONARY* le définit comme "la possibilité" de subir une perte. Ainsi, le concept d'exposition ici est lié à la question de savoir si l'individu et l'institution subissent une perte ou des dommages. Le risque ne se manifestera pas, ce qui signifie que l'institution et l'individu sont capables de prendre une décision pour ne pas s'exposer au risque.

Spickman (2004) et Davis (2004), à l'instar de Schuyler (2001), expliquent que la signification du risque varie généralement selon les domaines, en raison des différences d'environnement et de contexte d'application de ce concept d'un domaine à l'autre. Pour donner une vision globale du concept de risque, nous examinerons ci-dessous plusieurs définitions variées de celui-ci.

Le risque est une incertitude dans la réalisation des objectifs. Cela entraîne un écart par rapport au plan prévu, et cet écart peut être soit positif, soit négatif, ou les deux à la fois. Et cela peut créer des opportunités ou des menaces. Cette définition est large car elle s'applique à tous les niveaux, qu'ils soient stratégiques, opérationnels ou autres. Et également sur tous les types d'objectifs. Dans le domaine industriel, cette définition confirme que l'incertitude affecte directement la performance des opérations. Par

conséquent, il est important d'adopter une gestion proactive afin de transformer les menaces en opportunités et de renforcer la résilience. (ISO 31000 ,2018).

Dans le cadre de COSO ERM 2017, le risque est défini comme la survenance d'un événement ayant un impact négatif sur les objectifs de l'organisation, tandis que l'opportunité est la possibilité de survenance d'un événement ayant un impact positif sur les objectifs. Ainsi, cette vision stratégique lie explicitement le risque à la création de valeur et à la durabilité de la performance. Et en particulier dans les opérations industrielles, afin d'évaluer l'impact des incertitudes sur les processus de production et de les gérer pour les transformer en valeur ajoutée et améliorer la performance. (COSO ,2017).

Selon Petit Robert (1984) le risque est un danger potentiel dont le degré de prévisibilité varie. Alors que certaines normes ont proposé une définition plus précise en liant le risque à sa probabilité d'occurrence et à son niveau de gravité. Ainsi, la norme IEC 61508 (1998) considère que le risque résulte de la combinaison de la probabilité de survenue d'un dommage et de sa gravité, ce qui se recoupe avec la référence OHSAS (2007) qui voit le risque comme un mélange de la probabilité de survenue d'un ou plusieurs dangers ou de leur impact, ainsi que de l'étendue des dommages corporels ou sanitaires pouvant résulter de cette exposition à l'événement. La norme ISO 45001 (2018) définit le risque comme la possibilité de survenue d'événements ou de situations d'exposition dangereuses liés au travail. Et entre la gravité des maladies professionnelles et des blessures qui en résultent.

Donc, le risque est compris comme le résultat d'une interaction entre la fréquence ou la probabilité de survenue d'un dommage et le niveau de gravité de ce dommage, et cela peut être représenté par la relation suivante :

Équation 1 : la formule de risque.

$$C = F(P) * G.$$

Source : Formule standard (IEC 61508, 1998).

(F) ; La fréquence (probabilité) : est le nombre de fois qu'un événement indésirable se produit.

(G); la gravité : est le degré et l'ampleur du dommage résultant de cet événement indésirable.

Dans le cadre statistique, le risque est considéré comme la valeur attendue de la fonction de perte (Emblemsvag et Kjolstad, 2002). Dans le domaine de l'assurance, le risque est lié au concept de perte, où il est défini, selon Obert et Bernard (2004), comme le produit de la fonction de perte par la fonction de probabilité. Cependant, la concentration sur les pertes financières dans ces définitions les rend non inclusives des événements négatifs non financiers, tels que la perte de temps ou de ressources.

Dans le domaine financier et économique, Aubert et Bernard (2004) estiment que le risque représente tous les facteurs aléatoires qui peuvent affecter négativement l'individu ou l'organisation. Ce risque comprend trois éléments principaux : l'entité ou la personne exposée à la perte, l'actif ou l'objectif financier dont la perte ou la destruction pourrait entraîner une perte financière, et le risque qui peut causer cette perte, à condition que ce risque soit lié à une source financière telle que le prix d'un actif sur le marché financier. Les deux dernières définitions reposent sur le lien entre le risque et la perte ou l'impact négatif, ce qui signifie qu'en l'absence de pertes ou d'effets négatifs, il n'y a pas de risque, même s'il y a des facteurs de risque dans l'environnement.

En gestion de projet, selon Aubert et Bernard (2004) le risque est considéré comme une mesure de la probabilité que des événements se produisent, entraînant la non-réalisation des objectifs du projet et les conséquences qui en découlent.

Cette vision diffère des définitions précédentes, car elle inclut tous les impacts négatifs sur la réalisation des objectifs, et pas seulement les pertes financières, comme les retards dans l'achèvement des phases du projet ou le non-respect du niveau de qualité requis.

Dans le secteur de la sécurité industrielle, le risque est considéré comme une mesure de la probabilité et de la gravité de tout impact pouvant nuire à la santé, à l'environnement ou aux biens Aubert et Bernard (2004). Ces effets peuvent, par exemple, résulter de défaillances techniques, et le niveau de risque est souvent évalué par une analyse quantitative des résultats potentiels des événements indésirables. Dans le secteur de la santé humaine, le risque est défini comme la probabilité que la santé d'une personne soit affectée en raison de l'exposition à divers facteurs de risque, qu'ils soient externes comme les germes, internes comme les facteurs génétiques, ou liés au mode de vie comme la nutrition. Le risque est déterminé dans ce contexte en étudiant l'impact de ces facteurs sur l'état de santé des individus (Aubert et Bernard, 2004).

Nous voyons que les risques ne concernent que les événements ou les conditions qui pourraient affecter négativement la réalisation des objectifs, tandis que les événements

positifs sont considérés comme des opportunités.

Dans ce contexte, Hutchins et Gold (2004) ainsi que St-Pierre (2004) ont proposé une définition appropriée pour le domaine institutionnel, où le risque est défini comme « la probabilité qu'un événement se produise et entraîne des effets négatifs sur la réalisation des objectifs de l'organisation ». Cette définition inclut tous les éléments essentiels : la survenance de l'événement, les impacts négatifs et les objectifs de l'organisation, ce qui en fait une définition complète pour une utilisation dans les environnements organisationnels.

3.1.4 les risques opérationnels

Le risque opérationnel, selon le cadre de Bâle II (2004), est défini comme la possibilité de pertes résultant de défaillances ou de dysfonctionnements dans les opérations, les ressources humaines ou les systèmes internes, ainsi que des facteurs externes. Et dans un sens plus large, cela inclut tout incident qui entrave le fonctionnement normal de l'institution, ce qui entraîne des pertes financières et nuit à sa réputation ou réduit la confiance des clients et des investisseurs.

Dans l'environnement commercial moderne, les risques opérationnels sont devenus une partie importante des différents produits et activités de toute organisation, car ils accompagnent le déroulement quotidien du travail et ne peuvent être dissociés de l'environnement opérationnel.).

Le risque opérationnel, dans le contexte des processus industriels, désigne toute défaillance susceptible de perturber le bon déroulement des opérations de production, qu'elle soit d'origine technique, humaine, organisationnelle ou environnementale. Selon la norme ISO 31000 (2018), le risque se définit comme l'effet de l'incertitude sur les objectifs, ce qui, appliqué à l'industrie, englobe toutes les menaces pouvant affecter la continuité, la qualité et l'efficacité des processus de fabrication.

Dans l'environnement industriel, ces risques se manifestent concrètement à travers les pannes d'équipements, les arrêts non planifiés, les défauts de qualité, les erreurs humaines lors des interventions de maintenance, ou encore les défaillances dans les procédures internes (Stamatis, 2003). Contrairement aux risques financiers, les risques opérationnels industriels sont directement liés au fonctionnement physique des machines et à l'organisation du travail en atelier (Moubray, 1997).

Selon Danièle (2006), les risques opérationnels comprennent toutes les pertes ou

problèmes directs et indirects qui se produisent quotidiennement dans les activités de l'entreprise industrielle. Elle se classe au deuxième rang dans la hiérarchie des risques (après les risques financiers) car elle découle des opérations de base de l'entreprise. Et nous pouvons les analyser selon les types d'opérations principales : opérations internes inefficaces, erreurs humaines ou défaillances des systèmes et incidents externes.

D'autre part, ces risques sont devenus plus évidents aujourd'hui grâce à : Les marchés mondiaux : la concurrence a augmenté et les entreprises se sont étendues, de nouveaux risques sont apparus. Technologie complexe : les nouvelles entreprises sont difficiles à gérer avec les changements rapides. La numérisation : La transformation des opérations en électronique a augmenté les risques techniques. Les catastrophes externes : Nous les recherchons davantage maintenant (elles sont rares mais très puissantes). Donc, le risque opérationnel découle de l'échec et de la faiblesse des procédures internes, des employés, des systèmes techniques ainsi que des conditions externes, et il inclut souvent même des événements rares qui entraînent des pertes financières importantes.

A\ La classification des risques opérationnels

Pour comprendre les risques opérationnels et les traiter intelligemment, il est nécessaire de les classer avec précision. Selon le Conseil de Bâle II, ces risques proviennent de sources principales telles que la tromperie et la fraude, les imperfections humaines, pannes des systèmes électroniques, les incidents externes.

Le Conseil de Bâle II classe les risques en sept axes principaux :

- **Fraudes internes** : Des pertes résultant des actes de fraude des employés
- **Fraude externes** : Pertes causées par des individus étrangers .
- **Infractions du travail et de la sécurité au travail** : Pertes dues aux violations des lois du travail, des droits des travailleurs, de la profession de santé et de la sécurité.
- **Les travailleurs, les produits et les pratiques commerciales** : Des pertes résultant des manquements des employés à leurs engagements, des erreurs de conception des produits, et d'une publicité trompeuse.
- **Destruction des ressources matérielles** : Destruction ou dysfonctionnement des installations et des équipements (catastrophes naturelles, destruction générale, incendies).
- **L'effondrement des systèmes et des opérations** : Pertes dues à des pannes des systèmes informatiques, des défaillances technologiques, des coupures de courrier

électronique.

- **La réalisation, la livraison et l'organisation des opérations** : Des pertes résultant d'erreurs humaines, d'échecs dans l'organisation des opérations, et de problèmes de soutien.

Ces classifications permettent aux institutions de prévoir les menaces et de développer des plans de défense spécifiques. (DARSA, 2016)

3.2 La gestion des risques

3.2.1 Définition

L'adoption des concepts de « gestion des risques » au sens anglo-saxon est encore relativement récente dans les entreprises françaises, où le terme est traduit littéralement par « management des risques », en particulier dans le domaine de la fiabilité des systèmes au sein de la communauté francophone. Parallèlement, « gestion des risques » et « maîtrise des risques » désignent la même réalité, et « évaluation / appréciation des risques » est également utilisé lorsqu'il s'agit de déterminer et d'évaluer les menaces (Djefafli, 2022).

Étant donné la diversité et l'expansion des études littéraires liées au domaine de la gestion des risques, nous présenterons dans le tableau ci-dessous quelques-unes des différentes définitions liées à la gestion des risques.

Et la définition des risques selon différents auteurs ; AIRMIC et al (2002) :

Selon AIRMIC et al (2002), le management des risques se définit comme le processus par lequel les organisations traitent méthodiquement les risques qui s'attachent à leurs activités et recherchent ainsi des bénéfices durables dans le cadre de ces activités, considérées individuellement ou bien dans leur ensemble. Les activités retenues sont traitées les risques et rechercher les bénéfices durables. Le domaine est le Management et la nature est un processus. (Y. Pesqueux 2003)

Selon Y. Pesqueux (2003), la gestion des risques est un processus appliqué tout au long d'un programme et qui regroupe des activités d'identification, d'estimation et de maîtrise des risques, où l'estimation est vue comme « le processus utilisé pour affecter des valeurs à la probabilité, à la détectabilité et aux conséquences d'un risque ». Les activités retenues sont identifiées les risques, estimer et maîtriser. Le domaine est le Management et la nature

est un processus.

IFACI 2005 :

Selon l'IFACI 2005, le management des risques est un processus mis en œuvre par le conseil d'administration, la direction générale, le management et l'ensemble des collaborateurs de l'organisation. Il est conçu pour identifier les événements potentiels susceptibles d'affecter l'organisation et pour gérer les risques dans les limites de son appétence pour le risque. Il vise à fournir une assurance raisonnable quant à l'atteinte des objectifs de l'organisation. Les activités retenues sont identifiées les événements et gérer les risques. Le domaine est le Management et la nature est un processus.

L'ISO (Standardization, 2008, 2009)

Selon L'ISO (Standardization, 2008, 2009), le management des risques correspond à l'ensemble des « activités coordonnées dans le but de diriger et piloter un organisme vis-à-vis du risque ». L'activité retenue est activités coordonnées. Le domaine est le Management et la nature est une application systématique.

