POLYPUBLIE

Réorganisation des processus de transformation porcine québécoise primaire en vue d'une traçabilité totale

Yan Milot

Document en libre accès dans PolyPublie
Open Access document in PolyPublie

Date	2006
Type	Mémoire ou thèse / Dissertation or Thesis Mémoire de maîtrise/Master's thesis
URL de PolyPublie PolyPublie URL	https://publications.polymtl.ca/7851/
Conditions d'utilisation Terms of use	© Tous droits réservés / All rights reserved
Référence Citation	Milot, Y. (2006). Réorganisation des processus de transformation porcine québécoise primaire en vue d'une traçabilité totale [Mémoire de maîtrise, École Polytechnique de Montréal]. PolyPublie. https://publications.polymtl.ca/7851/

Détails de la thèse
Thesis details

Directeurs de recherche Advisors	Martin Trépanier, & Bruno Agard
Programme Program	Non spécifié

Ce fichier a été téléchargé à partir de PolyPublie, le dépôt institutionnel de Polytechnique Montréal
This file has been downloaded from PolyPublie, the institutional repository of Polytechnique Montréal
https://publications.polymtl.ca

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

RÉORGANISATION DES PROCESSUS DE TRANSFORMATION PORCINE QUÉBECOISE PRIMAIRE EN VUE D'UNE TRAÇABILITE TOTALE

YAN MILOT
DÉPARTEMENT DE MATHÉMATIQUES ET DE GÉNIE INDUSTRIEL
ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

MÉMOIRE PRÉSENTÉ EN VUE DE L'OBTENTION
DU DIPLÔME DE MAÎTRISE EN SCIENCES APPLIQUÉES
(MATHÉMATIQUES ET GÉNIE INDUSTRIEL)
DÉCEMBRE 2006

@ Yan Milot, 2006

Library and Archives Canada

Published Heritage Branch

395 Wellington Street
Ottawa ON K1A 0N4
Canada

Bibliothèque et Archives Canada

Direction du Patrimoine de l'édition

395, rue Wellington
Ottawa ON K1A 0N4
Canada

Your file Votre référence
ISBN: 978-0-494-25561-2
Our file Notre référence
ISBN: 978-0-494-25561-2

NOTICE:
The author has granted a non-exclusive license allowing Library and Archives Canada to reproduce, publish, archive, preserve, conserve, communicate to the public by telecommunication or on the Internet, loan, distribute and sell theses worldwide, for commercial or non-commercial purposes, in microform, paper, electronic and/or any other formats.

The author retains copyright ownership and moral rights in this thesis. Neither the thesis nor substantial extracts from it may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

AVIS:
L'auteur a accordé une licence non exclusive permettant à la Bibliothèque et Archives Canada de reproduire, publier, archiver, sauvegarder, conserver, transmettre au public par télécommunication ou par l'Internet, prêter, distribuer et vendre des thèses partout dans le monde, à des fins commerciales ou autres, sur support microforme, papier, électronique et/ou autres formats.

L'auteur conserve la propriété du droit d'auteur et des droits moraux qui protège cette thèse. Ni la thèse ni des extraits substantiels de celle-ci ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans son autorisation.

In compliance with the Canadian Privacy Act some supporting forms may have been removed from this thesis.

While these forms may be included in the document page count, their removal does not represent any loss of content from the thesis.

Conformément à la loi canadienne sur la protection de la vie privée, quelques formulaires secondaires ont été enlevés de cette thèse.

Bien que ces formulaires aient inclus dans la pagination, il n'y aura aucun contenu manquant.

Canada

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

Ce mémoire intitulé :

RÉORGANISATION DES PROCESSUS DE TRANSFORMATION PORCINE QUÉBÉCOISE PRIMAIRE EN VUE D'UNE TRAÇABILITÉ TOTALE

présenté par : MILOT Yan

en vue de l'obtention du diplôme de : Maîtrise ès sciences appliquées

a été dûment accepté par le jury d'examen constitué de :

Mme RIOPEL Diane, ing., Docteure, présidente

M. TRÉPANIER Martin, ing., Ph.D., membre et directeur de recherche

M. AGARD Bruno, Doctorat, membre et codirecteur de recherche

M. PELLERIN Robert, ing., Ph.D., membre

REMERCIEMENTS

Je remercie MM. Martin Trépanier et Bruno Agard d'avoir bien voulu diriger ce mémoire. Je tiens à leur exprimer ma gratitude de m'avoir fait bénéficier de leur grande connaissance des domaines de la traçabilité et de la réingénierie des processus. Ils ont été des lecteurs et des correcteurs assidus et ont su, lors de chaque rencontre, me faire progresser davantage.

J'éprouve une reconnaissance toute spéciale envers MM. Pierre Milot, Jacques Speight, Christian Rivard et Jean Tremblay qui, de par leur grande expérience dans l'un ou l'autre des sujets traités dans ce mémoire, ont été des sources inépuisable d'informations et des critiques réfléchis.

De mon entourage, je suis obligé envers Karine qui, fidèle à son habitude, a su me montrer le chemin en conservant toujours une longueur d'avance. J'aimerais aussi remercier parents et amis qui m'ont permis de poursuivre dans la bonne direction grâce à l'intérêt qu'ils ont sans cesse porté à mon avancement.

RÉSUMÉ

Avec les nombreuses crises qui ont ébranlé le secteur des viandes au cours des dernières années et avec les exigences toujours grandissantes des pays importateurs, il n'est pas surprenant que le porc québécois ait à laisser sa trace. Bien que la traçabilité par lot représente un énorme pas en avant pour les entreprises de découpe porcine, il n'en demeure pas moins que la traçabilité individuelle des coupes de viande deviendra rapidement un gage de qualité et de sécurité pour les principaux marchés d'exportation que sont l'Europe et l'Asie, mais aussi pour les consommateurs québécois. En ce sens, l'hypothèse de ce mémoire suppose qu'il est envisageable d'effectuer un suivi individuel des principales coupes de viande et ce, sans avoir à procéder à une réingénierie complète des méthodes de production québécoises. Ainsi, il sera question de comparer entre elles trois méthodes palliatives permettant chacune d'effectuer la traçabilité unitaire et de vérifier le bien fondé de leur mise en place dans l'industrie.

La présente étude est divisée en trois parties distinctes : la mise en contexte, la revue de littérature et finalement, la définition du modèle.

La première partie, soit la mise en contexte, comporte principalement trois sous-sections. Premièrement, il est question d'approfondir le rôle et le fonctionnement de chacun des acteurs impliqués au cœur même de l'industrie porcine québécoise tels que les fermes d'élevage et les abattoirs par exemple. Dans la seconde sous section, l'auteur aborde l'aspect de la traçabilité des porcs et des produits qui en découlent. Il y explique plus en détail le fonctionnement des techniques utilisées à chacune des étapes de la transformation du porc. Finalement, sont définies les problématiques auxquelles l'industrie porcine doit faire face dont, entre autre, le phénomène de désassemblage principalement rencontré dans ce secteur d'activité.

La revue de littérature vient mettre en relief les différents travaux réalisés sur la transformation des viandes, mais plus spécifiquement sur la traçabilité effectuée dans ce

secteur d'activité. Il est question d'examiner les différentes technologies disponibles et les écarts qui subsistent à ce niveau entre les pays d'avant-garde dans le domaine.

Dans la troisième partie, il est dans un premier temps question de dresser la cartographie de la découpe primaire du porc. Ensuite, chacun des modèles de découpe proposé est défini avec plus de détails et comparé aux autres solutions envisageables. Finalement, l'analyse de chacune des solutions est faite grâce à différents critères utilisés à l'intérieur de l'outil d'aide à la décision. Cette section comprend aussi la description détaillée des équations utilisées à l'intérieur du modèle.

La réalisation de ce projet, mais principalement l'étude de ces méthodes, a permis d'établir l'importance de la cadence de production lors de l'élaboration d'une stratégie de coupe jumelée à la traçabilité unitaire. Ainsi, l'évaluation de la découpe individuelle, de la découpe par ségrégation des morceaux à l'aide de bacs et de la découpe en continu, d'un point de vue de suivi individuel des coupes de viande, a permis de mettre sur pied un outil d'aide à la décision fort utile pour orienter le choix d'une méthode de production selon les critères sélectionnés.

ABSTRACT

The several crisis that shook the meat sector during the past couple of years and the always rising requirements from the importing countries had no choice but to lead the Quebec pork to leave its trace. Even though group traceability represents a real progress for slaughterhouses, it is undeniable that individual traceability will soon become a proof of quality and security for main exportation markets such as Europe and Asia as well as for the Quebec consumers. According to that way of thinking, this dissertation's hypothesis states that it is conceivable to make an individual follow of the main meat cuttings without a complete reengineering of the North-American production procedures. Three different techniques permitting to make unitary traceability will be analysed and compared in order to verify the impacts of their instauration in the industry.

This study is divided in three distinctive parts: The context, the literature review and finally, the model definition.

The first part, which is the setting in context, embodies mainly three subdivisions. First of all, it is question of deepening the role and the working of every single part of the Quebec pork industry such as, for example, breeding farms and slaughterhouses. Then, the author talks about traceability itself as well as the different products related to it. He explains more precisely the working of the techniques used in each step of the pork transformation process. Finally, the problems faced by the pork industry, such as the dismantling phenomenon encountered in this particular field of activity, are defined.

This literature review analyse the different researches made on meat transformation, but, more precisely, on traceability used in that field of activity. The different technologies available and the gap existing at this level between the leading nations will be examined.

The third part will firstly draw up cartography of primary pork cuttings. From there, each model is detailed and compared with the others that are conceivable. Finally, the analysis of each solution is made with different criteria used inside the decision-helping tool. This section also embodies the detailed description of the equations used inside the model.

The analysis of these methods has permitted to realise the importance of the production cadence during the setting of a cutting strategy linked to the unitary traceability. So, the evaluation of the individual cutting, of the cutting by segregation of pieces with boxes as well as of the continuous cutting, from an individual follow of the cuttings point of view, has allowed creating a tool really useful in order to orientate the choice of a production method according to the selected criteria.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS ..... **iv**
RÉSUMÉ ..... **v**
ABSTRACT ..... **vii**
TABLE DES MATIÈRES ..... **ix**
LISTE DES TABLEAUX ..... **xii**
LISTE DES FIGURES ..... **xiii**
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS ..... **xv**
GLOSSAIRE ..... **xvi**
CHAPITRE 1 : INTRODUCTION **1**
CHAPITRE 2 : CONTEXTE **4**
2.1 INDUSTRIE PORCINE QUÉBÉCOISE 4
2.1.1 Élevage et Réception 5
2.1.2 Abattage 5
2.1.3 Refroidissement 7
2.1.4 Découpe 8
2.1.5 Emballage / Expédition 12
2.2 TRAÇABILITÉ « PRESQUE » TOTALE 13
2.2.1 Puce d'oreille 14
2.2.2 Puce de poulie 16
2.2.3 Séquence de découpe 18
2.2.4 Code à barres 20
2.3 PROBLÉMATIQUE 20
2.3.1 Objectif général 21
2.3.2 Méthodologie 22
CHAPITRE 3 : ÉTAT DE L'ART **23**
3.1 CONTEXTE ET DÉFINITIONS DE LA TRAÇABILITÉ ALIMENTAIRE 23
3.2 IMPORTANCE ET EXIGENCES DU MILIEU 25

3.2.1 Autoexamen de l'industrie 25
3.2.2 Exigences des consommateurs 26
3.3 TECHNOLOGIES DISPONIBLES 28
3.3.1 Identification animale 28
3.3.2 Suivi du produit 29
3.3.3 Technologie RFID 29
CHAPITRE 4 : MODÈLE 33
4.1 CARTOGRAPHIE DE LA DÉCOUPE PRIMAIRE (SITUATION ACTUELLE) 33
4.1.1 Procédé de la transformation des flancs 33
4.1.2 Produit 36
4.2 SITUATIONS À ENVISAGER 37
4.2.1 Traçabilité totale 37
4.2.2 Production individuelle unitaire 38
4.2.3 Production avec utilisation de bacs individuels 40
4.2.4 Production en continu 42
4.3 MÉTHODOLOGIE 42
4.3.1 Cadence de production 45
4.3.2 Main-d'œuvre 46
4.3.3 Bâtiment 47
4.3.4 Équipements 49
4.3.5 Traçabilité 51
4.4 MONTAGE DE L'OUTIL D'AIDE À LA DÉCISION 55
4.5 ANALYSE DES RÉSULTATS 62
4.5.1 Cadence selon le nombre d'opérations 62
4.5.2 Employés et salaires en fonction de la cadence 63
4.5.3 Superficie de travail 66
4.5.4 Équipements spécialisés 67
4.5.5 Bénéfices liés à l'emballage individuel 68
4.5.6 Traçabilité 68

4.6 COMPARAISON 69
4.7 LIMITES DU MODÈLE 73
CHAPITRE 5 : CONCLUSION 75
RÉFÉRENCES 78

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2.1 : Comparatif entre les puces passives et actives 14
Tableau 4.1 : Définition des variables 43
Tableau 4.2 : Variables déterminant le coût des équipements spécialisés 49
Tableau 4.3 : Paramètres fixés pour la comparaison des solutions 70
Tableau 4.4 : présentations disponibles pour les flancs frais 74

