

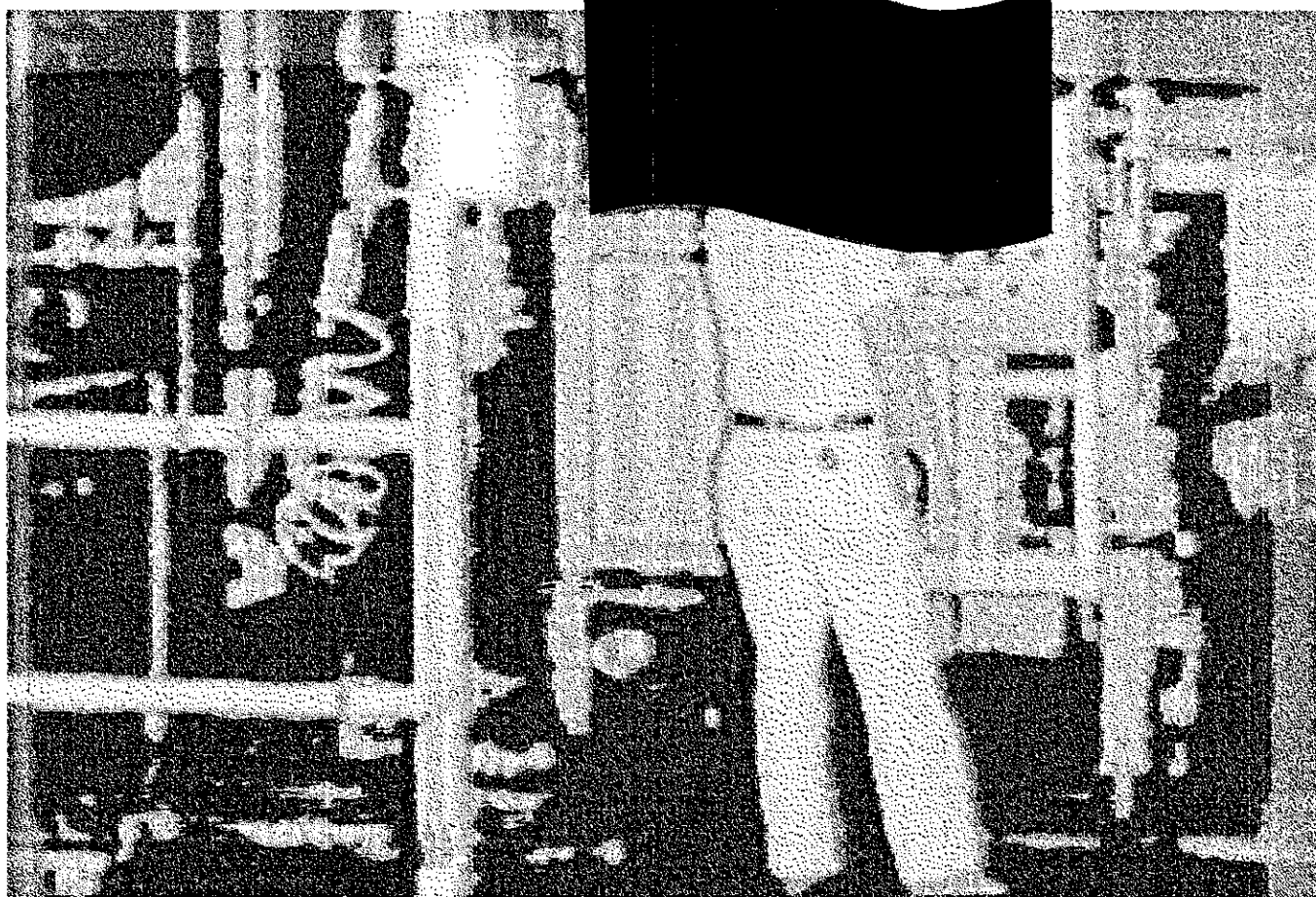
**Les risques d'accidents
associés à la récupération
d'incidents dans un système
automatisé de production
en série : le cas
d'une boulangerie**

**ÉTUDES ET
RECHERCHES**

Georges Toulouse

Décembre 1997 R-174

RAPPORT



IRSST

Institut de recherche
en santé et en sécurité

La recherche, pour mieux comprendre

L'Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec (IRSST) est un organisme de recherche scientifique voué à l'identification et à l'élimination à la source des dangers professionnels, et à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes. Financé par la CSST, l'Institut réalise et finance, par subvention ou contrats, des recherches qui visent à réduire les coûts humains et financiers occasionnés par les accidents de travail et les maladies professionnelles.

Pour tout connaître de l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement au magazine *Prévention au travail*, publié conjointement par la CSST et l'Institut.

Les résultats des travaux de l'Institut sont présentés dans une série de publications, disponibles sur demande à la Direction des communications.

Il est possible de se procurer le catalogue des publications de l'Institut et de s'abonner à *Prévention au travail* en écrivant à l'adresse au bas de cette page.

ATTENTION

Cette version numérique vous est offerte à titre d'information seulement. Bien que tout ait été mis en œuvre pour préserver la qualité des documents lors du transfert numérique, il se peut que certains caractères aient été omis, altérés ou effacés. Les données contenues dans les tableaux et graphiques doivent être vérifiées à l'aide de la version papier avant utilisation.

Dépôt légal
Bibliothèque nationale du Québec

IRSST - Direction des communications
505, boul. de Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2
Téléphone : (514) 288-1 551
Télécopieur: (514) 288-7636
Site internet : www.irsst.qc.ca
© Institut de recherche en santé
et en sécurité du travail du Québec,

La recherche, pour mieux comprendre

L'Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec (IRSST) est un organisme de recherche scientifique voué à l'identification et à l'élimination à la source des dangers professionnels, et à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes. Financé par la CSST, l'Institut réalise et finance, par subvention ou contrats, des recherches qui visent à réduire les coûts humains et financiers occasionnés par les accidents de travail et les maladies professionnelles.

Pour tout connaître de l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement au magazine *Prévention au travail*, publié conjointement par la CSST et l'Institut.

Les résultats des travaux de l'Institut sont présentés dans une série de publications, disponibles sur demande à la Direction des communications.

Il est possible de se procurer le catalogue des publications de l'Institut et de s'abonner à *Prévention au travail* en écrivant à l'adresse au bas de cette page.

Dépot légal

Bibliothèque nationale du Québec
1997

ISBN: 2-551-18809-1

ISSN: 0820-8395

IRSST - Direction des communications
505, boul. de Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2

Téléphone: (514) 288-1551
Télécopieur: (514) 288-7636

© Institut de recherche en santé
et en sécurité du travail du Québec,
décembre 1997.

**Les risques d'accidents
associés à la récupération
d'incidents dans un système
automatisé de production
en série : le cas
d'une boulangerie**

Georges Toulouse
Programme sécurité-ergonomie, IRSST

RAPPORT

SOMMAIRE

Le rapport présente une étude sur les risques d'accident associés à la récupération des incidents survenant durant la conduite d'un système automatisé de production en série d'une boulangerie industrielle. L'étude a été réalisée à la demande des partenaires sociaux de l'entreprise suite aux importants problèmes rencontrés au démarrage des nouvelles installations. Les opérateurs se plaignaient des risques d'accident occasionnés par les activités de récupération des incidents. La revue bibliographique montre que les problèmes de sécurité liés à l'automatisation ont été étudiés dans des secteurs industriels autres que les boulangeries. De ces études, il se dégage deux approches de prévention des accidents. La première vise à interdire l'accès des opérateurs aux zones dangereuses. Elle s'adresse à la prévention des risques du genre frappé ou coincé présents lors de l'opération ou de la récupération des incidents sur des machines. L'application de cette approche comporte différentes difficultés, notamment celles relatives aux contraintes qui pèsent sur les opérateurs et les amènent à contourner ces mesures de sécurité. La seconde consiste à éliminer les incidents ou à faciliter leur récupération. Elle s'applique à n'importe quel risque et contribue à améliorer la productivité. Cependant, elle n'est pas toujours réalisable, et son efficacité dépend de la qualité des corrections des incidents comportant des risques d'accident. Au cours de cette étude, nous développerons l'idée que le choix entre ces deux approches nécessite de considérer non seulement le risque, mais également les contraintes de récupération des incidents et l'efficacité de la correction des incidents sur la sécurité.

Ainsi, l'étude a pour objectif d'une part, de dresser un portrait des incidents incluant les risques d'accident et les problèmes de récupération et d'autre part, d'examiner l'efficacité des mesures de correction des incidents en ce qui concerne la sécurité.

Les données sur les incidents ont été recueillies par des entrevues semi-dirigées réalisées auprès des opérateurs des lignes de pains et de petits pains. Celles-ci ont été préparées par l'observation de l'activité des opérateurs à chacun des postes de travail. Des photographies des installations ont servi de support visuel aux entrevues. Les incidents ont été classifiés selon les catégories suivantes : la présence ou non d'un risque d'accident, les risques d'accident, les activités de récupération à risque, les conditions matérielles dangereuses, les comportements de prise de risque, la correction des incidents et la satisfaction des opérateurs à leur sujet. Les problèmes rencontrés dans la mise en oeuvre de moyens de correction des incidents ou des risques d'accident par l'entreprise et les opérateurs sont décrits et discutés. Les résultats ont été validés au cours de rencontres avec la direction, les contremaîtres de production et le comité de santé et de sécurité.

Les opérateurs rapportent 116 incidents à la ligne de pains et 73 incidents à la ligne de petits pains. Ils signalent la présence d'au moins un risque d'accident respectivement pour 47 % et 42 % d'entre eux. En plus des risques associés directement au fonctionnement de machines automatisées (frappé par), les opérateurs mentionnent de nombreux risques (chutes, heurts, effort physique excessif) que l'on a l'habitude de retrouver dans des systèmes de production de technologies plus anciennes. Ces risques sont relatifs aux activités de récupération des incidents nécessitant des déplacements ou des interventions manuelles des opérateurs. Ces activités de récupération se déroulent dans des conditions matérielles dangereuses (obstacles au déplacement, échelles ou escabeaux dangereux, sol glissant, contraintes de manutention, etc.) avec l'adoption de comportements de prise de risque de la part des opérateurs (déplacement à allure rapide, intervention sur un équipement en marche, neutralisation d'une sécurité, etc.). Les comportements de prise de risque se retrouvent dans environ la moitié des incidents à risque mentionnés par les opérateurs, dans l'autre moitié les opérateurs doivent faire face à des conditions matérielles dangereuses inévitables.

Parmi les incidents rapportés par les opérateurs, environ un tiers ont fait l'objet de mesures correctrices. Celles-ci sont décrites autant lorsque les incidents comportent des risques que lorsqu'ils n'en comportent pas. La moitié des mesures correctrices mentionnées pour les incidents à risque sont insatisfaisantes selon les opérateurs. En effet, elles sont jugées trop partielles ou elles génèrent de nouveaux risques. L'inefficacité de ces mesures apparaît provenir des modalités organisationnelles de correction des incidents qui n'impliquent pas suffisamment les opérateurs.

La diversité des risques présents dans ce système automatisé de production nécessite des mesures de correction touchant aussi bien la protection des opérateurs que l'élimination ou le contrôle des incidents. Cependant, en raison des difficultés de prévoir tous les incidents et les meilleurs moyens de les corriger, l'amélioration de la coordination entre les opérateurs, la direction de la production, la maintenance et le service de santé et de sécurité apparaît l'élément essentiel à une meilleure efficacité de prévention des accidents.

REMERCIEMENTS

Cette étude a été réalisée grâce à la participation de plusieurs personnes que je remercie chaleureusement :

- ☛ Claude Lechasseur pour l'efficacité de sa collaboration à la préparation, au recueil, à la transcription et à l'analyse des entrevues.
- ☛ La coordonnatrice et les représentants en santé et en sécurité du travail ainsi que la direction de la production pour nous avoir accueillis et facilité notre intervention.
- ☛ Les opérateurs qui nous ont fait partager leur expérience du travail et de ces risques.
- ☛ François Lemay pour son support informatique dans l'analyse des données.
- ☛ Finalement, Christine Lecours qui a assumé la mise en page et la relecture du rapport.

TABLE DES MATIÈRES

Pages

SOMMAIRE	i
REMERCIEMENTS	iii
1. INTRODUCTION	1
2. PROBLÉMATIQUE	3
2.1 Automatisation et sécurité	3
2.2 Récupération des incidents et sécurité des opérateurs	4
3. OBJECTIFS	7
4. MÉTHODOLOGIE	9
4.1 Caractéristiques du système de production de la boulangerie	9
4.1.1 Description du processus de production	9
4.1.2 Population d'opérateurs des lignes de pains et de petits pains	14
4.1.3 Accidents	14
4.2 Étude des incidents	14
4.2.1 Choix de la méthode de recueil des incidents	14
4.2.2 Recueil des incidents auprès des opérateurs	15
4.2.3 Analyse des incidents	16
5. RÉSULTATS ET DISCUSSION	21
5.1 Incidents comportant des risques d'accident	21
5.2 Description des risques d'accident présents dans la récupération des incidents ...	28
5.2.1 Risques d'accident	28
5.2.2 Activités de récupération comportant des risques d'accident	32
5.2.3 Conditions matérielles dangereuses et comportements de prise de risque ..	40
5.2.4 Spécificité des risques d'accident	46
5.3 Corrections des incidents rapportés par les opérateurs	47
5.3.1 Corrections et moyens de contrôle des incidents par les opérateurs de la ligne de pains	49
5.3.2 Corrections et moyens de contrôle des incidents par les opérateurs de la ligne de petits pains	52
5.3.3 Prévention des risques d'accident dans l'entreprise	54
5.3.4 Choix des moyens de prévention	55
5.3.5 Conception des systèmes automatisés et sécurité des opérateurs	57
6. CONCLUSION	59
BIBLIOGRAPHIE	61

LISTE DES TABLEAUX

	Pages
Tableau 1 - Répartition de l'ensemble des incidents et des incidents à risque d'accident décrits par les opérateurs des lignes de pains et de petits pains selon les postes de travail . . .	22
Tableau 2 - Ensemble des incidents et des incidents à risque d'accident décrits par les opérateurs de la ligne de pains selon les composantes des situations de travail	23
Tableau 3 - Ensemble des incidents et des incidents à risque d'accident avec les contenants décrits par les opérateurs de la ligne de pains	24
Tableau 4 - Ensemble des incidents et des incidents à risque d'accident avec le produit décrits par les opérateurs de la ligne de pains	24
Tableau 5 - Ensemble des incidents et des incidents à risque d'accident avec l'équipement décrits par les opérateurs de la ligne de pains	25
Tableau 6 - Ensemble des incidents et des incidents à risque d'accident avec l'utilisation de l'équipement décrits par les opérateurs de la ligne de pains	25
Tableau 7 - Ensemble des incidents et des incidents à risque d'accident décrits par les opérateurs de la ligne de petits pains selon les composantes de la situation de travail	26
Tableau 8 - Ensemble des incidents et des incidents à risque d'accident avec l'utilisation de l'équipement décrits par les opérateurs de la ligne de petits pains	27
Tableau 9 - Ensemble des incidents et des incidents à risque d'accident avec les équipements décrits par les opérateurs de la ligne de petits pains	27
Tableau 10 - Ensemble des incidents et des incidents à risque d'accident avec le produit et les contenants décrits par les opérateurs de la ligne de petits pains	28
Tableau 11 - Risques d'accident lors de la récupération des incidents décrite par les opérateurs de la ligne de pains	29
Tableau 12- Risques d'accident lors de la récupération des incidents décrite par les opérateurs de la ligne de petits pains	30
Tableau 13 - Actions de récupération des incidents à risque décrites par les opérateurs de la ligne de pains selon les risques d'accident	32
Tableau 14 - Actions de récupération des incidents décrites par les opérateurs de la ligne de petits pains selon les risques d'accident	33
Tableau 15 - Conditions matérielles dangereuses décrites par les opérateurs de la ligne de pains selon les risques d'accident	41

Tableau 16 -	Conditions matérielles dangereuses décrites par les opérateurs de la ligne de petits pains selon les risques d'accident	42
Tableau 17 -	Conditions matérielles dangereuses en elles-mêmes et comportements de prise de risque décrits par les opérateurs de la ligne de pains selon les risques d'accident	43
Tableau 18 -	Conditions matérielles dangereuses en elles-mêmes et comportements de prise de risque décrits par les opérateurs de la ligne de petits pains selon les risques d'accident ..	44
Tableau 19 -	Niveaux de correction des incidents comportant ou non des risques d'accident selon les opérateurs de la ligne de pains	48
Tableau 20 -	Niveaux de correction des incidents comportant ou non des risques d'accident selon les opérateurs de la ligne de petits pains	48

1. INTRODUCTION

Une boulangerie industrielle a connu d'importantes difficultés suite à la mise en production de ses nouvelles installations entièrement automatisées. Dès la phase de démarrage, de nombreux incidents sont survenus entraînant des pertes de production, une charge de travail élevée et des accidents. Le contrôle des principaux problèmes de production n'a pu s'obtenir qu'à la faveur de nombreuses modifications techniques et de la familiarisation du personnel avec les nouvelles installations. Cependant, après deux ans de fonctionnement, il existait encore beaucoup d'incidents à l'origine de plaintes des opérateurs concernant la charge de travail et les accidents. Plus particulièrement, des questions se posaient sur la présence de risques d'accident lors de la récupération des incidents et sur le choix des moyens de prévention. Aussi, à la demande du syndicat et de l'employeur, une étude a été menée sur les risques d'accident associés à la survenue des incidents afin de mieux les décrire et d'orienter l'entreprise vers les moyens de prévention en regard de ce qui a déjà été accompli.

L'étude fournit l'occasion de réfléchir sur les moyens de prévention des accidents lors de la conduite de systèmes automatisés de production en série. Ce domaine apparaît d'autant plus important que l'automatisation constitue un des moyens permettant aux entreprises d'être compétitives au niveau international. Cependant, l'efficacité de l'automatisation ne réside pas uniquement dans la qualité de la technologie, mais également dans la qualité de son intégration aux systèmes humain et social de l'entreprise. Or, au Québec, peu d'études en ergonomie traitent de ces questions, contrairement à l'importance accordée à ce domaine dans les pays industrialisés.

Le rapport présente l'étude menée dans la boulangerie de façon à en dégager des perspectives d'études et de choix de moyens de prévention plus généraux. Tout d'abord, la problématique est élaborée à partir d'une revue bibliographique. Elle a conduit à définir les objectifs de l'étude en tenant compte de la demande de l'entreprise. Ensuite, la méthode d'étude des problèmes de sécurité à partir de la survenue des incidents est présentée. Les résultats décrivent les risques d'accident présents lors de la récupération des incidents. Ils sont discutés selon les approches préventives généralement proposées, et les moyens de prévention déjà mis en oeuvre dans l'entreprise.

2. PROBLÉMATIQUE

2.1 Automatisation et sécurité

L'automatisation des systèmes de production modifie profondément le travail des opérateurs. Les actions directes des opérateurs sur le produit sont remplacées par celles des machines. Ces dernières exécutent automatiquement les instructions déclenchées par la réalisation de programmes informatiques et/ou de capteurs. L'ensemble des résultats des études sur la sécurité des opérateurs de systèmes automatisés indique une tendance générale à la réduction de la fréquence des accidents et à l'augmentation de leur gravité. Cette dernière, dans les systèmes à haut risque (industrie chimique, nucléaire, aéronautique, etc.) se traduit par les possibilités de catastrophe. Aussi, il est faux de penser que l'automatisation, à elle seule, peut éliminer tous les problèmes de sécurité. Certains aspects de l'automatisation permettent d'anticiper des améliorations de la sécurité, d'autres, au contraire, entretiennent un doute sur l'efficacité de ces améliorations et sur la possibilité d'éviter les accidents par ce seul moyen.