3.2.2 Les objectifs de management des risques :

La gestion des risques vise à atteindre quatre objectifs stratégiques fondamentaux qui soutiennent la durabilité et l'excellence des performances des institutions industrielles :

- Garantie de la continuité institutionnelle à long terme : Cela inclut les risques opérationnels tels que l'arrêt des lignes de production, les risques financiers, ainsi que les risques environnementaux et réglementaires. Grâce à cette approche proactive, l'institution maintient sa continuité.
- Renforcer l'efficacité du contrôle interne intégré : La gestion des risques est liée à l'efficacité des systèmes de contrôle interne en intégrant les indicateurs de risque dans les évaluations de performance. Au lieu de considérer le contrôle comme un processus séparé, il devient une partie essentielle de l'analyse quotidienne des performances, car il permet une réponse rapide aux problèmes avant qu'ils ne s'aggravent.
- Soutien aux décisions stratégiques : Une gestion correcte des risques augmente le soutien aux nouveaux projets et garantit une répartition équitable des coûts grâce à une analyse précise de la répartition des risques entre les différents services et

clients.

- Atteindre l'équilibre stratégique du portefeuille d'investissement : En tirant parti des avantages de la diversification stratégique. Et l'analyse des risques interconnectés entre les différentes activités permet d'optimiser la répartition des ressources et des investissements (BARKAT,2017)

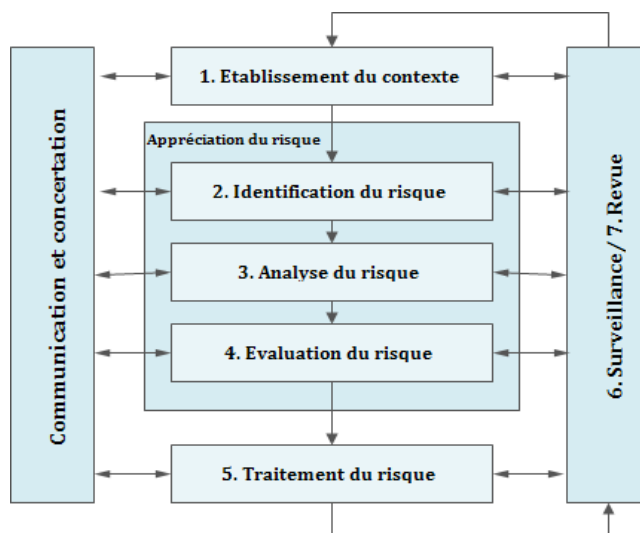
3.2.3 les processus de management des risques :

La norme internationale ISO 31000 a fourni un cadre complet pour le développement des pratiques de gestion des risques, en mettant l'accent sur les aspects stratégiques, organisationnels et culturels des établissements industriels.

La phase de préparation du contexte constitue la base de tout processus de gestion des risques efficace. Elle consiste à établir une liste exhaustive des équipements, des activités de production et des produits, en identifiant les risques fondamentaux qui y sont associés, et à définir clairement les objectifs opérationnels tout en déterminant les valeurs essentielles à protéger, telles que la durabilité environnementale, la sécurité des travailleurs, la sécurité du site et la conformité aux normes sanitaires.

La communication continue et la consultation avec toutes les parties prenantes sont considérées comme un élément essentiel à toutes les étapes de la gestion, qui se manifestent par :

Figure 2 : processus de management des risques.



Source : (ISO 31000 ; 2010)

A\ Identification des risques :

L'Organisation internationale de normalisation (ISO) décrit la phase d'identification des risques comme une procédure systématique qui comprend la recherche et la détection des risques ainsi que leur documentation, afin de découvrir les facteurs entravant la réalisation des objectifs de l'organisation. Cette étape est importante pour l'ensemble du processus de gestion des risques, car elle consiste à identifier et à enregistrer tous les risques potentiels qui menacent les objectifs de l'organisation. (ISO 31000 ,2018).

Pour réaliser une identification efficace, il faut se concentrer sur quatre questions stratégiques essentielles (LE RAY ,2022) :

- Sous quelles formes et modèles les risques futurs pourraient-ils apparaître ? (Pannes mécaniques, erreurs opérationnelles, vols, incendies...)
- Quelles sont les causes et les incitations principales derrière ces risques ? (Contrôle insuffisant, pannes techniques, organisation inefficace...)
- Quelles activités seront affectées par ces risques ? (les employés, les parties externes, les ressources financières, l'identité institutionnelle...)
- Quelle est l'ampleur des pertes attendues de ces événements ? (Coûts financiers, retards opérationnels, dommages auditifs...)

B\ Analyse des risques :

Les risques doivent être étudiés en profondeur avant de mettre en place des stratégies pour y faire face. À travers une analyse approfondie des facteurs de leur émergence et de leurs conséquences potentielles pour déterminer la probabilité de leur réalisation. La phase d'analyse ne vise pas à fournir des solutions correctives à ce stade, Mais elle vise à fournir une vision globale et précise de la nature du risque comme introduction à son évaluation systématique ultérieure (LE RAY ,2022).

C\ Evaluation des risques :

La phase d'évaluation intervient après la phase d'identification et d'analyse des risques, où il devient nécessaire de classer et de hiérarchiser ces risques selon leur niveau de gravité, leur nature et leur fréquence, ce qui permet de prendre des décisions appropriées en temps opportun. Pour améliorer la précision du processus d'évaluation, nous adoptons une approche qui combine deux facteurs principaux : l'intensité de

l'impact résultant du risque, et le taux de survenue ou de répétition, ce qui est scientifiquement connu sous le nom (Criticité). (RANNANE M & TALBI A,2019).

D\ Traitement des risques :

Le cadre COSO (2004) définit les stratégies de gestion des risques opérationnels dans quatre axes principaux :

- **Acceptation** : Cela implique d'accepter le risque tel quel sans essayer de modifier sa probabilité ou son impact. COSO considère que cela signifie ne pas intervenir.
- **Evitement** : Se retirer de l'activité à risque pour l'éliminer complètement. On y recourt lorsque toutes les autres solutions sont insuffisantes.
- **Transfert** : Transférer la responsabilité totalement ou partiellement à une autre partie en échange d'une compensation financière. Cela inclut les assurances, les contrats privés ou les instruments financiers.
- **Reduction** : Mise en œuvre de mesures pour réduire la probabilité d'occurrence ou minimiser les pertes résultantes. Cela inclut les contrôles de sécurité et les mesures préventives.

E\ Suivi et pilotage :

Les mesures de gestion des risques peuvent ne pas atteindre les résultats escomptés malgré une conception minutieuse et une mise en œuvre organisée, et peuvent même provoquer des effets secondaires inattendus. Pour maintenir son efficacité continue et augmenter l'efficacité de la gestion des risques, la surveillance régulière et l'évaluation ciblée doivent constituer un élément essentiel et indispensable de l'ensemble du cycle de gestion des risques (ISO 31000 ,2018) .

3.2.4 Les outils et les techniques d'appréciation du risque

A\ Le brainstorming :

Le brainstorming se distingue par la stimulation de la communauté autour du leader pour atteindre les objectifs de la coopération commune. Le leader libère l'équipe pour s'exprimer sans limites ni préjugés préconçus, adoptant un motif moteur qui se concentre sur chaque idée et différence. Les suggestions sont notées soit immédiatement, soit en utilisant des modèles d'enquête conçus. l'objectif c'est l'utilisation des expériences

pratiques et la génération de responsabilité lors de l'exécution du projet. (Barthelemy et Courrèges,2004).

B\ Diagramme de causes - effets (Diagramme d'Ishikawa) :

Il est également connu sous le nom de "diagramme en arêtes de poisson" et est utilisé à la phase d'analyse, ayant été conçu comme un outil analytique innovant par l'ingénieur Kaoru Ishikawa en 1962. Son objectif principal est de révéler les sources de déséquilibre et de les représenter de manière visuelle et organisée. Il prend la forme d'un squelette de poisson, où le problème est placé dans la tête (l'effet), et les filaments transversaux se ramifient pour représenter les causes classées en cinq catégories principales. (Lefebvre, 2024).

Le diagramme d'Ishikawa révèle six axes essentiels que la direction doit étudier pour prévenir les problèmes industriels. Cette analyse constitue un cadre méthodologique qui se concentre sur l'examen approfondi des six éléments suivants afin d'identifier les sources potentielles de dysfonctionnement :

Matières premières :

Comprend toutes les intrants et les ressources brutes qui circulent dans les processus de production.

Main d'œuvre :

Il couvre les défis liés aux employés tels que la formation insuffisante, la faible motivation et les obstacles à la communication interne.

Méthodes :

Il souligne l'importance de revoir le flux de production, de réduire les pertes et de développer des stratégies de gestion des stocks dans les environnements industriels.

Moyens :

Il traite des équipements mécaniques, des systèmes numériques et des installations techniques utilisés quotidiennement.

Milieu :

Il analyse les impacts externes entourant l'établissement et les risques associés à l'environnement extérieur.

Mesure :

Il se concentre sur les risques d'adopter des indicateurs inexacts ou inappropriés dans

l'évaluation des performances. (RANNANE M & TALBI A. ,2019)

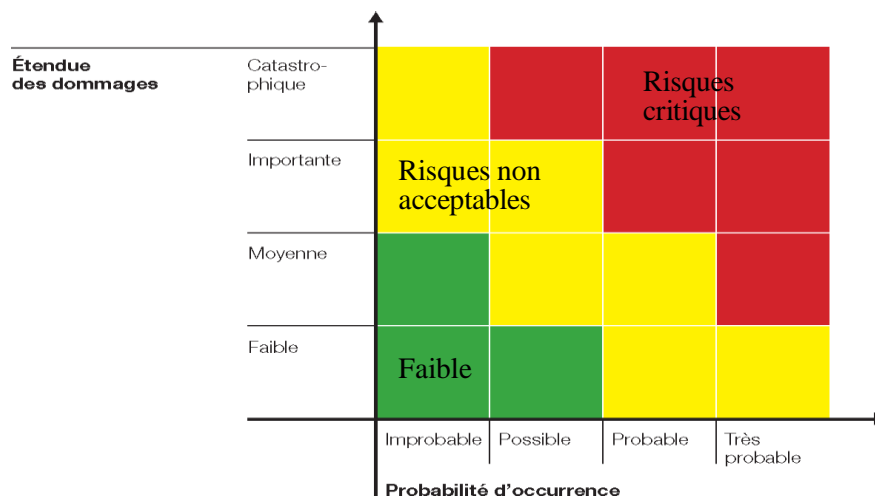
C/ La criticité :

Le degré de risque est déterminé pour classer les risques et définir leur importance relative. Dans ce processus, on utilise la probabilité d'occurrence et l'étendue de l'impact potentiel. Ensuite, elle est classée par ordre de priorité, du plus critique (nécessitant une intervention immédiate) au moins critique (acceptable avec un suivi régulier).

Les risques sont répartis en catégories spécifiques en fonction du résultat calculé pour

Déterminer la méthode de traitement appropriée « Risque faible ; modéré, élevé, critique » (OUDAI,2023).

Figure 3 : La matrice de criticité.



Source : *SLRG (2021)*

D/ AMDEC :

La méthode AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité) représente une approche complète pour la gestion des risques.

- Concentre sur l'augmentation du taux de fiabilité des produits, des opérations et des outils de production.
- Révèle des scénarios d'échec potentiel à travers tous les aspects (physique, fonctionnel, humain, numérique...). Avant leur réalisation.
- Repose sur l'évaluation du " criticité " pour déterminer l'ordre des mesures, en commençant par les plus élevées afin de diriger les ressources de manière intelligente.
- Fournit des plans organisés pour le développement et l'amélioration de la qualité des systèmes, affirmant sa position en tant qu'outil principal dans la gestion industrielle.

(Bironneau et al., 2010).

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons intégré les contributions des travaux antérieurs dans la section consacrée à la revue de la littérature, en portant une attention particulière aux études et recherches portant sur la performance des processus industriels ainsi que sur le management des risques appliqués à ce secteur.

CHAPITRE III
CADRE MÉTHODOLOGIQUE DE LA
RECHERCHE

La qualité du travail de recherche est liée à l'adoption d'une méthodologie rigoureuse et à une compréhension bonne et précise du contexte organisationnel concerné. Après avoir présenté les bases conceptuelles de cette étude, ce chapitre explique l'approche méthodologique adoptée dans cette recherche qualitative de type recherche-action. Il indique également les techniques de collecte de données, les outils d'analyse et les méthodes de traitement de l'information utilisées, afin d'atteindre les objectifs fixés et de garantir la cohérence de la recherche.

1 La méthodologie de la recherche

La recherche scientifique est une démarche méthodique et dynamique qui permet d'étudier des phénomènes, de résoudre des problématiques et d'acquérir des réponses claires grâce à des recherches minutieuses. Ce processus, par son caractère systématique et rigoureux, mène à l'acquisition de nouvelles connaissances. Les objectifs de la recherche consistent à décrire, interpréter, comprendre, contrôler et anticiper des faits, des phénomènes et des comportements. (Assie & Kouassi, s.d).

Pour définir le cadre de notre étude et établir les objectifs correspondants, il est essentiel d'adopter une approche méthodologique appropriée. Étant donné que l'entreprise publique d'électroménager ne dispose d'aucun système GMAO ou Excel et qu'elle se fie uniquement à des registres papier pour le suivi des pannes, couplé à la fraîcheur de la méthodologie AMDEC/ISO 31000 dans le domaine de l'électroménager algérien, sans oublier sa complexité technique, nous avons choisi d'adopter une approche analytique qualitative (Recherche-Action) afin d'assurer une adéquation entre l'objet d'étude et les résultats prévus. Cette démarche a pour objectif de concevoir un plan d'actions correctives et préventives concernant les risques opérationnels qui impactent les processus de fabrication d'appareils électroménagers, présenté sous la forme d'une matrice AMDEC pour les trois équipements clés (presse hydraulique, soudeuse, dispositif "corps de chauffe").