LISTE DES FIGURES

Figure 2.1 : Cheminement du porc de la ferme à l'assiette 4
Figure 2.2 : Diagramme des coupes de viande (ACIA 2006) 9
Figure 2.3 : Schéma global du fonctionnement d'une salle de coupe 10
Figure 2.4 : Position générale des employés autour d'une table de désossage 11
Figure 2.5 : Fonctionnement d'une puce RFID passive 13
Figure 2.6 : Emplacement de la puce RFID sur la poulie 17
Figure 2.7 : Modèle et emplacement alternatifs de puces 18
Figure 2.8 : Perte d'information due à la traçabilité par lot lors de la découpe 19
Figure 4.1 : Graphique de déroulement matière pour les flancs 35
Figure 4.2 : Étapes de la transformation des flancs de porc 36
Figure 4.3 : Aménagement général pour la découpe unitaire 39
Figure 4.4 : Utilisation des bacs individuels pour la traçabilité 41
Figure 4.5 : Aménagement général pour la découpe avec l'utilisation de bacs 41
Figure 4.6 : Aménagement général pour la découpe en continu 42
Figure 4.7 : Outil d'aide à la décision / Variables de départ 56
Figure 4.8 : Outil d'aide à la décision / Cadence individuelle accessible 57
Figure 4.9 : Outil d'aide à la décision / Frais spécifiques initiaux 58
Figure 4.10 : Outil d'aide à la décision / Résultats selon les solutions 59
Figure 4.11 : Outil d'aide à la décision / Emballage individuel 60
Figure 4.12 : Outil d'aide à la décision / Comparatif 61
Figure 4.13 : Outil d'aide à la décision / Comparatif selon la cadence 61
Figure 4.14 : Cadence individuelle atteignable selon le nombre d'opérations 63
Figure 4.15 : Nombre d'employés nécessaires en fonction de la cadence de production 64
Figure 4.16 : Masse salariale en fonction de la cadence de production 65
Figure 4.17 : Superficie de travail nécessaire selon la solution privilégiée 66
Figure 4.18 : Coût des équipements spécialisés pour chaque solution 68
Figure 4.19 : Cadence faible 70

Figure 4.20 : Cadence moyennement faible 71
Figure 4.21 : Cadence moyenne 71
Figure 4.22 : Cadence élevée 72

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

AAC : Agriculture et Agroalimentaire Canada

ACIA : Agence Canadienne d'Inspection des Aliments

ADN : Acide DésoxyriboNucléique

AGID : Animal Group IDentification (Identification des animaux par groupe)

ATQ : Agri-Traçabilité Québec

CDPQ : Centre de Développement du Porc du Québec

CSST : Commission de la Santé et de la Sécurité du Travail

FPPQ : Fédération des Producteurs de Porcs du Québec

HACCP : Hazard Analysis Critical Control Points

IAID : Individual Animal IDentification (Identification individuelle des animaux)

RFID : Identification par radio-fréquence (Radio-Frequency IDentification)

VPP : Volonté de Payer Plus

GLOSSAIRE

Poulie: Unité mobile munie d'une roue et d'un crochet permettant le transport des carcasses sur un rail.

Combo : Boîte de carton de 46" par 37" par 40"h placée sur une palette et destinée à recevoir des pièces de viande en vrac.

Traçabilité amont : Traçabilité permettant de retrouver la source d'une défectuosité à partir du produit fini. C'est ce qui permet de trouver le responsable. Il s'agit de remonter la chaîne jusqu'à l'origine du produit.

Traçabilité aval : Traçabilité permettant de cibler un produit fini défectueux à partir du moment où on connaît la source du problème. C'est le concept de rappel. On va vers l'avant pour retrouver où le produit est rendu.

Traçabilité par lot : Traçabilité permettant de remonter jusqu'à la ferme d'origine sans toutefois identifier l'individu exact. Le lot représente généralement l'ensemble des individus d'un même site d'élevage qui resteront ensemble de la naissance jusqu'à l'abattage.

Traçabilité par individu : Traçabilité généralement utilisée pour les porcs qui seront séparés de leur lot d'origine au cours de leur vie. Une telle traçabilité nécessite l'emploi de boucles d'oreilles munies d'un numéro unique ou encore d'une puce RFID unique renfermant l'information sur l'individu.

Table de coupe automatisée: La table de coupe automatisée est un équipement utilisé pour la séparation de la carcasse de porc en ses parties principales. À la sortie de l'équipement, on retrouve règle générale deux épaules, deux fesses, deux flancs et deux longes.

Listériose : Maladie infectieuse très répandue chez les animaux et transmissible à l'homme, due à Listeria monocytogenes.

CHAPITRE 1 : INTRODUCTION

De plus en plus, les consommateurs québécois, mais aussi ceux d'ailleurs dans le monde, exigent de connaître précisément la provenance de chaque produit qui leur est présenté. Ceci est d'autant plus véridique lorsqu'il s'agit de nourriture. Tous les secteurs ayant une quelconque liaison avec le domaine alimentaire doivent donc se conformer à ces nouvelles exigences du marché. Avec les nombreuses épidémies et maladies issues du monde animal avec lesquelles la population mondiale a dû vivre dans les dernières années, il semble légitime que la traçabilité dans ce secteur d'activité soit rapidement passée de concept futuriste à exigence concurrentielle.

Dans cette nouvelle optique, le porc québécois ne fait pas bande à part. Toutefois, bien que des efforts soient consentis pour lui donner toujours plus de visibilité sur les marchés internationaux, le produit ne pourra bientôt plus concurrencer avec ceux offert par de nombreux pays européens et asiatiques étant donné les exigences législatives grandissantes au niveau de la traçabilité. De plus en plus, le consommateur exige de connaître précisément la provenance de chaque pièce de viande qui lui est présentée ainsi que les méthodes qui ont été employées tout au long de sa transformation. Pour faire face à ce nouveau besoin du marché, le porc québécois doit plus que jamais laisser sa trace. En ce sens, l'industrie de la transformation porcine doit passer de la traçabilité par lot -actuellement faite par la majorité des producteurs et des transformateurs- à une traçabilité par pièce qui permettrait non seulement de remonter à la ferme d'origine, mais aussi d'identifier précisément chaque individu pour chaque pièce de viande sortant de l'usine de transformation primaire (abattage et coupes primaires). En outre, chaque pièce serait caractérisée par des indicateurs de qualité déterminés par l'industrie. Ce projet propose donc différentes procédures avancées de traçabilité qui permettent toutes de reconnaître les principales pièces de viande ultérieurement à la découpe et de cibler le porc d'origine de façon plus précise. Ainsi, l'objectif de ce mémoire est de développer des indicateurs en vue d'évaluer les différentes opportunités qui s'offrent aux entreprises

désireuses d'adapter le principe de traçabilité totale proposé au Japon et en Europe au mode de production québécois. Parallèlement, il s'agit aussi de mettre sur pied un outil d'aide à la décision permettant, grâce aux indicateurs proposés, de cibler le modèle de production s'adaptant le mieux aux besoins spécifiques des usines québécoises de découpe porcine.

Bien que touchant l'ensemble de la filière porcine québécoise, ce projet vise principalement l'avancement de la traçabilité au cours des étapes de découpe du porc. Évidemment plusieurs facteurs extrinsèques viennent influer sur les capacités d'une usine à effectuer un suivi efficace. Toutefois, l'imposition de limites étant nécessaire lors d'un tel projet, seules les variables ayant une influence directe sur l'implantation de la traçabilité unitaire lors de la découpe ont été évaluées. Conséquemment, il est pris pour acquis que la traçabilité unitaire est maintenue lors des étapes antérieures et subséquentes à la découpe. De plus, étant donné la quantité quasi-infinie de procédés, de présentations et d'emballages disponibles dans le secteur de la transformation porcine, les outils d'aide à la décision ont dû être déterminés à partir d'un standard dit « normal » qui se base entre autre sur les produits les plus vendus et les opérations les plus fréquemment rencontrées.

Dans cet ordre d'idée, le chapitre 2 est consacré, dans un premier temps, à une mise en contexte quant au fonctionnement de l'industrie porcine québécoise et à la traçabilité qui s'effectue actuellement au cœur de cette même industrie. S'ensuit une brève description de la problématique rencontrée dans le secteur porcin lors de la mise en place d'une traçabilité par pièce précise et efficace. Le troisième chapitre vise principalement à mettre en relief les différents travaux qui ont déjà été réalisés sur le sujet. La revue de littérature permet de cibler les différents acteurs de la recherche ayant travaillé au niveau des technologies, des procédés, des processus de mise en marché ou des perspectives de production touchant de près ou de loin à la traçabilité porcine. Finalement, il sera question dans le quatrième et dernier chapitre des propositions d'implantations en

entreprise de la traçabilité totale et des outils d'aide à la décision qui ont été développés pour comparer chacune d'entre elles.

CHAPITRE 2 : CONTEXTE

2.1 Industrie porcine québécoise

La Fédération des Producteurs de Porcs du Québec [FPPQ] (2000) mentionne que la production porcine québécoise est une des productions les mieux contrôlées au monde. En 2004, 35% de la production nationale a été exportée pour des ventes totales de près de trois milliards de dollars. Le Québec fait quant à lui office de chef de file dans le secteur avec près de 25% de la production canadienne (Agriculture et Agroalimentaire Canada [AAC] 2006). De plus, la qualité du porc québécois est reconnue mondialement et des produits sont exportés dans plus de 30 pays autour du globe dont entre autre en Chine et au Mexique (FPPQ 2000). Le texte qui suit décrit brièvement la filière québécoise de transformation porcine, de l'élevage jusqu'à l'expédition des produits vers les supermarchés ou les transformateurs spécialisés. La figure 2.1 illustre d'ailleurs le parcours qu'emprunte généralement le porc tout au long du processus qui le transporte de la ferme à l'assiette.

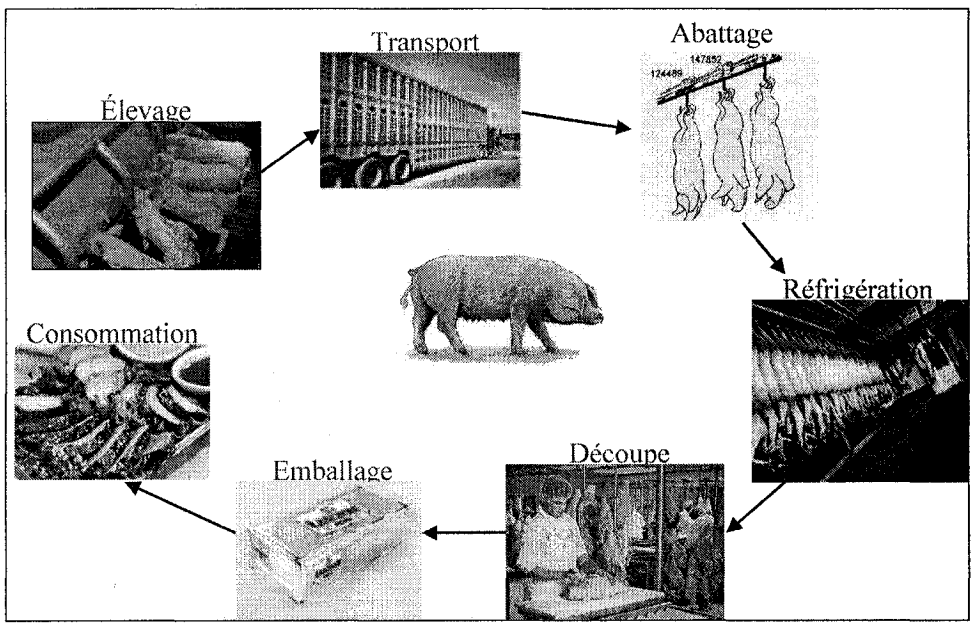


Figure 2.1 : Cheminement du porc de la ferme à l'assiette

2.1.1 Élevage et Réception

Le cycle de transformation du porc débute par le transport et la réception de ce dernier à l'usine d'abattage. Toutefois, bien avant ces étapes, il ne faut pas oublier le rôle important que jouent les éleveurs tout au long de la vie du porc. Il existe au Québec différents types de producteurs :

- **Reproducteurs :** ils produisent les animaux qui sont destinés à la reproduction, c'est-à-dire les races pures et hybrides qui ne sont pas destinées à l'abattage.
- **Naisseurs** : ils possèdent des truies qui donnent naissance à des porcelets qui seront destinés à l'engraissement.
- **Finisseurs** : Ils engraissent les porcelets provenant des naisseurs jusqu'au poids du marché. Bien souvent, le producteur joue à la fois le rôle de naisseur et de finisseur.

La durée de vie d'un animal destiné à la boucherie est généralement de 6 mois. Une fois le poids valorisé par le marché atteint (entre 82 et 96,9 kg), le porc peut prendre le chemin de l'abattoir par l'intermédiaire d'un transporteur. Plusieurs mesures d'hygiène et de contrôle très strictes doivent être respectées par le producteur et le transporteur lors du déplacement des lots vers l'abattoir. Ces règles de conduite servent entre autre à prévenir la propagation de maladies entre différents sites d'élevage et à éviter le croisement entre les individus de lots différents. Elles se doivent aussi d'être appliquées lors de la réception des porcs à l'abattoir.