L'amélioration de la sécurité dans les systèmes automatisés est obtenue par l'éloignement des opérateurs des zones de transformation du produit. Les possibilités de contact avec les sources d'énergie susceptibles d'occasionner des blessures sont plus limitées. Divers chercheurs ont souligné les effets bénéfiques de l'automatisation sur la sécurité des opérateurs (Vautrin et Dei Svaldi, 1986; Bullinger, coll. 1987; Döös et Backström, 1990; Mattila et Kiviniitty, 1993; Karwowski, coll. 1994). Celle-ci contribue à la réduction des risques mécaniques (Vautrin, coll. 1992), des risques liés aux nuisances environnementales (Seppälä et Tuominen, 1992; Backström, Döös, 1995), des risques concernant les efforts physiques excessifs (Swira, 1991; Vautrin, Edwards et Nicolaisen, 1992) et les lésions attribuables au travail répétitif (Karwowski et coll., 1986; Putz-Anderson, 1988). Certains auteurs préconisent l'automatisation pour améliorer la sécurité des opérateurs (Pearson, 1989 et Kletz, 1990).

Les améliorations attendues de l'automatisation sur la sécurité des opérateurs ne semblent pas toujours obtenues (Karwowski et coll., 1988; Helander, 1990; Jarvinen et Karwowski, 1994). La fréquence des accidents n'a pas diminué autant qu'il aurait été permis de le supposer (Saari, 1982; Komaki, 1986). En Suède, la fréquence des accidents avec les robots (1 accident pour 45 robots) équivaut presque à la fréquence des accidents avec les presses qui sont considérées comme les machines les plus dangereuses (1 accident pour 50 opérateurs) (Helander, 1990). Diverses études tendent à montrer que si la fréquence des accidents diminue avec l'automatisation, la gravité augmente (Sten et coll., 1988 cité par Kjellén et coll., 1990). Une recherche effectuée en Suède sur les accidents concernant les AMT ("*Advanced Manufacturing Technology*") dans l'industrie de construction de machines, de boîtes de vitesse et autres pièces d'automobiles et de camions montre que les blessures sont identiques à celles occasionnées par les machines non automatisées mais plus graves (Backström et Döös, 1995).

Ainsi, les bénéfices apportés par l'automatisation sur la sécurité des opérateurs ne sont pas aussi nets. En effet, l'automatisation améliore souvent la sécurité des opérateurs en supprimant les tâches dangereuses, mais elle crée également de nouveaux risques (Zimonlong et Trimpop, 1994). Des accidents surviennent, notamment lors de la remise en marche intempestive de machines automatiques soit de façon autonome, soit par une intervention humaine (Döös et Backström, 1990; Reason, 1990). De plus, l'automatisation n'élimine pas complètement toute présence humaine ni la nécessité pour les opérateurs d'intervenir directement dans le processus de production. Les accidents surviennent, tout

particulièrement, lors de l'accomplissement de tâches manuelles au contact direct de l'opérateur avec l'énergie requise par le fonctionnement du système automatisé (Backström et Harms-Ringdahl, 1984; Carlson, 1985; Karwowski et coll., 1988 cités par Kjellén et coll., 1990). Aussi, se pose la question du partage des tâches entre les opérateurs et les machines automatisées (Bullinger et coll., 1987). Ce partage des tâches est d'autant plus important que le niveau de complexité des interactions rend les conséquences des erreurs humaines sur la fiabilité du système plus difficiles à prévoir (Backström et Döös, 1995).

Le type de coopération entre les opérateurs et les machines automatiques varie selon le niveau d'automatisation (Bullinger et coll., 1987) et le type d'industrie. Les classifications existantes distinguent différents niveaux d'intégration des automates dans le processus de production et de fonctionnement de l'entreprise. Pour plus de détails, il est possible de se référer à certains auteurs (Sharit et coll. 1987; Vautrin et coll., 1992). Les études sur la sécurité des opérateurs dans les systèmes automatisés proviennent généralement d'industries du transport, de la fabrication d'équipement de transport, de l'électronique. De nombreuses recherches traitent de la sécurité des opérateurs travaillant avec des robots. Les études sur la sécurité des opérateurs dans les boulangeries industrielles ou les biscuiteries sont pratiquement inexistantes. Cette absence pourrait s'expliquer par le fait que généralement les problèmes de sécurité y seraient moins importants et que l'automatisation y serait moins développée. La boulangerie dans laquelle s'effectue cette étude est l'une des premières entreprise en Amérique du Nord à aller aussi loin dans l'intégration de l'automatisation à son procédé de fabrication. Elle correspond à ce qui se retrouve dans d'autres industries sous le concept de CAM ("*computer-aided manufacturing*"). Le CAM se définit comme l'utilisation des ordinateurs dans la gestion, le contrôle et l'opération des équipements de fabrication (Sharit et coll. 1987). L'élément de base des CAM est la machine à contrôle numérique. Dans le cas de la boulangerie, il s'agit de machines et de convoyeurs qui sont utilisés pour fabriquer le pain, puis l'emballer, l'étiqueter, le mettre dans des paniers et l'acheminer sur le quai d'expédition. En raison des problèmes rencontrés au démarrage, l'intégration de l'automatisation n'a pas été aussi loin que prévue. Ainsi, certains réglages de machines sont faits manuellement. Ce mode d'opération correspond à ce qui est généralement admis dans les études sur les accidents dans les systèmes de technologie avancée (*traduction libre pour advanced manufacturing technology*). "Un système automatisé réfère à une installation ou à une partie d'installation qui fonctionne sans intervention humaine, exceptée pour initier ou changer le fonctionnement de la machine. Il requiert l'utilisation de senseurs (cellules photoélectriques, etc.) ou de commandes séquentielles (programme informatique de contrôle). Les installations automatiques qui sont occasionnellement contrôlées manuellement sont couvertes par la définition." (Backström et Döös, 1995, traduction libre).

2.2 Récupération des incidents et sécurité des opérateurs

Quel que soit le type d'industrie, de nombreuses études montrent que, particulièrement dans les systèmes automatisés, les accidents surviennent fréquemment lors de la récupération d'incident par les opérateurs (Faverge, 1970; Backström et Harm-Ringdahl, 1984; Kuivanen, 1990; Mattila et coll. 1993; Backström et Döös, 1995; Järvinen et Karwowski, 1995). L'incident est généralement défini comme un état qui s'écarte du fonctionnement normal du système homme-machine (Leplat, 1974). Le fonctionnement normal correspond à l'état et à la performance attendus du fonctionnement du système ou d'une de ces composantes.

Les risques d'accident lors de la récupération des incidents proviennent de la nécessité d'intervention directe de l'opérateur dans le processus, malgré la présence d'un danger. Ce danger correspond à l'existence d'une source d'énergie pouvant occasionner des blessures. Le risque est relatif à la probabilité de l'opérateur de se trouver en contact avec cette source d'énergie. Différentes situations de récupération d'incident comportant des risques d'accident sont recensées par plusieurs chercheurs :

- ▶ L'opérateur a accès à une zone dangereuse; les gardes sont insuffisants, absents ou ôtés; les commandes sont sources de confusion; l'opérateur a des connaissances insuffisantes sur le fonctionnement de la machine; l'opérateur ignore ce que font les autres opérateurs; l'opérateur ne connaît pas le danger ou se trouve dans l'impossibilité de le supprimer (Mattila M., coll. 1995).
- ▶ L'opérateur est confronté à un plus grand risque d'accident lorsqu'il doit réaliser la tâche conçue pour le robot parce que celui-ci est en panne (Sharit et coll., 1987);
- ▶ L'opérateur peut éprouver de la difficulté à comprendre la complexité et les interrelations du système en entier et donc d'en percevoir le danger (Karwowski et Rahimi, 1991).
- ▶ L'opérateur le plus exposé aux risques d'accident est celui qui contourne le système de sécurité (Hirschfeld et coll., 1993). Il prendrait ces raccourcis afin de faire face à la complexité des problèmes à résoudre et à la pression pour minimiser les temps d'arrêt des installations automatisées (Helander, 1990).

La recherche de moyens de prévention des accidents lors de la récupération d'incident s'oriente dans deux directions. La première vise la conception de systèmes de protection qui limitent, interdisent ou arrêtent la machine lorsque l'opérateur entre dans la zone dangereuse (Döös et Backström, 1993). Elle s'adresse principalement à la prévention des genres d'accident frappé par, pris entre ou coincé contre qui surviennent fréquemment lors de l'opération des machines.

La seconde porte sur l'amélioration de la sécurité par l'élimination ou le contrôle des incidents (Kuivanen, 1990; Järvinen et coll. 1996). Elle touche des genres d'accident plus variés et, contrairement à la première qui peut constituer un frein à la production, elle contribue à diminuer les pertes et le temps d'arrêt des machines. Cependant, l'élimination ou le contrôle des incidents n'est pas toujours facile à réaliser.

Ainsi, le choix des moyens de prévention implique d'abord de connaître plus précisément les genres d'accident et les conditions de récupération influençant le risque d'accident. La boulangerie est déjà engagée dans l'élimination des incidents, particulièrement à cause des problèmes importants concernant la production. Cependant, tous les incidents ne comportent pas des risques d'accident lors de la récupération. Certains incidents affectent davantage la production même s'ils peuvent également avoir des conséquences sur la charge de travail des opérateurs. Aussi, en raison de certaines insatisfactions manifestées par les opérateurs au sujet de certaines conditions touchant à la sécurité, il est nécessaire de se demander comment les incidents comportant des risques d'accident sont traités relativement à l'ensemble des incidents. Les études sur le sujet font état de différents niveaux d'implication des opérateurs dans le contrôle des incidents, mais ne font généralement pas la distinction entre l'ensemble des incidents et les incidents dont la récupération comporte des risques d'accident.

3. OBJECTIFS

Les objectifs de l'étude sont :

1. Dresser un portrait des incidents rencontrés par les opérateurs des lignes de pains et de petits pains et des risques présents lors de leur récupération. L'identification des genres d'accident, particulièrement des frappés par, pris entre ou coincé contre, relativement aux autres constitue un élément important dans le choix des options de prévention.
2. Examiner la correction des incidents selon que leur récupération s'accompagne ou non de risques d'accident.

La réalisation de ces objectifs constitue les informations de base qui serviront à orienter l'entreprise dans le choix des actions de prévention des accidents.

Sur le plan de la recherche, ces objectifs permettent de vérifier les particularités des risques d'accident présents dans les boulangeries industrielles relativement à d'autres systèmes automatisés de production où les options de solutions à la sécurité sont surtout développées en fonction des genres d'accident frappé par, pris entre ou coincé contre. Ils permettent, également, de décrire le traitement correctif des incidents selon que la récupération d'incident s'accompagne de risques d'accident ou non, ce qui n'a jamais été réalisé à notre connaissance. Ils contribuent donc à enrichir les discussions sur les diverses voies possibles à l'amélioration de la sécurité des opérateurs dans les systèmes automatisés de production.

4. MÉTHODOLOGIE

4.1 Caractéristiques du système de production de la boulangerie

4.1.1 Description du processus de production

La boulangerie fabrique des pains (figure 1) et des petits pains (figure 2) sur deux lignes de production situées parallèlement dans un même local. Le processus de fabrication du pain est identique sur les deux lignes mais certaines machines diffèrent. La pâte est obtenue par le mélange des ingrédients dans des malaxeurs (pétrins) à partir de recettes programmées dans le système informatique. La ligne de pains produit 23 sortes de pains. La ligne de petits pains produit les pains à *hamburger*, à *hot dog* et les petits pains ronds durant la période de Noël. Après une période de fermentation d'une heure, la pâte contenue dans des bacs est transvasée dans une machine qui forme des boules. Celles-ci circulent entre des guides sur un convoyeur, puis elles sont enfarinées et acheminées à la mouleuse pour être transformées en "saucisses" de pâte. Chacune de celles-ci tombe dans un moule qui est envoyé à l'étuve puis au four. À la sortie du four, les pains sont démoulés et refroidis en les faisant circuler sur des convoyeurs aériens. Ensuite, ils sont tranchés, emballés, étiquetés et mis dans des paniers qui sont empilés. Les piles de paniers quittent le local de la fabrication de pains et de petits pains pour aller se ranger automatiquement à l'entrepôt d'expédition.

Le processus de production se caractérise, notamment par la circulation constante du produit sur les convoyeurs. Pour atteindre les objectifs de production, les opérateurs doivent éviter l'arrêt des machines et des convoyeurs ainsi que se conformer aux critères de qualité du produit. Ils accomplissent les tâches principales suivantes : régler, surveiller le bon fonctionnement des équipements, alimenter manuellement certaines machines, éviter ou récupérer les incidents. Les opérateurs s'occupent de plusieurs équipements plus ou moins éloignés les uns des autres. Le réglage des machines consiste à entrer les instructions sur un clavier de commandes de l'ordinateur et à effectuer des ajustements manuels sur les guides des convoyeurs. Les opérateurs se déplacent fréquemment dans leur aire de travail.

La ligne de pains fonctionne sur trois quarts de travail. Chaque quart compte 10 opérateurs répartis de la façon suivante :

- ▶ L'opérateur de l'ADD s'occupe des malaxeurs à levain et à pâte, de la fermentation, de l'ADD (machine servant à former les boules de pâte), de l'enfarinage, de la pesée ainsi que de la portion du convoyeur des moules et de la graisseuse situées à proximité.
- ▶ L'opérateur de la mouleuse s'occupe des deux mouleuses, des convoyeurs de pains et de moules qui arrivent et partent des mouleuses. Les convoyeurs de moules et de pains sont dédoublés avant l'arrivée aux mouleuses. Celles-ci transforment les boules en "saucisses" de pâte qui tombent dans les moules circulant au-dessous. Les convoyeurs quittent des mouleuses et se rejoignent pour former un seul convoyeur rentrant dans l'étuve.