La méthodologie scientifique de la recherche qualitative se base sur la compréhension des individus afin d'éclaircir ou d'expliquer un problème initial. Les informations collectées ne sont pas purement chiffrées, mais plutôt riches de sens, d'intentions, d'apprentissages, d'expériences ou d'autres modes d'expression liés à l'interrogation de recherche.

L'approche qualitative n'a pas pour but de quantifier ou de mesurer, mais de collecter des

informations verbales qui favorisent une analyse interprétative. Ce terme global intègre différentes démarches théoriques, méthodologiques, ainsi que des méthodes de collecte et d'analyse des informations (Aubin-Auger, et al., 2008).

Selon Creswell (2014), La recherche qualitative se réalise dans un environnement naturel où le chercheur lui-même est le principal instrument de collecte, amassant des données tant textuelles que visuelles, privilégie l'analyse inductive et vise à décrypter les sens donnés par les acteurs sur le terrain.

Au cours de notre stage au sein d'une entreprise publique d'électroménagers, nous avons mis en œuvre diverses techniques qualitatives : l'examen des registres de maintenance, l'implication dans les chaînes de production et les entretiens informels avec les techniciens. Ces instruments ont simplifié l'acquisition des résultats désirés dans cette étude.

2 Méthodes et outils de collecte des données :

Selon Aktouf (1987), un outil de recherche est défini comme le moyen spécifique utilisé par le chercheur pour rassembler des informations. L'objectif principal des techniques de collecte de données qualitatives est d'extraire des données textuelles non numériques à partir des documents papier. Ces instruments garantissent la validité des résultats obtenus. Une fois notre méthode établie, nous avons choisi d'utiliser différents instruments cruciaux pour la collecte et le traitement des données qualitatives, adaptés au contexte de l'absence de digitalisation

2.1 Méthodes de collecte des données :

A\ L'analyse des documents : Registres maintenance papier

L'analyse documentaire consiste à exploiter et étudier des documents existants afin de collecter des informations relatives à un sujet ou un problème de recherche spécifique, sans avoir besoin d'effectuer des investigations sur site, plus précisément.(Pochet, 2005), Être capable de se renseigner, c'est savoir où et comment dénicher l'information, poser les questions pertinentes, déterminer quelle information est requise, être en mesure de la lire, la comprendre, la critiquer, évaluer si elle satisfait ses besoins, la gérer et l'employer pour

sa propre éducation.

Dans le cadre de notre recherche, cette méthode nous a autorisés à rassembler des données pertinentes à partir des archives papier, en lien direct avec notre sujet, tout en respectant les règles internes et la politique de confidentialité de l'organisation.

B\ L'entretien semi directif :

L'entretien semi-directif : selon Jason & Glenwick (2016), lors d'un entretien semi-structuré Chaque participant se voit poser une série de questions préétablies, élaborées pour traiter des thèmes spécifiques. Toutefois, ces questions peuvent être réorganisées, ajustées et ponctuées par d'autres interrogations selon les réponses fournies par le participant. Pour mieux préciser, c'est un dialogue organisé avec des interrogations ouvertes, donnant au participant une certaine latitude tout en se focalisant sur un sujet spécifique.

Dans le cadre de notre étude, afin de collecter les données nécessaires, un guide d'entretien semi-directif a été élaboré et administré auprès de huit acteurs directement impliqués dans le fonctionnement de la ligne de chauffage à gaz de SONARIC, à savoir le chef d'atelier, le chef de maintenance, trois opérateurs et trois techniciens. Ce choix d'un échantillon diversifié visait à croiser les perceptions et les expériences de terrain à différents niveaux hiérarchiques et fonctionnels, afin d'obtenir une vision globale et nuancée de la réalité opérationnelle de l'atelier.

Le guide est structuré autour de quatre axes thématiques complémentaires. Le premier axe porte sur la connaissance des machines et l'historique des pannes, Le deuxième axe est consacré à la maintenance et aux interventions. Le troisième axe aborde l'identification et la gestion des risques opérationnels. Enfin, le quatrième axe traite de la performance industrielle ; il invite les répondants à évaluer la performance globale de la ligne et à formuler leurs recommandations prioritaires pour améliorer la disponibilité et la fiabilité des machines.

L'ensemble des réponses collectées lors de ces entretiens, ainsi que le guide d'entretien dans sa version intégrale, sont présentés en annexe n°01.

Le tableau ci-dessous synthétise tous les entretiens menés avec les informateurs de SONARIC :

Tableau 1: liste des personnes interviewées

L'interview	Poste	Nombre	Contribution principale	Durée
Interview 1	Chef maintenance	1	Validation fréquences	30 min
Interview 2	Techniciens 1	1	Causes racines techniques	45 min
Interview 3	Techniciens 2	1	Causes racines techniques	45 min
Interview 4	Techniciens 3	1	Causes racines techniques	45 min
Interview 5	Opérateurs 1	1	Fréquence micro-arrêts	40 min
Interview 6	Opérateurs 2	1	Fréquence micro-arrêts	40 min
Interview 7	Opérateurs 3	1	Fréquence micro-arrêts	40 min
Interview 8	Chef atelier	1	Impact production globale	35 min

Source : Élaboré par nous-mêmes

C\ L'observation :

L'observation participante consiste à être directement impliqué et immergé avec les techniciens pendant le stage. Selon Blanchet (1999), cela représente une phase d'échanges sociaux animés entre l'investigateur et les participants, au sein de leur contexte.

Dans le cadre de ce mémoire, la grille d'observation a été construite pour saisir la réalité opérationnelle d'une entreprise publique, n'ayant pas encore engagé de processus de digitalisation ni de démarche formelle de gestion des risques. L'observation participante permet d'accéder aux pratiques réelles (et non déclarées), en se plaçant au cœur de l'activité industrielle.

La grille est articulée autour de trois axes majeurs ; la démarche de gestion des risques opérationnels, la gestion de la maintenance, et des observations sur la performance organisationnelle. Chaque ligne de la grille comprend trois colonnes :

- Dimension observée : Le grand thème ou sous-thème examiné (identification des risques, type de maintenance , ect).
- Observations constatées : Le compte-rendu objectif et factuel de ce qui a été vu, entendu ou vérifié lors de la présence sur le terrain.
- Interprétation / Remarques : L'analyse de l'impact de l'observation sur la performance

industrielle.

La grille d'observation complète est présentée en Annexe n° 3.

2.2 Outils de collecte des données :

A\ Le guide d'entretien :

Le guide d'entretien est un document méthodologique qui compile et précise toutes les questions à poser ainsi que les thèmes à traiter lors d'un entretien qualitatif semi-structuré, dans le contexte de notre recherche. Il est typiquement élaboré pour guider le débat en fonction des buts de notre étude, débutant par les interrogations les plus élémentaires et concluant avec les interrogations les plus sophistiquées ou délicates.

Nous avons réalisé les entretiens avec les parties prenantes concernées, en collectant leurs témoignages. L'analyse a été conduite à l'aide de nuages de mots, ce qui a permis d'identifier les termes les plus fréquents et significatifs issus des réponses. Cette méthode permet de résumer les termes récurrents.

B\ Brainstorming :

Le brainstorming est une méthode très appréciée dans le domaine du management de la qualité, employée tant pour la collecte d'informations que pour la résolution de problèmes. C'est une approche de pensée collaborative qui rassemble un groupe d'environ dix participants, guidés par un modérateur, lors d'une session de travail. Les participants sont chaleureusement conviés à partager ouvertement et sans contrainte leurs réflexions, opinions et points de vue, dans le but de favoriser la création d'une multitude d'idées novatrices, de suggestions variées et de propositions diverses concernant un thème spécifique. Selon Ernoul (2010), le remue-méninge, également appelé brainstorming, est une technique de créativité qui vise à générer un grand nombre d'idées en groupe autour d'un sujet spécifique. Cette méthode encourage la libre expression des participants et favorise la diversité des points de vue, dans le but de stimuler l'innovation et la résolution de problèmes.

Pendant notre période de stage, nous avons organisé de courtes sessions de brainstorming avec les techniciens, où chacun d'eux a partagé ses idées, ses connaissances et ses opinions pour identifier les causes profondes des pannes et les solutions pratiques.

3 Outils d'analyse et de traitement des données

Les informations collectées manuellement ont été utilisées pour reconstruire les indicateurs MTBF/MTTR/DISPO, puis pour préparer la matrice AMDEC qualitative, qui identifie et hiérarchise les principaux risques des trois machines critiques.

3.1 Reconstitution des indicateurs (Excel personnel) :

MTBF = Heures de fonctionnement / Nombre de pannes.

MTTR = Temps total de réparation / Nombre de pannes.

DISPO = $MTBF / (MTBF + MTTR)$.

Ces calculs ont été réalisés manuellement à partir des registres papier SONARIC, reconstituant ainsi les données historiques absentes du système numérique. Les résultats détaillés, incluant les valeurs par machine critique (presse hydraulique, soudeuse, corps de chauffe)

Les étapes de calculs, sont présentés en annexe n°2.

3.2 Matrice AMDEC :

La matrice AMDEC, conçue et approuvée avec le responsable de la maintenance de la ligne SONARIC pour le chauffage du gaz, et se présente sous la forme d'un tableau comportant seize colonnes, structuré de la manière suivante :

- 1) **Les risques spécifiques** : Cette colonne énumère les modèles de défaillance récurrents observés dans les dossiers papier, qui pourraient entraver la performance de production.
- 2) **Les causes** : Cette colonne identifie les causes profondes des risques, qui ont été vérifiées par l'observation sur le terrain et les discussions avec les techniciens.
- 3) **L'impact** : Cette colonne explique les conséquences de chaque risque sur la production, que ce soit de manière directe ou indirecte.
- 4) **Fréquence** : Cette colonne mesure la récurrence de chaque sorte de risque sur une échelle de 1 (rare) à 4(certain).
- 5) **Gravité** : Cette colonne mesure l'impact négatif de chaque défaillance sur une échelle

allant de 1 (non important) à 4 (élevé).

6) **Criticité initiale** : Cette colonne évalue la priorité des risques (PRI) en multipliant l'importance \times la fréquence, ce qui facilite le classement des 12 risques selon leur degré de priorité. $PRI = (G \times O)$.

7) **Plan d'action** : cette partie suggère des actions concrètes et pratiques pour minimiser le risque de défaillances.

Afin d'évaluer les risques opérationnels identifiés, une grille de cotation multicritère a été élaborée, discutée avec les acteurs concernés, puis validée avant son intégration au protocole de recherche.

Tableau 2 : Grille d'évaluation des risques selon la méthode AMDEC

Échelle (1 à 4)	Critères d'évaluation des risques	
	Gravité (G)	Occurrence (O)
4	Majeur : arrêt total ou dommage irréversible sur le processus	Certain
3	Modéré : perturbation notable de la chaîne opératoire	Très Probable
2	Mineur : impact limité, correction possible sans arrêt	Probable
1	Acceptable : effet négligeable, sans conséquence opératoire	Rare

Source : Élaboré par nous-mêmes

Ce tableau propose un système de cotation à quatre niveaux appliqués aux deux paramètres retenus dans le cadre de cette analyse : la gravité des conséquences engendrées sur le processus industriel et la fréquence d'occurrence de la défaillance. Ces deux dimensions permettent de hiérarchiser les risques opérationnels recensés selon leur criticité et d'orienter la définition des actions préventives ou correctives appropriées, en vue d'améliorer la fiabilité et la performance globale des processus étudiés.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté la démarche méthodologique adoptée pour conduire notre étude. Nous avons également décrit les techniques de collecte mobilisées entretiens semi-directifs, analyse documentaire et observation participante ainsi que les outils d'analyse retenus, notamment la reconstitution des indicateurs de maintenance MTBF, MTTR et disponibilité, et la méthode AMDEC. Les résultats obtenus à l'issue de cette démarche seront exposés et interprétés dans le chapitre suivant qui constituera une étape essentielle pour comprendre l'application pratique de notre recherche.

CHAPITRE IV

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Dans ce chapitre, nous présentons les résultats extraits du traitement et de l'analyse des informations collectées au sein de l'entreprise SONARIC, sur la ligne de production des appareils de chauffage à gaz. Ce chapitre se structure en trois temps : une analyse des indicateurs de performance maintenance reconstitués pour les trois machines critiques, la mise en œuvre d'une démarche de gestion des risques opérationnels selon les quatre phases de la norme ISO 31000, et enfin une mise en relation entre la performance industrielle et la gestion des risques sous forme de recommandations.

Section 01 : Resultat

1 Analyse des résultats

L'analyse des documents des registres de maintenance papier, réalisée à partir des archives sur une période de six mois (septembre 2025 – mars 2026), a permis de reconstruire les indicateurs de performance des trois machines critiques sélectionnées : le dispositif de chauffage du corps, la machine à souder électrique et la presse hydraulique. Quarante-cinq pannes ont été enregistrées, avec une moyenne de quinze pannes par machine, et ont été utilisées pour calculer le temps moyen entre pannes (MTBF), le temps moyen de réparation (MTTR), et la disponibilité opérationnelle.