Au Québec, le lien entre les producteurs et les transformateurs s'effectue dans la majorité des cas par l'intermédiaire de l'encan électronique. L'encan est le service de mise en marché de la FPPQ. C'est par l'encan que sont gérés la vente, le paiement aux producteurs, les transports, la facturation aux abattoirs, etc.

2.1.2 Abattage

Selon AAC (2006), plus de 8 millions de porcs ont transigé vers l'un ou l'autre des abattoirs québécois en 2003 et en 2004. En 2005, il existe au Québec sept entreprises

possédant des abattoirs autorisés offrant des services d'inspection et de classification et abattant au moins 1000 porcs par semaine (Centre de Développement du Porc du Québec [CDPQ] 2005)

Bien que les opérations d'abattage et d'éviscération tendent à être de plus en plus automatisées, leur fonctionnement demande tout de même beaucoup de main-d'œuvre. De plus, les opérations demeurent similaires d'un établissement à l'autre malgré l'automatisation. Ainsi, peu importe l'établissement dans lequel le porc sera transporté, il aura à passer au travers des étapes suivantes.

- **Repos et attente :** Chaque porc doit être reçu un minimum de quatre heures avant son abattage pour lui permettre d'évacuer le stress du transport.
- **Abattage :** Le porc est dirigé de l'aire de repos vers la zone d'abattage où il est saigné.
- **Épilation et traitement de peau :** Diverses opérations sont effectuées pour retirer le poil de la carcasse (Ébouillantage, épilation, chauffage, écouennage à chaud...). La méthode utilisée peut varier selon les établissements et le marché visé.
- **Ouverture du coffre et éviscération :** Le coffre de la carcasse, qui est déjà suspendue à la poulie qui le suivra jusqu'à la découpe, doit être ouvert pour permettre le retrait des abats et des viscères.
- **Séparation de la carcasse :** Une fois les viscères retirés, la carcasse est séparée par le centre en deux moitiés qui demeurent liées au niveau de la tête. C'est de cette façon que le porc est dirigé vers la découpe.

Outre ces étapes dites de traitement, d'autres opérations de contrôle et d'inspection sont effectuées tout au long du processus. On retrouve entre autre les postes de

- **Séquenceur :** Il étampe un numéro sur chaque carcasse. Cette séquence sert de référence visuelle tout au long de la production.

- **Viscères :** Ce poste est occupé par un inspecteur. À chaque carcasse qui passe devant lui, il entre un code qui correspond à l'état des viscères dans le système de traitement des données. Cette information est enregistrée pour chaque porc abattu.
- **Tatoueur :** Le numéro de tatou de chaque porc est entré manuellement dans la séquence de traitement des données. Le tatou est visible sur la peau du porc et sert à identifier la ferme d'origine. Chaque établissement possède son propre numéro. Jumelé à la séquence, le numéro de tatou permet de connaître à quelle heure chaque porc d'un lot a été abattu.
- **Sonde de gras :** Cette sonde sert à classifier le cochon selon une échelle qualitative. Le producteur est payé selon la cote obtenue par chacune de ses carcasses.
- **Inspection et retenue :** Les cochons sont inspectés et, advenant un problème, certaines parties peuvent être enlevées. Dans certains cas, la carcasse peut être entièrement condamnée. Lorsqu'un problème est détecté, la séquence du cochon est entrée et le code correspondant au problème ainsi que le poids de la partie à retirer y sont associés. Par la suite, la carcasse est remise sur le rail principal et se dirige vers les réfrigérateurs avant d'être découpée.

Suite à l'abattage et à l'éviscération, la carcasse se dirige vers les salles de refroidissement.

2.1.3 Refroidissement

Dans la majorité des usines de transformation, la découpe s'effectue sur des carcasses dont la température avoisine les 4°C. Les pièces de viande à cette température ont pour avantage d'être plus fermes et ainsi de mieux se manipuler durant les nombreuses opérations de découpe et de désossage. De plus, les normes HACCP, qui régissent les usines de production alimentaire comme le font les normes Iso dans d'autres secteurs d'activité, exigent que les produits aient atteint cette température interne globale de 4°C avant d'être expédiés. Généralement, les porcs qui sont découpés ont été abattus 24 heures à l'avance pour permettre une période de refroidissement suffisante dans les

salles de refroidissement. Suite à cette période de latence, l'usine qui a procédé à l'abattage peut soit expédier les porcs en carcasses, soit effectuer la découpe sur place. Dans plusieurs cas, les carcasses vont transiger entre différents établissements appartenant à un même propriétaire pour être découpées et transformées.

2.1.4 Découpe

Plusieurs variantes peuvent être rencontrées dans les salles de coupe du Québec selon les besoins et la spécialisation de chaque établissement, mais, généralement, les procédés se ressemblent tout de même en plusieurs points. Toutefois, bien que la matière première et le produit fini soient pratiquement identiques, on retrouve de nombreuses différences entre le système de production nord-américain rencontré au Québec et le système européen. Les principales divergences proviennent des exigences de traçabilité plus serrées rencontrées dans certains pays tels que le Danemark et des capacités de production inférieures rencontrées dans ces pays.

Avant de décrire plus en profondeur le système de découpe, il importe de faire un bref survol des différents produits provenant de la coupe primaire d'une carcasse de porc. La figure 2.2 illustre les coupes primaires provenant directement de la découpe initiale de la carcasse. Un exemplaire du manuel des coupes de viande de l'agence canadienne d'inspection des aliments est disponible sur leur site Internet pour un compte rendu plus détaillé des coupes disponibles lors du traitement d'un porc.

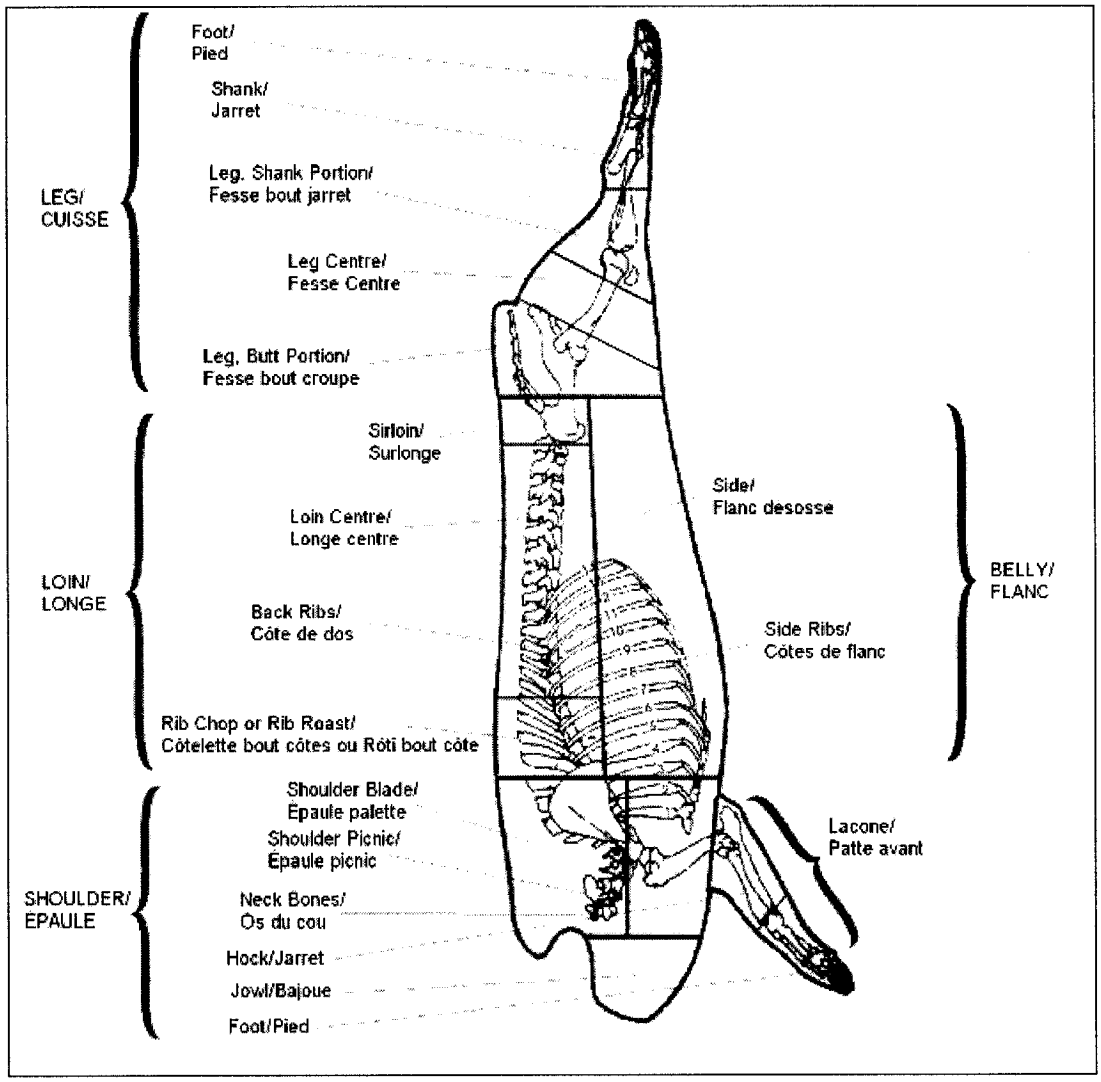


Figure 2.2 : Diagramme des coupes de viande (ACIA 2006)

Bien que les opérations réalisées dans la salle de coupe soient relativement complexes, le procédé dans son ensemble peut tout de même être illustré assez simplement grâce à la figure 2.3.

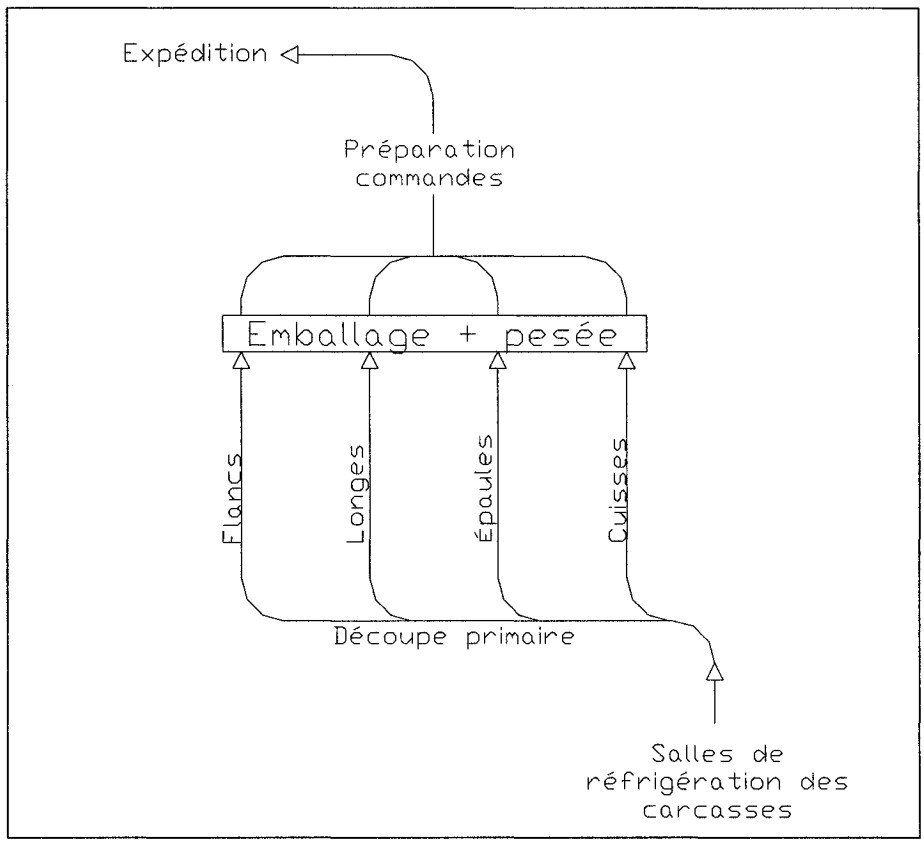


Figure 2.3 : Schéma global du fonctionnement d'une salle de coupe

Premièrement, la carcasse arrive des salles de refroidissement et est toujours accrochée à la même poulie qui l'a suivi tout au long de l'abattage. La première étape de la découpe consiste à séparer chaque quartier en quatre coupes primaires. La longe, le flanc, la cuisse et l'épaule sont donc obtenus suite au passage de la carcasse sur la table de découpe automatisée. Une fois cette opération effectuée, chaque pièce est dirigée vers une table distincte telle qu'illustrée à la figure 2.4. Cette dernière démontre le positionnement de chaque employé autour de la courroie motorisée qui sert à faire progresser les pièces de viande vers l'emballage.