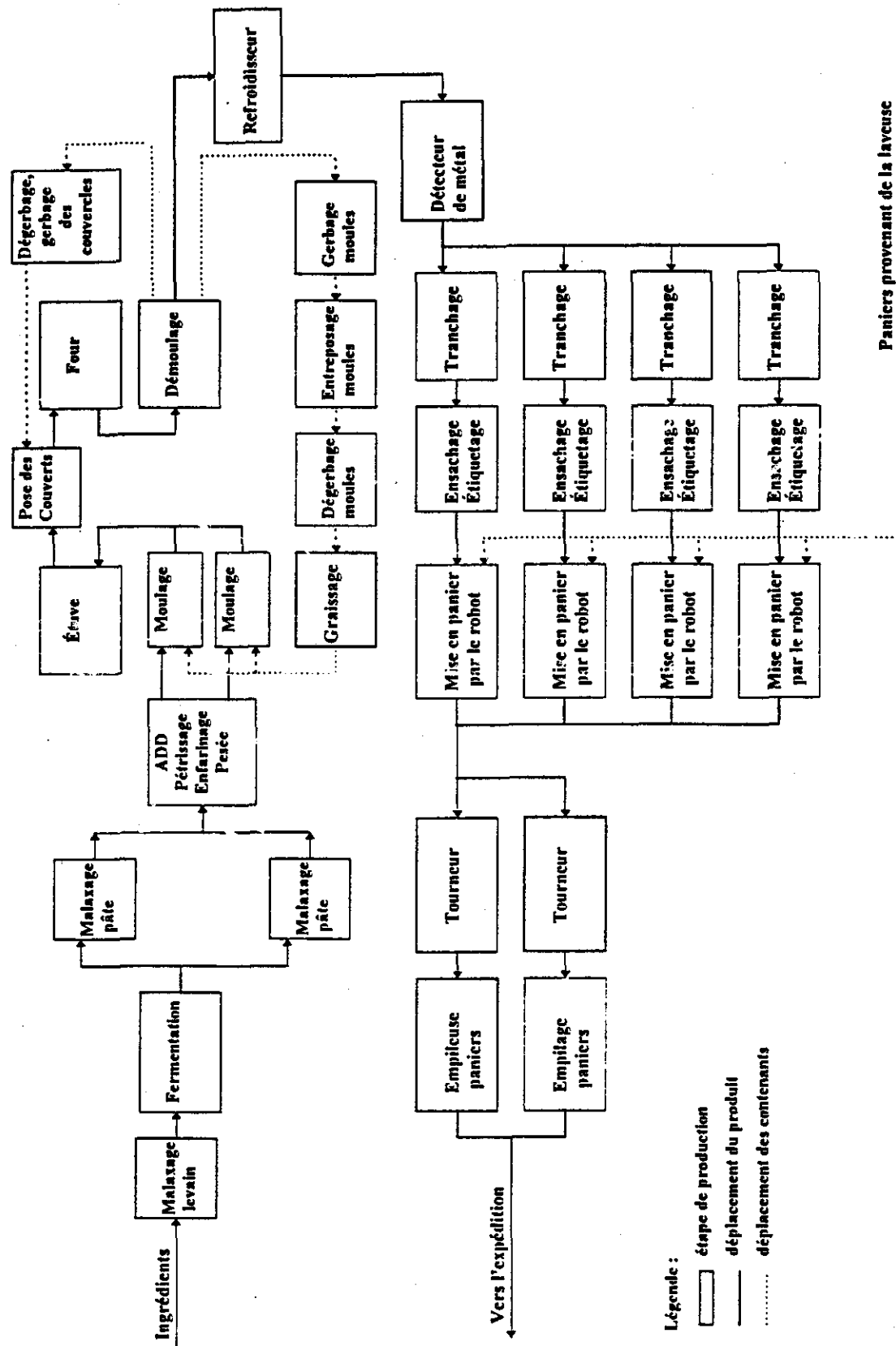


Figure 1 : SCHÉMA DE LA LIGNE DE PAINS

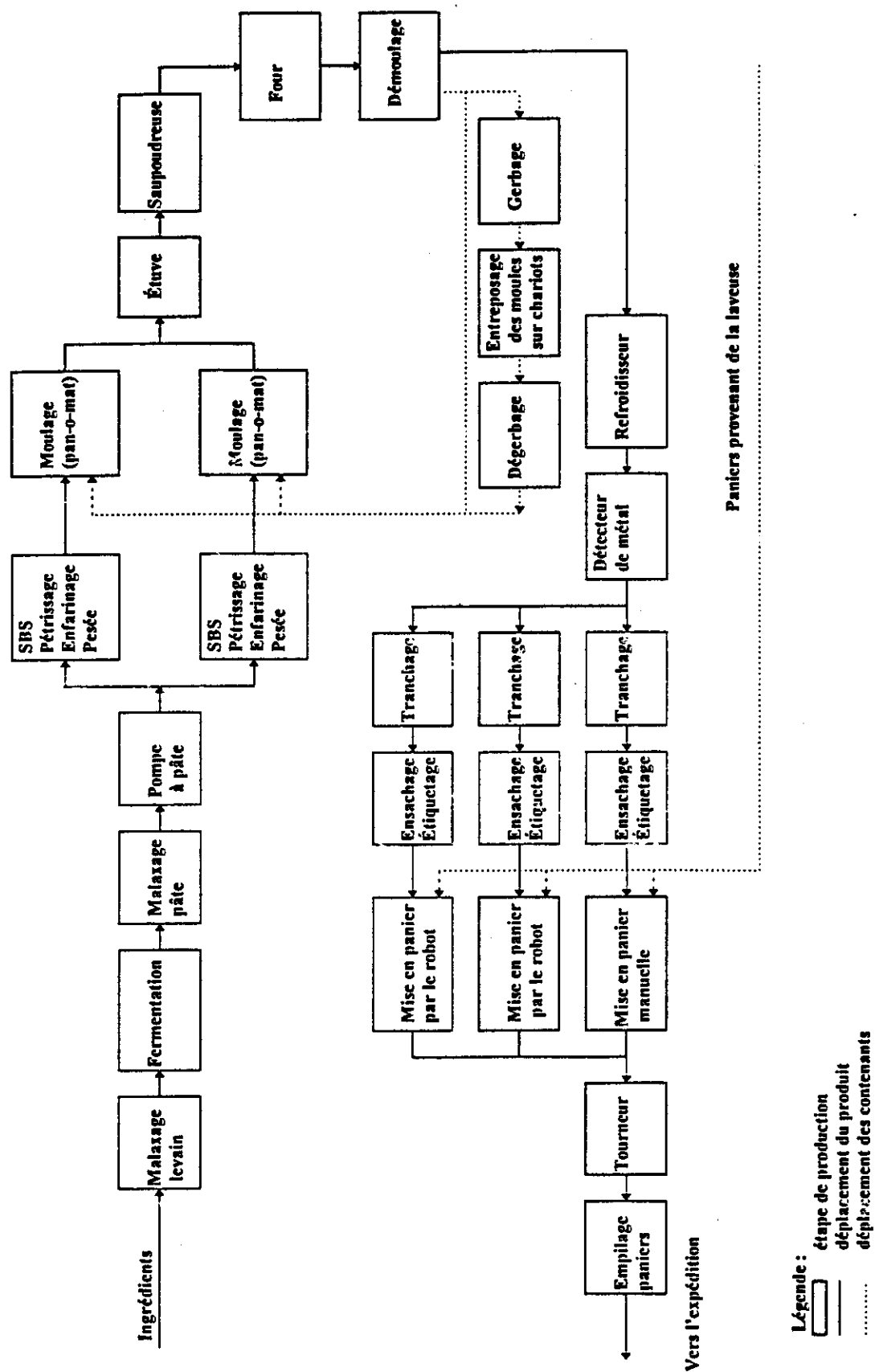


Figure 2 : SCHÉMA DE LA LIGNE DE PETITS PAINS

- ▶ L'opérateur du four s'occupe de l'étuve, du four, de la démouleuse et parfois de l'arrivée du convoyeur à couverts ou du dégerbeur des moules. Les pains passent environ 1 heure à l'étuve. Ils sont amenés ensuite au four. Le temps de cuisson varie selon la sorte de pains. Certains moules sont recouverts d'un couvercle avant d'entrer dans le four pour obtenir des pains carrés. Une fois cuit, les pains sont démoulés automatiquement et acheminés au refroidisseur. Un convoyeur de dérivation à la sortie du four permet de sortir les moules du four advenant un arrêt du refroidisseur.
- ▶ L'opérateur du dégerbeur s'occupe du dégerbeur avec les convoyeurs ainsi que de la machine qui place les couvercles sur les moules à l'entrée du four. Les moules sont stockés en piles sur des rangées de convoyeurs formés de deux bandes métalliques. Les piles avancent automatiquement par un système d'oeil magique couplé au fonctionnement du dégerbeur et du gerbeur. Le dégerbeur envoie chaque moule en circulation par un convoyeur aérien magnétique. Les moules tombent ensuite sur un convoyeur à courroie qui descend et tourne vers les mouleuses. Avant d'arriver aux mouleuses, les moules passent dans la graisseuse. Durant la fabrication des pains carrés, l'opérateur du dégerbeur se déplace à l'entrée du four pour s'occuper de la pose des couvercles sur les moules. Pendant ce temps, l'opérateur du four surveille le fonctionnement du dégerbeur et récupère les incidents qui s'y produisent.
- ▶ L'opérateur du gerbeur s'occupe du gerbeur des moules, du gerbeur et du dégerbeur des couvercles et de l'ensemble des convoyeurs reliés à ces machines. L'empilage des moules par le gerbeur s'effectue automatiquement par le décollage des moules du convoyeur aérien magnétique à l'aide d'un marteau. Les moules décollés sont retenus par des "mâchoires" et se superposent les uns sur les autres. Ensuite, chaque pile est évacuée automatiquement sur le convoyeur à bandes. Les piles sont classées par rangée selon la sorte de moules. Les piles d'une même sorte se suivent les unes derrière les autres et rejoignent ensuite le dégerbeur à l'autre bout de la zone de stockage. Les piles de couvercles sont stockées sur des chariots. L'opérateur alimente manuellement le dégerbeur des couvercles en poussant chacun des chariots dans la machine. Il évacue du gerbeur chaque pile de couvercles en retirant le chariot de la machine.
- ▶ Les opérateurs d'emballage sont quatre, chacun s'occupe d'une ligne. Les pains arrivent du refroidisseur par un convoyeur puis se répartissent sur quatre convoyeurs formant chacun une ligne d'emballage. Chaque ligne comprend les équipements suivants : trancheuse, emballeuse, attacheuse, étiqueteuse, machine à spéciaux, robot qui met les pains dans les paniers circulant sur un convoyeur. L'opérateur de la première ligne s'occupe également du refroidisseur de pains.
- ▶ L'opérateur de l'empileuse s'occupe de la mise en piles des paniers, du convoyeur amenant les paniers vides et d'une portion du convoyeur amenant les paniers pleins. Les piles sont constituées par deux empileuses. Les quatre convoyeurs arrivant de l'emballage se regroupent en deux convoyeurs. Avant l'empileuse un tourniquet positionne chaque panier. Chaque pile part à l'expédition transportée sur un convoyeur formé de deux chaînes encastrées dans le plancher de béton.

La ligne de petits pains fonctionne sur un quart de travail et deux quarts durant la période de Noël et l'été, elle compte 10 opérateurs répartis de la façon suivante :

- ▶ L'opérateur du SBS s'occupe des malaxeurs à levain et à pâte, de la fermentation, des deux machines SBS (machine servant à former les boules de pâte aux petits pains), du pétrissage, de l'enfarinage, de la pesée et d'une portion du convoyeur des moules.
- ▶ Les deux opérateurs au pan-o-mat s'occupent chacun d'une ligne comprenant une machine et les convoyeurs. Les boules de pains sont laissées telles quelles pour les pains *hamburger* ou transformées en "saucisses" de pâte pour les pains à *hot dog*. Chaque boule ou "saucisse" de pâte tombe au centre d'une des cavités du moule qui se dirige à l'étuve.
- ▶ L'opérateur du four s'occupe du convoyeur et de l'entrée des moules dans l'étuve, de l'étuve, de la machine à sésames, du four, de la démouleuse et, parfois du déblocage des moules sur le convoyeur aérien passant à proximité. Une fois démoulés, les petits pains sont acheminés au refroidisseur. À la sortie du four, un convoyeur de dérivation permet d'évacuer les moules du four advenant un arrêt du refroidisseur.
- ▶ L'opérateur du gerbeur-dégerbeur alimente et retire manuellement des machines les piles de moules placées sur des chariots. Il règle et surveille les convoyeurs de moules reliés aux machines. Les chariots supportant deux piles chacun sont rangés dans des zones plus ou moins éloignées du gerbeur et du dégerbeur.
- ▶ Deux opérateurs qualité se trouvent en début des deux lignes d'emballage. Ils contrôlent la qualité de pains et les positionnent correctement avant la trancheuse. Sur une ligne les opérateurs alternent avec la mise des pains dans les paniers. Sur les autres lignes, des robots réalisent cette tâche.
- ▶ Chacun des deux opérateurs d'emballage s'occupe d'une ligne d'emballage comprenant la trancheuse, l'emballuse, l'attacheuse, l'étiqueteuse, la machine à spéciaux, le robot qui place les petits pains dans les paniers circulant sur un convoyeur. Un des opérateurs s'occupe également du refroidisseur de petits pains.
- ▶ L'opérateur de l'empileuse effectue les mêmes tâches que son vis-à-vis à la ligne de pains.

Les travailleurs de production de chaque ligne de pains et de petits pains sont supervisés par un contremaître. Un mécanicien est en permanence sur place. Du personnel de maintenance (mécanicien et électricien) est disponible sur appel. D'autres personnes effectuent l'entretien sanitaire des installations.

Les opérateurs des lignes de pains et de petits pains ont été formés à partir de programmes développés spécifiquement par l'entreprise avec l'aide du syndicat et d'un centre de formation. Le travail des opérateurs dans ces nouvelles installations est basé en grande partie sur la surveillance et la récupération des incidents. C'est pourquoi les tâches ne peuvent être définies précisément. Les opérateurs sont encouragés par les cadres de production à prendre des initiatives et à s'entraider. Suivant le type d'incident, l'opérateur peut le récupérer lui-même, aider un collègue en difficulté s'il est disponible ou faire appel à la maintenance. Lorsqu'un incident important survient, l'opérateur signale un code qui mobilise immédiatement le contremaître et des opérateurs de maintenance.

4.1.2 Population d'opérateurs des lignes de pains et de petits pains

La population des opérateurs des lignes de pains et de petits pains est relativement avancée en âge avec une ancienneté dans l'entreprise importante. La moyenne d'âge des opérateurs des lignes de pains et de petits pains est respectivement de 43 ans et 44 ans. L'ancienneté moyenne des opérateurs est de 21 ans et de 24 ans. L'opérateur le plus jeune a 29 ans et 11 ans d'ancienneté.

L'âge et l'ancienneté élevés des opérateurs s'expliquent par les modalités négociées par le syndicat lors de la réduction des effectifs devant le transfert de la production dans le nouvel établissement. L'application de la convention collective a donné la priorité des emplois aux opérateurs les plus anciens.

4.1.3 Accidents

Lors de l'étude préliminaire nous avons consulté les registres d'accident de l'entreprise. Les changements dans le personnel en charge de la santé et de la sécurité et le manque de standardisation dans le recueil des accidents ne nous ont pas permis d'exploiter ces résultats à des fins de recherche. Cependant, la consultation des récits d'accident suffisamment détaillés permet de supposer que les accidents surviennent fréquemment lors de la récupération d'incident. Il est possible d'estimer grossièrement que les trois quarts des 72 accidents répertoriés de janvier 1994 à août 1995 à la ligne de pains et de petits pains sont consécutifs à un incident.

Les genres d'accident qui pouvaient être déduits lorsqu'il existait un récit de l'événement sont les suivants : frappé par un moule ou une partie mobile d'un équipement, chute au même niveau, heurt lors de déplacement, effort excessif durant la manipulation de moules, brûlures et coupures.

Les modifications techniques réalisées depuis le démarrage des installations ont apporté, selon les opérateurs, des améliorations concernant la réduction de la charge de travail et la sécurité. Cependant des problèmes de sécurité dont certains peuvent occasionner des accidents graves, se posent encore, par exemple : un opérateur s'est fait écraser la main, le four a été remis en marche alors que des opérateurs étaient à l'intérieur. Ainsi, malgré certaines améliorations, l'entreprise reconnaît la nécessité de continuer à progresser dans ce domaine. Pour cela, il devient nécessaire de répondre aux questions sur les risques d'accident présents et les moyens de les solutionner. Les risques relatifs à la récupération des incidents sont plus ou moins bien connus, l'élimination de certaines sources de danger est difficile et les opérateurs ne respectent pas toujours les consignes de sécurité malaisées à appliquer. La présente étude devrait aider à répondre à ces questions.

4.2 Étude des incidents

4.2.1 Choix de la méthode de recueil des incidents

Les données sur les incidents sont obtenues par des entrevues semi-dirigées réalisées individuellement. Cette méthode a été choisie parce qu'elle correspond à celle qui favorise le mieux le recensement et le recueil des informations sur les incidents dans le cas présent. Les autres méthodes sont moins précises et moins sûres. L'entreprise ne dispose que d'informations concernant la durée des arrêts de ligne et la zone impliquée. Le recueil des incidents par un observateur au cours de cette première phase se heurte

aux difficultés de voir ou d'interpréter les perturbations. Il devrait, de toute façon faire appel à l'opérateur, ce qui n'est pas possible dans ces situations. Les opérateurs représentent les personnes les mieux placées pour signaler les incidents et décrire les risques d'accident lors de leur récupération. Cependant, la méthode comporte des limites concernant l'interprétation subjective des incidents, les difficultés de mémorisation des incidents et l'explication de sa propre activité par l'opérateur.

Pour éviter les interprétations subjectives des incidents par les opérateurs, les informations retenues pour analyse portent uniquement sur des faits. Ceux-ci correspondent à des descriptions d'états du matériel, de situations ou de comportements observables et vérifiables. L'expression des perceptions impliquant des estimations, des jugements n'a pas été favorisée dans le déroulement de l'entrevue et n'a pas été analysée. Afin de faciliter la mémorisation des incidents, l'entrevue s'est déroulée à partir de photographies, et en suivant la circulation du produit et des contenants. L'opérateur avait le temps de réfléchir et l'interviewer posait des questions sur les variations possibles du système technique et leurs effets. Certaines explications de l'opérateur concernant sa propre activité ont été retenues pour servir d'exemples lorsque les informations étaient basées sur des faits vérifiables.

Les données obtenues ont fait l'objet de validations de différentes natures :

- ☛ 85 % des incidents rapportés par les deux opérateurs interrogés à chaque poste de la ligne de pains sont identiques;
- ☛ les incidents rapportés sont conformes aux incidents connus des contremaîtres;
- ☛ les genres de risque d'accident sont similaires à ceux décrits dans les déclarations d'accident et connus par les membres du comité de santé et de sécurité du travail.

4.2.2 Recueil des incidents auprès des opérateurs

Les données sur les incidents ont été recueillies par deux interviewers à l'aide d'entrevues semi-dirigées. Ils ont interviewé un opérateur de chacun des postes des quarts de jour et de nuit de la ligne de pains (14 opérateurs), et un opérateur de chacun des postes de la ligne de petits pains (7 opérateurs). Cette dernière fonctionnait sur un seul quart de travail.

Les entrevues ont été préparées à partir de l'observation de l'activité des opérateurs à chacun des postes et des rencontres avec les contremaîtres de production et de maintenance. Des photographies des postes de travail ont été prises pour servir de support visuel aux entrevues.

Les opérateurs ont été préalablement informés de la réalisation d'une étude sur les incidents. Ils se sont tous montrés intéressés à participer aux entrevues. Chaque opérateur a été interviewé durant son quart de travail dans un local attenant aux lignes de production. L'entrevue se déroulait de la façon suivante :

- ▶ Présentation de l'interviewer et des objectifs de l'entrevue;
- ▶ Présentation du travailleur qui décrit son poste de travail et ses tâches à l'aide de photographies;

- ▶ **Lecture de la définition d'un incident** : "un incident correspond à tout événement qui perturbe le déroulement de la production, comme par exemples : arrêter ou ralentir la production, affecter la qualité du pain, occasionner des difficultés d'opération des équipements." Des exemples ont été demandés à l'opérateur pour s'assurer de sa bonne compréhension de la définition.
- ▶ **Identification des incidents rencontrés par l'opérateur en suivant pas à pas le flux de production traversant son aire de travail**. S'il y a lieu, l'interviewer aide l'opérateur en posant des questions sur les variations concernant l'état du produit, les contenants, les équipements et les difficultés d'opération.
- ▶ **À chaque incident, des questions sont posées sur les méthodes de récupération, les risques d'accident présents, les possibilités d'éviter la situation dangereuse ou l'incident, l'existence et l'efficacité selon l'opérateur des moyens mis en œuvre pour corriger l'incident ou le risque d'accident**.
- ▶ **L'entrevue se termine lorsque tous les types d'incident sont répertoriés selon l'opérateur**. Chaque entrevue dure deux heures environ.

Les données sur l'incident sont notées par un interviewer et répétées à l'opérateur de façon à vérifier la compréhension de ses descriptions. En même temps, l'entrevue est enregistrée sur un magnétophone.

4.2.3 Analyse des incidents

L'analyse des incidents comprend les étapes suivantes :

- ▶ **Répertorier précisément les incidents mentionnés pour chacun des postes de travail**;
- ▶ **Classer les incidents selon les catégories suivantes** : la présence ou non d'un risque d'accident, les risques d'accident, les activités de récupération comportant un risque d'accident, les conditions matérielles dangereuses, les comportements de prise de risque, les corrections selon que l'incident s'accompagne ou non d'un risque d'accident;
- ▶ **Croiser les incidents classifiés afin d'effectuer les comparaisons à partir des fréquences obtenues**. Ces comparaisons sont enrichies des descriptions concernant la récupération des incidents et des risques d'accident.

Incidents retenus

Chaque incident est vérifié de façon à ce qu'il corresponde bien à la définition donnée. Lorsqu'un incident survient à la frontière entre deux aires de travail, il est attribué au poste de travail de l'opérateur qui récupère l'incident.

Les nuisances environnementales telles que la chaleur ou le bruit ambiant ne sont pas retenues comme un incident puisque les opérateurs ne les associent pas spécifiquement à des difficultés d'opération. Ces nuisances sont, par ailleurs, prises en considération par l'entreprise.

Dans le cas de la ligne de pains où deux opérateurs par poste sont interviewés, les incidents rapportés d'une façon identique ont été regroupés sous un même incident. Les incidents distincts ont été conservés comme tels. Il n'existe pas de différences significatives entre les incidents rapportés par les opérateurs de jour et de nuit. Les données de production montrent également peu de différences entre les quarts de jour et de nuit.

Les incidents sont identifiés selon les composantes matérielles de la situation de travail telles que le produit (pâte, pains, pains emballés), les contenants (bacs à pétrin, moules, paniers), les équipements (machines, convoyeurs) ainsi que l'utilisation des équipements (problèmes de prise d'information, problèmes d'opération, problèmes d'approvisionnement, inexpérience).

Incidents avec ou sans risque d'accident

Les incidents comportant un risque d'accident sont recensés à partir des critères suivants : description par l'opérateur d'accidents antérieurs, présence d'un risque d'accident (c'est-à-dire de la possibilité pour l'opérateur de se blesser). Dans le cas de troubles musculo-squelettiques, le risque dans la récupération d'un incident est retenu lorsque l'opérateur mentionne des difficultés lors du déplacement d'une charge importante (pile de moules, chariot transportant des piles de moules) ou évoque des douleurs liées à la manipulation de charges dans les positions défavorables (ex. : bras au-dessus des épaules). L'évocation par l'opérateur d'une fatigue ponctuelle liée à un effort de courte durée n'est pas considérée comme une situation de récupération comportant des risques musculo-squelettiques.

Risques d'accident

- Les risques d'accident correspondent à la perte de contrôle signalée par l'opérateur dans une situation comportant un danger (équivalent au genre d'accident). Nous avons retenu les classes suivantes :

Chute depuis un équipement, risque de chute d'un escalier, d'une échelle, d'un convoyeur ou d'une machine;

Chute au même niveau, risque de chute depuis le sol;

Frappé, risque d'être frappé par, d'être pris entre ou être coincé contre un objet ou une partie mobile d'une machine;

Heurt, risque de se cogner ou de s'érafler contre un équipement;

Coupure, risque d'entrer en contact avec un outil tranchant;

Brûlure, risque d'entrer en contact avec un produit chaud ou une source de chaleur;

Poussières à l'oeil, risque de recevoir des poussières dans les yeux;

Effort physique excessif, risque d'effectuer un effort physique dépassant les capacités musculo-squelettiques telles que définies précédemment.

Activité de récupération comportant le risque d'accident

L'activité de récupération comportant le risque d'accident correspond à l'activité au cours de laquelle l'opérateur se trouve en présence d'un danger. Nous avons retenu des classes suffisamment générales pour situer l'activité en relation avec les principales composantes du système de production communes aux différents postes :

Déplacement

Action sur le produit, ramasser, enlever, repositionner la pâte, le pain ou le pain emballé;

Action sur les contenants, ramasser, enlever, débloquer, repositionner un bac à pétrin, un moule, une pile de moules, un panier ou une pile de paniers;

Action sur l'équipement, entrer les instructions sur un clavier, ajuster l'écartement de guides, replacer une courroie, etc.

Conditions matérielles dangereuses

Les conditions matérielles dangereuses correspondent aux contenants, aux machines ou aux convoyeurs, aux équipements d'accès en hauteur, aux équipements de protection et au sol avec lesquels ou à partir desquels l'opérateur peut se blesser :

Passerelle, escabeaux dangereux, utilisation d'un équipement d'accès pouvant entraîner, selon l'opérateur, une perte de contrôle qui crée un risque de chute, exemples : marches trop en pentes, bout des marches arrondies, défectuosité rendant l'équipement d'accès instable;

Sol glissant, déplacement sur un sol recouvert de farine, d'huile, de graisse ou d'eau;

Obstacle au déplacement, franchissement de convoyeur, équipement dans le passage, partie saillante d'une machine;

Accès en hauteur dangereux sur une machine, accès en grimpant sur une machine ou un convoyeur aérien;

Pièce en mouvement, présence de l'opérateur dans la zone de déplacement d'une pièce en mouvement d'une machine, exemples : bras du robot, poinçon de l'étiqueteuse;

Mouvement, chute de contenants, chute ou déplacement de moules ou de piles de moules pouvant occasionner des blessures;

Démarrage intempestif d'équipement, démarrage de la machine alors que l'opérateur ne s'y attend pas;

Protection insuffisante des gants contre la chaleur, défaut de gants mentionnés par l'opérateur;

Contraintes de manutention des contenants, moules, piles de moules ou paniers manipulés demandant l'application de force dans des postures défavorables.