Tableau 3: Indicateurs de performance maintenance des trois machines

Machine	Nb. Pannes	MTTR (h)	MTBF (h)	Disponibilité (%)
Corps de chauffe	15	3,09	299,74	98,98
Soudeuse électrique	15	3,40	281,80	98,81
Presse hydraulique	15	1,72	301,05	99,43
Moyenne globale	45	2,74	294,20	99,07

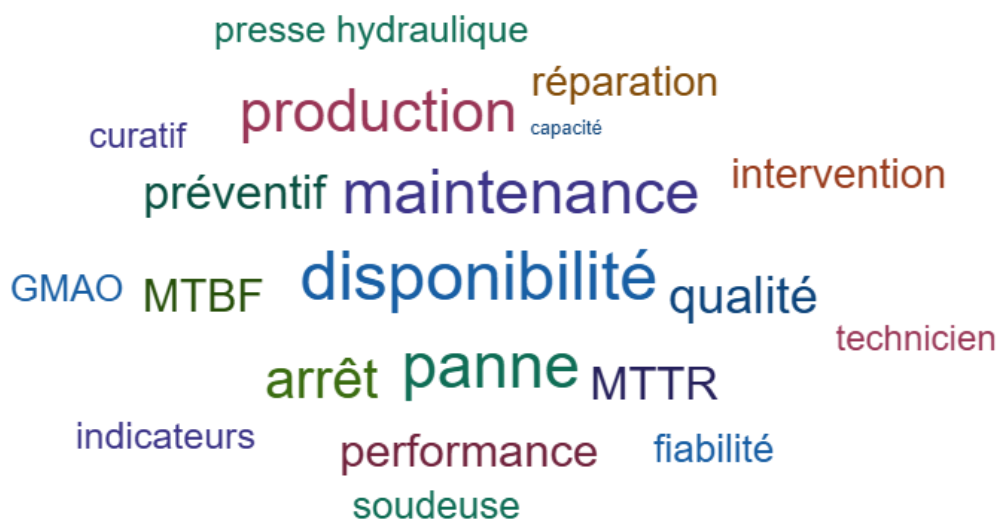
Source : élaboré par nous-mêmes à partir des registres maintenance de SONARIC.

À première vue, les indicateurs présentent un profil satisfaisant, avec une disponibilité moyenne de 99,07 % et un MTBF supérieur à 294 heures. Toutefois, les entretiens menés auprès des huit acteurs de l'atelier ainsi que l'observation participante révèlent un décalage significatif entre cette disponibilité officielle et la disponibilité opérationnelle réelle,

estimée par les répondants entre 75 % et 85 %. Ce décalage s'explique par le périmètre étroit du calcul, qui ne prend en compte que le temps strict d'intervention du technicien et exclut les temps d'attente avant intervention, les ruptures de pièces, les micro-arrêts et les arrêts qualité.

À partir des réponses aux questions portant sur la maintenance préventive, les procédures d'intervention et les ressources disponibles, ce premier nuage synthétise les mots clés autour desquels les répondants ont convergé pour décrire les dysfonctionnements et les leviers d'amélioration prioritaires.

Figure 3 : Représentation des termes clés liés à la performance



source : Élaboré par nous-même.

Les répondants s'accordent tous sur un diagnostic commun : SONARIC fonctionne en mode essentiellement curatif, avec un plan préventif appliqué à seulement 30 à 40 % selon le chef maintenance. L'absence de GMAO est citée comme le frein principal, car sans traçabilité fiable des pannes, il est impossible de justifier des budgets ou de planifier correctement. Les ruptures de stock de pièces critiques allongent le MTTR et poussent les techniciens à des solutions provisoires qui font revenir les mêmes pannes. La formation insuffisante et le manque d'outils de diagnostic modernes (extracteur de roulements, caméra thermique, analyseur hydraulique) sont des obstacles concrets cités par les trois techniciens. L'ensemble des acteurs réclame une même chose : passer d'une culture du "éteindre les feux" à une logique de prévention outillée et reconnue par le management.

1.1 Étude détaillée des indicateurs par machine

A\ Dispositif corps de chauffe

Sur les six mois étudiés, le corps de chauffe a totalisé 46,34 heures d'indisponibilité maintenance. L'examen des fiches révèle quatre familles de défaillances dominantes : les fuites hydrauliques (cinq occurrences, dont trois fuites de flexibles), les baisses de pression (trois occurrences), les Dysfonctionnements du système de découpage (quatre occurrences, incluant un poinçon bloqué dont l'arrêt n'a été évité que par le déclenchement d'une photocellule de sécurité), et deux pannes lourdes liées au moteur (changement de roulements, huit heures par intervention). Ces dernières expliquent à elles seules une part importante du MTTR observé.

B\ Soudeuse électrique

La soudeuse présente le cumul de maintenance le plus élevé (51 heures sur six mois) et le MTBF le plus faible (281,80 heures). Six pannes concernent les disques (déformation, surchauffe, espacement, disque supérieur hors service), trois sont des arrêts soudage liés à des défaillances de contacteurs, deux sont des défauts de courant insuffisant traités par ajout de mercure, et deux soudures défectueuses ont été enregistrées. Deux fiches d'intervention ne mentionnent aucune solution corrective, traduisant une lacune de traçabilité

C\ Presse hydraulique

La presse affiche le profil chiffré le plus favorable (MTTR de 1,72 h, disponibilité de 99,43 %), mais concentre une forte récurrence sur deux modes de défaillance : le coulissant bloqué (quatre occurrences en six mois) et les fuites d'huile (trois occurrences traitées principalement par serrage des vis, solution provisoire et non pérenne). Les entretiens rapportent par ailleurs un incident de projection d'huile sous pression ayant occasionné une brûlure légère à un technicien, ainsi qu'une chute d'opérateur sur sol gras.

Au-delà des spécificités propres à chaque machine, l'analyse fait apparaître quatre constats transversaux structurants. Premièrement, la répétitivité des pannes témoigne d'un traitement des effets sans remontée systématique aux causes profondes. Deuxièmement, le décalage entre disponibilité calculée et disponibilité ressentie traduit une lacune de

des modes de défaillance récurrents et des risques associés a été réalisé pour chacune des trois machines étudiées.

Au terme de ce processus, douze risques majeurs ont été retenus, répartis entre les trois machines en fonction de leurs spécificités techniques et fonctionnelles.

Tableau 4: Identification des risques opérationnels par machine

Machine	Risque identifié
Soudeuse	Soudure faible / défectueuse
	Risque de fuite de gaz sur produit fini
	Risque incendie / arc électrique
	Exposition aux fumées toxiques
Presse Hydraulique	Coulissant bloqué (récurrent)
	Projection d'huile sous pression
	Glissade sur sol gras
	Déformation de pièces / perte de pression
Corps de chauffe	Éclatement de flexible haute pression
	Découpage défectueux / fuite de gaz
	Blocage de ligne / arrêt prolongé
	Faible efficacité thermique

Source : élaboré par nous-mêmes à partir des registres, entretiens et observations.

Phase 2 : Priorisation des risques

La priorisation des risques identifiés repose sur la grille d'évaluation à quatre niveaux établis dans le cadre méthodologique. Chaque risque est évalué selon deux critères : la gravité (G) de ses conséquences sur le processus industriel et l'occurrence (O) de la

défaillance, sur une échelle de 1 (faible) à 4 (majeur). La criticité (C) résulte du produit de ces deux dimensions, selon la formule : $C = G \times O$.

La criticité varie donc théoriquement entre 1 (1×1) et 16 (4×4). Plus la valeur de la criticité est élevée, plus le risque est jugé prioritaire et appelle une action immédiate. Les deux échelles utilisées sont détaillées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 5 : Intervalles de criticité des risques selon ces deux critères

Intervalle de criticité	occurrence	Gravité	Justification
(1-4)	(1-3)	(1-3)	Le premier intervalle (de 1 à 4) correspond à une combinaison des critères allant de (1x1) à (2x2)
(5-8)	(2-4)	(2-4)	Le deuxième intervalle (de 5 à 8) couvre les valeurs allant de (2x3) à (4x2)
(9-12)	(3-4)	(3-4)	Le troisième intervalle (de 9 à 12) correspond aux valeurs de (3x3) à (4x3)
(13-16)	(4)	(4)	Le quatrième intervalle (de 13 à 16) couvre les valeurs de (4x4)

Source : Élaboré par nous-mêmes.

Cette classification permet d'attribuer à chaque niveau de criticité une catégorie de risque spécifique ainsi qu'un plan d'action associé, présenté dans le tableau suivant :

Tableau 6 : Échelle d'acceptabilité des risques

Criticité (C)	Niveau de risque	Acceptabilité
$1 \leq C \leq 4$	Acceptable	Surveillance continue, pas d'action immédiate requise
$5 \leq C \leq 8$	Modéré	Tolérable, actions préventives à programmer
$9 \leq C \leq 12$	Élevé (indésirable)	Non acceptable, mesures correctives requises
$13 \leq C \leq 16$	Inacceptable	Intervention immédiate impérative

Source : élaboré par nous-mêmes.

L'application de cette grille aux douze risques identifiés a été réalisée en concertation avec le chef de maintenance et un technicien expérimenté, Le tableau suivant présente la répartition des risques par criticité et constitue la référence pour leur traitement.

Tableau 7 : résultat d'identification des risques.

Intervalle de criticité	Niveau de risque	Nombre de risques
$1 \leq C \leq 4$	Acceptable	1
$5 \leq C \leq 8$	Modéré	4
$9 \leq C \leq 12$	Élevé (Indésirable)	7
$13 \leq C \leq 16$	Inacceptable	0

Source : Élaboré par nous-mêmes

Sur la base de la répartition des risques selon leur niveau de criticité, plusieurs enseignements majeurs se dégagent et doivent guider la définition du plan d'action.

L'analyse révèle une concentration préoccupante des risques dans les niveaux élevés, avec sept risques jugés élevés ou indésirables (notés de 9 à 12), représentant 58 % de l'ensemble des risques identifiés. Cette dominance explique en grande partie l'écart significatif observé entre la disponibilité théorique annoncée de 99 % et la disponibilité réelle, estimée entre 75 % et 85 %. Parmi ces risques critiques figurent notamment l'arrêt total de la production lié aux défaillances du corps de chauffe et de la soudeuse, dont l'impact est maximal sur les cadences de production, ainsi que la maintenance réactive chronique de la

presse hydraulique, caractérisée par un MTTR (temps moyen de réparation) excessif, et les défauts qualité critiques entraînant des taux de rebuts importants.

Par ailleurs, quatre risques modérés (notés de 5 à 8), soit 33 % du total, mettent en évidence des vulnérabilités systémiques qui, bien que moins sévères, nécessitent une prise en charge dans le cadre d'une démarche d'amélioration continue. Il s'agit principalement du désalignement fréquent de l'outillage, des vibrations anormales et des petites fuites récurrentes.

À l'opposé, un seul risque est classé acceptable ($C \leq 4$), représentant 8 % des cas, ce qui confirme la fiabilité relative des procédures de maintenance préventive pour les défaillances mineures. Enfin, l'absence totale de risques inacceptables ($C \geq 13$) atteste de la robustesse structurelle globale des équipements critiques, malgré la récurrence des pannes observées.

Cette répartition met en lumière l'urgence d'interventions prioritaires et ciblées sur la ligne de chauffage, tout en soulignant la nécessité de renforcer la maintenance préventive et la fiabilité des équipements afin de réduire significativement les arrêts non planifiés et d'améliorer la performance globale de l'unité.

Phase 3 : Traitement des risques

Le traitement des risques consiste à formuler des actions concrètes visant à réduire la criticité des modes de défaillance identifiés. Conformément à la logique ISO 31000, deux catégories d'actions ont été retenues : les actions préventives, destinées à diminuer l'occurrence des risques, et les actions correctives, destinées à atténuer leur gravité lorsqu'ils se matérialisent. Les actions proposées ont été élaborées dans une logique de réalisme, en tenant compte les contraintes budgétaires de l'entreprise SONARIC .

1. Les actions préventives : pour la réduction de l'occurrence :

- Remplacement préventif des disques avant déformation et étalonnage régulier des paramètres de soudage.
- Contrôle thermographique semestriel et nettoyage régulier des armoires électriques.
- Maintenance régulière du système d'aspiration et fourniture systématique d'EPI respiratoires.

- Remplacement préventif des soupapes et clapets et vérification qualité huile hydraulique.
- Programme semestriel de remplacement des joints ; nettoyage quotidien des sols.
- Remplacement des flexibles selon durée de vie constructeur.

2. Action corrective : pour la minimisation des conséquences :

- Renforcement du contrôle qualité visuel et test d'étanchéité systématique post-soudage.
- Remplacement immédiat des contacteurs présentant des traces de surchauffe.
- Contrôle médical périodique des opérateurs exposés.
- Procédure formalisée de déblocage avec consignation hydraulique préalable
- Application stricte de la consignation et tapis antidérapants autour des presses.
- Stock de sécurité de flexibles et consignes d'évacuation en cas de fuite.

Le plan de traitement repose sur trois piliers complémentaires : la mise en place d'un véritable plan de maintenance préventive ciblé sur les composants à forte récurrence, le renforcement de la sécurité au poste par la consignation systématique, la fourniture d'EPI et l'amélioration des dispositifs collectifs et la fiabilisation de la traçabilité par la standardisation des fiches de panne et la mise en place progressive d'une GMAO simple.

Phase 4 : Suivi

Dans la phase de suivi des risques, une réévaluation de la criticité AMDEC a été réalisée après élaboration du plan d'action. Cette mise à jour, validée en concertation avec le chef d'atelier, chef maintenance et opérateurs SONARIC, a permis de réorganiser les risques selon leur criticité résiduelle. Un extrait du tableau AMDEC réévalué (annexe n°2), concernant les risques prioritaires de la ligne de chauffage (corps de chauffe, soudeuse, presse), est présenté ci-après.