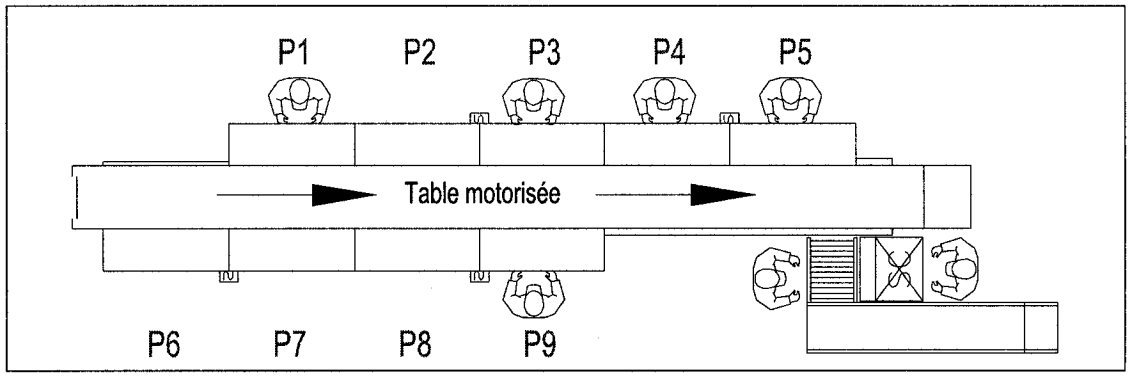


Figure 2.4 : Position générale des employés autour d'une table de désossage

Selon le produit et la quantité désirée, certains employés peuvent travailler à une tâche X alors que les autres s'affèrent à une tâche Y. Bien que les pièces qui progressent dans le cycle soient généralement de plus en plus transformées, certaines ne font toutefois l'objet d'aucunes manipulations. Par exemple, les flancs frais tel qu'on les retrouve sur la carcasse initiale parcourent le même chemin que les flancs désossés et écouennés et sont parfois emballés au même endroit malgré qu'ils ne fassent l'objet d'aucune opération de transformation. De ce fait, les flancs frais vont « dépasser » plusieurs flancs sur lesquels des manipulations sont faites. C'est ce qui explique le chevauchement des carcasses à la découpe dans le modèle québécois. Il est aussi possible d'observer plusieurs postes vacants sur la figure 2.4. Ces espaces de travail supplémentaires procurent une meilleure flexibilité et permettent d'adapter le nombre d'employés sur chaque table en fonction des produits qui doivent être transformés (ex : plus d'employés pour maintenir la même cadence de production lorsque la production est axée sur les flancs désossés – écouennés - coupe carrée).

Le principal problème rencontré dans le mode de découpe québécois est justement dû au fait que plusieurs porcs se chevauchent tout au long du processus. En effet, étant donné les temps de traitement variables, il est utopique d'envisager que la première carcasse à tomber sur la table de coupe corresponde aux premiers morceaux à être emballés à la fin du traitement. Plusieurs facteurs viennent expliquer ce croisement entre les pièces. Entre autre :

- Plusieurs employés effectuent la même tâche, mais à des vitesses différentes (expérience, habileté, etc.). Cet écart peut entre autre être dû à la quantité de gras retrouvée sur le produit, la dureté due au niveau de congélation des carcasses, etc.
- Plusieurs coupes différentes sont effectuées simultanément. Les temps de traitement et les tâches à effectuer varient donc d'une pièce à l'autre. Certaines parties peuvent avoir à passer dans une machine alors que d'autres la contournent (ex : écouenné, désossé, etc.).
- Une sélection est faite selon la qualité de la pièce à savoir quelles opérations vont être effectuées (ex : longe maigre = spéciale = plus long à traiter, longe grasse = autre = moins long à traiter).

2.1.5 Emballage / Expédition

Suite aux opérations de transformation, les pièces sont emballées selon les besoins du client. Puisque toutes les coupes différentes d'une même pièce peuvent se retrouver sur la même table, une sélection est faite lors de l'emballage pour que les boîtes contiennent des produits identiques (exemple : fesse à 80% de gras ou flanc frais). Outre cette première sélection, chaque produit peut aussi être emballé différemment. Par exemple, le flanc de porc désossé sans couenne peut être emballé de plusieurs façons selon le contenant utilisé et le nombre de pièces dans chaque contenant (carton ou emballage sous-vide). Toutefois, bien que plusieurs emballages soient disponibles, certains ne sont utilisés que très rarement pour des clients spécifiques alors que d'autres sont utilisés dans la majorité des cas. La proportion suit dans la majorité des cas une distribution de Pareto.

Il ne reste plus ensuite que la pesée et la palettisation avant que les produits ne soient dirigés vers la préparation des commandes. Ceux-ci seront ensuite prêts à être expédiés selon les quantités commandées par le client. Pour ce qui est des produits emballés en vrac dans des boîtes de grande dimension (appelés combos), ils sont eux aussi pesés et prêt à être expédiés le plus souvent pour des transformations tertiaires.

2.2 Traçabilité « presque » totale

Il semble que la majorité des entreprises québécoises de transformation porcine désireuses de se munir d'un système de traçabilité se soient tournées vers la technologie d'identification par radiofréquence (RFID). Pour bien comprendre le fonctionnement de cette technologie, il importe d'en connaître les différentes composantes.

Un module de lecture RFID comporte principalement trois éléments : un lecteur, une puce ainsi qu'une unité de traitement de l'information. La figure 2.5 illustre les trois composantes d'un système d'identification par radiofréquence dans le cas d'une puce passive. Lorsque celle-ci passe devant le lecteur, il lui envoie un champ magnétique qui est utilisé par la puce pour retransmettre un code sous forme binaire. Le lecteur reçoit alors l'information et la retransmet vers la base de données.

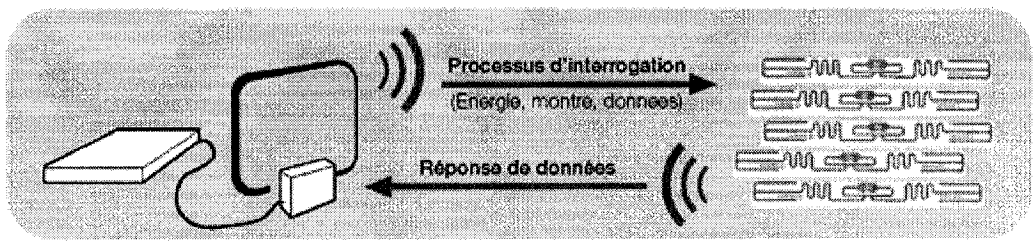


Figure 2.5 : Fonctionnement d'une puce RFID passive

Plusieurs critères sont à considérer lors de l'analyse un système RFID : la distance de lecture, la quantité d'information à emmagasiner dans la puce, la vitesse de réponse, l'espace disponible pour les puces, les risques d'interférence, etc. Généralement, il faut tenir compte que les performances d'un système sont directement liées au type de semi-conducteur, à la dimension de l'antenne et à l'alimentation de la puce. Il existe deux types de puces : les puces actives, c'est-à-dire celles qui sont alimentées par une source interne d'énergie, et les puces passives qui sont activées par le champ magnétique du lecteur. Ces dernières sont les plus répandues malgré qu'elles offrent moins de possibilité. Leur fonctionnement est simple. Voici un bref comparatif entre les deux types de puces disponibles sur le marché :

Tableau 2.1 : Comparatif entre les puces passives et actives

Caractéristiques	Puces passives	Puces actives
Fréquences	125 KHz - 2.45 GHz	433 MHz - 5.8 GHz
Source d'énergie	Champ magnétique	Batterie
Distance lecture / Écriture	Max 5 mètres	Max 100 mètres
Mémoire	Max 2 Kbytes	Max 32 Kbytes
Durée de vie	Plus de 10 ans	Plus de 8 ans
Détection multiple	50 / seconde	100 / seconde
Détection en mouvement	oui	oui
Coûts	Entre 0.75 et 15$	Entre 20$ et 300$

Le RFID tel qu'on le rencontre à l'heure actuelle n'est en soit que le remplacement technologique du code à barres. Ainsi, avec l'utilisation actuelle qui en est faite, plusieurs sont portés à croire que l'investissement n'en vaut pas le coût. Toutefois, dans un avenir rapproché, les nombreuses possibilités qu'offrira cette technologie devraient surclasser les traditionnelles étiquettes de codes à barres (Tracenews.Info 2003). Voici certains avantages que procurent les puces :

- identification du produit même lorsque celui-ci est invisible;
- fonctionnement dans de multiples environnements;
- lecture de plusieurs puces simultanément;
- combinaison automatique de données (températures, heures, etc.).

Dans cet ordre d'idées, voici aussi un bref descriptif des applications mises en place dans chaque secteur de la transformation porcine québécoise. Le fonctionnement théorique de ces technologies sera abordé plus en profondeur à l'intérieur de la revue de littérature.

2.2.1 Puce d'oreille

Tel que mentionné précédemment, les porcs canadiens sont actuellement différenciés grâce à un numéro de tatouage identifiant l'établissement d'élevage de l'animal. Cette technique de classification par groupe est suffisante dans la majorité des cas où les groupes d'animaux sont conservés intacts tout au long de leur vie. On rencontre entre

autres l'identification par lots, c'est-à-dire l'identification du groupe d'animal lié à l'établissement plutôt que de l'individu, dans le cas de naisseurs-finisseurs chez lesquels les porcs ne quittent jamais les lieux d'élevage jusqu'à ce qu'ils soient expédiés à l'abattoir. L'identification par tatouage tient toujours lieu d'office dans le contexte de la transformation porcine québécoise. Il est en effet inutile, à l'heure actuelle, d'effectuer le suivi individuel des porcs vivants puisqu'il s'avère de toute façon impossible de conserver cette information ultérieurement à la découpe. De ce fait, force est de croire que l'étape de la découpe représente le principal obstacle à une identification plus précise des porcs québécois. Dans un contexte purement axé sur la production, il est possible de constater qu'il s'agit là du maillon faible de la chaîne de transformation du porc au Québec et en Amérique du Nord en général du point de vue de la traçabilité.

Tel que mentionné par le Conseil canadien du porc (McKerracher et al. 2005), le système de traçabilité du secteur porcin se fonde sur les trois piliers suivants :

- l'identification des exploitants agricoles;
- l'identification des animaux;
- le repérage des déplacements des animaux.

À l'heure actuelle, l'information inhérente à la réception des porcs à l'abattoir porte sur différents points critiques.

- Contrôle de l'heure d'arrivée du transporteur grâce à sa carte d'accès individuelle. Cette carte permet aussi à la FPPQ de connaître l'heure à laquelle le déchargement a été effectué et l'heure de départ du transporteur. Cette information est aussi connue de l'abattoir grâce au bon de réception.
- Émission du bon de réception lors de la réception du lot. Sur celui-ci, on retrouve entre autres le nom du producteur ainsi que son numéro d'identification, le nom du transporteur, la quantité de porcs livrés, la quantité de porcs malades ou blessés

ainsi que le numéro de tatouage de l'établissement d'origine. Ce dernier permet de retracer le lot de porcs.

- Les porcs sont dirigés vers des espaces d'attente qui permettent d'isoler les groupes de porcs individuellement. Il est ainsi possible de conserver la trace du lot en entier lorsque celui-ci est dirigé vers l'abattage. Cette trace peut aussi être maintenue grâce au numéro de tatouage.
- En plus du bon de réception, un rapport d'inspection ante-mortem est aussi complété par un inspecteur ou un vétérinaire de l'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA). Ce rapport vient confirmer les renseignements détenus sur le bon de réception et sert aussi à détecter les porcs qui sont malades ou blessés.

Malgré le fait que la plupart des porcs produits au Québec ne nécessitent pour l'instant qu'une identification par groupe, il est toutefois possible de les identifier individuellement grâce à des boucles d'oreilles. Le système national d'identification et de traçabilité des porcs exige en effet que chaque animal qui sera un jour ou l'autre séparé de son groupe d'origine soit identifié individuellement avec une boucle d'oreille portant un numéro d'identification unique lié au site d'origine. L'identification individuelle doit entre autre être faite dans le cas d'animaux de reproduction et d'animaux regroupés à destination comme dans le cas d'encans. Certains projets sont actuellement en cours au Québec pour déterminer l'efficacité de boucles d'oreille munies de puces RFID. Jusqu'à présent, selon les commentaires recueillis auprès d'un membre de la FPPQ, les résultats sont concluants dans cette niche de production.

2.2.2 Puce de poulie

Tel que rapporté par plusieurs membres de l'industrie, la majorité des entreprises de transformation porcine au Québec sont actuellement à fiabiliser un système de traçabilité par lot développé il y a quelques années. Plusieurs entreprises de premier plan dans le secteur ont uni leurs efforts pour mettre en place une technologie fiable et durable

utilisant une puce RFID placée dans la poulie de transport de la carcasse. Comme il a été mentionné précédemment, il est possible d'envisager à très courts termes que les porcs arrivent à l'abattoir munis d'une puce d'oreille contenant l'information propre à chaque individu. Ce faisant, les processus d'abattage et d'éviscération ne représentent pas en soit un défi de taille en ce qui a tait à la traçabilité puisque la carcasse demeure pratiquement entière durant tout le procédé. Outre les viscères qui sont retirées lors de l'éviscération et dont la progression est par la suite synchronisée avec l'avance de la carcasse, toutes les pièces principales peuvent être liées à la puce de la poulie jusqu'à l'étape de la découpe.

Les puces utilisées dans le secteur porcin sont des puces passives. De plus, celles-ci ne sont pas réinscriptibles. Chaque puce est utilisée une seule fois par jour et l'information qui est associée à chaque numéro de puce est unique pour chaque jour de production. Les puces utilisées se vendent entre 5.00$ et 6.00$ l'unité et ont une durée de vie qui varie grandement selon les conditions d'utilisation. Les puces, qui fonctionnent à une fréquence de 125 KHz, sont placées à l'intérieur de coquilles de plastique scellées au silicone. Chaque coquille est ensuite introduite dans un trou aménagé sur le support de la poulie. Un dessin illustrant la forme de la puce ainsi que son emplacement sur la poulie est présenté à la figure 2.6. D'autres modèles similaires de puces, dont celui illustré à la figure 2.7, sont aussi disponibles selon les besoins.