Comportements de prise de risque

Les comportements de prise de risque correspondent aux actions qui placent l'opérateur dans une situation dangereuse alors que d'autres actions l'évitent. Elles se distinguent des situations de récupération d'incident dans laquelle l'opérateur n'a aucune possibilité d'éviter de se trouver en présence d'une source de danger (condition matérielle dangereuse inévitable) :

Allure rapide de déplacement, comportement de prise de risque relatif au fait de courir ou de se déplacer rapidement;

Raccourci du trajet ou de la méthode, comportement de prise de risque relatif à l'utilisation d'un chemin plus court ou d'une méthode plus rapide mais qui expose l'opérateur à un danger;

Éviter d'appeler le contremaître ou la maintenance, comportement de prise de risque relatif au fait que l'opérateur s'expose à un danger pour récupérer un incident alors qu'il aurait pu faire appel au contremaître ou à un opérateur de maintenance;

Remise en marche d'un équipement par un tiers, comportement de prise de risque relatif à la remise en marche d'une machine ou d'un convoyeur par une autre personne sans que l'opérateur soit averti;

Intervention sur équipement en marche, comportement de prise de risque causé par la présence de l'opérateur dans la zone de déplacement de la partie mobile d'un équipement alors qu'il aurait pu l'arrêter.

Nettoyage du plancher insuffisant

Correction des incidents selon les opérateurs

La correction des incidents, l'élimination des dangers et la réduction des risques rapportées par les opérateurs sont classifiées de la façon suivante :

Correction satisfaisante, changement significatif apporté par l'entreprise selon l'opérateur pour éviter, diminuer la fréquence d'apparition de l'incident ou corriger le risque d'accident lors de sa récupération;

Correction insatisfaisante, changement non significatif apporté par l'entreprise selon l'opérateur;

Absence de correction, aucun changement n'a été apporté au moment de l'entrevue ;

Réparation, incident concernant la maintenance des installations et corrigé;

Contrôle de l'opérateur, incident pour lesquels les opérateurs ont pris des initiatives individuelles ou collectives permettant d'agir sur le fonctionnement des installations afin de contrôler l'incident;

Pas de réponse, aucune réponse n'a été obtenue à cette question.

5. RÉSULTATS ET DISCUSSION

5.1 Incidents comportant des risques d'accident

Les opérateurs rapportent 116 incidents à *la ligne de pains* et 73 incidents à *la ligne de petits pains* (tableau 1). Ils signalent la présence d'au moins un risque d'accident pour respectivement 47 % et 42 % d'entre eux. Ces résultats sont proches de celui trouvé par Kuivanen (1990). Cet auteur mentionne qu'environ 50 % des incidents réduisent la sécurité des opérateurs de systèmes automatisés de production.

À *la ligne de pains*, le nombre des incidents signalés par poste varie de 25 incidents à l'emballage à 10 incidents à l'empileuse. Les postes où les opérateurs indiquent le plus d'incidents avec au moins un risque d'accident sont au gerbeur 14 incidents et à l'emballage 12 incidents

À *la ligne de petits pains*, le nombre des incidents signalés par poste varie de 20 incidents au pan-o-mat à 6 incidents à la mise en panier qualité et à l'empileuse. Les postes où les opérateurs indiquent le plus d'incidents avec au moins un risque d'accident sont au four 8 incidents, au pan-o-mat et à l'emballage 6 incidents. L'opérateur de la mise en panier qualité ne mentionne pas d'incident comportant de risques d'accident.

La proportion des incidents rapportés avec un risque d'accident est particulièrement plus élevée à *la ligne de pains* au poste de gerbeur, et à *la ligne de petits pains* aux postes du four et du gerbeur-dégerbeur.

Les opérateurs de *la ligne de pains* rapportent dans un ordre décroissant les incidents affectant les contenants, le produit, les équipements et l'utilisation des équipements (tableau 2). Le même ordre se retrouve pour les incidents associés aux risques d'accident.

Les opérateurs des postes de gerbeur et de dégerbeur qui s'occupent de la mise en circulation et du stockage des moules, mentionnent le plus fréquemment des risques d'accident lors de la récupération des incidents avec les contenants (tableau 3). Plus particulièrement, la récupération de tous les incidents concernant les piles de moules comporte des risques d'accident. Les autres incidents avec les contenants sont signalés dans les différents postes sans être associé à des risques d'accident. Par exemple, au poste de l'ADD les deux opérateurs interviewés n'indiquent pas de risque durant la récupération des incidents affectant les bacs à pâte ou la circulation des moules sur les convoyeurs passant près de leur poste.

Les opérateurs de début et de fin de ligne signalent davantage d'incidents avec le produit (tableau 4). En début de ligne, les opérateurs de l'ADD relient les incidents comportant des risques d'accident à la circulation de la pâte qui est fabriquée, coupée en boules et pétrie à ce poste. À la fin de la ligne, les opérateurs de l'emballage rapportent des risques d'accident associés à la récupération des incidents affectant la circulation des pains qui sont tranchés, mis en sac, étiquetés et placés dans des paniers par un robot.

Les opérateurs des différents postes signalent des incidents concernant les équipements (tableau 5). Ce sont les opérateurs du gerbeur et de l'emballage qui mentionnent le plus d'incidents dont la récupération comporte des risques d'accident. Une partie de ces incidents nécessite l'appel de la maintenance, et pour certains d'entre eux l'arrêt de la ligne.

Les opérateurs de l'emballage, du dégerbeur et du gerbeur mentionnent plus souvent des incidents concernant l'utilisation des équipements (tableau 6). Certains d'entre eux survenant, notamment à l'emballage et au gerbeur comportent des risques d'accident selon les opérateurs.

Les incidents rapportés par les opérateurs de *la ligne de petits pains* sont dans un ordre décroissant les suivants : les équipements, les contenants, l'utilisation des équipements et le produit (tableau 7). Le nombre d'incidents comportant un risque d'accident diffère peu selon l'objet de l'incident. Les opérateurs identifient légèrement plus d'incidents à risque avec les contenants. L'utilisation des équipements inclut une proportion plus grande d'incidents à risque par rapport à l'ensemble des autres éléments. Ces incidents sont surtout décrits par les opérateurs du pan-o-mat et de l'emballage (tableau 8).

L'opérateur du four désigne davantage de risques d'accident avec les incidents touchant les équipements que les opérateurs des autres postes, notamment le four (tableau 9). L'opérateur du SBS souligne plus de risques d'accident avec les incidents affectant le produit, plus particulièrement la circulation de la pâte. Les opérateurs du four et du gerbeur-dégerbeur soulignent davantage de risques d'accident avec les incidents où il y a des contenants (tableau 10).

Tableau 1 - Répartition de l'ensemble des incidents et des incidents à risque d'accident décrits par les opérateurs des lignes de pains et de petits pains selon les postes de travail

PAINS				PETITS PAINS			
Postes de travail	Nombre total d'incidents	Nombre d'incidents à risque d'accident	Pourcentage ¹ d'incidents à risque d'accident	Postes de travail	Nombre total d'incidents	Nombre d'incidents à risque d'accident	Pourcentage d'incidents à risque d'accident
ADD	18	5	28 %	SBS	10	4	40 %
Mouleuse	11	6	55 %	Pan-O-Mat	20	6	30 %
Four	13	4	31 %	Four	11	8	73 %
Dégerbeur	21	9	43 %	Gerbe-dégerbeur	7	5	71 %
Gerbeur	18	14	78 %	Mise en panier	6	0	0 %
Emballage	25	12	48 %	Emballage	13	6	46 %
Empileuse	10	4	40 %	Empileuse	6	2	43 %
Total	116	54	47 %	Total	73	31	42 %

¹ Les pourcentages sont arrondis

Tableau 2 - Ensemble des incidents et des incidents à risque d'accident décrits par les opérateurs de la ligne de pains selon les composantes des situations de travail

Composantes des situations de travail	Nombre total d'incidents	Nombre d'incidents à risque d'accident	Pourcentage d'incidents à risque d'accident
<u>Produit</u>			
Problèmes de circulation	22	13	59 %
Problèmes de qualité	11	3	27 %
Total	33	16	48 %
<u>Contenants</u>			
Blocage de contenants	17	7	41 %
Autres problèmes de circulation	8	4	62 %
Manque de contenants	6	5	67 %
Déformation de contenants	5	0	0 %
Problèmes avec piles de contenants	8	8	100 %
Total	44	24	55 %
<u>Équipement</u>			
Dysfonctionnement machine	19	8	42 %
Dysfonctionnement convoyeur	5	2	40 %
Total	24	10	42 %
<u>Utilisation de l'équipement</u>			
Problèmes de prise d'information	7	0	0 %
Problèmes d'opération	7	4	57 %
Inexpérience de l'opérateur	1	0	0 %
Total	15	4	27 %
Total	116	54	47 %

Tableau 3 - Ensemble des incidents et des incidents à risque d'accident avec les contenants décrits par les opérateurs de la ligne de pains

Postes de la ligne de pains	Nombre d'incidents total avec les contenants	Nombre d'incidents à risque avec les contenants				
		blocage de contenants	autres problèmes de circulation de contenants	manque de contenants	pires de contenants	Nombre total d'incidents à risque avec contenants
ADD	4	0	0	0	0	0
Mouleuse	2	0	1	0	0	1
Four	4	2	0	0	0	2
Dégerbeur	15	1	2	0	5	8
Gerbeur	11	3	2	1	3	9
Emballage	3	0	0	2	0	2
Empileuse	5	1	0	1	0	2
Total	44	7	5	4	8	24

Tableau 4 - Ensemble des incidents et des incidents à risque d'accident avec le produit décrits par les opérateurs de la ligne de pains

Postes de la ligne de pains	Nombre d'incidents total avec le produit	Nombre d'incidents à risque avec la circulation du produit	Nombre d'incidents à risque avec la qualité du produit	Nombre total d'incidents à risque avec le produit
ADD	9	4	0	4
Mouleuse	6	2	2	4
Four	4	0	1	1
Dégerbeur	0	0	0	0
Gerbeur	0	0	0	0
Emballage	12	7	0	7
Empileuse	2	0	0	0
Total	33	13	3	16

Tableau 5 - Ensemble des incidents et des incidents à risque d'accident avec l'équipement décrits par les opérateurs de la ligne de pains

Postes de la ligne de pains	Nombre total d'incidents avec l'équipement	Nombre d'incidents à risque dysfonctionnement machine	Nombre d'incidents à risque dysfonctionnement convoyeur	Nombre total d'incidents à risque avec l'équipement
ADD	4	0	1	1
Mouleuse	3	1	0	1
Four	4	0	0	0
Dégerbeur	2	1	0	1
Gerbeur	4	2	1	3
Emballage	5	3	0	3
Empileuse	2	1	0	1
Total	24	8	2	10

Tableau 6 - Ensemble des incidents et des incidents à risque d'accident avec l'utilisation de l'équipement décrits par les opérateurs de la ligne de pains

Postes de la ligne de pains	Nombre d'incidents total avec l'utilisation de l'équipement	Nombre d'incidents à risque avec un problème d'opération	Nombre total d'incidents à risque avec l'utilisation de l'équipement
ADD	1	0	0
Mouleuse	0	0	0
Four	1	1	1
Dégerbeur	4	0	0
Gerbeur	3	2	2
Emballage	5	0	0
Empileuse	1	1	1
Total	16	4	4

Tableau 7 - Ensemble des incidents et des incidents à risque d'accident décrits par les opérateurs de la ligne de petits pains selon les composantes de la situation de travail

Composantes de la situation de travail	Nombre d'incidents total	Nombre d'incidents à risque	Pourcentage d'incidents à risque
Produit			
Problèmes de circulation	13	7	54 %
Problèmes de qualité	2	0	0 %
Total	15	7	47 %
Contenants			
Blocage	9	6	67 %
Autres problèmes circulation	5	3	60 %
Manque	1	0	0 %
Qualité moule	1	0	0 %
Problèmes avec les piles	1	0	0 %
Total	17	9	53 %
Équipement			
Dysfonctionnement machine	22	6	27 %
Dysfonctionnement convoyeur	4	1	25 %
Total	26	7	27 %
Utilisation équipement			
Problèmes de prise d'information	2	0	0 %
Problèmes d'opération	9	5	55 %
Problèmes d'approvisionnement	1	0	0 %
Autres problèmes	3	3	100 %
Total	15	8	53 %
Total	73	31	42 %

Tableau 8 - Ensemble des incidents et des incidents à risque d'accident avec l'utilisation de l'équipement décrits par les opérateurs de la ligne de petits pains

Postes de la ligne de petits pains	Nombre total d'incidents avec l'utilisation de l'équipement	Nombre d'incidents à risque avec problèmes d'opération	Nombre d'incidents à risque avec autres problèmes d'équipement	Nombre total d'incidents à risque
SBS	1	0	1	1
Pan o mat	6	3	0	3
Four	3	1	0	1
Gerbeur/dégerbeur	1	0	1	1
Mise en panier qualité	0	0	0	0
Emballage	3	1	1	2
Empileuse	1	0	0	0
Total	15	5	3	8

Tableau 9 - Ensemble des incidents et des incidents à risque d'accident avec les équipements décrits par les opérateurs de la ligne de petits pains

Postes de la ligne de petits pains	Nombre total d'incidents avec l'équipement	Nombre d'incidents à risque avec dysfonctionnement machine	Nombre d'incidents à risque avec dysfonctionnement convoyeur	Nombre total d'incidents à risque
SBS	6	0	0	0
Pan o mat	7	1	0	1
Four	4	3	0	3
Gerbeur/dégerbeur	2	1	1	2
Mise en panier qualité	3	0	0	0
Emballage	3	1	0	1
Empileuse	1	0	0	0
Total	26	6	1	7

Tableau 10 - Ensemble des incidents et des incidents à risque d'accident avec le produit et les contenants décrits par les opérateurs de la ligne de petits pains

Postes de la ligne de petits pains	Nombre total d'incidents avec le produit	Nombre d'incidents à risque avec la circulation du produit et total	Nombre total d'incidents avec les contenants	Nombre d'incidents à risque avec le blocage des contenants	Nombre d'incidents à risque avec les autres problèmes de circulation de contenants	Nombre total d'incidents à risque avec les contenants
SBS	3	3	0	0	0	0
Pan o mat	1	0	5	1	1	2
Four	2	1	3	2	1	3
Gerbeur/dégerbeur	0	0	4	2	0	2
Mise panier qualité	2	0	1	0	0	0
Emballage	7	3	0	0	0	0
Empileuse	0	0	4	1	1	2
Total	15	7	17	6	3	9

5.2 Description des risques d'accident présents dans la récupération des incidents

La description des risques d'accident présents dans la récupération des incidents va nous permettre de les situer en regard des risques généralement considérés dans les recherches sur la sécurité des systèmes automatisés de production. Ces descriptions portent sur les risques selon le genre d'accident, les activités de récupération dans lesquelles le risque est présent ainsi que les conditions matérielles dangereuses et les comportements de prise de risque.

5.2.1 Risques d'accident

Les opérateurs de *la ligne de pains* décrivent dans un ordre décroissant les incidents comportant les risques d'être frappé, de chute depuis un équipement, de chute au même niveau, d'effort physique excessif, de heurt, de brûlure et de coupure (tableau 11).

Les opérateurs de *la ligne de petits pains* identifient sensiblement les mêmes risques (tableau 12). Les risques classés dans un ordre décroissant sont les suivants : heurt, chute au même niveau, chute depuis un équipement, être frappé, effort physique excessif, brûlure et poussières à l'oeil.

Les incidents dont la récupération comporte les risques d'être frappé et de coupure qui s'apparentent le plus aux risques considérés généralement dans les systèmes de production automatisé ne concernent que respectivement 26 % et 16 % de l'ensemble des incidents à risque rapportés par les opérateurs de la ligne de pains et de petits pains.

À la ligne de pains les opérateurs de l'emballage rapportent plus fréquemment des incidents comportant le risque d'être frappé. Ils décrivent ce risque relativement à la récupération des incidents affectant la circulation du produit (4 incidents) et le fonctionnement du robot (2 incidents). L'opérateur de la mouleuse associe ce risque aux incidents concernant la circulation de la pâte (2 incidents) et la qualité de celle-ci (2 incidents). L'opérateur du gerbeur relie ce risque au renversement des piles de moules et, de la même façon que l'opérateur du dégerbeur, au déblocage des moules. L'opérateur de l'empileuse mentionne le risque d'être frappé durant le déblocage des paniers et l'opérateur de l'ADD lors du recentrage d'une des petites courroies du convoyeur.

Les opérateurs de l'emballage rapportent le risque de coupures avec la trancheuse au cours d'incidents affectant la circulation des pains (2 incidents).

À la ligne de petits pains, l'opérateur de l'emballage décrit également le risque d'être frappé lors de la récupération des incidents touchant la circulation des pains (1 incident), l'étiqueteuse (1 incident) et le robot (1 incident). Les opérateurs du pan-o-mat et de l'empileuse mentionnent le risque d'être frappé respectivement durant la récupération des incidents de circulation de la pâte (1 incident) et le déblocage des paniers (1 incident).

Tableau 11 - Risques¹ d'accident lors de la récupération des incidents décrite par les opérateurs de la ligne de pains

Postes de la ligne de pains	Chutes depuis un équipement	Chutes même niveau	Frappés	Heurts	Coupures	Brûlures	Efforts physiques excessifs
ADD (n=5)	3	1	1	0	0	0	0
Mouleuse (n=6)	3	2	4	1	0	0	0
Four (n=4)	1	0	0	4	0	1	0
Dégerbeur (n=5)	1	3	1	0	0	0	4
Gerbeur (n=12)	6	3	2	2	0	2	3
Emballage (n=11)	1	2	6	2	2	0	1
Empileuse (n=4)	0	1	1	0	0	0	2
Total	15	12	15	9	2	3	10

1 Pour un même incident, le risque d'accident peut varier.

Tableau 12- Risques d'accident lors de la récupération des incidents décrite par les opérateurs de la ligne de petits pains

Postes	Chutes depuis un équipement	Chutes au même niveau	Frappés	Heurts	Brûlures	Poussières	Efforts physiques excessifs
SBS (n=4)	1	2	0	0	0	0	1
Pan-o-mat (n=6)	0	2	1	2	1	0	0
Four (n=8)	3	1	0	2	1	1	0
Gerb-dégerbeur (n=5)	1	1	0	0	1	0	2
Emballage (n=6)	0	1	3	2	0	0	0
Empileuse (n=2)	0	1	1	0	0	0	0
Total	5	8	5	6	3	1	3

Les autres risques rapportés par les opérateurs montrent que l'automatisation de la production n'a pas complètement éliminé les risques davantage associés au travail manuel tels que les chutes et les efforts excessifs. Ces risques diffèrent selon les postes de travail.

Les opérateurs du gerbeur de la ligne de pains associent le **risque de chute depuis un équipement** au déblocage des moules sur la machine ou sur le convoyeur aérien (3 incidents), au manque de moules (1 incident), aux dysfonctionnements du gerbeur et aux difficultés d'accès des commandes du convoyeur aérien (1 incident chacun). Les opérateurs de l'ADD perçoivent ce risque lors de la récupération des incidents affectant la circulation de la pâte (3 incidents), les opérateurs de la mouleuse (1 incident) l'identifient à des incidents concernant la qualité de la pâte (2 incidents). Les opérateurs du four signalent le risque de chute depuis un équipement à cause des difficultés d'accès au convoyeur aérien des moules (1 incident) et l'opérateur de l'emballage durant le déblocage des paniers allant à l'empileuse (1 incident).

Les opérateurs du dégerbeur et du gerbeur mentionnent le **risque de chute au même niveau** lors de la récupération des incidents touchant les piles de moules (2 incidents à chaque poste), le manque de moule (1 incident au dégerbeur) et le convoyeur (1 incident au gerbeur). Les opérateurs de la mouleuse désignent ce risque lors de la récupération des incidents concernant la machine (1 incident) et les moules en double (1 incident). Les opérateurs de l'emballage le signalent durant la récupération des incidents affectant le pain (1 incident) et le manque de paniers (1 incident). Les opérateurs de l'ADD et de l'empileuse rapportent respectivement le risque de chute au même niveau au cours de la récupération des incidents touchant le produit (1 incident) et l'utilisation des équipements (1 incident).