Tableau 8 : Matrice AMDEC des risques opérationnels — SONARIC

Machine	Risque	Cause	Impact	G	O	C
Presse hydraulique	Coulissant bloqué (récurrent)	Usure des soupapes et clapets, qualité d'huile dégradée, absence de diagnostic hydraulique	Arrêt machine ; tentative de déblocage manuel exposant l'opérateur ; quatre occurrences en 6 mois	3	4	12
Soudeuse	Disques déformés / surchauffés	Usure non surveillée, absence de programme de remplacement préventif, surcharges thermiques	Production de soudures non conformes ; rebut ; six occurrences sur 6 mois (la moitié des pannes)	3	4	12

Source : élaboré par nous-mêmes en concertation avec le chef de maintenance SONARIC.

Bien que nous ayons procédé à une réévaluation de la criticité des risques à la suite de l'élaboration du plan d'action SONARIC, cette démarche révèle les limites du système de suivi actuellement en place sur la ligne de chauffage. Les échanges menés avec le chef d'atelier, le chef maintenance et les opérateurs mettent en lumière l'absence d'outils structurés et de procédures formalisées pour assurer un suivi méthodique de l'évolution des défaillances critiques.

Ce constat expose particulièrement les 7 risques élevés (C=9-12) non maîtrisés structurellement :

Presse hydraulique : coulissant bloqué (C=12) ;

Soudeuse : disques déformés (C=12), fumées toxiques (C=9) ;

Corps de chauffe : poinçon bloqué (C=12), flexible éclaté (C=12).

L'absence d'indicateurs MTBF/MTTR actualisés, de traçabilité des actions préventives et de responsabilités assignées au suivi explique l'écart de disponibilité : 99% officielle contre 75-85% réelle.

Ce diagnostic impose l'implémentation urgente d'outils de pilotage : tableau de bord AMDEC mensuel, alertes seuils $C \geq 9$, points de contrôle trimestriels, afin d'installer une maîtrise cyclique PDCA des risques sur la ligne SONARIC

3 Effets de la maîtrise des risques sur les activités des opérations industrielles

Il importe de préciser que la démarche présentée ci-dessus n'a pas fait l'objet d'une mise en œuvre effective au sein de SONARIC durant la période de stage. La durée limitée de l'étude et la lourdeur des décisions managériales requises pour engager un changement structuré dans une entreprise publique ne le permettaient pas. Les développements qui suivent sont donc formulés en termes de recommandations prospectives et d'analyse théorique, et non comme un compte rendu de résultats observés.

L'analyse croisée des réponses relatives à la performance industrielle et à la gestion des risques a permis de construire ce troisième nuage, qui met en évidence les connexions directes entre les défaillances techniques et leurs conséquences sur la production.

Figure 5 : Représentation des concepts associés à la performance et au risque



Source : élaboré par nous-mêmes

Ce nuage met en lumière le mécanisme central qui traverse tout l'entretien : L'écart significatif entre la disponibilité officielle (99%) et l'estimation opérationnelle terrain (75-85%) s'explique par l'exclusion des micro-arrêts, temps d'attente pré-intervention et arrêts qualité. Les défaillances récurrentes documentées glissières bloquées (4 occurrences), fuites d'huile répétitives, contacteurs défaillants à la soudeuse génèrent des pertes directes en heures machines, lots non-conformes et retards production.

Ce cercle vicieux repose sur l'absence structurée de retour d'expérience et d'analyse des causes racines : redémarrage sans correction → récurrence identique des pannes. Les indicateurs "flatteurs" créent une illusion stratégique au management, bloquant l'allocation budgétaire nécessaire et maintenant SONARIC en mode "survie opérationnelle", unanimement qualifié ainsi par l'ensemble des répondants.

3.1. Gestion des risques et fiabilité (MTBF)

Le MTBF traduit la fiabilité d'un équipement, soit sa capacité à fonctionner sans tomber en panne. Les six risques classés comme élevés dans la matrice AMDEC correspondent en grande partie à des modes de défaillance répétitifs déjà observés dans les registres : coulissant bloqué (quatre occurrences), disques déformés (six occurrences), fuites de flexibles (cinq occurrences). Le traitement préventif de ces risques par "remplacement systématique des composants à durée de vie connue, Contrôle thermographique semestriel et nettoyage régulier des armoires électriques, ect ". En toute logique, augmenter le MTBF des trois machines en réduisant la probabilité d'occurrence. Si la démarche était mise en œuvre, on pourrait recommander de cibler en priorité la soudeuse, dont le MTBF actuel (281,80 h) est le plus faible des trois équipements

3.2. Gestion des risques et maintenabilité (MTTR)

Le MTTR reflète la rapidité avec laquelle une machine est remise en service après une panne. Les recommandations relatives à la traçabilité (fiche de panne standardisée, schémas électriques à jour, procédures de diagnostic), à la disponibilité des pièces de rechange (stock de sécurité calculé sur l'historique réel) et aux outils de diagnostic (caméra thermique, banc hydraulique) devraient permettre, en cas d'application, de raccourcir significativement les temps d'intervention longs. À titre indicatif, les deux interventions de huit heures sur les roulements moteur du corps de chauffe pourraient être réduites de moitié avec un extracteur adapté, comme l'a souligné un technicien lors des entretiens.

3.3. Gestion des risques et disponibilité opérationnelle

La disponibilité, indicateur synthétique combinant MTBF et MTTR, constitue le marqueur principal de la performance industrielle. Les actions de traitement et de suivi proposées agissent simultanément sur les deux composantes : elles diminuent l'occurrence des pannes et raccourcissent les temps de réparation. Plus structurellement, la fiabilisation de la

traçabilité doit permettre une convergence progressive entre la disponibilité officielle (99,07 % aujourd'hui) et la disponibilité opérationnelle ressentie (75-85 %). L'enjeu principal n'est pas tant l'augmentation des taux affichés que la fiabilisation confiante des indicateurs par les acteurs de terrain

4. Les pistes d'amélioration

Au regard des contraintes du contexte SONARIC entreprise publique traditionnelle, faible niveau de digitalisation, contraintes budgétaires structurelles les recommandations finales s'articulent autour de cinq axes :

- Mettre en œuvre la matrice AMDEC élaborée dans cette étude comme outil de pilotage de la maintenance, en commençant par les six risques de criticité élevée.
- Élaborer un plan de maintenance préventive ciblé sur les composants à forte récurrence (joints, flexibles, contacteurs, roulements, disques de soudeuse), avec une périodicité semestrielle minimale.
- Renforcer les conditions de sécurité au poste : consignation systématique avant intervention, EPI, aspiration des fumées, détection gaz, nettoyage des sols.
- Standardiser les fiches de panne et adopter à moyen terme une GMAO permettant de produire des indicateurs réellement représentatifs de la disponibilité opérationnelle.
- Institutionnaliser la réunion mensuelle de retour d'expérience comme outil de transformation progressive de la culture de maintenance, du curatif vers le préventif.

Section 02 : Discussion des résultats

L'analyse empirique conduite sur la ligne de production des appareils de chauffage à gaz de SONARIC révèle un enjeu fondamental : la coexistence d'indicateurs apparemment satisfaisants et d'une réalité opérationnelle nettement plus dégradée. Cet écart n'est pas un simple biais technique ; il constitue, à nos yeux, le symptôme central d'une organisation qui pilote sa performance à partir de données partielles, et dont l'apparente maîtrise masque en réalité une vulnérabilité structurelle. La présente discussion vise à dépasser la lecture descriptive des résultats pour en proposer une interprétation critique.

Le premier point d'analyse concerne la fiabilité des indicateurs reconstitués. Une disponibilité moyenne de 99,07 % et un MTBF supérieur à 294 heures suggèreraient une ligne maîtrisée. Cependant, l'écart de quinze à vingt-cinq points observés entre cette disponibilité officielle et la disponibilité ressentie par les acteurs (75 à 85 %) révèle un biais structurel de mesure. Le périmètre de calcul exclut en effet les temps d'attente avant intervention, les ruptures de pièces, les micro-arrêts et les arrêts qualité. Le fait que deux fiches d'intervention de la soudeuse ne consignent aucune solution corrective traduit en outre une fragilité documentaire qui affecte la robustesse même des KPI. Cette situation rejoint Liborio Zapata (2022), pour qui les insuffisances de transparence affectent la disponibilité affichée indépendamment de la qualité apparente des cadres en place. C'est précisément ce biais de mesure qui permet de comprendre la stratégie de maintenance effectivement déployée sur le terrain, laquelle constitue le deuxième axe d'analyse.

Les entretiens convergent sur ce point : le plan préventif n'est appliqué qu'à hauteur de 30 à 40 %, les contraintes de production prenant systématiquement le pas sur les arrêts programmés. Cette prédominance curative explique la répétitivité des pannes quatre coulissants bloqués sur la presse, six défaillances de disques sur la soudeuse, cinq fuites de flexibles sur le corps de chauffe autant de modes de défaillance dont les composants ont des durées de vie connues. Le système s'auto-entretient par un cercle vicieux : les arrêts préventifs sont annulés, ce qui génère ensuite des pannes lourdes consommant à leur tour des heures de production, comme l'illustrent les deux changements de roulements de huit heures sur le corps de chauffe. Autrement dit, l'économie réalisée à court terme sur le préventif se paie au prix fort en curatif différé. Ce constat prolonge les travaux de Zubair et al. (2021), qui ont démontré que Baisse des niveaux de l'indicateur de performance global des équipements.

Résultent principalement d'arrêts non planifiés répétitifs et d'une maintenance insuffisamment proactive. La disponibilité ressentie chez SONARIC se rapproche d'ailleurs du niveau moyen documenté pour les sites peu digitalisés (60 à 65 %), ce qui aligne le cas étudié sur les constats internationaux des unités traditionnelles. Cette logique curative dominante ne se limite pas à une question de planification ; elle révèle, à un niveau plus profond, un traitement systématique des effets sans remontée aux causes.

C'est en effet ce que ressort des fiches de panne : le traitement des symptômes plutôt que des causes profondes. L'ajout de mercure pour compenser un courant insuffisant sur la soudeuse est ainsi normalisé comme solution corrective officielle, alors que les techniciens reconnaissent eux-mêmes son caractère palliatif. De même, les fuites d'huile récurrentes de la presse sont régulièrement traitées par un simple serrage des vis. Ces solutions de contournement, économiques à court terme, génèrent à moyen terme une dérive structurelle : les composants vieillissent ne sont jamais remplacés et les défaillances se reproduisent. Plus préoccupant encore, leur consignation officielle dans les registres les transforme insidieusement en pratiques de référence, ce qui appauvrit durablement la mémoire technique de l'atelier. Ce constat fait écho à Bencheneb (2025) sur l'utilité de l'AMDEC pour objectiver les vulnérabilités. La matrice élaborée dans la présente recherche, fondée sur le produit Gravité \times Occurrence, vise précisément à combler ce déficit méthodologique en reliant chaque mode de défaillance à sa cause profonde. Au-delà de leur dimension technique, ces lacunes engagent des risques qui dépassent largement le cadre de l'atelier.

Les risques opérationnels identifiés présentent en effet une signification stratégique. La sécurité du produit fini comporte des implications particulièrement lourdes dans le cas d'appareils destinés à un usage gaz : une soudure défectueuse non détectée ou un découpage compromettant l'intégrité du circuit constituent des défaillances dont les conséquences se matérialisent chez l'utilisateur final, avec un risque réputationnel et juridique sans commune mesure avec un simple arrêt de production. Pourtant, ces risques ne font l'objet ni d'une priorisation distincte, ni d'un retour d'expérience post-incident. Cette uniformisation entre des risques d'inégale gravité constitue, selon nous, l'un des points les plus critiques de la situation actuelle : elle traduit une culture de la sécurité encore embryonnaire, conformément à l'observation de Chevreau (2008) sur les contextes industriels où l'engagement de la direction reste limité. La sécurité au poste, par ailleurs, paraît maîtrisée selon les indicateurs mais reste effectivement fragile : projection d'huile

ayant occasionné une brûlure légère, chute sur sol gras, photocellule ayant évité un accident lors d'un blocage de poinçon, exposition chronique aux fumées de soudage. Comme l'a souligné Bellissard (2019), c'est précisément la combinaison d'un système de gestion de la sécurité et d'audits ciblés qui produit une réduction tangible des arrêts non planifiés dispositif dont SONARIC est aujourd'hui privée. Ces constats internes trouvent par ailleurs un écho direct dans la littérature internationale, avec laquelle le cas étudié entretient des relations à la fois convergentes et divergentes.