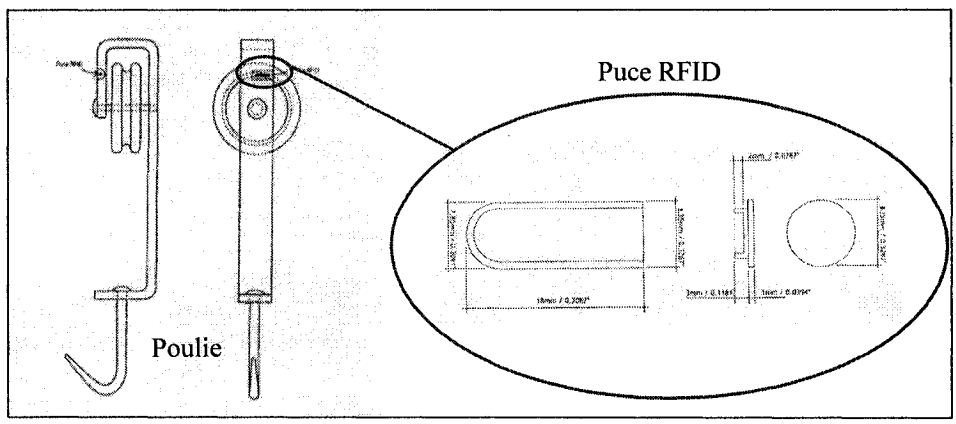


Figure 2.6 : Emplacement de la puce RFID sur la poulie

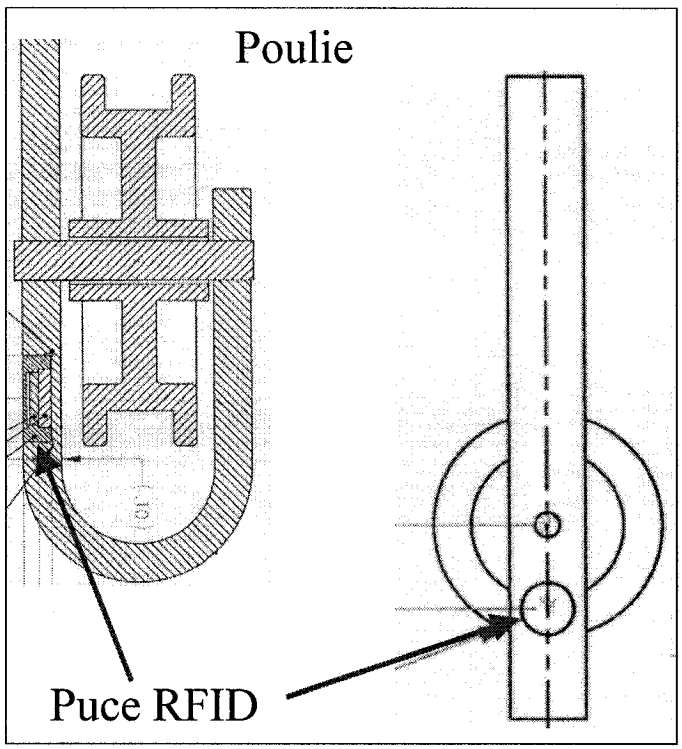


Figure 2.7 : Modèle et emplacement alternatifs de puces

2.2.3 Séquence de découpe

Tel que mentionné précédemment, les producteurs porcins québécois ont à leur disposition les technologies et le matériel nécessaire au suivi individuel des porcs tout au long de leur cycle de vie. Cette première section de la chaîne logistique ne représente donc pas un obstacle à la traçabilité totale de la filière porcine. Dans une séquence logique, il est aussi possible de conserver l'information individuelle tout au long de l'abattage en associant l'information contenue dans les puces d'oreilles aux puces insérées dans les poulies. Toujours dans cette optique, le suivi des produits emballés, à leur sortie de la découpe, ne représente plus un défi pour les entreprises puisque bien avant la venue du RFID, il était déjà possible de cibler avec précision, grâce entre autres aux codes à barres, l'emplacement d'une quelconque boîte à l'intérieur d'un lot et ce, peu importe le secteur d'activité visé.

À la lumière de ces informations, il appert que la seule étape où l'information propre à chaque porc ne peut être maintenue à l'heure actuelle est celle de la découpe. Pour des raisons de productivité, le suivi des pièces de viande ne permet alors qu'une traçabilité par lot. Bien qu'il soit possible de retracer la ferme d'origine, une foule d'information est perdue par le manque de précision d'une seule étape de la transformation primaire. Comme l'illustre la figure 2.8, chaque étape de la chaîne d'approvisionnement précédant la découpe a la possibilité de maintenir l'intégrité de l'information qui a été cumulée tout au long de la vie de chaque cochon. Ainsi, tant que la carcasse est entière, il est facile de fournir certains renseignements qualitatifs extrinsèques propres à chaque animal tels que ses conditions de production, son alimentation ainsi que la date et l'heure précises à laquelle il a été abattu.

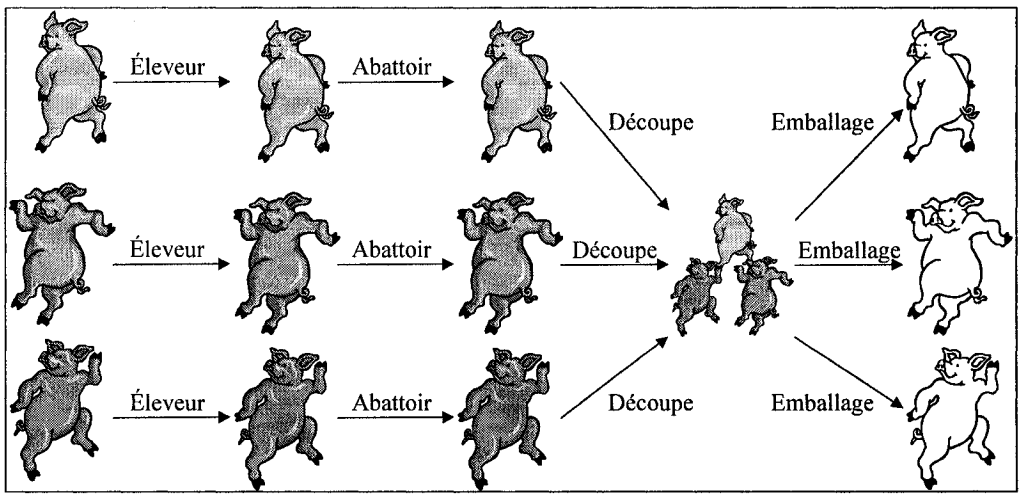


Figure 2.8 : Perte d'information due à la traçabilité par lot lors de la découpe

Le fait de pouvoir fournir cette dernière information pourrait, par exemple, représenter une garantie de fraîcheur importante pour laquelle le consommateur serait probablement prêt à payer. Malgré toutes ces données recueillies précédemment, seule une traçabilité par lot est effectuée lors de la découpe. De ce fait, toute l'information individuelle est perdue et il n'est alors possible que de conserver l'information commune à chaque individu du lot. Par exemple, s'il est possible de garantir la qualité de l'alimentation de tous les porcs provenant de l'établissement X à l'exception d'un seul individu auquel il a

été administré un certain médicament, il faut rabaisser le niveau de qualité au niveau du plus bas. C'est le principe du maillon le plus faible qui fait la force d'une chaîne.

2.2.4 Code à barres

Suite au suivi effectué lors de la découpe, il ne reste plus qu'à conserver la trace du produit subséquemment à l'emballage et jusqu'à sa livraison au client. Pour chaque boîte emballée et pesée, un autocollant est imprimé pour l'identification individuelle de la boîte. Sur chaque autocollant on retrouve entre autre l'heure exacte à laquelle la boîte a été pesée ainsi qu'un code de produit visant à identifier le contenu. Le suivi est par la suite effectué grâce aux lecteurs portatifs qui servent à lire le code à barres de l'autocollant. La procédure de suivi est en fait la même que celle rencontrée dans plusieurs industries. Il s'agit probablement là de l'étape où la traçabilité pose le moins de problèmes puisque, pour la première fois depuis le début du cycle de transformation, les pièces sont regroupées plutôt que désassemblées. Le fait de conserver l'information relative à chaque boîte de chaque commande ne représente dès lors qu'un problème de gestion des inventaires.

2.3 Problématique

Le problème rencontré actuellement suite à la transformation primaire du produit est qu'il n'est possible d'effectuer qu'une traçabilité avale au sein de la chaîne. En effet, bien qu'il soit possible de retracer efficacement des boîtes à l'intérieur desquelles un porc problématique aurait été emballé, il est à l'heure actuelle impossible de remonter jusqu'à un porc unique à partir d'un produit finis ciblé.

Par exemple, considérant un « combo » contenant 200 jambons à l'intérieur duquel se glisse un produit à rappeler. Il est possible de savoir que ce « combo » a été empli entre 13h00 et 13h30 par exemple. À partir de là, il faut rappeler toutes les boîtes pour tous les produits à l'intérieur desquelles un des 100 porcs du combo a été emballé puisqu'il est impossible de cibler un porc en particulier. Il faut donc rappeler 100 porcs et garder un

facteur de sécurité relativement grand pour chaque produit emballé. Au bout du compte, le rappel ne touche plus qu'un seul individu, mais bien une bonne partie de la production de la journée.

2.3.1 Objectif général

Dans le contexte de mondialisation au sein duquel la majorité des usines de transformation porcines au Québec doivent actuellement évoluer, il apparaît nécessaire de continuellement s'efforcer de donner une valeur supplémentaire au produit offert. Dans une même optique, les crises auxquelles les secteurs bovins et de la volaille ont dû faire face dans les dernières années forcent l'industrie porcine à se doter de méthodes de suivi beaucoup plus pointues. En ce sens, toujours pour permettre aux transformateurs d'offrir une meilleure garantie aux consommateurs, la traçabilité par pièce devient une option à envisager avec de plus en plus de sérieux. Il semble donc à propos d'évaluer la faisabilité d'un tel suivi par la traçabilité initiale de certaines coupes de viande cibles. Ainsi, la présente étude visera principalement à évaluer, grâce à la création d'un outil d'aide à la décision intégrant à la fois les composantes économiques et de traçabilité, que la mise en place de systèmes de traçabilité plus spécifiques des coupes de porc représente une alternative viable dans le mode de production porcin actuellement en place au Québec.

Nous poserons les deux hypothèses suivantes en toile de fond du mémoire :

- Il est possible de suivre une pièce de viande tout au long de la découpe et ce, à l'intérieur du modèle de transformation québécois.
- Les gains envisageables suite à un rappel par pièce plutôt que par lot dans le cas de certaines coupes cibles est assez important pour justifier l'implantation ciblée d'une technologie de traçabilité par pièce.

2.3.2 Méthodologie

Voici les principaux éléments méthodologiques qui encadreront les travaux de ce mémoire.

- Cibler les coupes de viande qui sont les plus susceptibles de permettre des économies substantielles lors d'un rappel de produit.
- Évaluer les gains envisageables d'une traçabilité par pièce comparativement à une traçabilité par lot lors d'un rappel impliquant une carcasse complète ainsi que lors de la vente au détail.
- Proposer des indicateurs de performance, de mesure, de suivi et de traçabilité et les jumeler à un outil d'aide à la décision en ce qui a trait aux différentes méthodes de suivi proposées.
- Pour une usine donnée, proposer un aménagement théorique partiel permettant un suivi individuel des pièces de viande qui soit sûr et ce, même lors des nombreuses manipulations qui surviennent dans le cycle de transformation.
- Procéder au montage d'un outil d'aide à la décision permettant de tenir compte des coûts associés à différents scénarios, en plus de permettre de tester différents paramètres de production.

CHAPITRE 3 : ÉTAT DE L'ART

Maintenant que le contexte de la production porcine québécoise a été défini, il importe de faire un survol des différents résultats parus sur le sujet dans le passé quant à la traçabilité et à la production porcine en général. L'étude des travaux antérieurs et des meilleures pratiques industrielles donne généralement une bonne idée des pistes à suivre pour le développement futur. La revue littéraire qui suit comprend donc, dans un premier temps, une analyse des principes de traçabilité et de qualité de la viande et, ensuite, une analyse des différentes théories importantes en production.

3.1 Contexte et définitions de la traçabilité alimentaire

Le mot traçabilité est aujourd'hui utilisé à plusieurs sauces. Plusieurs définitions du concept sont disponibles et il importe d'apporter certaines précisions sur le sujet. Quelles-en sont les implications, quel en est le principe et comment peut-elle être définie. La traçabilité grâce au RFID a fait une percée majeure avec l'annonce faite conjointement par Wal-Mart et le département de la défense américaine voulant que leurs plus importants fournisseurs commencent à étiqueter tous les articles livrés à leurs centres de distribution respectifs à partir du 1er janvier 2005 (Wu et al. 2006). Évidemment, avec son pouvoir d'achat et l'influence qu'il a sur ses fournisseurs, Wal-Mart détient entre ses mains le pouvoir d'entraîner une révolution mondiale quant à l'adoption massive des systèmes RFID.