Les opérateurs du four décrivent plus fréquemment le **risque de heurt** pendant le déblocage des moules (2 incidents), la récupération des incidents concernant la qualité de la pâte (1 incident) et le nettoyage des miettes de pain (1 incident). Les opérateurs du gerbeur indiquent ce risque lors du déblocage de moules et la récupération d'un incident affectant le fonctionnement de la machine (1 incident.). Les

opérateurs de l'emballage rapportent le risque de heurt au cours de la récupération des incidents de circulation du pain (2 incidents) et les opérateurs de la mouleuse le mentionnent lorsqu'ils interviennent pour ôter les moules en double (1 incident).

Les opérateurs du gerbeur et du dégerbeur soulignent le **risque d'effort physique excessif**. Les opérateurs du gerbeur l'associent à la récupération des incidents concernant les piles de moules (2 incidents), le blocage de moules (1 incident) et les moules en double (1 incident). Les opérateurs du dégerbeur le désignent pendant la récupération des incidents affectant la circulation des moules (1 incident), le dégerbeur (1 incident) et son utilisation (1 incident).

Les opérateurs du gerbeur identifient le **risque de brûlure** pendant la récupération des incidents touchant les piles de moules (1 incident et les équipements (1 incident). Les opérateurs du four le décrivent durant le déblocage de moules à la sortie du four (1 incident).

Les opérateurs de l'emballage décrivent le **risque de coupure** avec la trancheuse aux cours des incidents affectant la circulation du pain (2 incidents).

Tous les opérateurs de *la ligne de petits pains* rapportent le **risque de chute au même niveau**. L'opérateur du SBS le décrit relativement à la récupération des incidents de circulation de la pâte (2 incidents). L'opérateur du pan-o-mat le souligne lors de la récupération des incidents affectant le fonctionnement de la machine (1 incident) et l'utilisation des commandes (1 incident). L'opérateur du four l'indique relativement au dysfonctionnement de la machine à sésames (1 incident). L'opérateur du gerbeur-dégerbeur l'identifie lors du dysfonctionnement du convoyeur (1 incident). L'opérateur de l'emballage le perçoit relativement à la récupération d'un incident concernant l'utilisation des équipements et l'opérateur de l'empileuse lors du déblocage des paniers (1 incident).

L'opérateur du four signale le **risque de chute depuis un équipement** durant la récupération des incidents affectant la circulation des moules (2 incidents) et les équipements (1 incident). L'opérateur du SBS décrit ce risque lors de la récupération d'un incident de circulation de la pâte et l'opérateur du gerbeur-dégerbeur pendant le déblocage des moules (1 incident).

L'opérateur du pan-o-mat identifie le **risque de heurt** lors des incidents concernant l'utilisation de l'équipement (2 incidents). L'opérateur du four signale ce risque durant le déblocage des moules (1 incident) et l'utilisation des équipements (1 incident). L'opérateur de l'emballage le perçoit au cours de la récupération des incidents de circulation des pains (2 incidents).

Les opérateurs de trois postes indiquent le **risque de brûlure**. Les opérateurs du pan-o-mat et du gerbeur-dégerbeur l'identifient lors du déblocage des moules (1 incident chacun), l'opérateur du four lors de la récupération d'un incident au four.

L'opérateur du gerbeur-dégerbeur mentionne le **risque d'effort physique excessif** lors de l'arrêt du refroidisseur (1 incident) et relativement aux difficultés de déplacement des chariots transportant les piles de moules (1 incident). L'opérateur du SBS signale ce risque lors de l'opération d'ouverture de la machine afin d'enlever la pâte lors d'un changement de production (1 incident).

L'opérateur du four mentionne le **risque de poussières dans l'oeil** lors de la récupération d'un incident affectant le démouleur.

5.2.2 Activités de récupération comportant des risques d'accident

Les activités de récupération décrites par les opérateurs des lignes de pains et de petits pains (tableaux 13 et 14) comportent une proportion importante de risques au cours des déplacements des opérateurs (42 % à la ligne de pains, 45 % à la ligne de petits pains). Les autres activités de récupération à risque correspondent davantage à des problèmes de sécurité associés à l'opération des systèmes automatisés de production. Nous allons décrire plus précisément les risques rapportés aux cours de la récupération des incidents par les opérateurs, puis nous les analyserons relativement à la présence de conditions matérielles dangereuses et des comportements de prise de risque.

Tableau 13 - Actions de récupération des incidents décrites par les opérateurs de la ligne de pains selon les risques d'accident

Risques d'accident	Déplacements	Actions sur le produit	Actions sur les contenants	Actions sur l'équipement
Chute depuis équipement (n=15)	7	1	4	2
Chute au même niveau (n=12)	12	0	0	0
Être frappé (n=16)	4	2	3	4
Heurt (n=9)	3	2	3	1
Coupure (n=2)	0	2	0	0
Brûlure (n=3)	0	0	3	0
Effort physique excessif (n=10)	0	0	8	1
Total	26	7	21	8

Tableau 14 - Actions de récupération des incidents décrites par les opérateurs de la ligne de petits pains selon les risques d'accident

Risques d'accident	Déplacements	Actions sur les contenants	Action sur l'équipement	Actions sur le produit
Chute depuis équipement (n = 5)	2	2	1	0
Chute au même niveau (n=8)	8	0	0	0
Être frappé (n=5)	0	1	2	1
Heurt (n=6)	4	2	1	0
Brûlure (n=3)	0	2	1	0
Poussières (n=1)	0	0	1	0
Effort physique excessif (n=3)	0	2	1	0
Total	14	9	7	1

Les risques au cours du déplacement de l'opérateur

Chaque opérateur est responsable d'une partie de la ligne comprenant différents équipements éloignés les uns des autres. Aussi, l'apparition d'un incident à un endroit donné exige que les opérateurs se déplacent rapidement. Les risques d'accident associés par les opérateurs à cette activité sont les suivants : chute au même niveau, chute depuis un équipement, être frappé et heurt (tableaux 13 et 14).

Les opérateurs décrivent le **risque de chute au même niveau** lors de déplacement à allure rapide sur un sol glissant (7 incidents/12 incidents à la ligne de pains, et 6 incidents/8 incidents à la ligne de petits pains). Le sol devient glissant à cause de la présence de divers résidus : huile, eau, pâte, farine, miettes de pains et de l'usure de la couche de peinture antidérapante.

À la ligne de pains, les opérateurs de l'ADD signalent le déversement de la pâte qui déborde parfois de l'entonnoir dans laquelle elle est versée à cause du dérèglement de l'œil magique.

Autour de la mouleuse, près de l'enfarinage de la pâte du 1^{er} convoyeur, une fine pellicule de farine recouvre le sol. Celle-ci provient d'un tas sur lequel passe un petit vent provoqué par l'air climatisé. Le tas se constitue parce que la farine ne se vide pas assez vite en raison de l'insuffisance du système d'aspiration qui vient d'être installé. Aussi, un des deux opérateurs souligne que quelques minutes après le balayage, le sol est de nouveau recouvert de farine. Les opérateurs de ce poste rencontrent également ce risque lorsqu'ils interviennent pour enlever des moules en double passant à côté de la mouleuse. Un opérateur signale les difficultés de balayage de la farine avec le type de vadrouille disponible.

Les opérateurs du gerbeur trouvent glissante la partie du plancher au-dessous du convoyeur aérien transportant les pains au refroidisseur à cause des miettes de pain qui tombent. Celles-ci rendent également le sol glissant devant la trancheuse où les opérateurs de l'emballage interviennent fréquemment pour redresser les pains, et sur le chemin allant au pupitre de commande du refroidisseur placé à l'autre bout du poste. Les opérateurs mentionnent également l'usure de la peinture antidérapante.

Les opérateurs de l'empileuse trouvent le sol glissant à cause de l'eau qui s'égoutte des paniers mal séchés suite à leur lavage. L'eau se répand dans l'allée de passage que les opérateurs empruntent pour récupérer certains incidents.

À la ligne de petits pains, l'opérateur du SBS trouve le sol glissant près des malaxeurs à cause de la projection d'huile provenant des gicleurs qui graissent les bacs à pétrin.

L'opérateur du pan-o-mat mentionne la présence de farine qui recouvre le sol entre les deux machines. Il attribue le problème au dysfonctionnement du système d'aspiration de la farine.

L'opérateur du four rapporte la présence de graines de sésames autour de la machine à cause également d'une mauvaise aspiration.

L'opérateur du gerbeur-dégerbeur signale de l'huile au sol provenant de tuyaux usés.

L'opérateur d'emballage trouve dangereuses la présence de miettes de pain au sol et l'usure de la couche antidérapante parce qu'il doit parfois partir rapidement pour récupérer à temps certains incidents (redresser un pain avant qu'il n'entre dans la trancheuse, enlever un pain mal emballé avant qu'il arrive à l'étiqueteuse).

La présence d'eau sur le sol se retrouve au poste de l'empileuse pour les mêmes raisons mentionnées par l'opérateur de la ligne de pains.

Les opérateurs des postes de gerbeur et de dégerbeur de *la ligne de pains* décrivent une autre catégorie de risque de chute au même niveau (5 incidents/12 inc). Elle se produit durant le déplacement des opérateurs dans la zone de stockage des piles de moules lorsque survient un incident dans ce lieu (pile renversée ou n'avance pas). Cette zone renferme des convoyeurs constitués de bandes métalliques étroites dépassant de quelques centimètres du sol. Le risque de chute au cours du déplacement provient de l'étroitesse entre les bandes (emplacement pour poser juste un pied entre deux convoyeurs), de l'instabilité des bandes si l'opérateur y marche dessus, et des possibilités de mise en marche automatique des convoyeurs.

Le risque de chute depuis un équipement lors d'un déplacement de l'opérateur provient du franchissement à allure rapide d'escalier de passerelle rendu glissant et non conçu à cet effet (5 incidents/7 incidents à la ligne de pains et 2 incidents/2 incidents à la ligne de petits pains) ou du passage par-dessus un convoyeur (2 incidents/ 7 incidents à la ligne de pains).

Les opérateurs de l'ADD à *la ligne de pains* ont décrit ce risque durant le déplacement pour récupérer deux incidents. Dans un cas, le risque se manifeste au moment de la descente, parfois à allure rapide, du

2^e escalier du mixeur à levain lorsque l'opérateur doit rejoindre de façon urgente l'ADD ou un autre équipement situé sur le plancher. Les opérateurs trouvent le 2^e escalier glissant alors que la descente du 1^{er} escalier ne pose pas de problème. L'un des opérateurs attribue ce risque au design de l'escalier : "peut être le 2^e escalier est trop en pente et le rebord des marches rond". Dans l'autre cas, les opérateurs signalent le risque lors du franchissement de la passerelle pour aller au 2^e malaxeur de pâte. La marche et le plancher de la passerelle deviennent glissant à cause de l'huile au sol. Celle-ci provient des gicleurs mal réglés qui graissent les bacs transportant la pâte et de l'écoulement du bac qui se déverse dans l'ADD au-dessus de la passerelle.

Pour récupérer certains incidents les opérateurs de la mouleuse se déplacent de l'autre côté d'un convoyeur en passant soit par une passerelle, soit par l'ouverture dans le convoyeur. Les deux voies d'accès sont dangereuses selon les opérateurs, particulièrement le passage par la passerelle qui rallonge également le trajet de quelques mètres. En effet, l'inclinaison abrupte des escaliers représente un risque lorsque les opérateurs se déplacent rapidement pour aller récupérer un incident, car ils n'ont pas le temps de se retourner pour se placer face aux marches comme dans une échelle. Le passage par l'ouverture du convoyeur est plus direct. Les opérateurs l'utilisent plus souvent, mais courent le risque de se faire frapper et coincer la jambe par les moules qui circulent sur le convoyeur.

Les opérateurs du four nettoient une à deux fois par quart de travail une zone où s'accumulent les miettes de pain. Le seul accès possible consiste à passer par-dessus ou par-dessous le convoyeur. Dans le premier cas, les opérateurs risquent une chute, dans le second cas, ils risquent de se heurter la tête ou le dos.

Les opérateurs de l'emballage doivent également franchir un convoyeur pour décoincer des paniers allant ou provenant du robot. Ils passent par-dessus le convoyeur avec le risque de chute que cela comporte.

L'opérateur de la mouleuse court le **risque d'être frappé** par un moule lors du passage par l'ouverture du convoyeur comme cela vient d'être mentionné. Le passage est étroit, l'opérateur doit se placer de travers, pousser un moule pour faire plus d'espace et se dépêcher pour passer entre les deux moules qui se suivent.

L'opérateur du dégerbeur mentionne le risque d'être frappé par un moule tombant du convoyeur aérien magnétique lorsqu'il passe en dessous pour aller à la zone de stockage des moules ou vérifier le côté droit de la machine.

La présence d'obstacle dans les allées et le franchissement par-dessous le convoyeur entraînent le **risque de heurt**. Les opérateurs de la mouleuse désignent ce risque lors du déplacement à une allure rapide pour dégager un moule en double. En effet, le trajet le plus court les amène à passer sous le convoyeur aérien qui descend en pente inclinée du dégerbeur vers la mouleuse.

Les opérateurs du four doivent également passer sous un convoyeur, situé à environ 1 mètre du sol, pour ramasser les miettes de pain. De plus, ils mentionnent le risque de heurt contre l'échelle d'accès au convoyeur aérien placée au milieu de l'allée menant à la démouleuse.

L'opérateur du pan-o-mat de *la ligne de petits pains* indique le **risque de heurt** lors du déplacement dans l'allée entre les machines.

La seule voie d'accès de l'opérateur du four pour actionner la manette de succion de la démouleuse consiste à passer sous le convoyeur situé à 1 mètre du sol.

Les opérateurs de l'emballage doivent passer sous deux convoyeurs placés à côté l'un de l'autre.

Les risques au cours de l'action de l'opérateur sur les contenants

Au cours de l'action sur les contenants, les opérateurs identifient dans l'ordre décroissant les risques suivants : effort physique excessif, chute depuis un équipement, heurt, brûlure et être frappé (tableaux 13 et 14).

Les opérateurs de dégerbeur, de gerbeur et de l'empileuse de *la ligne de pains* signalent le **risque d'effort physique excessif**. Les opérateurs du dégerbeur associent ce risque à trois incidents impliquant le déplacement d'une pile de moules. Les deux premiers surviennent lors de l'alimentation du dégerbeur (une pile pénètre de travers, deux piles trop rapprochées rentrent dans la machine). Le troisième concerne les piles de "longs" moules des rangées 2 et 3. Les opérateurs les placent de travers afin de permettre l'aimantation correcte des moules par le convoyeur aérien. Également, les opérateurs de ce poste doivent retenir les moules en double afin d'éviter qu'ils tombent du convoyeur magnétique. Pour cela, les opérateurs adoptent une posture le cou et le dos en extension avec les bras levés. Le maintien fréquent de cette posture lorsque les moules en double sont nombreux, occasionne des douleurs aux épaules qui ont déjà fait l'objet d'arrêt de travail. Les moules se mettent en double parce qu'ils sont déformés et pressés les uns sur les autres lors de leur empilage.

Les opérateurs du gerbeur signalent l'effort requis par cette même position de travail lors du décrochage des moules de "long sandwich" de la rangée 5 qui restent aimanter au convoyeur aérien. Les opérateurs indiquent également le risque lié à l'effort physique excessif pour empiler les moules acheminés par un convoyeur de dérivation lorsque le gerbeur est en panne. Lorsque l'opérateur essaie de corriger, lui-même, le dysfonctionnement du gerbeur, les moules tombent directement au sol. L'opérateur les empile par la suite si personne ne vient l'aider. Cette situation arrive souvent durant le quart de nuit. La déformation des moules occasionnée par leur chute crée ensuite d'autres incidents, tels les blocages et les moules en double.

Les opérateurs de l'empileuse mentionnent le risque d'effort physique excessif occasionné par le déplacement manuel de piles de 20 à 30 paniers lorsque l'approvisionnement par les convoyeurs ne se fait pas. Les opérateurs tirent chaque pile en la faisant glisser sur le sol tout en franchissant le convoyeur à chaîne qui sort légèrement du plancher.

L'opérateur du gerbeur-dégerbeur de *la ligne de petits pains* décrit le risque d'effort physique excessif dans deux situations. Premièrement, lors du déplacement manuel des chariots transportant les piles de moules, un effort important est causé par l'usure des roues, du sol et les manoeuvres nécessitant de faire tourner le chariot de 90° pour ranger les piles. Deuxièmement, lors du rangement sur les chariots des moules qui sortent du four suite à un arrêt du refroidisseur. L'effort physique élevé provient du rythme

de travail imposé par la cadence pour éviter que les moules contenant le pain tombent du convoyeur de dérivation. Cela même, si d'autres opérateurs viennent aider.

L'opérateur du gerbeur de *la ligne de pains* fait part du **risque de chute** depuis un équipement lors de l'action sur les contenants. En effet, il doit grimper directement sur le convoyeur aérien situé à environ 5 mètres du sol pour décroincer les moules ou les couvercles. L'opérateur raconte qu'une fois le convoyeur a été remis en marche alors qu'il s'y trouvait dessus. Cette situation s'est produite également alors que l'opérateur se trouvait, cette fois, sur le convoyeur aérien des couvercles. De plus, lorsqu'il manque de couvercles l'opérateur monte sur un convoyeur de dérivation situé à environ 1 mètre du sol afin de vérifier la sorte de pains qui arrive. Il évite ainsi de contourner le convoyeur. L'opérateur monte également dans le gerbeur pour débloquer les moules sur le convoyeur à l'entrée de la machine ce qui lui demande de forcer dans une position plus ou moins stable.

Les opérateurs du four et du gerbeur-dégerbeur de *la ligne de petits pains* décrivent également un risque de chute depuis un équipement lors d'action sur les moules. Les opérateurs soulignent le danger lié au travail sur l'échelle du "*up and down*" en raison des difficultés d'accès pour atteindre la zone de blocage des moules. Les opérateurs doivent se retourner sur l'échelle et débloquer les moules dans une position en équilibre instable.

À *la ligne de pains*, l'opérateur du gerbeur indique le **risque de heurt** lors du déblocage des moules sur le convoyeur aérien à cause de la présence d'un poteau gênant les mouvements de l'opérateur. Ce risque est également présent au four pour le déblocage des couvercles à cause de l'étroitesse de l'espace. À ce poste, il arrive également que le pain, ayant trop levé, colle au couvercle à la sortie du four. Dans ce cas, l'opérateur du four, aidé d'autres personnes, ôtent les moules du convoyeur. Le manque d'espace, la grande quantité de moules à enlever et le rythme de travail rapide pour être capable de suivre la cadence imposée par la vitesse du convoyeur occasionnent selon les opérateurs des risques de heurt et de brûlure.

Les opérateurs du pan-o-mat et du four de *la ligne de petits pains* signalent le risque de heurt. Pour le premier, le risque résulte de la présence de tuyaux d'alimentation électrique et de tiges d'acier qui gênent les mouvements permettant le déblocage des moules dans le pan-o-mat. Pour le second, le risque survient lorsqu'il se penche contre des guides dont les rebords sont pointus et taillants lors du déblocage des moules à l'embranchement des convoyeurs arrivant du pan-o-mat. L'opérateur s'est égratigné le ventre à cet endroit.

Les opérateurs du four et du gerbeur évoquent le **risque de brûlure** lors de l'action sur les contenants. Ces opérateurs soulignent l'inefficacité des gants actuels malgré leur protection en amiante. La protection deviendrait rapidement insuffisante parce que les gants s'imbibent de l'huile chaude qui coule de l'intérieur des moules. L'opérateur du gerbeur décrit également le risque de brûlure au bras lorsqu'il intervient pour refaire une pile dans la zone de stockage. En effet, il porte une chemise à manches courtes faisant partie des vêtements de travail fournis par l'entreprise à ses employés.

Les opérateurs du pan-o-mat et du gerbeur-dégerbeur rapportent le risque de brûlure lors de l'action sur les contenants. L'opérateur du pan-o-mat intervient régulièrement dans le tournant à 90° pour décroincer les moules qui peuvent arriver chauds du four. Il n'a pas toujours le temps de mettre les gants si les moules sont coincés et n'arrivent pas à la machine. L'opérateur du gerbeur-dégerbeur mentionne le risque de brûlure lors de la manutention des moules à la sortie du four lorsque le refroidisseur est arrêté.