La confrontation à la revue de littérature révèle ainsi des points de convergence forts mais aussi des écarts. Berishvili et Mamedova (2025), à partir de 105 entreprises industrielles géorgiennes, ont démontré que les organisations appliquant les pratiques ISO 31000 réalisent des bénéfices opérationnels significativement supérieurs. Oliveira et Huatuco (2022) ont quant à eux établi que l'intégration des risques opérationnels renforce la résilience et la maintenance proactive, avec des gains tangibles sur le MTBF et le MTTR. Le cas SONARIC illustre la situation inverse : en l'absence de démarche formalisée, les indicateurs sont biaisés et les solutions correctives restent palliatives. Cette symétrie renforce, par contraste, la thèse défendue par la littérature. Les résultats divergent cependant sur un point essentiel : tandis que Ghobakhloo et al. (2024) documentent, dans des contextes digitalisés, des réductions de downtime de 30 à 50 % grâce à l'Industrie 4.0, SONARIC se situe à l'extrême opposé du spectre technologique. Cette asymétrie justifie le caractère délibérément modeste des recommandations formulées : la priorité, dans un contexte traditionnel, n'est pas la prédiction algorithmique mais la mise en place d'une discipline préventive de base et d'une traçabilité fiabilisée. Cette logique rejoint Ouadi et Mezaourou (2023), qui ont montré qu'un outil simple comme la cartographie des risques produit des effets tangibles dans un contexte algérien public contraint.

CONCLUSION GÉNÉRALE

La présente recherche s'est inscrite dans un contexte industriel algérien marqué par des déficits structurels bien documentés : absence de traçabilité numérique, culture de la maintenance majoritairement curative et faiblesse des démarches formalisées de gestion des risques. Face à cette réalité, et en prenant pour terrain d'étude la ligne de chauffage à gaz de SONARIC, unité de production de Ferdjioua, la problématique centrale de ce mémoire s'est formulée de la manière suivante : « Comment la mise en œuvre d'une démarche structurée de gestion des risques opérationnels peut-elle améliorer la performance industrielle au sein d'une entreprise publique ? » Pour y répondre, l'objectif principal poursuivi était de maîtriser de manière proactive les risques opérationnels affectant les trois machines critiques de la ligne le dispositif corps de chauffe, la soudeuse électrique et la presse hydraulique en s'appuyant sur le processus de gestion des risques selon la norme ISO 31000 et la méthode AMDEC, afin d'améliorer la fiabilité et la disponibilité des équipements. Trois sous-objectifs ont structuré la démarche ; diagnostiquer la performance actuelle à travers les indicateurs de maintenance reconstitués, identifier et hiérarchiser les risques opérationnels prioritaires, et formuler des actions préventives et correctives réalistes et adaptées aux contraintes de l'entreprise.

La revue de littérature conduite en amont de l'étude empirique a permis de dégager trois enseignements fondamentaux qui ont guidé l'ensemble de la démarche analytique. En premier lieu, la performance industrielle est un concept multidimensionnel qui ne se résume pas aux seuls indicateurs de disponibilité. Les travaux de Marceron (2023) et de Zubair et al. (2021) ont montré que l'indicateur OEE, intégrant disponibilité, performance et qualité, constitue le reflet le plus fidèle de la performance réelle d'un système de production, et que de nombreuses entreprises affichent des indicateurs officiels éloignés de la réalité opérationnelle, notamment lorsque la traçabilité est insuffisante. En second lieu, la gestion des risques opérationnels constitue un levier stratégique dont l'efficacité est conditionnée par son degré d'intégration organisationnelle. Shah (2012) et Verrier (2015) ont démontré que les organisations disposant d'un cadre structuré selon ISO 31000 présentent des gains tangibles sur le MTBF et le MTTR, tandis que Brodeur (2022), Ouldammam (2025) et Liborio Zapata (2022) ont montré que dans les organisations à faible maturité, la transition théorie-pratique reste inégale et produit des résultats limités. Bencheneb (2025) a par ailleurs confirmé l'utilité spécifique de l'AMDEC dans les contextes industriels algériens, apportant une validation directement transférable au terrain de la présente étude. En troisième lieu, le lien entre gestion des risques et amélioration de

la performance a été établie de manière convergente par plusieurs études empiriques. Berishvili et Mamedova (2025) ont démontré, sur un échantillon de 105 entreprises géorgiennes, que les organisations appliquant ISO 31000 réalisent des bénéfices opérationnels significativement supérieurs. Dans le contexte algérien spécifiquement, Ouadi et Mezaourou (2023) ont montré qu'un outil de cartographie simple génère des effets positifs tangibles sur la planification et la réduction des coûts dans une entreprise publique, validant la pertinence d'une démarche sobre et contextualisée.

Sur le plan méthodologique, ce mémoire a adopté une approche qualitative, fondée sur le paradigme pragmatique. Cette posture, telle que la définit Morgan (2007), valorise l'efficacité pratique des méthodes employées et construit la connaissance par l'interaction directe entre le chercheur et le terrain, ce qui s'avère particulièrement adapté à un contexte industriel sans système d'information formalisé. Trois techniques de collecte ont été mobilisées de manière complémentaire. L'analyse documentaire a porté sur les registres de maintenance papier de SONARIC, couvrant quarante-cinq pages sur une période de six mois, à partir desquels ont été reconstitués les indicateurs MTBF, MTTR et disponibilité pour chacune des trois machines critiques. Les entretiens semi-directifs ont été conduits auprès de huit acteurs de l'atelier : chef d'atelier, chef maintenance, trois opérateurs et trois techniciens selon un guide structuré en quatre axes thématiques ; connaissance des machines et historique des pannes, maintenance et interventions, identification et gestion des risques, et performance industrielle. L'analyse des réponses a été appuyée par la construction de nuages de mots, permettant de faire émerger les termes les plus récurrents et significatifs. L'observation participante, réalisée en immersion directe avec les techniciens durant la période de stage, a permis d'accéder aux pratiques réelles de l'atelier. L'outil d'analyse central a été la matrice AMDEC, fondée sur le produit Gravité \times Occurrence pour le calcul de la criticité sur une échelle à quatre niveaux, élaborée en concertation avec le responsable de maintenance de SONARIC, garantissant ainsi l'ancrage des résultats dans la réalité opérationnelle de l'entreprise.

L'étude a produit des résultats articulés autour de trois dimensions complémentaires. Sur le plan des indicateurs de performance, les calculs reconstitués ont fait apparaître une disponibilité moyenne de 99,07 % pour les trois machines, avec un MTBF de 299,74 heures pour le corps de chauffe, 281,80 heures pour la soudeuse et 301,05 heures pour la presse hydraulique. Toutefois, l'ensemble des acteurs interrogés évalue la disponibilité

opérationnelle réelle entre 75 % et 85 %, révélant un écart structurel de quinze à vingt-cinq points.

Cet écart s'explique par un périmètre de calcul trop étroit qui exclut les temps d'attente avant intervention, les ruptures de pièces de rechange, les micro-arrêts et les arrêts qualité, constituant ainsi le symptôme central d'une organisation qui pilote sa performance à partir de données partielles. Sur le plan de la gestion des risques, la démarche AMDEC conduite selon les quatre phases de la norme ISO 31000 a permis d'identifier douze risques opérationnels répartis sur les trois machines. Sept d'entre eux présentent une criticité élevée comprise entre 9 et 12 et appellent des mesures correctives prioritaires : soudure défectueuse, découpage défectueux du corps de chauffe, éclatement de flexible haute pression, arrêt soudage par défaillance des contacteurs, coulissant bloqué de la presse, disques déformés de la soudeuse et exposition aux fumées de soudage. Ces risques concentrent à la fois des enjeux de sécurité produit particulièrement sensibles dans le cas d'équipements destinés à un usage gaz des risques de sécurité au poste de travail et des pertes de qualité récurrentes. Sur le plan de l'analyse organisationnelle enfin, les entretiens ont mis en évidence quatre constats structurants ; la répétitivité des pannes traduit un traitement systématique des effets sans remontée aux causes profondes ; le plan de maintenance préventive n'est appliqué qu'à hauteur de 30 à 40 % en raison de la pression de production ; les solutions de contournement se sont progressivement normalisées dans les pratiques de référence, appauvrissant la mémoire technique de l'atelier ; et l'absence de retour d'expérience formalisé reproduit de façon cyclique les mêmes défaillances sans que leur cause profonde ne soit jamais traitée. L'AMDEC, intégrée au cadre ISO 31000, s'impose comme un instrument opérationnel performant permettant d'identifier les priorités d'intervention, d'objectiver la récurrence des défaillances et d'orienter les mesures préventives vers les composants à criticité élevée. À terme, l'application des recommandations formulées devrait permettre de réduire l'occurrence des pannes répétitives en particulier sur la soudeuse dont le MTBF est le plus faible de raccourcir les temps d'intervention grâce à une meilleure traçabilité et une disponibilité améliorée des pièces de rechange, et de faire converger progressivement la disponibilité officielle vers la disponibilité opérationnelle réellement ressentie par les acteurs de terrain. En ce sens, l'enjeu principal n'est pas tant l'amélioration des taux affichés que la construction d'indicateurs fiables, auxquels les acteurs de l'atelier peuvent accorder une confiance réelle, et sur lesquels le management peut fonder des décisions budgétaires et organisationnelles

éclairées. Les résultats de cette étude mettent en évidence plusieurs perspectives de recherche importantes. Ils soulignent d'abord la nécessité d'un système numérique de traçabilité (GMAO) pour améliorer la fiabilité des indicateurs. Ensuite, l'extension de l'AMDEC à l'ensemble de la production permettrait une meilleure identification des risques. De plus, l'écart entre disponibilité théorique et réelle nécessite une analyse statistique plus approfondie sur une période plus longue. Enfin, un suivi des actions correctives et préventives permettrait d'évaluer concrètement l'impact de la démarche ISO 31000 sur la performance industrielle.

Limites de l'étude

- L'étude n'a pas permis d'évaluer empiriquement l'impact des mesures préventives proposées sur les indicateurs de performance.
- Absence de numérisation et la Reconstitution manuelle des historiques à partir de registres papier.
- L'absence de procédures de maintenance écrites a rendu la collecte des données extrêmement difficile.

BIBLIOGRAPHIE

- AFNOR. (2017). NF EN ISO 9001:2015. Systèmes de management de la qualité. <https://doi.org/10.3403/30289476>
- AIRMIC, ALARM, & IRM. (2002). A risk management standard. Association of Insurance and Risk Managers https://www.theirm.org/media/4709/arms_2002_irm.pdf
- Aktouf, O. (1987). Méthodologie des sciences sociales et approche qualitative des organisations. Presses de l'Université du Québec.
- Assié, R., & Kouassi, B. (s.d.). Méthodologie de la recherche en sciences sociales. Université de Cocody.
- Aubert, B. A., & Bernard, J.-G. (Éds.). (2004). Mesure intégrée du risque dans les organisations. Presses de l'Université de Montréal.
- Aubin-Auger, I., Mercier, A., Baumann, L., Lehr-Drylewicz, A. M., Imbert, P., & Letrilliart, L. (2008). Introduction à la recherche qualitative. *Exercer*, 84(19), 142–145.
- Aven, T. (2016). Risk assessment and risk management : Review of recent advances on their foundation. *European Journal of Operational Research*, 253(1), 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.12.023>
- Azzouzi, S. (2015). La maintenance industrielle dans les entreprises algériennes : État des lieux et perspectives. *Revue Organisation & Travail*.
- Barkat, A. (2017). La gestion des risques opérationnels dans les entreprises industrielles. *Revue des Sciences Économiques et de Gestion*.
- Barthelemy, J., & Courrèges, P. (2004). Méthodes de créativité en management. Dunod.
- Belghanami, N. W., & Dib, K. (2019). La conception de la performance et ses indicateurs : Enjeux et perspectives. *Revue des Recherches en Sciences Financières et Comptables*, 4(1), 161–178. <https://asjp.cerist.dz/en/article/81442>
- Bellissard, C. (2019). Comment faire vivre la gestion du risque industriel sur le site d'ArcelorMittal Fos-sur-Mer [Mémoire]. DUMAS-CCSD. <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas02308017>
- Bencheneb, A. (2025). Contribution au management des risques : Utilisation de la méthode AMDEC organisation comme outil d'aide à la décision dans l'industrie agro-alimentaire. HAL Science. <https://hal.science/hal-05011637v1>
- Bentaïba, S., & Ighrayene, B. (2013). Analyse de la productivité en atelier : Indicateurs et optimisation. *Revue Marocaine de Génie Industriel*, 8(2), 45–62.