Depuis la sortie du géant américain à propos de cette technologie nommée par ZDNet comme une des 10 technologies les plus stratégiques de 2005 (Farber 2004), plusieurs chercheurs ont élaboré sur le sujet et tenté de donner une définition adéquate du concept de traçabilité. Dans une optique très large, la norme ISO 8402 (1995) propose la définition suivante : « Il s'agit de l'aptitude à retrouver l'historique, l'utilisation et la localisation d'un article ou d'une activité au moyen d'une identification enregistrée ».

Quant à lui, l'Office québécoise de la langue française (2005) définit la traçabilité dans le secteur alimentaire comme la « possibilité de retrouver pour un produit donné, la trace d'étapes de sa fabrication et la provenance de composants ». Dans un cas comme dans l'autre, la définition proposée semble dépourvue de certaines précisions importantes qui devraient normalement être considérées dans le secteur alimentaire. Dans cette optique, on retient la proposition de Sahwägele (2005) qui divise la traçabilité en deux concepts : « Tracking and tracing ». Selon sa définition, « tracking » définit l'habilité à suivre un quelconque produit à travers la chaîne d'approvisionnement de son origine jusqu'à sa fin alors que le terme « Tracing » signifie quant à lui la capacité à retrouver les origines d'un produit à travers les enregistrements qu'il a pu laisser tout au long de sa progression dans la chaîne logistique. L'auteur tient ainsi compte à la fois du chemin déjà parcouru et de la destination finale du produit. Avec les concepts d'aval et d'amont, il est possible de remonter à la source d'un problème à partir du résultat tout comme il est aussi possible de cibler chaque produit affecté par un problème survenu lors d'une étape antérieure. Dans un même ordre d'idée, Simchi-Levi et al. (2003) suggèrent que le principe est de pouvoir avoir une trace informatique qui suit le cheminement physique du produit tout au long de sa progression. Cette définition, bien que simple à première vue, résume relativement bien l'objectif principal d'un système de traçabilité. De plus, elle prend en considération un des trois éléments fondamentaux d'un système RFID, soit le système de capture des données. Finalement, dans une optique plus axée sur la production alimentaire, le EU General Food Law Regulation (Parlement européen et le conseil de l'Union européenne 2002), qui régit certains des pays les plus avancés en fait de traçabilité de produit, définit le concept par «la capacité de retracer, à travers toutes les étapes de la production, de la transformation et de la distribution, le cheminement d'une denrée alimentaire, d'un aliment pour animaux, d'un animal producteur de denrées alimentaires ou d'une substance destinée à être incorporée ou susceptible d'être incorporée dans une denrée alimentaire ou un aliment pour animaux ». Il s'agit sans contredit de la définition la plus complète, mais aussi de la plus lourde de sens.

3.2 Importance et exigences du milieu

3.2.1 Autoexamen de l'industrie

Dans le secteur alimentaire, ou plus précisément dans le domaine de la viande, le suivi des produits peut être fait de façon plus ou moins précise selon les exigences du marché. Plusieurs facteurs peuvent obliger les transformateurs porcins, par exemple, à se doter d'un système de traçabilité très élaboré. Tel que rapporté par Mme Lyne Ravary (2002), conseillère en assurance de la qualité pour la FPPQ, un système de traçabilité sert à rassurer les consommateurs qui sont de plus en plus exigeants envers les produits agricoles et alimentaires et qui veulent avoir l'assurance que les aliments qu'ils mangent sont de bonne qualité et sans danger pour leur santé. Avec les crises ayant frappé l'Europe sans relâche au cours des dernières années, la traçabilité et l'étiquetage des aliments se sont avérés des solutions fondamentales pour redonner confiance aux consommateurs quant à la qualité et la sécurité de la nourriture qui leur est présentée. En ce sens, les désaccords sur l'importance de la traçabilité pourraient devenir une barrière aux échanges internationaux tout comme l'a été la dispute sur les hormones dans le secteur bovin (Nortje 2002). Selon certains analystes, chaque compagnie connectée avec la chaîne alimentaire mondiale aura à garantir la traçabilité de ses produits si elle veut demeurer compétitive (Gledhill 2002). « La traçabilité va devenir une barrière à l'entrée des marchés alimentaires avec une obligation de résultat de traçabilité pour un objectif de sécurité » (Jean-Luc Viruéga 2005). Malgré son implication ciblée sur le contexte de production agricole québécoise, Agri-Traçabilité Québec (2006) entrevoit néanmoins les rôles de la traçabilité dans une même optique que celles citées ci-haut. Il appert toutefois que le fer de lance de l'organisme lorsque vient le temps de vendre l'importance d'une traçabilité de la ferme à la table réside dans la circonscription et l'élimination rapide d'une possible crise.

Dans son étude sur la « *traçabilité dans le secteur canadien des viandes rouges* », Hobbs (2004) élabore sur les fonctions de la traçabilité :

« Dans le secteur de l'élevage et des viandes, un système de traçabilité remplit trois fonctions distinctes. Il s'agit tout d'abord d'une fonction *réactive* consistant dans le retraçage des produits ou des animaux le long de la filière en cas de problème de salubrité. [...] Cela décrit les mesures de traçabilité des bestiaux en place dans la plupart des pays, notamment dans les États membres de l'Union européenne et au Canada. Ces mesures de traçabilité des bestiaux permettent une réduction ex post des coûts. Les systèmes de traçabilité ont aussi comme deuxième fonction d'accroître l'efficacité des lois sur la responsabilité civile délictuelle, ce qui incite les entreprises à produire des aliments sains. Le troisième rôle de la traçabilité consiste à abaisser les coûts de divulgation de l'information aux consommateurs grâce à l'étiquetage d'attributs fondés sur la confiance, y compris ceux qui ont trait à la salubrité des aliments, au bien-être des animaux, aux méthodes de production respectueuses de l'environnement, etc. Il s'agit d'une fonction d'information ex ante qui exige la diffusion proactive de l'information et une vérification de la qualité. »

3.2.2 Exigences des consommateurs

Malgré les bénéfices que l'entreprise peut tirer d'un système de suivi efficace de ses produits et de ses procédés, il ne faut toutefois pas négliger l'impact qu'a le consommateur sur l'implantation de ces systèmes. Madec et al. (2001) mentionnent que l'industrie de la production et de la transformation porcine est directement affectée par le désir des consommateurs d'en savoir plus à propos des conditions à l'intérieur desquelles les porcs sont produits. La santé, le bien-être et la sécurité des porcs sont d'un intérêt particulier, spécialement des les pays du nord de l'Union européenne.

Évidemment, le consommateur est intéressé à en savoir plus sur l'origine de la viande qu'il consomme, mais jusqu'à quel point ? Plusieurs études réalisées en ce sens ont démontré que le consommateur est prêt à payer un surplus non négligeable pour obtenir un produit dont la trace a été suivie de la ferme jusqu'à son assiette. Cependant, ces mêmes recherches ont aussi fait ressortir que la traçabilité revêt une importance encore

plus grande pour les consommateurs si celle-ci permet de fournir des informations concernant la sécurité du produit, les procédés de transformation utilisés, le traitement qui a été réservé aux bêtes lors de l'élevage ou encore les modifications génétiques qui auraient pu affecter la viande (Dickinson et Bailey 2005, Huffman et al. 2003). En effet, bien que « la plus grande attention accordée à la qualité des aliments [soit en partie due à l'offre de plus en plus diversifiée,] elle découle aussi de la demande, car les consommateurs s'intéressent de plus en plus à une plus large gamme d'attributs intrinsèques et extrinsèques des aliments. Parmi les attributs qualitatifs intrinsèques, citons notamment l'appétibilité, la valeur nutritive et les propriétés fonctionnelles (santé) des aliments. Les attributs qualitatifs extrinsèques comprennent entre autres les aspects liés aux conditions de production, comme le bien-être des animaux, la bonne intendance de l'environnement et la production d'aliments biologiques. » C'est entre autre la capacité à fournir ces informations qui alimente la volonté de payer plus (VPP) des consommateurs pour la traçabilité (Hobbs 2004).

À l'échelle mondiale, Souza-Monteiro et Caswell (2004) ont conclu que si les marchés qui exigent une bonne traçabilité sont prêts à payer plus cher, alors les pays exportateurs suivront le mouvement tant que leurs coûts de production plus élevés seront recouvrés. À l'inverse, les pays effectuant une traçabilité très stricte, étant donné les coûts de production affiliés, pourraient perdre leur compétitivité sur certains marchés où la traçabilité n'est pas exigée.

Cette réalité qu'est le coût d'une traçabilité efficace pousse Sibbel (2003) à se questionner sur le paradoxe suivant de l'industrie porcine : est-ce que les participants vont continuer à élever des porcs avec la mentalité d'augmenter les volumes et de diminuer les prix ou changer pour un modèle de production axé sur la valeur ajoutée? En ce sens, ce n'est pas nécessairement parce qu'une certaine quantité d'information est recueillie tout au long du processus de transformation qu'elle sera automatiquement divulguée au consommateur puisque « [l'industrie] vise habituellement plus à abaisser

les coûts d'opération liés à la gestion de la filière qu'à informer les consommateurs sur les attributs fondés sur la confiance » (Hobbs 2004).

3.3 Technologies disponibles

Tel que mentionné ci-haut, plusieurs pays autour du globe ont mis en place des stratégies leur permettant de suivre le plus efficacement possible les produits voués au secteur alimentaire. Que ce soit pour satisfaire le client toujours plus exigeant ou encore pour se munir d'un moyen de contrer une éventuelle crise, toutes les raisons semblent bonnes pour mettre sur pied un système national de traçabilité.

3.3.1 Identification animale

Dans la production de bovin aux États-Unis, la plupart des bêtes sont identifiées soit individuellement ou encore selon leur lot d'origine. Le IAID (individual animal identification) est utilisé principalement pour l'amélioration génétique alors que le AGID (Animal group identification), qui est défini par un numéro de lot unique pour toutes les têtes provenant du même établissement, est utilisé pour la vérification des procédés, de la source et des pratiques de production. Selon la précision du suivi effectué au cours de la durée de vie de l'animal, il est possible de suivre individuellement la carcasse lors du désossage en gardant les pièces séparées, en utilisant des étiquettes ou encore en effectuant l'identification par l'ADN dans le cas de petites, moyennes ou larges usines de transformation respectivement (Smith et al. 2000). En ce sens, Talbot (2004) rapporte que certains pays tel que le Japon ont une avance considérable en fait de traçabilité de viande. Il y est même possible, dans le cas où la viande proviendrait de bovins qui ont été suivis individuellement dès la naissance grâce à des puces RFID, de voir lors de l'achat jusqu'à la photo de la ferme ayant élevé l'animal. Pour ce faire, l'information provenant de la base de données des éleveurs est transférée sur les boîtes individuelles lors de l'emballage.

3.3.2 Suivi du produit

Le secteur de la viande a sans contredit été une des premières sphères d'activité où la mise en place de techniques de suivi du produit s'est avérée essentielle. « Hope for the best, prepare for the worst ». Plusieurs exemples de crises ou de scénarios rapportés entre autre par Wolf (2003) et Higgins (2005) démontrent clairement l'impact que peut avoir un processus de rappel inefficace sur une entreprise. Il suffit de penser aux 21 décès survenus en 1998 aux États-Unis après que des produits de la compagnie « Bil Mar plant » aient été mis en marché et causé une épidémie de listériose. Selon Bob Strong, un expert en assurance qualité pour la division de la sécurité des aliments du groupe Steritech, la moitié des décès auraient pu être évités si le produit avait été retiré du marché plus rapidement (Higgins 2005). Au Québec, le rappel effectué par l'abattoir St-Alexandre, en septembre 2000, est un bon exemple de l'impact de l'absence de traçabilité. Ce dernier aura nécessité, faute de l'absence d'une procédure de suivi, le rappel de 200 tonnes de produits de porc. Viruéga (2005) explique qu'étant donné les crises auxquelles certains secteurs alimentaires ont dû faire face, « [...] le développement de la traçabilité dans des secteurs tels que les produits carnés et principalement la viande bovine a été tel que maintenant, les systèmes de traçabilité dans ces secteurs sont très évolués ».

D'un point de vue plus technique, il est important de connaître certaines des méthodes les plus employés dans le secteur alimentaire lorsqu'il est question de suivre des animaux avant, pendant et après l'abattage et la découpe. Avant toute chose, il est important de mentionner qu'un système de traçabilité, peu importe la technologie employée, se doit d'atteindre un niveau d'efficacité de 100% pour éviter de s'exposer à des problèmes de toutes sortes (Wu et al. 2005).

3.3.3 Technologie RFID

Une étude réalisée par Watts et al. (2003) indique que les étiquettes RFID sont efficaces à 98% avec des puces non-protégées et réutilisées. À l'inverse, Talbot (2004) prêche

pour l'efficacité et la précision de l'identification par l'ADN comparativement à celle des puces RFID fixées aux oreilles ou des lecteurs rétiniens étant donné la perte flagrante d'efficacité de ces derniers lorsque la tête de l'animal n'est plus attachée au reste du corps... Malgré les avantages, il appert toutefois que cette technologie, dont les tests sont actuellement réalisés à un coût d'environ 40$ l'unité, n'est pas viable dans un contexte où des tests répétitifs doivent être faits. L'ADN pourrait toutefois être utile pour tester certains échantillons à l'intérieur de lot destinés à l'exportation afin de garantir aux acheteurs que la viande vient bel et bien de fermes canadiennes. C'est d'ailleurs l'objectif que s'est fixé la compagnie Maple Leaf, qui finance actuellement la mise au point d'une technologie d'identification de l'ADN pour ses exportations de porc au Japon (Powell 2002). Toujours dans une optique de rentabilité, les coûts rapportés par Nortje (2002) vont dans le même sens que ceux proposés par Talbot. Il y a quelques années, il en coûtait 70¢ pour recueillir un échantillon et 37$ pour procéder à son analyse qui prenait généralement plus de 7 jours.