L'opérateur du gerbeur de *la ligne de pains* indique le **risque d'être frappé** lorsqu'il débloque avec la barre de fer un moule "collé" au convoyeur aérien magnétique. Ce genre d'accident est survenu également à cause du renversement de la pile de couvercles lorsqu'un autre opérateur a voulu retirer la pile de la machine sans l'arrêter.

L'opérateur de l'empileuse décrit ce risque durant le déblocage de paniers dans la machine. Il résulte de la réalisation simultanée de deux opérations dont les zones d'atteintes sont éloignées l'une de l'autre. L'opérateur appuie sur un bouton pour maintenir l'empileuse dans la bonne position et tire sur le panier. Dans cette position instable si le panier cède subitement il peut se faire frapper. L'autre opérateur de l'empileuse de *la ligne de petits pains* signale ce même risque.

Les risques au cours de l'action de l'opérateur sur le produit

Les opérateurs de *la ligne de pains* identifient davantage de risques au cours de l'action sur le produit. Les opérateurs de l'emballage font part d'un **risque de coupure** grave à la trancheuse pour deux incidents. Le premier touche le dégagement du dernier pain d'un lot d'une même sorte. Celui-ci reste pris entre les lames de la trancheuse. Il doit être sorti manuellement. Au début de la mise en fonction de la ligne, des accidents sont survenus car les opérateurs enlevaient le pain tranché en le prenant avec les doigts. Actuellement, les opérateurs disposent de poignées qui permettent de le saisir sans placer les doigts à proximité des lames en marche. Cependant, les opérateurs ne les utilisent pas toujours, car c'est plus rapide à la main. Le gain de temps semble important parce que selon eux, ils ne disposent pas assez de temps pour changer les réglages des machines avant l'arrivée d'un nouveau lot de pains (3 ou 5 minutes selon le type de changement). Le second résulte des difficultés d'accès à l'intérieur de la trancheuse pour enlever un pain coincé. En effet, les deux voies d'accès possibles comportent des risques. En passant en avant de la trancheuse il ne voit pas les lames et en passant en arrière la distance entre les lames et les doigts est minime. Les poignées ne sont pas utiles dans ce cas. Aussi, l'opérateur signale qu'il vaudrait mieux arrêter la machine. Cependant, lorsqu'une ligne d'emballage est arrêtée les pains se dirigent automatiquement vers les autres lignes. L'accumulation de pains sur les autres lignes occasionne des incidents venant surcharger les autres opérateurs et pouvant entraîner le blocage de plusieurs lignes.

L'enlèvement du pain à la trancheuse s'accompagne également d'un **risque de heurt** au coude à cause d'un tuyau d'alimentation électrique gênant l'opérateur qui se dépêche d'intervenir.

Les opérateurs d'emballage signalent d'autres situations de récupération des incidents dans lesquelles ils courent le **risque d'être frappé**. En effet, les opérateurs interviennent régulièrement dans la zone de déplacement du bras articulé du robot. Un premier type d'intervention se situe à la jonction avec le convoyeur pour retirer des tranches de pain prises entre le convoyeur et le "stoppeur". Un deuxième type d'intervention s'effectue pour enlever un pain décroché ou mal placé. L'opérateur n'arrête pas le robot pour récupérer ces incidents afin d'éviter l'arrêt de la ligne. L'opérateur d'emballage de *la ligne de petits pains* décrit la même situation.

Un des opérateurs de la mouleuse de *la ligne de pains* signale qu'il doit périodiquement gratter la pâte sur le tapis roulant sous la table à pression ou à sa sortie. Il relève le plateau de la table pour enlever la pâte mais celui-ci se baisse tout seul. Aussi, il risque d'être frappé ou de se heurter la tête. Il mentionne

également la possibilité de se faire coincer les doigts lorsqu'il enlève la pâte au bout de la table à pression alors que le tapis est en marche. L'enlèvement de la pâte le tapis en marche facilite le travail et permet d'aller plus vite pour effectuer dans le temps requis les changements entre deux lots de pains.

L'opérateur de l'ADD mentionne le **risque de chute** depuis le convoyeur de moules sur lequel il grimpe pour enlever la pâte restée trop longtemps en attente sur le convoyeur allant à la mouleuse. Le jour, l'opérateur reçoit généralement l'aide du contremaître et d'autres opérateurs pour minimiser la durée d'arrêt de la production. De nuit, l'opérateur est seul pour enlever la pâte. Il tire la courroie du convoyeur par en arrière pour atteindre la pâte sans monter sur le convoyeur des moules. Cela lui demande **un effort physique important**, car il tire directement la courroie sur une distance de plusieurs mètres de long alors que le convoyeur n'est pas conçu pour se déplacer en marche arrière.

Les risques au cours de l'action de l'opérateur sur les machines

Les opérateurs d'emballage *des lignes de pains et de petits pains* risquent d'être frappés en pénétrant dans la zone de déplacement du bras articulé du robot pour régler l'aspiration et l'écartement des ventouses transportant les pains. Ce risque se situe, d'une part en cours de production lorsque le bras du robot saisit ou place mal les pains dans les paniers; d'autre part au cours du changement de production quand l'opérateur modifie les réglages. Les opérateurs connaissent le modèle de mouvement du robot et le temps disponible pour effectuer les réajustements. Cependant, certains opérateurs se sont déjà fait frapper par le bras du robot. Lors de changement de pains, les opérateurs effectuent une partie des modifications alors que le bras du robot est arrêté. Toutefois, la finalisation des réglages s'accomplit pendant la mise en panier des premiers pains. En effet, le premier réglage n'est pas suffisamment précis car le support ne comporte pas de repères pour ajuster l'écartement entre les pains. Avec l'habitude, les opérateurs connaissent à peu près la distance à laisser entre deux ventouses selon la sorte de pains. Lors du premier réglage, les opérateurs évoquent également le risque de démarrage intempestif du bras articulé car le robot reste toujours sous tension.

Les opérateurs de l'emballage de *la ligne de pains* signalent également le risque d'être frappé suite à trois incidents liés à l'approvisionnement de l'étiqueteuse. Le premier concerne le redémarrage automatique de la machine malgré l'ouverture de la porte censée arrêter le fonctionnement de la machine. Un accident de ce genre est déjà survenu. Le second correspond au démarrage intempestif de l'étiqueteuse. Ils attribuent ce risque à la non-remise en fonction de la sécurité par les opérateurs de maintenance suite à une réparation. Le troisième est présent lors de l'installation du ruban de tickets. L'opérateur utilise ses deux mains pour aller plus vite. D'une main, il cache l'oeil magique et de l'autre il attrape le bout du ruban alors que le cylindre est en mouvement.

Au poste de gerbeur de *la ligne de pains*, le réglage des guides se fait au niveau du convoyeur aérien, à 3 mètres de hauteur environ. Un opérateur mentionne le **risque de chute** lors de l'utilisation d'un escabeau sur roulette. Il raconte que l'un des pieds s'étant levé, une roulette est sortie et l'escabeau a basculé ce qui a failli entraîner sa chute. Cet opérateur signale également le risque de chute lorsqu'il grimpe sur la machine pour réparer le cylindre afin de ne pas avoir à attendre le mécanicien.

L'opérateur du SBS de *la ligne de petits pains* ne trouve pas sécuritaire de devoir monter sur des petites palettes pour nettoyer l'oeil magique de l'entonnoir sali par la pâte qui colle.

Un opérateur de l'emballage de *la ligne de pains* souligne le **risque d'effort physique excessif** lorsqu'il vide les mies de pain du tiroir placé sous la trancheuse. Cette opération est effectuée une à deux fois par quart de travail. L'effort est occasionné par le trop plein de mies, le frottement du tiroir sur le plancher et la position fortement penchée de l'opérateur. Les fréquences élevées d'incidents et de changements de sorte de pains peuvent empêcher l'opérateur de vider le tiroir avant que celui-ci ne soit complètement plein.

L'opérateur du SBS de *la ligne de petits pains* mentionne le **risque d'effort physique excessif** lors du déplacement manuel du devant de la machine pour la nettoyer à chaque changement de sorte de pains.

Sur cette ligne, l'opérateur du four signale le **risque de brûlure grave** lors de la remise en marche du four par le contremaître alors qu'il était encore dans le four avec un opérateur de maintenance et le technicien en informatique. Les trois personnes sont ressorties sans blessures du four, mais dans un état de choc nerveux qui a nécessité quelques jours de repos. L'opérateur mentionne le **risque de poussières dans l'oeil** lorsqu'il intervient à la démouleuse.

5.2.3 Conditions matérielles dangereuses et comportements de prise de risque

Les conditions matérielles dangereuses considérées généralement dans la sécurité des systèmes de production (tableaux 15 et 16) et les comportements de prise de risque (tableaux 17 et 18) ne représentent qu'un faible pourcentage. En effet, les opérateurs des lignes de pains et de petits pains rapportent respectivement 19 % et 12,5 % de risques relatifs aux pièces en mouvement ainsi que 15 % et 13 % de risques associés à la mise en marche ou à la récupération des incidents inévitables la machine en fonction. Conditions matérielles dangereuses et comportements de prise de risque sont mentionnés dans des proportions relativement équivalentes. Les opérateurs de la ligne de pains signalent 42 % de conditions matérielles inévitables et 58 % de comportements de prise de risque. Les opérateurs de la ligne de petits pains indiquent 48 % de conditions matérielles inévitables et 52 % de comportements de prise de risque.

Tableau 15 - Conditions matérielles dangereuses¹ décrites par les opérateurs de la ligne de pains selon les risques d'accident

Risques d'accident	Obstacles au déplacement	Sol glissant	Passerelles, escabeaux dangereux	Accès en hauteur sur machine ou convoyeur	Pièces en mouvement	Contraintes manutention de contenants	Mouvements ou chutes de contenants	Protection insuffisante contre la chaleur
Chute depuis un équipement (n = 15)	3	2	6	6	2	-	-	-
Chute même niveau (n=12)	6	6	-	-	-	-	-	-
Être frappé (n=16)	4	-	-	-	8	-	4	-
Heurt (n=9)	9	1	-	-	2	-	-	-
Coupure (n=2)	-	-	-	-	2	-	-	-
Brûlure (n=3)	-	-	-	-	-	-	-	3
Effort physique excessif (n=10)	-	-	-	-	-	10	-	-
Total	22	9	6	6	14	10	4	3

¹ Plusieurs conditions matérielles dangereuses ont pu être signalées par les opérateurs lors de la récupération d'un même incident comportant un risque d'accident

Tableau 16 - Conditions matérielles dangereuses¹ décrites par les opérateurs de la ligne de petits pains selon les risques d'accident

Risques d'accident	Obstacles au déplacement	Sol glissant	Passerelles, escabeaux dangereux	Accès en hauteur sur machine ou convoyeur	Pièces en mouvement	Contraintes manutention de contenants	Mouvement ou chute de contenants	Protection insuffisante contre la chaleur
Chute depuis n équipement (n = 5)	-	-	4	1	-	-	-	-
Chute même niveau (n=8)	2	6	-	-	-	-	-	-
Être frappé (n=5)	1	-	-	-	5	-	1	-
Heurt (n=6)	6	-	-	-	-	-	-	-
Brûlure (n=3)	-	-	-	-	-	-	-	2
Poussière (n=1)	-	-	-	-	-	-	-	-
Effort physique excessif (n=3)	-	-	-	-	-	3	-	-
Total	9	6	5	1	4	3	1	2

¹ Plusieurs conditions matérielles dangereuses ont pu être signalées par les opérateurs lors de la récupération d'un même incident comportant un risque d'accident

Tableau 17 - Conditions matérielles dangereuses en elles-mêmes et comportements de prise de risque¹ décrits par les opérateurs de la ligne de pains selon les risques d'accident

Risques d'accident	Conditions matérielles dangereuses inévitables	Allure rapide de déplacement	Raccourci du trajet ou de la méthode	Évite d'appeler maintenance, contremaître	Remise en marche d'un équipement par un tiers	Intervient équipement en marche	Nettoyage plancher insuffisant
Chute depuis un équipement (n=15)	7	6	1	2	2	0	0
Chute au même niveau (n=12)	6	5	0	1	0	0	3
Être frappé (n=16)	5	4	4	0	0	8	0
Heurt (n=9)	4	7	0	0	0	0	0
Coupure (n=2)	0	0	2	0	0	2	0
Brûlure (n=3)	3	0	1	0	1	0	0
Effort physique excessif (n=10)	10	0	0	0	0	0	0
Total	35	22	8	3	3	10	3

¹ Plusieurs comportements de prise de risque ont pu être signalés par les opérateurs lors de la récupération d'un même incident comportant un risque d'accident

Tableau 18 - Conditions matérielles dangereuses en elles-mêmes et comportements de prise de risque¹ décrits par les opérateurs de la ligne de petits pains selon les risques d'accident

Risques d'accident	Conditions matérielles dangereuses inévitables	Allure rapide de déplacement	Remise en marche d'un équipement par un tiers	Neutralise une sécurité	Intervient l'équipement en marche	Nettoyage plancher insuffisant
Chute depuis un équipement (n = 5)	5	0	0	0	0	0
Chute au même niveau (n=8)	0	5	0	0	0	3
Être frappé (n=5)	2	0	0	1	2	0
Heurt (n=6)	6	0	0	0	0	0
Brûlure (n=3)	0	2	1	0	0	0
Poussières (n=1)	0	0	0	0	0	1
Effort physique excessif (n=3)	2	1	0	0	0	0
Total	15	8	1	1	2	4

¹ Plusieurs comportements de prise de risque sont signalés par les opérateurs lors de la récupération d'un même incident comportant un risque d'accident

Les opérateurs *des lignes de pains et de petits pains* citent plus fréquemment comme condition matérielle dangereuse les obstacles au déplacement. Les opérateurs de *la ligne de pains* les mentionnent dans une proportion beaucoup plus importante que les autres conditions matérielles dangereuses. Sur cette ligne les convoyeurs représentent l'obstacle rapporté le plus souvent (14 incidents/ 23 incidents). Les opérateurs de *la ligne de petits pains* signalent moins fréquemment les convoyeurs comme obstacles au déplacement (2 incidents/ 9 incidents). Les autres obstacles cités correspondent à différentes parties d'équipement : tuyaux d'alimentation électrique des machines, boulons qui dépassent, échelle dans le passage, etc.

Les autres conditions matérielles dangereuses impliquées dans l'activité de déplacement des opérateurs *des lignes de pains et de petits pains* sont le sol glissant, les passerelles ou les escabeaux dangereux et les accès dangereux sur un équipement.

Les pièces en mouvement constituent une condition matérielle dangereuse évoquée principalement par les opérateurs de l'emballage *des lignes de pains et de petits pains*. Celles-ci concernent l'intervention dans la zone de mouvement du bras du robot, le démarrage intempestif ou la mise hors circuit de la sécurité de fonctionnement de l'étiqueteuse.

Les contraintes de manutention des contenants touchent principalement les opérateurs de gerbeurs, dégerbeurs *des lignes de pains et de petits pains*. Ces contraintes sont évoquées lors de la récupération des incidents affectant les piles de moules, l'alimentation du gerbeur, la sortie des moules du dégerbeur et l'arrêt du refroidisseur. L'opérateur du four de *la ligne de pains* signale cette contrainte durant l'enlèvement des moules dont le couvercle colle au pain. Les opérateurs de l'empileuse et du SBS l'indiquent respectivement lors de l'alimentation manuelle des paniers et du nettoyage de la machine à chaque changement de sorte de pains.

Les contraintes concernant le mouvement ou la chute de contenants ainsi que la protection insuffisante contre la chaleur des moules sont décrites par les opérateurs du gerbeur, du dégerbeur, et dans le dernier cas, également par les opérateurs du four *des lignes de pains et de petits pains*.

Les comportements de prise de risque

Les comportements de prise de risque correspondent aux activités de récupération les plus à risque, aussi le déplacement à allure rapide est le plus souvent évoqué. Les autres comportements de prise de risque associés au déplacement sont la prise de raccourci et le balayage insuffisant du plancher. Ensuite, les comportements de prise de risque correspondent à l'intervention sur un équipement en marche, la remise en marche d'un équipement par un tiers, la neutralisation d'une sécurité et le non-appel de la maintenance ou du contremaître.

Les comportements de prise de risque permettent d'éviter les arrêts de ligne ou d'aggraver les dégâts matériels des incidents. Les déplacements à allure rapide sont associés à la nécessité d'agir rapidement à des endroits éloignés. Pour certains opérateurs, ces comportements apparaissent "instinctifs" comme le décrit un des opérateurs de l'ADD : "c'est plus fort que moi quand je vois la pâte qui va tomber au sol, je me mets à courir". Il faut préciser que si la pâte tombe du malaxeur sur le sol, elle peut empêcher le déplacement des bacs sur les rails. Pour l'ensemble des opérateurs, il est important de minimiser le temps de nettoyage afin de maintenir leur attention pour surveiller la ligne, d'effectuer au bon moment les opérations nécessaires et de récupérer rapidement les autres incidents.

Les opérateurs de l'emballage interviennent sans arrêter le robot pour éviter l'arrêt de la ligne, non seulement à cause des pertes de production, mais également pour éviter des problèmes supplémentaires. Durant l'arrêt d'une ligne, les opérateurs des autres lignes de l'emballage doivent faire face à davantage d'incidents provoqués par le supplément de pains à emballer sur les autres lignes. De plus, le redémarrage de la ligne demande une série de récupération d'incidents qui proviennent de la désynchronisation des autres machines arrêtées soudainement en pleine opération.

Dans d'autres postes, comme à l'ADD, à la mouleuse, au SBS, au pan-o-mat, au gerbeur, au dégerbeur l'intervention de la machine en marche facilite le nettoyage de la pâte collée sur le tapis du convoyeur ou le déblocage de contenants.

La remise en marche d'un équipement par un tiers correspond selon les opérateurs aux exigences de production pour éviter ou minimiser les arrêts de ligne. Les vérifications avant la remise en marche de l'équipement ne sont pas toujours faites. L'absence de visibilité demande plus de temps pour effectuer correctement les vérifications de certains équipements (ex. : convoyeurs aériens, four).

Selon un opérateur de l'emballage *de la ligne de petits pains*, la non-remise en fonction de la sécurité de l'étiqueteuse résulte du manque de temps de l'opérateur de maintenance qui a dû abrégé son intervention pour répondre à un appel urgent.

Un opérateur du gerbeur *de la ligne de pains* mentionne que pour éviter l'arrêt de la ligne lors de l'apparition d'un type d'incident mécanique, il le répareit lui-même plutôt que d'appeler la maintenance.

Les opérateurs du dégerbeur ont trouvé une astuce pour faire avancer une pile de moules automatiquement lorsque le convoyeur n'est pas rempli. Ils placent des pièces de 25 cents devant l'oeil magique des convoyeurs correspondant à la pile qu'ils veulent faire avancer. Ils évitent ainsi d'aller chercher la clé de mise en fonction manuelle de la machine que possède le contremaître

5.2.4 Spécificité des risques d'accident

La spécificité des risques d'accident rapportés relativement à ceux généralement décrits et discutés dans les études sur la sécurité des systèmes automatisés de production peut s'expliquer soit par la particularité du système automatisé de production en série de la boulangerie soit par les limites des études réalisées.

Particularités du système automatisé de production de la boulangerie

L'importance des risques de chute de hauteur ou de même niveau et de heurts décrits par les opérateurs au cours des déplacements pour rejoindre l'endroit de récupération des incidents constitue un phénomène qui semble particulier au système automatisé de production étudié. Dans certaines études sur les systèmes automatisés le risque de glisser sur des flaques d'huiles est cité (OTA, 1984) mais n'apparaît pas avec autant d'importance. Ces genres de risque semblent être la conséquence de trois caractéristiques spécifiques liées à l'automatisation du système de production de la boulangerie.

La première caractéristique provient du fait que l'automatisation permet généralement de donner à l'opérateur la responsabilité d'un plus grand nombre d'équipements. Dans le cas présent, l'étendue du champ d'action de l'opérateur exige des déplacements nombreux en raison de la dispersion des pupitres de commande situés à proximité de chacun des équipements, et de l'importance des interventions directes sur le procédé pour effectuer certains réglages ou récupérer les incidents.