- Berchiche, A., & Bouadi, T. (2022). *Gestion des processus industriels : Théorie et applications*. Éditions universitaires algériennes.
- Berishvili, N., & Mamedova, T. (2025). Risk management practices and industrial performance: Evidence from Georgian enterprises. *Journal of Risk Research*, 28(1), 45–62.
- Bironneau, J., et al. (2010). *AMDEC : Méthode d'analyse des modes de défaillance*. AFNOR.
- Blanchet, A. (1999). *L'enquête et ses méthodes : L'entretien*. Armand Colin.
- Boukaira, S., & Daamouch, M. (2021). Quel choix épistémologique pour une recherche en sciences de gestion ? *Revue des Sciences de Gestion*.
- Boukrif, M. (2009). *La gestion des entreprises publiques algériennes : Contraintes et perspectives*. *Revue des Sciences Économiques et de Gestion*.
- Brodeur, J. (2022). *Gestion de la transformation 4.0 au sein des PME manufacturières [Mémoire]*. Polytechnique Montréal.
https://publications.polymtl.ca/10791/1/2022_JonathanBrodeur.pdf
- CheckProof. (2025). How OEE, MTBF & MTTR help reduce downtime.
<https://www.checkproof.com/blog/predictive-maintenance/downtime-reduction-how-oe-mtbf-mttr-help-you-stay-ahead>
- Chevreau, J.-L. (2008). *Gestion des risques et culture de sécurité dans les industries à haut risque*. Presses Universitaires de France. <https://pastel.hal.science/tel-00360174v1>
- COSO. (2004). *Enterprise risk management — Integrated framework*. Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission.
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4th ed.). Sage Publications.
- Davenport, T. H. (1993). *Process innovation: Reengineering work through information technology*. Harvard Business School Press.
- Delpla, V. (2022). *Stratégies d'intégration du processus de cadencage/décadencage en production manufacturière intelligente [Thèse]*. École de technologie supérieure.
https://espace.etsmtl.ca/id/eprint/3532/1/DELPLA_Victor.pdf
- Ernoul, L. (2010). *Le remue-méninges (brainstorming) comme technique de créativité collective*. *Revue de Management*.
- Ghobakhloo, M., et al. (2024). From Industry 4.0 digital manufacturing to Industry 5.0 digital society. *Information Systems Frontiers*. <https://doi.org/10.1007/s10796-024-10476-z>

- Hammer, M., & Champy, J. (2003). Reengineering the corporation: A manifesto for business revolution (2nd ed.). HarperBusiness.
- Harrington, H. J. (1991). Business process improvement: The breakthrough strategy for total quality, productivity, and competitive advantage. McGraw-Hill.
- Herkenrath, C., Hoeborn, G., Boos, W., Bareuther, S., & Linhoff, J. (2025). Driving Industry 5.0 success: How theory meets practice in Europe's industrial evolution. FIR e.V. an der RWTH Aachen. https://epub.fir.de/files/3900/fir_Herkenrath_et_al_Driving_I50Success_Preprint_2025.pdf
- Hollnagel, E. (2004). Barriers and accident prevention. Ashgate Publishing.
- International Organization for Standardization. (2015). ISO 9000:2015. Quality management systems — Fundamentals and vocabulary. <https://doi.org/10.3403/30289476>
- International Organization for Standardization. (2018). ISO 31000:2018. Risk management — Guidelines. <https://www.iso.org/standard/65694.html>
- Ionescu, A. M., et al. (2025). Exploring the future of manufacturing: An analysis of Industry 5.0 enablers. Sustainability, 17(17), 7842. <https://doi.org/10.3390/su17177842>
- Jason, L. A., & Glenwick, D. S. (2016). Handbook of methodological approaches to community-based research: Qualitative, quantitative, and mixed methods. Oxford University Press.
- Lam, J. (2014). Enterprise risk management: From incentives to controls (2nd ed.). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781118836477>
- Le Ray, J.-M. (2022). Gérer les risques : Pourquoi ? Comment ? (5e éd.). AFNOR Éditions.
- Lefebvre, A. (2024). Le diagramme d'Ishikawa : Outil d'analyse des causes et effets. Revue Qualité & Management.
- Liborio Zapata, M. (2022). Performance industrielle et transparence des indicateurs dans les organisations à faible maturité digitale [Thèse de doctorat]. Université Paris-Saclay.
- Marceron, A. (2023). Suivi de la performance des lignes de production dans l'industrie pharmaceutique via les systèmes MES [Thèse]. Université de Pharmacie. <https://fr.scribd.com/document/713980697/Pharmacie-2023-Marceron>
- MicroMain. (2024). The complete guide to MTTR and MTBF metrics.

<https://micromain.com/14523-2/>

- Morgan, D. L. (2007). Paradigms lost and pragmatism regained. *Journal of Mixed Methods Research*, 1(1), 48–76. <https://doi.org/10.1177/2345678906292462>
- Moubray, J. (1997). *Reliability-centered maintenance* (2nd ed.). Industrial Press.
- Nasir, V., et al. (2025). Human-centric Industry 5.0 manufacturing. *International Journal of Sustainable Engineering*. <https://doi.org/10.1080/19397038.2025.2551000>
- Oliveira, M., & Huatuco, L. H. (2022). Operational risk integration and supply chain resilience: A systematic review. *International Journal of Production Research*, 60(14), 4325–4345.
- Ouadi, K., & Mezaourou, R. (2023). Cartographie des risques dans les entreprises publiques algériennes : Effets sur la planification et la réduction des coûts. *Revue Algérienne de Management*, 12(1), 78–95.
- Oudai, M. (2023). Méthodes d'évaluation et de classification des risques industriels. *Revue des Sciences et Techniques de l'Ingénieur*, 5(2), 112–128.
- Ouldammam, A. (2025). Intégration des risques opérationnels dans le processus budgétaire de Sonatrach [Mémoire]. École Supérieure de Commerce d'Alger. <http://dspace.esc-alger.dz:8080/xmlui/handle/123456789/2237>
- Parmenter, D. (2015). *Key performance indicators: Developing, implementing, and using winning KPIs* (3rd ed.). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119019855>
- Pepper, M. P. J., & Spedding, T. A. (2010). A conceptual model for improving performance in Lean Six Sigma. <https://www.asjp.cerist.dz/en/downArticle/450/17/1/212705>
- Pochet, B. (2005). *Méthodologie documentaire : Rechercher, consulter, rédiger à l'heure d'Internet* (2e éd.). De Boeck.
- Power, M. (2007). *Organized uncertainty: Designing a world of risk management*. Oxford University Press.
- Rannane, M., & Talbi, A. (2019). Évaluation et gestion des risques industriels : Approches et méthodologies. *Revue Algérienne des Sciences et de la Technologie*, 7(1), 45–62.
- Reason, J. (1997). *Managing the risks of organizational accidents*. Ashgate Publishing.
- Reniers, G. (2016). *The 'Engineering risk management' lectures*. University Press Zelzate.
- Renn, O. (2008). *Risk governance: Coping with uncertainty in a complex world*. Earthscan/Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781849772440>
- Shah, R. (2012). *Méthode d'évaluation de performance de système industriel basée sur*

- l'indicateur valeur-risque [Thèse de doctorat]. Arts et Métiers ParisTech.
<https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=57925a6a21b66d7c3c261e67155b21b3e4d46023>
- SLRG. (2021). La matrice de criticité des risques. Document méthodologique interne.
- Stamatis, D. H. (2003). Failure mode and effect analysis: FMEA from theory to execution (2nd ed.). ASQ Quality Press.
- Supply Chain Wizard. (2024). World class OEE in pharma: A benchmarking analysis.
<https://scw.ai/blog/world-class-oee-in-pharma/>
- Verrier, B., Dantan, J.-Y., Habchi, A., & Delos, V. (2015). Lean and green: A review and prospects for an integration model. IFAC-Papers Online, 48(3), 206–211.
<https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.06.065>
- Wireman, T. (2004). Benchmarking best practices in maintenance management. Industrial Press.
- Zubair, M., et al. (2021). Manufacturing productivity analysis by applying overall equipment effectiveness (OEE). Cogent Engineering, 8(1), Article 1953681.
<https://doi.org/10.1080/23311916.2021.1953681>

ANNEXES

ANNEXE 01 : Guide d'entretien



GUIDE D'ENTRETIEN

Aux responsables de SONARIC

Dans le cadre de notre démarche qualitative, nous avons construit un guide d'entretien articulé autour de thématiques précises, permettant d'explorer les pratiques, les risques et la performance au sein de SONARIC.

Objectif de cet échange :

Cet entretien vise à recueillir votre expérience et votre perception sur :

- Le fonctionnement et les pannes des machines critiques (dispositif corps de chauffe, soudeuse, presse hydraulique) ;
- Les pratiques de maintenance en place ;
- Les risques opérationnels identifiés et leur gestion ;
- Les leviers d'amélioration de la performance industrielle.

Vos réponses resteront strictement confidentielles et seront utilisées uniquement à des fins académiques.

Durée estimée de l'entretien : 30 à 45 minutes.

Avez-vous des questions avant de commencer ?

III. AXE 1 — CONNAISSANCE DES MACHINES ET HISTORIQUE DES PANNES

- **Pouvez-vous me décrire brièvement votre rôle par rapport aux machines (dispositif corps de chauffe, soudeuse, presse hydraulique) ?**

Quelle machine utilisez-vous le plus souvent ? Quel est votre niveau d'intervention sur ces machines ?

- **Selon vous, quelles sont les pannes les plus fréquentes sur ces machines durant ces 6 derniers mois ?**

Sur quelle machine avez-vous observé le plus de pannes ? Dans quelle mesure ces pannes présentent-elles un caractère répétitif ?

- **Quelle est en général la durée d'une panne avant la remise en marche de la machine ?**

Comment expliquez-vous le fait que certaines pannes durent plus longtemps que d'autres, et pour quelles raisons ?

- **Comment estimez-vous la disponibilité de ces machines dans votre quotidien de travail ?**

Dans quelle mesure les arrêts machines impactent-ils la production ?

IV. AXE 2 — LA MAINTENANCE ET LES INTERVENTIONS

- **Pouvez-vous m'expliquer comment se déroule une intervention de maintenance en cas de panne sur ces machines ?**

Qui est informé en premier ? Combien de techniciens interviennent ? De quelles procédures écrites disposez-vous pour encadrer ces interventions ?

- **Comment se présente le plan de maintenance préventive pour ces machines, et dans quelle mesure est-il appliqué au quotidien ?**

Comment ce plan est-il élaboré ? Quels sont les obstacles à son application ?

- **Comment se présente la disponibilité des pièces de rechange en stock au moment des pannes, et quel impact cela peut-il avoir sur les délais de réparation ?**

Pourriez-vous décrire les situations de rupture de stock de pièces critiques que vous avez pu rencontrer ?

- **Dans quelle mesure les outils et équipements dont vous disposez vous permettent-ils d'effectuer les interventions dans de bonnes conditions ?**

Quelles sont les ressources qui font défaut et qui freinent votre travail ?

V. AXE 3 IDENTIFICATION ET GESTION DES RISQUES OPÉRATIONNELS

- **Quels sont selon vous les principaux risques opérationnels associés aux machines étudiées (risques de panne, risques sécurité, risques qualité) ?**

Pourriez-vous décrire les situations dangereuses que vous avez déjà vécues, ainsi que les conséquences qui en ont découlé ?

- **Comment ces risques sont-ils actuellement gérés au sein de l'atelier, et quelles sont les procédures ou consignes spécifiques mises en place ?**

*Dans quelle mesure ces procédures sont-elles connues et respectées par tous ?
Comment sont-elles mises à jour au fil du temps ?*

- **Quels sont, selon vous, les risques que vous considérez insuffisamment pris en charge ou négligés dans l'atelier ?**

Comment avez-vous signalé ces risques à votre hiérarchie, et quelle a été la suite donnée à ces signalements ?

- **Pourriez-vous me parler d'un incident ou d'un accident lié à ces machines auquel vous avez été confronté, et nous expliquer comment la situation a été gérée ?**

Qu'est-ce qui aurait pu éviter cet incident ? Dans quelle mesure un retour d'expérience a-t-il été documenté à la suite de cet événement ?

VI. AXE 4 — LA PERFORMANCE INDUSTRIELLE

- Comment évaluez-vous la performance globale de la ligne de chauffe à gaz en termes de production et de qualité ?
- Selon vous, quelles seraient les actions prioritaires pour améliorer la disponibilité et la fiabilité des machines étudiées ?
- Si vous pouviez changer une seule chose dans la façon dont la maintenance ou la gestion des risques est faite ici, qu'est-ce que ce serait

ANNEXE 02 :
La matrice AMDEC

Tableau 9 : Matrice AMDEC — Risques opérationnels SONARIC

Machine	Risque	Cause	Impact	G	O	C	Niveau	Plan d'action
Presse hydraulique	Coulissant bloqué (récurrent)	Usure des soupapes et clapets, qualité d'huile dégradée, absence de diagnostic hydraulique	Arrêt machine ; tentation de déblocage manuel exposant l'opérateur ; quatre occurrences en 6 mois	3	4	12	Élevé	Remplacement préventif des soupapes et clapets ; vérification trimestrielle de la qualité de l'huile ; procédure de déblocage avec consignation hydraulique
Soudeuse	Disques déformés / surchauffés	Usure non surveillée, absence de programme de remplacement préventif, surcharges thermiques	Production de soudures non conformes ; rebut ; six occurrences sur 6 mois (la moitié des pannes)	3	4	12	Élevé	Surveillance régulière de l'état des disques ; remplacement préventif avant déformation ; surfaçage et rectification programmés
Soudeuse	Soudure défectueuse / faible	Disques déformés ou surchauffés, paramètres instables, contrôle qualité défaillant, éclairage insuffisant	Pièces non conformes susceptibles de générer une fuite de gaz chez l'utilisateur final ; risque réputationnel	4	3	12	Élevé	Étalonnage régulier des paramètres ; remplacement préventif des disques ; test d'étanchéité systématique ; amélioration de l'éclairage

Machine	Risque	Cause	Impact	G	O	C	Niveau	Plan d'action
Corps de chauffe	Découpage défectueux / poinçon bloqué	Usure du poinçon, défaillance de la photocellule, absence d'audit régulier des dispositifs de sécurité	Mauvais perçage compromettant l'intégrité du circuit gaz ; risque d'accident corporel à l'opérateur	4	3	12	Élevé	Audit semestriel des dispositifs de sécurité ; affûtage et remplacement préventif du poinçon ; contrôle dimensionnel renforcé
Corps de chauffe	Éclatement de flexible haute pression	Vieillessement des flexibles dépassant la durée de vie constructeur, absence de remplacement préventif	Projection de fluide chaud sous pression ; brûlure des opérateurs ; arrêt prolongé de la ligne	4	3	12	Élevé	Programme de remplacement systématique des flexibles selon durée de vie constructeur ; stock de sécurité ; consignes d'évacuation
Soudeuse	Arrêt soudage / arc électrique sur armoire	Contacteurs défaillants, armoires poussiéreuses qui chauffent en été, absence de contrôle thermographique	Arrêt de production ; risque incendie latent ; risque d'arc électrique pour le technicien	4	3	12	Élevé	Contrôle thermographique semestriel ; nettoyage régulier des armoires ; remplacement préventif des contacteurs
Soudeuse	Exposition aux fumées de soudage	Système d'aspiration partiellement opérant, EPI respiratoires	Risque toxicologique différé pour les opérateurs ; exposition	3	3	9	Élevé	Maintenance régulière de l'aspiration ; fourniture d'EPI respiratoires ;