Les puces RFID sont vues par plusieurs comme un élément clé d'une bonne traçabilité. Toutefois, cette technologie ne générera pas en elle-même un avantage compétitif pour les compagnies. Le bienfait de l'emploi du RFID viendra plutôt de l'utilisation qui sera faite des données recueillies grâce aux puces et de la gestion des changements qui surviendront au sein de l'industrie (Neff 2005). Bien que cette nouvelle technologie ait insufflé un vent d'enthousiasme dans le secteur au cours des dernières années, il ne faut pas négliger les problèmes liés à l'emploi des équipements de traçabilité dans le secteur hostile qu'est la transformation porcine. L'interférence rencontrée lors de la lecture des puces par le lecteur demeure un des principaux problèmes dans l'industrie. En effet, bien que les ondes réussissent à traverser le métal, qui fait partie intégrante de l'environnement de travail dans les usines de transformation, une large partie de l'énergie initiale se perd en route. Ceci entraîne une dégradation de la qualité de réception de l'information (Nogee 2004).

Il est estimé que les outils nécessaires à une identification individuelle des bêtes ainsi qu'à la capture et à la coordination des données coûtent, dans le secteur porcin, environ 0.01$ / livre (porc vivant) lorsque la carcasse est livrée entière (Sibbel 2003).

Toujours selon Nortje (2002), l'idéal pour permettre une traçabilité totale et efficace tout au long de la découpe serait le développement d'un système de collecte de données accessible et abordable qui pourrait être ajouté aux installations actuelles sans avoir à procéder à une réingénierie complète. À l'heure actuelle, à l'exception de la découpe, toutes les technologies existent pour permettre une traçabilité complète « from farm to fork ».

Bien que les exigences du client soient au cœur des préoccupations des fournisseurs dans la majorité des cas où l'offre et la demande dictent la prospérité du secteur, il ne faut pas négliger l'aspect faisabilité avant de promettre terre et monde. Il en va de même pour la traçabilité individuelle des pièces de viandes lors du désossage dans la filière porcine. Dans sa conférence sur le sujet, Nortje (2002) mentionne qu'il est maintenant possible de suivre les porcs jusqu'au désossage, mais que le problème de suivi rencontré dans la salle de coupe ne peut actuellement être résolu qu'au prix d'une diminution de la rapidité de production et d'une augmentation des prix des équipements.

Certaines usines rencontrées en Europe sont munis de technologies capables de suivre les pièces une fois détachées de la carcasse. Puisque la vitesse de production y est en général beaucoup plus lente, il y est ainsi plus facile de tracer individuellement les pièces lors de la découpe. Ce problème de suivi qui survient lors du désossage présente des défis de tailles auxquels la plupart des industries n'ont pas à faire face. En effet, le modèle de fabrication rencontré dans l'industrie de la viande, souvent appelé « désassemblage », implique des difficultés majeures lorsque vient le temps d'effectuer une traçabilité complète (Sibbel 2003). Malgré tout, certaines technologies sont développées pour surmonter cet obstacle à la traçabilité. Dans plusieurs pays producteurs de porcs, spécialement en Europe, la stratégie de contrôle requiert qu'il soit

possible de remonter jusqu'à la ferme d'origine. Pour ce faire, chaque coupe primaire est identifiée et le lien est fait avec la ferme d'origine. Toutefois, l'objectif demeure généralement la ferme d'origine et non le porc individuel (Madec et al. 2001).

Tel que mentionné plus haut, certaines entreprises européennes, étant donné leur vitesse de production qui est beaucoup plus lente que celles rencontrées en Amérique du Nord, peuvent se vanter de pouvoir effectuer un suivi très serré et ce, même lorsque la viande traverse le secteur de la découpe. Le principe est le suivant : le numéro unique d'identification qui suit la carcasse jusqu'à la découpe est reporté sur des bacs ou encore sur les arbres dans lesquels vont être déposés ou accrochés les différentes coupes. Ainsi, au fur et à mesure que la carcasse est coupée et que les morceaux sont déposés à l'intérieur des bacs, les numéros de séquence sont associés au numéro initial de la carcasse. Il est alors possible de remonter jusqu'à l'animal d'origine. Évidemment, des lecteurs automatiques effectuent les lectures et les liaisons pour éviter toute introduction d'erreurs. Lors de l'emballage, l'information est une fois de plus transmise sur les boîtes. Cette façon de procéder permet à l'entreprise de décider du niveau de traçabilité qu'elle désire appliquer par la quantité de morceaux placés dans chaque boîte (Zachrau et Sorensen 2006).

CHAPITRE 4 : MODÈLE

4.1 Cartographie de la découpe primaire (situation actuelle)

Avant même d'évaluer les différentes méthodes de production envisageables pour l'application d'une stratégie de traçabilité à 100%, il importe d'examiner de manière plus approfondie les produits susceptibles d'être obtenus suite à la découpe primaire d'une carcasse de porc. Étant donné la quantité impressionnante de produits offerts et le nombre tout aussi important d'équipements et d'opérations pouvant mener aux produits finis, les détails qui suivent ne ciblent qu'une partie de la production. Toutefois, une analyse approfondie des procédés et des gammes de produits permettra plus tard de faire un choix éclairé parmi les méthodes de production proposées. Dans cet ordre d'idée, les paragraphes qui suivent présentent certaines particularités attribuables à la production des flancs. Le modèle décris ici a été observé au sein d'une entreprise de découpe porcine reconnue au sein de laquelle l'auteur a travaillé jusqu'en 2006, mais il s'applique aussi dans la majorité des autres établissements spécialisés rencontrés au Québec.

4.1.1 Procédé de la transformation des flancs

Outre la première étape qui consiste à séparer les pièces principales de la carcasse encore entière, le procédé de transformation des flancs comporte principalement 3 étapes réparties tout au long de la table motorisée. Le graphique de déroulement matière présenté à la figure 4.1 illustre chacune des étapes de la transformation du flanc ainsi que le cheminement de chaque produit résultant tout au long du processus. Voici une brève description de chacune des étapes tel qu'observé à l'intérieur d'une usine de transformation où l'auteur a travaillé durant plusieurs années.

- Désossage : Le désossage consiste à retirer les côtes levées du flanc frais. Le flanc désossé poursuit ensuite sa route alors que les côtes levées sont prêtes à être emballées.
- Écouennage : Cette étape consiste à retirer la couenne (peau du porc) du flanc. La couenne est généralement emballée immédiatement dans des boîtes de type « combo » alors que le flanc avance sur la courroie.
- Coupe carré et parage : Cette étape permet aussi une inspection visuelle des pièces de viande. Il s'agit de retirer le gras en surplus ou la couenne qui aurait été laissée lors de l'écouennage. La coupe au carré est effectuée selon les exigences du client. La parure résultante est jetée ou retransformée.

Suite aux étapes de transformation, le flanc et les produits résultant de sa transformation sont emballés, pesés et dirigés vers la zone de préparation des commandes. Règle générale, les flancs subissent en moyenne 2 opérations avant d'être emballés. Ils sont désossés dans la très grande majorité des cas et sont ensuite soit écouennés, soit coupés au carré. Le nombre moyen d'opérations effectuées servira ultérieurement à déterminer la cadence individuelle moyenne atteignable dans la salle de coupe. Par exemple, pour les méthodes de production traditionnelles, le respect des moyennes d'opérations pour chaque produit permet, selon les observations réalisées au sein d'entreprises de découpe porcine, une cadence individuelle d'environ 4 porcs par employé par heure.

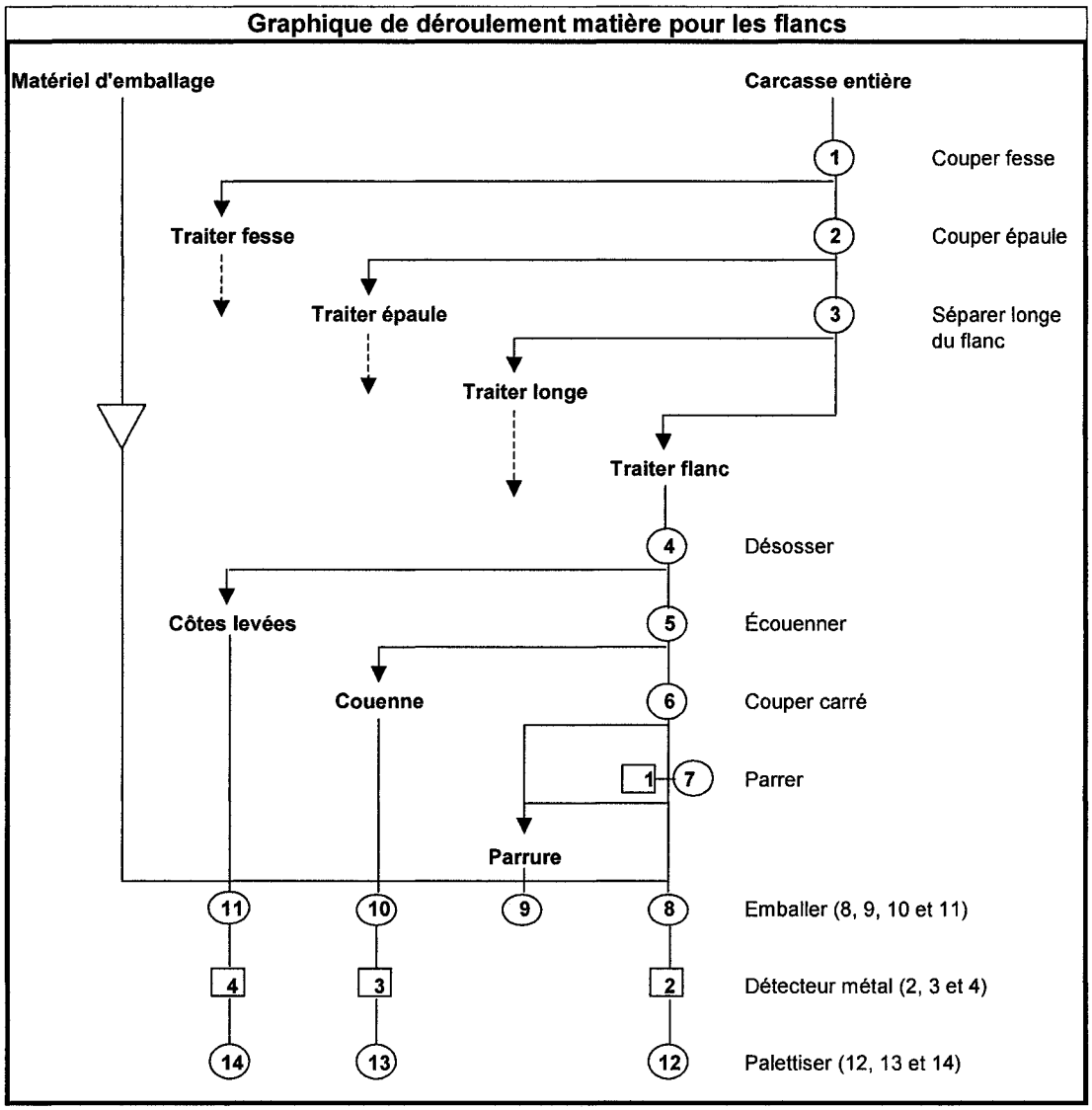


Figure 4.1 : Graphique de déroulement matière pour les flancs

4.1.2 Produit

La transformation des flancs de porc est relativement simple comparativement à la transformation des épaules, par exemple. En effet, la quantité de produits résultant du traitement des flancs est assez restreinte vis-à-vis de la multitude de produits pouvant provenir de l'épaule, de la cuisse ou de la longe. La figure 4.2 illustre chacun des produits qui peuvent être obtenus selon les transformations apportées au flanc. Ainsi, outre les flancs, il est possible d'obtenir, selon le cas, des côtes levées, de la couenne, et de la parure.