La seconde caractéristique a trait à la diversité des tâches à réaliser par un même opérateur. En effet, celle-ci ne résulte pas uniquement de l'élargissement d'une étape de transformation du produit, mais provient également de la position géographique de l'opérateur relativement à la disposition des équipements. Cette condition accentue les difficultés de gestion temporelle des tâches pour l'opérateur relativement à leur chevauchement ou à leur simultanéité. Le manque de temps peut être à l'origine de risque d'autant plus que la proximité géographique de l'opérateur par rapport à un équipement ne signifie pas obligatoirement la sécurité de son accès.

La troisième caractéristique réside dans l'échec de l'automatisation de certaines tâches, notamment du réglage des guides des moules sur les convoyeurs. L'exécution de ces tâches a dû être remise en mode semi-automatique ou manuel alors que les installations n'avaient pas été conçues dans cette perspective.

Limites des études

Les différences des résultats obtenus, comparées aux problèmes de sécurité dans les systèmes automatisés de production, peut également résider dans les limites respectives des études.

La présente étude se centrant sur les risques d'accident lors de la récupération d'incident répertorie des événements qui n'apparaissent généralement pas dans celles traitant des accidents. Une explication de cette différence concerne la définition de l'accident survenant dans un système automatisé de production en série. En effet, les études sur les accidents comportent une définition le plus souvent trop restrictive, limitée aux blessures provoquées directement par le fonctionnement de l'équipement automatisé. Ce type de définition est retenu, notamment pour distinguer dans un même établissement les accidents survenant avec des machines automatisées, des machines plus conventionnelles.

Le procédé de production de la boulangerie devant être entièrement automatisé, nous avons considéré que même la remise en mode manuel ou semi-automatique de certaines tâches devait être comprise et faisait partie intégrante de la problématique de l'automatisation. Aussi, la définition plus large de l'accident, liée davantage au système qu'aux équipements particuliers, conduit à répertorier des risques d'accident survenant en périphérie des machines automatisées. Ces risques d'accident comportent probablement des conséquences moins graves de blessures. Cependant, ils ne doivent pas être sous estimés pour autant. En effet, on peut faire l'hypothèse qu'ils résultent, au travers des comportements de prise de risque des opérateurs, d'une charge de travail élevée, révélant certains problèmes rencontrés par les opérateurs dans la conduite du système automatisé de production en série.

5.3 Corrections des incidents rapportés par les opérateurs

Les corrections des incidents rapportés par les opérateurs des lignes de pains et de petits pains se situent à différents niveaux (tableaux 19 et 20). Pour un certain nombre d'entre eux, les opérateurs n'ont pas fourni de réponses (4 % des incidents à la ligne de pains et 5 % des incidents à la ligne de petits pains). L'absence de réponse correspond à des incidents dont la correction est à l'étude, des incidents dont les causes n'ont pas été identifiées ou pour lesquels les opérateurs n'ont pas répondu.

Les incidents signalés par les opérateurs dont la résolution demande l'intervention de la maintenance correspondent à 14 % des incidents à la ligne de pains et 12 % à la ligne de petits pains. Ils représentent respectivement 4 % et 6,5 % des incidents à risque de la ligne de pains et de petits pains.

Tableau 19 - Niveaux de correction des incidents comportant ou non des risques d'accident selon les opérateurs de la ligne de pains

Niveaux de correction des incidents selon les opérateurs	Ensemble des incidents		Incidents à risque d'accident	
	Nombre	%	Nombre	%
Corrections satisfaisantes	36	31 %	17	31,5 %
Corrections insatisfaisantes	8	7 %	6	11 %
Absence de correction	34	29 %	18	33 %
Contrôle par l'opérateur	17	15 %	7	13 %
Réparation	16	14 %	4	7,5 %
Pas de réponse	5	4 %	2	4 %
Total	116	100 %	54	100 %

Tableau 20 - Niveaux de correction des incidents comportant ou non des risques d'accident selon les opérateurs de la ligne de petits pains

Niveaux de correction des incidents selon les opérateurs	Ensemble des incidents		Incidents avec risque d'accident	
	Nombre	%	Nombre	%
Corrections satisfaisantes	8	11 %	4	13 %
Corrections insatisfaisantes	7	10 %	6	19 %
Absence de correction	40	55 %	17	55 %
Contrôle de l'opérateur	5	7 %	2	6,5 %
Réparation	9	12 %	2	6,5 %
Pas de réponse	4	5 %	0	0 %
Total	73	100 %	31	100 %

Le pourcentage des corrections satisfaisantes des incidents rapportés par les opérateurs est plus élevé à *la ligne de pains* qu'à *la ligne de petits pains*. Les opérateurs de cette dernière indiquent un pourcentage plus élevé de corrections insatisfaisantes et d'absence de correction. À *la ligne de pains*, le pourcentage d'absence de correction pour les incidents à risque est un peu plus élevé que pour l'ensemble des incidents tandis qu'il est identique à *la ligne de petits pains*. La seule différence importante des incidents rapportés avec un risque par rapport aux autres concerne les corrections insatisfaisantes, celles-ci sont beaucoup plus nombreuses pour les incidents rapportés avec un risque d'accident.

Les différences observées entre les niveaux de correction des incidents pour lesquels les opérateurs signalent ou non un risque d'accident ne sont pas significatives. À *la ligne de pains* le Chi-carré, calculé en excluant les réparations et l'absence de réponse, est de 3,02 et à *la ligne de petits pains* de 6,13 pour un seuil de signification de 7,82 (3;0,05). Ainsi, les opérateurs ne rapportent pas plus ni moins de corrections pour les incidents qu'ils perçoivent à risque que pour les autres incidents.

Examinons les corrections et les moyens de contrôle par les opérateurs des incidents de la ligne de pains et de la ligne de petits pains.

5.3.1 Corrections et moyens de contrôle des incidents par les opérateurs de la ligne de pains

Corrections des incidents

Les corrections satisfaisantes pour les opérateurs concernent plusieurs dimensions influençant positivement l'activité des opérateurs : diminution de la survenue des incidents, facilitation et amélioration de la sécurité de récupération des incidents. Elles portent sur différentes composantes technologiques :

- ▶ L'amélioration de la programmation des recettes de pain permet de fabriquer une pâte de qualité plus constante ce qui contribue, avec l'amélioration du système d'enfarinage, à faciliter sa circulation sur les convoyeurs;
- ▶ Les changements apportés à la configuration des convoyeurs dans certains tournants et lieux de jonction évitent le blocage des moules ou des couvercles (tournant avant la mouleuse, l'emballage, l'arrivée des couvercles);
- ▶ Une zone d'accès est aménagée pour enlever les moules bosselés circulant sur les convoyeurs;
- ▶ L'installation d'alarmes et d'arrêts de lignes automatiques limitent l'importance des dégâts matériels et les arrêts de ligne de longues durées (entrée des moules dans la graisseuse, l'étuveuse, le four, le gerbeur);
- ▶ L'échelle d'accès au convoyeur aérien près du four est déplacée laissant ainsi l'allée libre;
- ▶ La pause d'un garde corps rappelle aux opérateurs le danger de passer sous le convoyeur aérien à la sortie du dégerbeur;

- ▶ L'installation de toiles sous certaines parties des convoyeurs aériens allant au refroidisseur empêche la chute des miettes de pain au sol;
- ▶ La fourniture d'une chemise à manche longue à l'opérateur du gerbeur réduit les risques de brûlure à l'avant-bras lors d'intervention dans la zone de stockage des piles de moules;
- ▶ L'installation de miroirs à différents postes facilite la surveillance de la circulation du produit et des contenants;
- ▶ Le changement de place du pupitre de commande du refroidisseur évite les déplacements à la course de l'opérateur de la 1^{re} ligne d'emballage;
- ▶ L'élimination des sacs d'emballage de pains qui se déchiraient fréquemment parce que trop minces réduit les incidents à l'emballage;
- ▶ L'affichage en temps réel des quantités de pains emballés sur les différentes lignes permet aux opérateurs de l'emballage d'anticiper plus facilement le moment du changement de sorte de pains;
- ▶ L'aménagement de l'accès pour atteindre les clés pour régler l'écartement des ventouses sur le bras du robot facilite l'intervention des opérateurs d'emballage et diminue le risque d'être frappé.

Les opérateurs jugent les corrections non satisfaisantes parce qu'elles ne facilitent pas, selon eux, la prévention ou la récupération des incidents comportant un risque d'accident :

- ▶ Le renversement mal synchronisé du bac du malaxeur au-dessus de la passerelle est corrigé, cependant de l'huile tombe encore sur la passerelle. Il faudrait poser une protection selon un des opérateurs;
- ▶ L'aspiration installée à l'enfarineuse de la mouleuse n'évite pas la création d'un tas de farine et la dispersion de celle-ci sur le sol;
- ▶ Le débosselage des moules n'est pas toujours bien fait pour éviter les doubles ou certains blocages;
- ▶ Un opérateur du gerbeur trouve insuffisant pour sa sécurité l'amélioration de l'aménagement pour débloquer les moules sur le convoyeur aérien (il souhaite l'installation d'un bouton d'arrêt d'urgence ou d'un système de sécurité empêchant le redémarrage du convoyeur par un tiers);
- ▶ Le même opérateur aurait préféré l'installation de boutons de réglage des guides du convoyeur aérien sur la colonne au niveau du sol plutôt que la fixation de l'échelle permettant d'atteindre ces boutons placés au niveau du convoyeur aérien;
- ▶ Les opérateurs trouvent gênante l'installation à l'envers d'une règle pour aider les opérateurs à ajuster l'écartement des mâchoires qui supportent les moules au gerbeur;
- ▶ Un opérateur indique que la solution pour diminuer l'effort physique lors de l'alimentation du gerbeur à couvercle est inefficace. Le chariot frotte toujours contre les rails et les bandes antidérapantes sont usées;

- Les poignées pour attraper le pain dans la trancheuse prennent trop de temps à utiliser.

Les opérateurs signalent certaines initiatives permettant de prévenir certains incidents ou accidents. Ces actions sont prises sur l'initiative d'un ou de plusieurs opérateurs afin de diminuer les erreurs de réglages, de contrer des dysfonctionnements à l'origine d'incident. Certaines de ces initiatives sont sûres, d'autres s'accompagnent de risques de dégât matériel ou de blessure.

Contrôle des incidents par les réglages

Les opérateurs se réfèrent à des chartes qui indiquent les valeurs de réglage des équipements selon chaque sorte de pains. Elles ont été établies au début de la mise en marche des installations. Cependant, tous les opérateurs signalent que les données indiquées ne sont généralement plus correctes. Elles sont approximatives. Les opérateurs doivent selon le cas ajouter ou retrancher une certaine valeur pour obtenir le réglage correct. En effet, les réglages corrects se modifient avec l'usure des équipements et la variabilité de l'état du produit. Par conséquent, avec l'expérience, les opérateurs sont amenés à mémoriser de nouvelles valeurs correctes de réglage afin d'éviter les erreurs et les incidents.

Selon chaque sorte de pains les opérateurs ajustent l'écartement des guides dirigeant la pâte, les moules ou les pains. Il n'existe pas de repères formels établis. Aussi, dans certaines zones où c'est possible, les opérateurs marquent au crayon les repères d'ajustement des guides. Dans les autres cas, l'ajustement se fait empiriquement à partir des connaissances des opérateurs qui savent que telle sorte de pains demande un écartement plus grand ou plus petit que le précédent. Pour certains ajustements, des règles ont été installées.

Contrôle par l'intervention directe sur les incidents et le système technique

De leur initiative personnelle, un opérateur du dégerbeur et du gerbeur de la ligne de pains font un contrôle de qualité des couvercles. L'opérateur du dégerbeur, qui surveille la pose automatique des couvercles, remplace les couvercles déformés à l'origine des incidents. Ces couvercles déformés sont détectés également par l'opérateur du gerbeur qui l'avertit. L'opérateur du dégerbeur a très peu de temps pour changer le couvercle avant que le moule rentre dans le four, mais c'est le seul endroit du convoyeur où il est possible d'atteindre les couvercles pour les remplacer. Les couvercles déformés sont reconditionnés par les opérateurs de maintenance ou un sous-traitant suivant les opérations à effectuer. Le reconditionnement n'est pas toujours fait correctement en l'absence de connaissances de critères clairs sur les déformations qui occasionnent des incidents avec les moules.

Pour faciliter l'aimantation de moules de certaines rangées, les opérateurs du dégerbeur placent la pile de travers dans la machine. Le déplacement manuel de la pile de moules demande un effort physique important. Aussi, pour l'éviter, certains opérateurs mettent un morceau de métal (aimant du convoyeur du four) dans un des coins du gerbeur qui sert de butée afin que la pile se place de travers dans la machine. L'oubli d'enlever la pièce de métal, particulièrement lors d'un changement de quart, a déjà occasionné des problèmes.

Un opérateur du gerbeur désactive l'oeil magique à l'entrée de la machine pour ne pas être périodiquement dérangé par une alarme qui déclenche l'arrêt du gerbeur lors de l'empilage de certaines catégories de moules. L'oeil magique a été installé afin d'éviter le bris du convoyeur à aimant, dont les lamelles sont en plastique. Des bris fréquents survenaient quand les moules étaient coincés à l'entrée du gerbeur. Cependant, selon l'opérateur, le système est trop sensible et il arrive souvent que l'alarme se déclenche inutilement. La désactivation de l'oeil magique lui permet de s'occuper en même temps du gerbeur et du dégerbeur à couvercles. Il exerce une surveillance très étroite afin d'éviter le bris du convoyeur aimanté.

Ce même opérateur explique également qu'il n'arrête pas la gerbeuse à couvercle pour retirer la pile en masquant l'oeil magique. Cette astuce évite le blocage des couvercles sur le convoyeur toujours en marche.

Les opérateurs du gerbeur expliquent également que la hauteur des piles de moules programmée par le nombre de moules à empiler est trop haute. En effet, de nombreux moules étant déformés, ils s'insèrent moins bien les uns dans les autres. Aussi, ils sont obligés d'intervenir manuellement pour empiler les moules moins hauts, et ainsi éviter le blocage ou le renversement de la pile.

La mixité entre des moules ou des couvercles neufs et déformés occasionne des problèmes de réglage des guides. Le réglage des guides en fonction des contenants neufs provoque le blocage des contenants déformés, inversement un écartement trop grand entraîne le blocage ou la chute des contenants neufs. Les opérateurs du gerbeur indiquent qu'ils doivent parfois régler l'écartement plus large, et soutenir chaque moule avec une barre avant qu'il ne soit pris par le gerbeur.

Lorsqu'une sorte de pains est terminée alors que la pile de paniers n'est pas complétée à l'empileuse, les opérateurs simulent le passage du nombre de caisses restant devant l'oeil magique afin de ne pas mélanger les deux sortes de pains dans la même pile.

Lorsque cela est possible, l'entraide entre opérateurs permet également d'éviter certains incidents. Elle est cependant limitée dans la plupart des postes à cause de l'éloignement des opérateurs. Les opérateurs doivent communiquer par gestes. Le code gestuel est développé informellement par les opérateurs et diffère entre les quarts de jour et de nuit. Ces variations entraînent des problèmes quand les opérateurs changent de quart. L'entraide directe est surtout possible à l'emballage où les opérateurs travaillent plus à proximité. Les opérateurs de ce poste indiquent lorsqu'une personne est moins expérimentée elle est aidée par une personne plus expérimentée.

5.3.2 Corrections et moyens de contrôle des incidents par les opérateurs de la ligne de petits pains

Les corrections satisfaisantes décrites par les opérateurs de la ligne de petits pains concernent les éléments suivants :

- Le changement du système informatique de contrôle du procédé réduit les problèmes concernant la qualité de la pâte, facilite les réglages et le bon fonctionnement des équipements particulièrement pour les opérateurs du SBS et du pan-o-mat;

- ▶ Le déplacement d'une partie du SBS pour le nettoyage de la pâte lors du changement de sorte de pains, qui se faisait manuellement, s'effectue mécaniquement à partir de commandes actionnées par l'opérateur;
- ▶ La nouvelle configuration des convoyeurs réduit la fréquence de blocage des moules dans les tournants avant leur entrée au pan-o-mat;
- ▶ La mise en vigueur d'un système de cadenassage devrait éviter la remise en marche intempestive du four.

Certaines corrections apportées ne satisfont pas toujours les opérateurs, car elles ne réduisent pas ou occasionnent de nouveaux risques d'accident.

- ▶ La passerelle construite pour faciliter le déblocage des moules sur le convoyeur aérien est trop étroite ce qui oblige les opérateurs du four ou du gerbeur-dégerbeur à travailler dans des postures défavorables avec des risques de heurt;
- ▶ Le stockage des piles de moules sur des chariots déplacés manuellement par l'opérateur du gerbeur-dégerbeur remplace le système de stockage automatique des moules à cause des problèmes de production, d'hygiène et de sécurité. Cependant, le déplacement manuel des chariots s'accompagne, selon l'opérateur, d'effort physique important;
- ▶ Le système de convoyeur de dérivation, installé à la sortie du four, nécessite l'empilage manuel des moules à un rythme rapide avec des risques de brûlure;
- ▶ L'opérateur de l'emballage signale que les risques de glisser sur le sol sont corrigés à certains endroits mais pas à d'autres;
- ▶ Ce même opérateur trouve que la consigne du port du casque pour éviter de se cogner la tête en passant sous un convoyeur ne résout pas le risque de s'écorcher en heurtant la nuque ou le dos.

Les moyens de contrôle décrits par les opérateurs des lignes de petits pains sont moins nombreux que ceux de la ligne de pains.

- ▶ L'opérateur du four souligne que les indications de vitesse des convoyeurs à la jonction des deux convoyeurs du pan-o-mat avec celui du four sont approximatives. Pour éviter le blocage des moules, il doit effectuer des ajustements plus ou moins fréquents selon les problèmes rencontrés (moules plus ou moins nombreux à être déformés, pan-o-mat fonctionnant sur une ou deux lignes, etc.);
- ▶ L'opérateur de l'empileuse de petits pains décrit le même moyen de contrôle que celui de pains. Il consiste à simuler le passage des paniers lorsque la pile n'est pas complétée pour éviter le mélange des deux sortes de petits pains dans une même pile.

5.3.3 Prévention des risques d'accident dans l'entreprise

Les difficultés importantes rencontrées au démarrage ont amené l'entreprise à effectuer des améliorations importantes au système automatisé de production en série afin d'éliminer et de faciliter la récupération des incidents par les opérateurs. Cependant, les résultats montrent que la correction des incidents ne s'est pas toujours réalisée en tenant compte des problèmes de sécurité. Afin de mieux comprendre cet aspect, il est intéressant de le discuter relativement aux différentes modalités organisationnelles conduisant aux modifications techniques du système de production. Quatre modalités ont été recensées selon la complexité et l'importance de la modification à réaliser :

1. Groupe de travail créé de façon ad hoc par le directeur de production pour résoudre un problème technique complexe (la solution n'est pas connue). Le groupe est formé d'un opérateur de production et d'entretien, du contremaître et d'un concepteur.
2. Modifications techniques mandatées par le directeur de production au Service d'entretien. La solution est connue et les opérateurs ne sont pas toujours consultés sur sa conception et sa mise en place. La consultation est laissée à l'initiative du Service de maintenance. Elle peut être effectuée d'une façon sommaire et informelle par l'opérateur d'entretien (ex. : installer une commande). Ces modifications suscitent parfois certaines frustrations chez les opérateurs de production, car elles sont jugées insatisfaisantes (ex. : plate-forme trop étroite). Certaines modifications doivent être reprises, car elles introduisent des risques ou s'avèrent inefficaces (ex. : difficulté de déplacement du treuil manuel installé pour faciliter le changement de guides de la pâte dans les moules au poste de pan-o-mat).
3. Modifications décidées suite à une demande d'un opérateur de production à son contremaître après discussion, selon le cas, avec le contremaître d'entretien. Un formulaire est acheminé au service de maintenance pour des modifications techniques mineures. La charge de travail des opérateurs de maintenance, la commande de pièces et la priorisation en fonction des urgences sont des éléments importants qui peuvent expliquer la longueur des délais.
4. Réparations décidées suite à une demande de l'opérateur de production à l'opérateur d'entretien. Récemment, un opérateur d'entretien a été affecté en permanence auprès des opérateurs de production. À la demande d'un opérateur, il peut donc intervenir rapidement, suite à un défaut constaté sur les machines.