Machine	Risque	Cause	Impact	G	O	C	Niveau	Plan d'action
		insuffisants ou non portés	chronique aux particules et gaz de soudage					contrôle médical périodique
Corps de chauffe	Blocage de ligne (panne moteur / roulements)	Absence de surveillance vibratoire ou auditive des roulements, dégradation non anticipée	Indisponibilité prolongée du corps de chauffe (8 h par intervention) stoppant le flux de production	4	2	8	Modéré	Surveillance auditive et vibratoire des roulements ; remplacement préventif ; stock de sécurité ; extracteur adapté
Presse hydraulique	Projection d'huile sous pression	Vieillessement des joints, fuites traitées par simple serrage des vis (palliatif), absence de remplacement systématique	Risque de brûlure des techniciens lors d'interventions ; pollution du poste ; un incident matérialisé	4	2	8	Modéré	Programme semestriel de remplacement des joints ; consignation hydraulique stricte avant intervention ; EPI
Presse hydraulique	Glissade sur sol gras	Fuites d'huile chroniques au pied de la machine, absence de nettoyage régulier, traitement palliatif	Risque de chute des opérateurs ; un incident rapporté sans blessure sérieuse mais récurrence du danger	2	3	6	Modéré	Nettoyage quotidien des sols ; tapis antidérapants ; traitement à la source des fuites par remplacement des joints

Machine	Risque	Cause	Impact	G	O	C	Niveau	Plan d'action
		(sciure)						
Corps de chauffe	Faible efficacité thermique	Baisses de pression répétitives, mauvaise circulation des fluides, fuites hydrauliques diffuses	Mauvais débit ; circulation insuffisante des fluides ; performance thermique dégradée	2	3	6	Modéré	Vérification régulière du circuit hydraulique ; remplacement préventif des flexibles ; nettoyage des filtres
Presse hydraulique	Perte de pression / pièce non conforme	Baisse de pression hydraulique, descente faible, dérèglement des clapets	Cycle de presse irrégulier ; risque de déformation des pièces ; rebut ponctuel	2	2	4	Acceptable	Vérification régulière de la pression ; réglage périodique des clapets ; contrôle dimensionnel renforcé

Source : élaboré par nous-mêmes à partir des registres de pannes (45 pannes sur 6 mois), des entretiens et des observations de terrain.

ANNEXE 03 : Grille d'observation participante

Tableau 10 : Grille d'observation participante

Dimension observée	Observations constatées	Interprétation / Remarques
Identification des risques	Aucun registre de risques n'existe. Aucune liste formelle de dangers ou de points critiques n'a été constatée sur le terrain, ni en atelier ni au bureau de méthodes.	L'étape fondamentale d'identification est absente → la gestion des risques ne peut pas démarrer sans cette base.
Évaluation des risques	Aucun outil d'analyse de risques n'est utilisé. Pas de matrice de criticité, pas d'AMDEC, pas d'arbre des causes affiché ou archivé.	Sans évaluation, il est impossible de prioriser les risques → tous les incidents sont traités de façon réactive et non préventive.
Traitement et Plans d'actions	Aucun plan d'action préventif lié aux risques n'a été observé. Les seules actions constatées sont des réponses aux incidents déjà survenus.	La démarche est entièrement réactive : l'entreprise subit les risques au lieu de les anticiper.
Pilotage et Suivi	Pas de tableau de bord dédié aux risques.	L'absence de pilotage empêche toute amélioration

Dimension observée	Observations constatées	Interprétation / Remarques
	Pas de réunion de suivi formalisée. Les échanges sur les incidents sont verbaux et informels.	continue.
Documentation et Procédures	Très peu de documents techniques disponibles. Les pratiques reposent sur le savoir-faire oral des opérateurs expérimentés. Aucune fiche de risque formalisée n'a été observée.	La dépendance au savoir tacite est un risque organisationnel majeur (vulnérabilité en cas de départ de personnel clé).
Culture du risque	Le personnel n'a pas été sensibilisé à une démarche structurée de gestion des risques. Les anomalies mineures sont banalisées et ne font l'objet d'aucun signalement formalisé.	Culture réactive dominante. Le risque est perçu comme contraintes structurelles inévitables, non comme un objet de management.
Digitalisation et Outils	Aucun outil numérique de gestion des risques n'est utilisé. Les supports sont papier ou absents. Pas de GMAO, observable sur le terrain.	Le manque de digitalisation freine la traçabilité, l'analyse et le partage d'information entre services.
Type de maintenance pratiqué	La maintenance pratiquée est	Une maintenance 100% corrective multiplie les

Dimension observée	Observations constatées	Interprétation / Remarques
	<p>exclusivement corrective. Aucun plan de maintenance préventive n'a été observé. Les interventions ont lieu uniquement après panne ou dysfonctionnement.</p>	<p>arrêts non planifiés, augmente les coûts et réduit la durée de vie des équipements.</p>
Planification des interventions	<p>Aucun planning de maintenance formalisé n'a été observé. Les interventions sont déclenchées au cas par cas, sans programmation préalable ni fréquence définie.</p>	<p>L'absence de planification est la cause directe des arrêts prolongés et de l'impossibilité d'anticiper les besoins en pièces et en personnel.</p>
Délai d'intervention et Temps d'arrêt	<p>Les délais d'intervention sont longs. Les arrêts machines observés durent plusieurs heures, voire des journées entières, en raison du manque de pièces de rechange disponibles et de l'organisation non formalisée.</p>	<p>Des temps d'arrêt élevés réduisent directement le taux de disponibilité et impactent la productivité globale.</p>
Disponibilité des ressources (pièces et compétences)	<p>Stock de pièces de rechange limité ou inexistant pour certains équipements. Les techniciens sont compétents mais sollicités</p>	<p>La pénurie de pièces allonge les arrêts et oblige des réparations provisoires qui reviennent régulièrement, créant un cercle vicieux de pannes</p>

Dimension observée	Observations constatées	Interprétation / Remarques
	en urgence permanente. L'outillage est basique.	récurrentes.
Qualité des réparations	Les réparations observées sont provisoires ('dépannage rapide'). Les mêmes défaillances réapparaissent sur les mêmes équipements à intervalles rapprochés, signe de solutions non pérennes.	Les réparations provisoires répétées sur les mêmes équipements indiquent une absence de résolution des causes racines → risque opérationnel chronique.
Traçabilité et Historique	Pas de fiche d'intervention systématique. Pas de fiche d'intervention systématique. L'historique des pannes n'est pas complet. La traçabilité repose sur la mémoire des techniciens. .	Sans historique, il est impossible de détecter les tendances de défaillance, de préparer la maintenance préventive ou de négocier des contrats de service.
Indicateurs de performance	Aucun tableau de bord de performance industrielle n'est affiché ou tenu à jour. La direction ne dispose pas d'indicateurs quantifiés sur la performance en temps réel.	L'absence d'indicateurs empêche le pilotage basé sur les données et rend impossible toute démarche d'amélioration continue structurée.

Dimension observée	Observations constatées	Interprétation / Remarques
Organisation du travail	Les tâches sont exécutées selon des habitudes non formalisées. Les opérateurs travaillent de mémoire. Les instructions de travail, quand elles existent, sont peu actualisées.	Le risque organisationnel est élevé : toute absence d'un opérateur clé peut désorganiser la production faute de procédures documentées.
Environnement de travail	La signalétique de sécurité est insuffisante. L'utilisation des EPI n'est pas systématique. Certaines zones présentent des risques physiques structurés.	Les lacunes en matière de santé-sécurité sont une source de risques opérationnels directs (accidents du travail, arrêts, responsabilité juridique).

Source : élaboré par nous-mêmes.

ANNEXE 04 : LES INDICATEURS DE PERFORMANCE

FICHE DE SUIVI DES PANNES — CORPS DE CHAUFFE

N°	Description de la Panne	Date	Heure	Durée Maint. (h)	Solution / Action Corrective	Durée Fonct. (h)
1	Flexible fuite	01/09/2025	09:45	1.00	Changement de flexible	191.25
2	Pression faible	09/09/2025	10:00	4.00	Réglage de la pompe	455.17
3	Niveau huile bas	28/09/2025	13:10	0.67	Remplacement de l'huile	211.00
4	Poinçon bloqué	07/10/2025	08:50	1.00	Remplacement de la photocellule	216.42
5	Deviseur fuite	16/10/2025	10:15	4.00	Changement des joints	453.08
6	Découpage déformé	04/11/2025	11:20	4.00	Réglage du poinçon	167.17
7	Pression faible	11/11/2025	14:30	2.00	Réglage de la soupape	352.50
8	Fuite d'huile	26/11/2025	09:00	2.00	Changement de flexible	194.83
9	Découpage arrêté	04/12/2025	13:50	2.00	Nettoyage et graissage	234.67
10	Moteur bruyant	14/12/2025	10:30	8.00	Démontage moteur + changement roulement	184.50
11	Pression faible	22/12/2025	11:00	4.00	Réglage de la pompe	545.75
12	Découpage défectueux	14/01/2026	08:45	4.00	Réglage du poinçon	482.42
13	Flexible fuite	03/02/2026	15:10	1.00	Remplacement de flexible	497.50
14	Moteur bruyant	24/02/2026	09:40	8.00	Changement roulement	309.92
15	Niveau huile bas	09/03/2026	15:35	0.67	Remplacement de l'huile	—

Source : élaboré par nous-mêmes.

N°	Description de la Panne	Date	Heure	Durée Maint. (h)	Solution / Action Corrective	Durée Fonct. (h)
1	Disque déformé	11/09/2025	11:30	2.00	Surfaçage du disque	236.50
2	Disque surchauffe	21/09/2025	10:00	3.50	Contrôle du circuit	211.75
3	Soudage arrêté	30/09/2025	09:15	4.00	Vérification du contacteur	49.33
4	Courant insuffisant	02/10/2025	14:35	2.00	Ajout de mercure	135.58
5	Refroidisseur HS	08/10/2025	08:10	2.00	Nettoyage de filtre	768.33
6	Disque supérieur HS	09/11/2025	10:30	8.00	Vérification de la soupape	231.17
7	Soudure défectueuse	19/11/2025	09:40	4.00	Réglage des paramètres de soudure	265.75
8	Disques espacés	30/11/2025	15:25	3.50	Réglage des disques	15.42
9	Soudage arrêté	01/12/2025	10:20	4.00	Vérification du contacteur	402.17
10	Disque déformé	18/12/2025	08:30	3.00	Rectification des disques	457.75
11	Soudage arrêté	06/01/2026	13:15	3.00	Vérification interne	208.58
12	Soudure défectueuse	15/01/2026	08:50	4.00	Réglage des paramètres de soudure	334.92
13	Courant insuffisant	29/01/2026	11:45	2.00	Ajout de mercure	456.08
14	Soudage arrêté	17/02/2026	13:50	2.50	Vérification du circuit	453.67
15	Disque surchauffe	08/03/2026	14:00	3.50	Contrôle du circuit	—

FICHE DE SUIVI DES PANNES — SOUDEUSE

Source : élaboré par nous-mêmes.

FICHE DE SUIVI DES PANNES — PRESSE HYDRAULIQUE

N°	Description de la Panne	Date	Heure	Durée Maint. (h)	Solution / Action Corrective	Durée Fonct. (h)
1	Fort frottement	07/09/2025	10:00	1.00	Nettoyage et graissage	266.45
2	Fuite d'huile	18/09/2025	13:27	0.50	Serrage des vis	571.30
3	Insuffisance de lubrification	12/10/2025	09:15	1.50	Remplacement de l'huile	240.42
4	Coulissant bloqué	22/10/2025	11:10	2.30	Vérification soupapes et clapets	357.03
5	Coupure électrique	06/11/2025	10:30	3.00	Intervention électrique	408.50
6	Fuite d'eau	23/11/2025	14:00	2.00	Changement de tuyau	263.58
7	Switch endommagé	04/12/2025	15:35	0.50	Montage des vis	305.42
8	Pompe bruyante	17/12/2025	09:30	1.50	Remplacement de filtre	120.00
9	Baisse de pression	22/12/2025	11:00	1.00	Remplacement de soupapes	309.17
10	Coulissant bloqué	04/01/2026	09:10	2.50	Vérification soupapes et clapets	262.33
11	Descente faible	15/01/2026	10:00	4.00	Réglage des clapets	287.25
12	Fuite d'huile	27/01/2026	13:15	1.00	Soudage des tuyaux	474.50
13	Coulissant bloqué	16/02/2026	08:45	2.50	Réglage du clapet de pression	315.08
14	Coulissant bloqué	01/03/2026	14:20	2.00	Vérification de pression	334.67
15	Fuite d'huile	15/03/2026	15:00	0.50	Serrage des vis	—

Source : élaboré par nous-mêmes.