La coexistence de diverses modalités de correction des incidents s'accompagne de formes de consultations différentes des opérateurs selon la complexité et l'importance de l'incident à corriger. Ainsi, les opérateurs ne sont pas toujours consultés ou informés des priorités de correction des incidents ou du design d'implantation des solutions pour éliminer l'incident ou le risque. Cet aspect relève de difficultés liées à l'organisation des systèmes automatisés de production mentionnées par certains auteurs (Freysenet, 1992; Moisson, 1994). En effet, les tâches ne peuvent plus être planifiées d'une façon précise. Cela nécessite de reconnaître aux opérateurs une zone d'autonomie. Cependant, pour faire face à ces nouvelles situations, les gestionnaires de production ne disposent pas préalablement de modèles permettant de supporter et de coordonner les opérateurs dans l'exercice de cette autonomie

(Moisdon, 1994). La participation des opérateurs dans ces conditions peut être perçue avec méfiance par les gestionnaires de la production comprenant mal l'activité des opérateurs et les comportements de prise de risque de ces derniers. Cela renforce, les présuppositions que l'efficacité du système est menacée par l'incertitude de l'activité des opérateurs (Freyssenet, 1992). L'amélioration de la gestion de cette autonomie relève d'un apprentissage social. Dans l'entreprise cet apprentissage s'effectue notamment entre les opérateurs de production et de maintenance. Ces derniers apprennent, entre autres, à consulter les opérateurs de production avant d'effectuer des modifications pouvant interférer avec l'activité de ces derniers. Toutefois, cette consultation reste ponctuelle. Il apparaît nécessaire de la formaliser afin d'améliorer les échanges entre les différents employés impliqués dans la production et la santé sécurité. De telles méthodes sont reconnues comme améliorant l'efficacité de fonctionnement des systèmes automatisés. Elles ne sont néanmoins pas toujours faciles à mettre en place (Castillo, 1991). Dans la boulangerie, les descriptions des incidents fournissent les données de base permettant à des groupes de travail d'élaborer des solutions pour éliminer ou récupérer les incidents à risque.

5.3.4 Choix des moyens de prévention

La variété des risques d'accident requiert un choix de moyens de prévention portant aussi bien sur la conception de systèmes de protection que sur l'élimination ou l'aide à la récupération des incidents. Elle demande une concertation entre les opérateurs et les cadres de production.

Les systèmes de protection

Les systèmes de protection utilisés pour éviter les accidents de genre frappé peuvent être classés en deux catégories (Backström et Döös, 1995). La première consiste à délimiter la zone dangereuse afin d'avertir l'opérateur et assez souvent de lui en interdire l'accès. La seconde permet l'accès à la zone dangereuse, mais provoque l'arrêt automatique de la machine lorsque l'opérateur pénètre dans celle-ci.

Le premier type de système de protection est valable lorsque l'opérateur connaît mal les dangers et que les incidents peuvent être récupérés sans avoir à pénétrer dans la zone dangereuse. Certaines protections de ce type ont été installées afin de prévenir le risque d'être frappé par un moule qui tombe, l'opérateur pouvant contourner la zone dangereuse. Cependant, dans de nombreux autres cas ce type de solution est inefficace car l'opérateur doit pénétrer dans la zone dangereuse pour récupérer l'incident.

Le second type de système de protection s'appliquerait davantage afin de prévenir certains risques où l'opérateur doit pénétrer dans la zone dangereuse. Certains dispositifs permettent l'arrêt automatique lorsque l'opérateur ouvre la machine. Cependant, il n'existe pas actuellement d'arrêt automatique des machines lorsque l'opérateur pénètre dans la zone dangereuse. Celui-ci doit arrêter manuellement la machine ce qui est fait pour récupérer les incidents dans l'étuve, le four et sur les convoyeurs aériens. Le problème de sécurité qui se pose avec ces équipements concerne les possibilités de remise en marche non voulues soit de façon automatique, soit par un tiers. Pour éviter ce problème, des solutions permettant la mise hors circuit et le cadenassage des équipements sont à développer.

Dans d'autres situations les opérateurs n'arrêtent pas les machines, c'est le cas notamment avec les robots. La solution mise en place consiste à faciliter l'accès de l'opérateur aux endroits de réglage à l'intérieur de la zone dangereuse. Les opérateurs sont satisfaits de cette solution qui n'exclut pas,

cependant, la survenue d'accident. Afin d'éviter tout risque d'accident, il serait souhaitable de concevoir un système de réglage des ventouses et de l'aspiration évitant l'entrée de l'opérateur dans la zone dangereuse ou un système permettant de ralentir la vitesse du bras au moment du réglage.

Les opérateurs n'arrêtent généralement pas les autres équipements pour récupérer les incidents, car ce moyen de sécurité se trouve en conflit avec d'autres éléments d'exécution de la tâche ou entraîne d'autres risques. Dans de nombreux cas, l'intervention de l'opérateur sur la machine en marche facilite la récupération de l'incident. De plus, le système de production tolère mal les arrêts de ligne, car ceux-ci provoquent la désynchronisation des machines, du produit et des contenants. Aussi, l'arrêt et la remise en marche des machines et des convoyeurs s'accompagnent d'une série d'incidents qui entraînent des pertes de production, augmentent la charge de travail et occasionnent d'autres risques d'accident.

Pour que le système de protection choisi soit efficace, il ne faut pas qu'il constitue une entrave à l'activité des opérateurs. Son choix nécessite de tenir compte des différentes contraintes d'exécution des tâches.

Élimination des incidents ou l'aide à la récupération des incidents

L'élimination ou l'aide à la récupération des incidents peuvent s'effectuer par le développement de solutions visant les améliorations de l'accessibilité des zones de récupération des incidents, des réglages directs sur les équipements et la gestion temporelle des tâches par les opérateurs.

De nombreux problèmes d'accès ont été résolus depuis le démarrage des installations, il en reste toutefois quelques-uns. Certaines modifications de passerelles et de convoyeurs devaient permettre de les résoudre. Le problème d'accès le plus complexe touche le déplacement des opérateurs dans la zone de stockage des moules de la ligne de pains. Celui-ci ne peut être réglé directement, mais deux types de solutions réduiraient la nécessité pour les opérateurs de pénétrer dans cette zone. La première consiste à instaurer un contrôle de qualité des moules afin de retirer les moules déformés à l'origine des renversements des piles. La seconde vise à permettre aux opérateurs d'opérer en manuel le fonctionnement des convoyeurs de la zone de stockage lorsque cela s'avère nécessaire. Une définition des tâches plus précise et une formation des opérateurs du gerbeur et dégerbeur à ce sujet devraient être envisagées.

L'absence de repères clairs et les difficultés d'accès des opérateurs pour régler les machines nécessitent également des corrections.

La récupération des incidents peut être favorisée par l'amélioration de la gestion temporelle des tâches par les opérateurs. Les opérateurs doivent partager leur activité entre des tâches diverses dont certaines sont prévisibles et d'autres aléatoires ou imprévisibles (récupération d'incident). La gestion de ces diverses tâches est d'autant plus difficile à réaliser que les incidents surviennent simultanément ou en concurrence avec des tâches qui doivent être réalisées à des moments précis. Ainsi, l'opérateur peut se trouver dans des situations comportant une marge de manœuvre temporelle très réduite nécessitant des comportements de prise de risque pour éviter l'arrêt de la ligne. Certaines solutions techniques et l'apprentissage de la conduite des installations ont permis une amélioration de la gestion temporelle des différentes tâches. Cependant, l'étude des incidents montre qu'il y a encore des progrès à réaliser dans ce domaine tant sur le plan technique que de la formation des opérateurs.

5.3.5 Conception des systèmes automatisés et sécurité des opérateurs

Les difficultés rencontrées dans cette boulangerie sont attribuables aux démarches de conception des systèmes automatisés de production mentionnés par plusieurs auteurs (Helander, 1994; Döös et Backström, 1990). L'accent mis essentiellement sur la technologie conçue pour remplacer l'opérateur implique que celui-ci est introduit par défaut pour combler les lacunes lorsque l'automatisation est impossible ou ne marche pas (Moisdon, 1994). L'opérateur se trouve ainsi à réaliser des tâches qui ne lui conviennent pas avec des dispositifs mal conçus qui peuvent comporter des risques. Afin d'éviter les problèmes liés à la démarche de conception axée sur la technologie deux voies de solutions sont proposées. La première est développée à partir de la notion de technologie centrée sur l'humain (Corbett, 1987, 1990), la seconde s'appuie sur la notion de systèmes automatisés hybrides (Karwowski et Rahomi, 1990).

La technologie centrée sur l'humain part du principe que l'automatisation doit aider l'opérateur. Elle est conçue en vue d'améliorer la performance de l'opérateur, d'éviter les tâches demandant des efforts physiques excessifs ou comportant des dangers. Elle requiert des connaissances sur les limites de la performance, des risques et des besoins des personnes opérant un procédé de production spécifique.

La conception des systèmes automatisés hybrides, à l'inverse, part de la reconnaissance des limites technologiques qui font que toutes les tâches ne peuvent pas être automatisées. Par conséquent, il est nécessaire de les reconnaître, et de les concevoir de façon à obtenir une coopération adéquate entre les opérateurs et les machines.

Le développement de ces démarches de conception est d'autant plus important que les systèmes automatisés s'avèrent moins flexibles que prévu. Les opérateurs sont plus efficaces face aux variations inhérentes à ces systèmes, et particulièrement à la fabrication d'une grande variété de produits qui doivent être renouvelés rapidement. Dans la boulangerie étudiée, les nouvelles installations étaient conçues pour fabriquer quatre à cinq sortes de pains. Au moment de l'étude, 23 sortes de pains étaient produites. La plus grande flexibilité a été obtenue en rendant le contrôle de certaines tâches aux opérateurs. Cependant, comme les installations ne sont pas conçues dans cette perspective, l'obtention de cette flexibilité s'est accompagnée d'une plus grande exposition des opérateurs à des dangers.

2000

2001

2002

2003

2004

2005

2006

2007

2008

2009

2010

2011

2012

2013

2014

2015

2016

2017

2018

2019

2020

2021

2022

2023

2024

6. CONCLUSION

L'étude a permis de recenser les risques d'accident encourus lors de la récupération des incidents survenant durant l'opération d'un système automatisé de production d'une boulangerie industrielle. Elle fournit les bases permettant de poursuivre l'amélioration de la sécurité des opérateurs des lignes de pains et de petits pains.

Un grand nombre de situations de récupération d'incident décrit par les opérateurs comportent des risques qui apparaissent particuliers à ce système automatisé de production. Ces résultats ne peuvent pas, cependant, être comparés à d'autres provenant du même type de système de production car cette entreprise est une des premières boulangeries industrielles à utiliser une technologie aussi avancée. L'automatisation du système de production ne s'est pas révélée aussi fiable que prévu. L'efficacité du fonctionnement du système a nécessité de laisser aux opérateurs un certain nombre d'opérations qui n'avaient pas été prévues lors de la conception des installations. Cette expérience malheureuse ne fait que renforcer l'idée de concevoir dès la conception les modalités de coopération entre les opérateurs et les machines, de façon à tenir compte des points critiques concernant la technologie et ses conditions d'utilisation. Dans le système de production de la boulangerie les principaux éléments de conception à prendre en compte sont les suivants :

- l'aménagement de l'espace et des accès aux zones de circulation du produit et des contenants;
- la conception des systèmes de réglages manuels et comportant des repères visuels clairs;
- la conception des systèmes de surveillance visuelle tenant compte de l'étendue et de la disposition des équipements à surveiller;
- la conception d'aide à la gestion temporelle de tâches variées pouvant se chevaucher ou survenir simultanément (informations permettant l'anticipation, alarmes et aménagements techniques permettant de retarder certaines interventions);
- le regroupement de certaines commandes dans des lieux stratégiques pour l'opérateur;
- la conception de systèmes de dérivation des convoyeurs et de stockage des moules à la sortie des fours de façon à éviter des surcharges aux opérateurs lors d'une panne du refroidisseur ou à l'emballage.

La prise en compte des conditions d'utilisation est d'autant plus importante que les systèmes de production sont amenés à évoluer en fonction des besoins. Dans cette perspective, en raison de l'impossibilité de définir les tâches des opérateurs de façon précise, il est important de prévoir des modalités de coordination afin d'assurer à la fois la performance du système et la sécurité des opérateurs. L'efficacité de cette coordination demande une bonne compréhension de l'activité des opérateurs.

the same
as the

the same
as the
the same
as the
the same
as the
the same
as the
the same
as the
the same
as the

the same
as the
the same
as the
the same
as the

the same
as the
the same
as the

the same
as the
the same
as the
the same
as the
the same
as the
the same
as the

BIBLIOGRAPHIE

- Backström T., Harms-Ringdahl L. (1984), A statistical study of control systems and accidents at work, *Journal of Occupational Accident*, n° 6, 201-210.
- Backström T., Döös M. (1993) Development of a non-probabilistic method of risk analysis to help companies themselves prevent risks in computer-controlled production, in Kafka P., Wolf J. (Eds), *Safety and reliability assessment - an integral approach*, Elsevier, 841-850.
- Backström T., Döös M. (1995), A comparative study of occupational accidents in industries with advanced manufacturing technology, *The International Journal of Human Factors in Manufacturing*, v. 5, n° 3, 267-282.
- Bauer W., Kohlhaas F. (1990), Work and safety in hybrid automated production systems illustrated on a flexible manufacturing system, in Karwowski W., Rahimi M. (Eds), *Ergonomics of hybrid automated systems II*, Elsevier, 943-949.
- Bullinger H.-J., Korndörfer V., Salvendy G. (1987), Human aspects of robotics system, in Salvendy G., *Handbook of Human Factors*, McGraw-Hill, New York
- Carlsson J. (1985), Robot accident in Sweden, In Bonney M.C., Yong Y.F. (Eds), *Robot Safety*, IFS, Bedford & Springer, New York, 49-64.
- Castillo J.-J. (1991), Design organisationnel, formation et participation des travailleurs dans une usine de moteurs en Espagne, in St-Pierre C., de Terssac G. (Eds), *Le travail : autres réalités, autres regards*, Revue internationale d'action communautaire, 25/65, 77-86.
- Döös M., Backström T., Disturbance in production - a safety risk or a chance for development in the human-computer interaction context, ...
- Döös M., Backström T., Samuelsson S. (1994), Evaluation of a strategy. Preventing accidents with automated machinery through targeted and comprehensive investigations conducted by safety engineers, *Safety Science*, 17, 187-206.
- Faverge J.-M. (1970), The operator's reliability and safety in industry, *Ergonomics*, v.13, n° 3, 301-327.
- Faverge J.-M. (1979), Le travail en tant qu'activités de récupération, *Bulletin de Psychologie*, v. XXIII, n° 344, 203-206.
- Freyssenet M. (1992), Processus et formes sociales d'automatisation. Le paradigme sociologique., *Sociologie du travail*, n° 4, 469-496.

- Helander M.G. (1990), Ergonomics and safety considerations in the design of robotics workplaces : a review and some priorities of research, *The International Journal of Industrial Ergonomics*, v. 6, 127-149.
- Hirschfeld R.A., Aghazadeh F., Chapleski R.C. (1993), Survey robot safety in industry, *International Journal of Human Factors in Manufacturing*, V. 3, n° 4, 369-379.
- Järvinen J., Karwowski W. (1994), Disturbance control in FMS : a field study, in Proceedings of the 12th Triennial Congress of the International Ergonomics association, Vol. 4: *Ergonomics and design*, Toronto, 114-116.
- Järvinen J., Karwowski W. (1995), Analysis of self-reported accidents attributed to advanced manufacturing systems, *The International Journal of Human Factors in Manufacturing*, v.5, n° 3, 251-266.
- Järvinen J., Vannas V., Mattila M., Karwowski W. (1996), Causes and safety effects of production disturbances in FMS installations : a comparison field survey studies in the USA and Finland, *The International Journal of Human Factors in Manufacturing*, v.6, n°1, 57-72.
- Karwowski W., Parsaei H.R., Campbell S.L., Nash D.L. (1986) Perception of the computerized teller-collar workers : Some critical human factors for implementing robotic technology, in Blache C.E. (Ed), *Success factors for implementing change : a manufacturing viewpoint*, Society of Manufacturing Engineers, 191-207.
- Karwowski W., Rahimi M., Mihaly T. (1988), Effects of computerized automation and robotics on safety performance of a manufacturing plant, *Journal of occupational accidents*, v. 10, 217- 233.
- Karwowski W., Rahimi M., Worker selection of self speed and idle condition in simulated monitoring of two industrial robots, *Ergonomics*, # 34, v. 5, 1991, 531-546.
- Karwowski W., Järvinen J., Rahimi M. (1994), Human aspects of industrial robotics, in Salvendy G., Karwowski W.(Eds), *Design of work and development of personnel in advanced manufacturing systems*, John Wiley & Sons, New York, 493-534.
- Kjellén U., Rundmo T., Sandetorv H., Sintef T.S. (1990), Safety analysis of manual tasks in automatic production systems - implication for design, *Accident Analysis and Prevention*, v. 22, n° 5, 475-486.
- Kletz T.A. (1990), The need for friendly plants, *Journal of Occupational accidents*, n° 13, 1990, 3-13.
- Komaki J.L. (1986), Promoting Job safety and accident prevention, in Catalo M.F., Coates T.J. (Eds), *Health in industry, a behavioral medicine perspective*, John Wiley & Sons, New York.
- Kuivanen R. (1990), The impact on safety of disturbances in flexible manufacturing systems, in Karwowski W., Rahimi M.(Eds), *Ergonomics of hybrid automated systems II*, Elsevier, 951- 956.

- Kuivaneen R. (1996), Disturbance control in flexible manufacturing, *the International Journal of Human Factors in Manufacturing*, v.6, n° 2, 41-56.
- Leplat J. (1974), Le traitement des incidents, son rôle dans l'analyse des représentations, *Symposium : Psychische Regulation von Arbeitstätigkeiten*, Desden.
- Leplat J. (1980), Développement et dégradation des habiletés dans le travail en Société Française de Psychologie (Ed), *Équilibre ou fatigue par le travail?*, Entreprise Moderne d'Édition, 55-64.
- Mattila M., Kiviniitty J. (1993), Job characteristics and occupational safety of manufacturing jobs at different level of automation, *The International Journal of Human Factors in Manufacturing*, v. 3, n° 3, 243-252.
- Moisdon J.-C. (1994), Appareil gestionnaire et travail ou de la lacune comme opportunité, *Sociologie du travail*, n° hors série, 11-19.
- O T A (Office of Technology Assessment) (1984), *Computerized Manufacturing Automation : Employment, Education and the Workplace*, OTA-CIT-235, US Congress Washington, DC.
- Pearson G.W. (1989), Robotics, an industrial health and safety solution, *Professional Safety*, n° 11, 28-31.
- Putz-Anderson V. (Ed.), *Cumulative trauma disorders, a manual for musculoskeletal diseases of the upper limbs*, London, Taylor & Francis.
- Reason J., (1990) *Human error*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Saari J. (1982), Long term development of occupational accidents in Finland, *Scandinavian Journal of Work Environment and health*, n° 8, 1982, 85-93.
- Seppälä P., Tuominen E. (1992), Job characteristics and mental and physical well-being experiences by the operators of CNC, FMS and conventional machine tools, *The International Journal of Industrial Ergonomics*, v. 9, 1992, 25-35.
- Sharit J., Chang T.-C., Salvendy G. (1987), The technical and human aspects of computer-aided manufacturing, Salvendy G., *Handbook of Human Factors*, McGraw-Hill, New York, 1694-1723.
- Vautrin J.-P., Dei Svaldi D. (1986), Manipulating industrial robots in France- effects on health, safety and working conditions : results of the INRS-CRAM survey, *Journal of Occupational Accidents*, 8, 1-12.
- Vautrin J.-P., Edwards R. (1992), Robots et ensembles automatisés, *Notes documentaires de l'INRS*, ND-1895-149-92.

Zimolong B., Duda L. (1990), Human error reduction strategies in advanced manufacturing systems, in Rahimi M., Karwowski W.(Eds), *Human - robot interaction*, Taylor and Francis, 242-265.

Zimolong B., Trimpop R. (1994), Managing human reliability in advanced manufacturing systems, in Salvendy G., Karwowski W. (Eds), *Design of work and development of personnel in advanced manufacturing*, John Wiley & Sons, New York, 341-461.