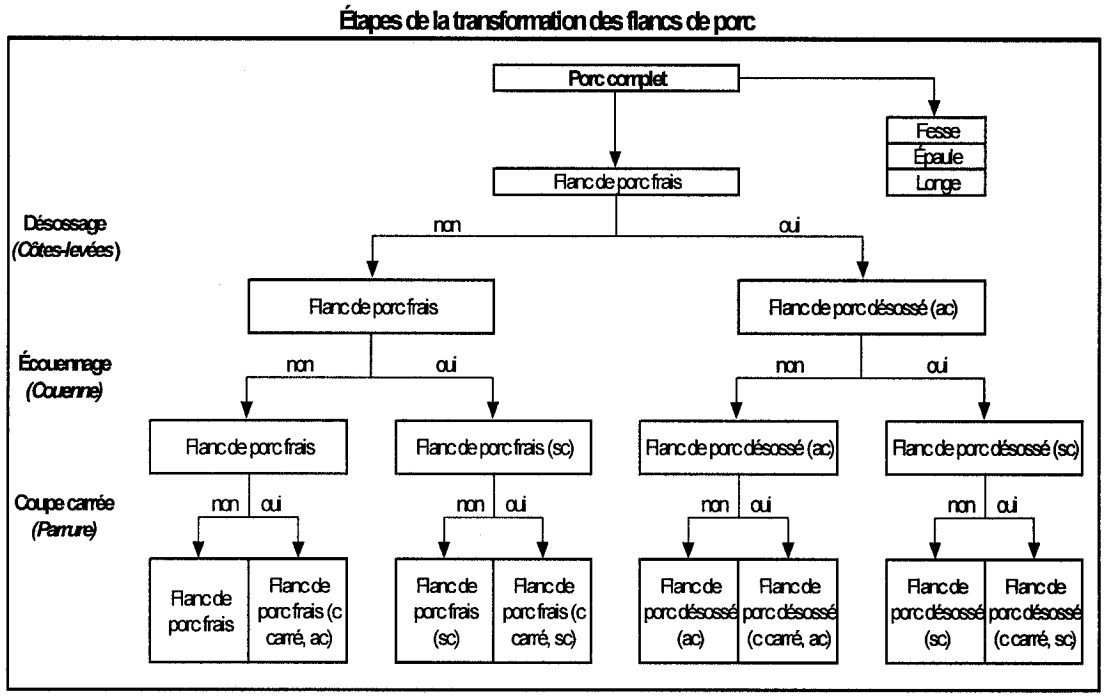


Figure 4.2 : Étapes de la transformation des flancs de porc

L'emballage représente un autre aspect à ne pas négliger lorsque vient le temps d'évaluer la capacité d'un système à retracer les produits à 100%. Bien souvent, un même produit peut être vendu dans plusieurs emballages différents selon les exigences du client. Toutefois, bien que le simple fait de connaître l'emplacement d'un produit X soit suffisant lors d'un rappel, il ne garantit pas le maintien de l'information individuelle relative à chaque porc. Ainsi, seuls les produits emballés individuellement permettent

une traçabilité totale ayant pour objectif de fournir au consommateur l'origine exacte de chaque pièce de viande. Le type d'emballage utilisé pour chaque produit représente donc un autre aspect à considérer avec attention lors du choix d'une méthode de production.

Comme l'expression l'indique, la traçabilité « totale » du produit suggère que chaque produit sortant de la salle de coupe a été suivi individuellement. Il s'agit d'un niveau de suivi qui englobe à la fois les besoins liés aux procédures de rappel et le maintien de l'information désiré par le consommateur. Bien que le fait de pouvoir suivre chaque pièce tout au long du processus revêt déjà certaines difficultés, le principal problème réside dans le maintien de l'information lors de l'emballage. En effet, puisque les coupes de viande sont souvent emballées dans des boîtes contenant plusieurs pièces, il est difficile de conserver la trace individuelle. Connaître l'identité de chaque porc se trouvant dans une boîte représente déjà un énorme pas en avant dans le cadre des rappels de produits par exemple. Toutefois, le seul moyen de véritablement conserver une trace individuelle totale demeure un remaniement complet des méthodes d'emballage ou l'élaboration d'une méthode fiable de reconnaissance des pièces suite au transport (ex : ADN). Or, il ne faut pas oublier que c'est davantage le client qui dicte le type d'emballage désiré et non le transformateur lui-même. Par exemple, les clients qui se procurent des pièces en grande quantité pour effectuer du désossage ultérieur à la découpe primaire ne sont souvent pas prêt à payer un supplément pour l'emballage individuel puisque les contenants sont voués à être détruits immédiatement après le transport.

4.2 Situations à envisager

4.2.1 Traçabilité totale

La traçabilité totale avec maintien de l'information représente le but ultime pour une entreprise désireuse de fournir une garantie de qualité à ses consommateurs. Par ailleurs, il s'agit aussi là de l'objectif nécessitant le plus d'investissements. Avant même d'amorcer la mise en place de systèmes de suivi, il faut se questionner sur le rôle réel qui

veut être accordé à la traçabilité. Dans bien des cas, une diminution significative du nombre de produits rappelés lors d'un rappel représentera un objectif initial tout à fait acceptable. Dans ce cas, un remaniement complet des méthodes d'emballage n'est pas nécessaire et les coûts d'implantation sont alors beaucoup moins importants. Il s'agit là d'un objectif qui englobe en quelque sorte une multitude de sous objectifs suggérant tous la possibilité de maintenir l'information suite à la découpe.

Il existe plus d'une méthode pour effectuer la traçabilité individuelle des produits. Il en va de même pour le maintien de l'information propre à chaque porc lors de l'emballage des pièces de viande. Le présent travail propose trois scénarios de production permettant chacun de suivre à la trace les pièces de viande lors de la découpe. À la base, chacune est semblable en ce qui a trait au potentiel de traçabilité, mais elles se différencient sur certains aspects tels que la cadence atteignable, le nombre d'employés nécessaires, le coût des équipements spécialisés, etc. L'analyse en profondeur de ces différences sera faite plus loin. Il sera tout d'abord question de la description du mode de fonctionnement de chacune de ces méthodes. Les paragraphes suivants traiteront donc de la traçabilité effectuée grâce à l'usage de contenants individuels lors de la découpe, de la production individuelle unitaire ainsi que de la découpe en continu.

Bien entendu, les trois méthodes dont il est question suggèrent qu'il est possible de maintenir la trace lors de l'emballage des produits. Puisqu'il s'agit davantage là d'un problème d'approvisionnement et de vente du produit que d'un élément relevant de l'organisation du travail en vue d'une traçabilité totale, cet aspect a été négligé ici.

4.2.2 Production individuelle unitaire

Dans la majorité des cas où une trace doit être maintenue lors de la découpe, le principal problème est dû aux croisements effectués durant la transformation ou l'emballage des produits. Pour résoudre ce problème, la méthode la plus sûre s'avère être aussi la plus simple. En effet, à l'époque où chaque fermier abattait et découpait lui-même un porc pour nourrir sa famille, aucun problème ne se posait lorsque venait le temps de savoir

d'où pouvait provenir la côtelette dans l'assiette. Ainsi, l'isolement de chaque porc avant sa découpe demeure un concept très simple qu'il suffit de transposer à une plus grande échelle. Si chaque employé traite un seul porc en entier et s'occupe également de son emballage, les croisements sont automatiquement éliminés.

Il suffit de transporter un porc à l'espace de travail et de prendre en note l'information contenue dans la puce liée à ce dernier. Ensuite, lors de l'emballage, chaque étiquette apposée sur chaque boîte contient l'information associée à la puce. Il est même possible d'indiquer le nom de celui qui a procédé à la découpe et à l'emballage.

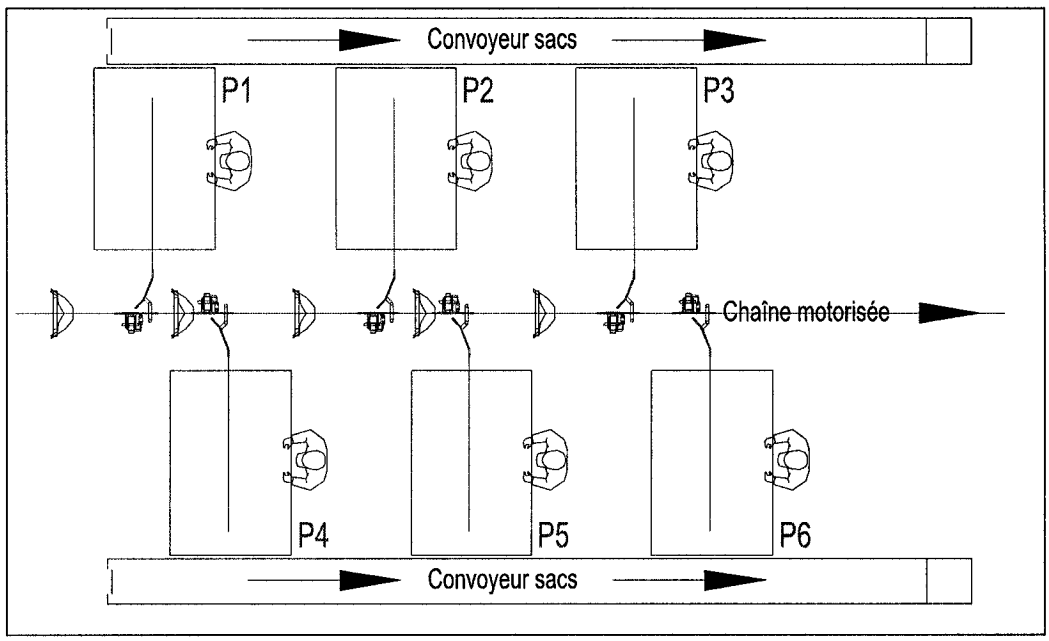


Figure 4.3 : Aménagement général pour la découpe unitaire

Bien que cette méthode, illustrée à la figure 4.3, simplifie grandement l'aspect traçabilité des pièces tout au long de la découpe, il n'en demeure pas moins que plusieurs éléments la rendent très difficile à appliquer dans la réalité de production actuelle. Dans un premier temps, il faut mentionner la perte de productivité engendrée par cette façon de procéder. Bien qu'un boucher d'expérience puisse désosser une carcasse entière en moins de 30 minutes, il lui serait impossible d'effectuer les tâches plus complexes telles que l'écouennage ou les coupes spécialisées dans un délai raisonnable. Dans un même

ordre d'idées, il faut mentionner que le fait de devoir embaucher des bouchers capables de traiter une carcasse complète vient modifier considérablement la masse salariale de l'entreprise. Par exemple, alors que le salaire moyen à l'intérieur d'une usine de transformation normale est d'environ 12$/heure, Emploi Québec (2006) mentionne que le salaire médian pour des bouchers industriels se situe entre 14$/heure et 16$/heure. Stratégiquement parlant, il n'est pas adéquat de faire faire de l'emballage à un boucher industriel.

L'emballage représente, dans ce type de production, un autre problème qui, en fait, est aussi une solution en soit. En effet, alors que les autres méthodes proposées permettent tout de même un emballage en vrac étant donné que toutes les pièces circulent sur un même convoyeur, la découpe unitaire implique quant à elle l'emballage individuel immédiatement après la découpe. Sans cette mesure, l'emploi de cette stratégie de coupe perd tout son sens puisqu'elle se ramène à faire de la découpe traditionnelle, mais à plus faible cadence et avec des employés plus expérimentés. Une méthode intermédiaire qui permettrait de ne pas équiper chaque poste des équipements de pesée et d'emballage serait de fournir des sacs identifiés individuellement à chaque travailleur. Les coupes, une fois dans les sacs, pourraient être mises sur des convoyeurs et dirigés vers des postes d'emballages.

4.2.3 Production avec utilisation de bacs individuels

Le modèle européen, bien que similaire à celui rencontré au Québec, se distingue par le fait que les pièces sont placées dans des bacs individuels lorsqu'elles sont détachées de la carcasse. La figure 4.4 illustre d'ailleurs le principe de ségrégation des pièces qui est fait grâce aux contenants individuels situés sur les convoyeurs. L'utilisation des bacs pour isoler chaque pièce est une résultante directe du système de traçabilité plus spécifique établi dans plusieurs pays de l'Union européenne.

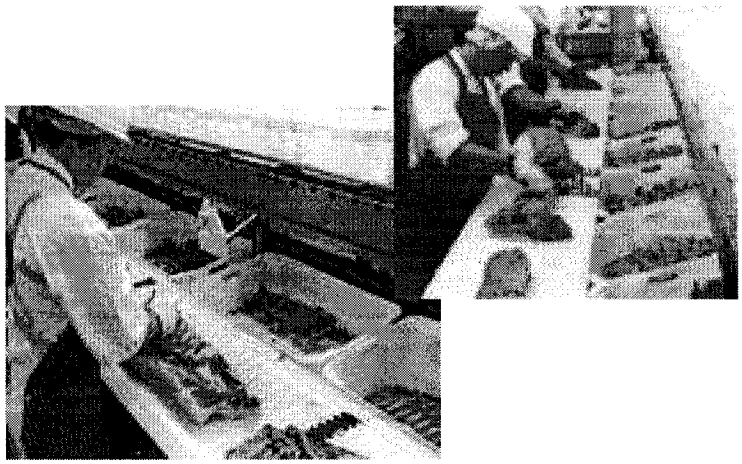


Figure 4.4 : Utilisation des bacs individuels pour la traçabilité

Le fonctionnement tel qu'illustré à la figure 4.5 est relativement simple, mais il s'avère souvent difficile de conserver des vitesses de production concurrentielles avec ce système. Lorsque la pièce principale -le flanc par exemple – est détachée de la carcasse, elle est placée dans un contenant ou sur une « banane » de crochets muni d'un identifiant unique. Ensuite, à mesure que des pièces sont détachées de la pièce d'origine (flanc frais = flanc désossé + côtes levées), elles sont replacées dans le même contenant. Ainsi, malgré les croisements, il est possible de connaître exactement de quel porc chacune des pièces du bac provient. Les inconvénients reliés à ce type de production sont entre autres dus aux nombreuses manutentions de bacs qui sont nécessaires et aux manipulations supplémentaires des pièces de viande qui sont requises pour effectuer la découpe.

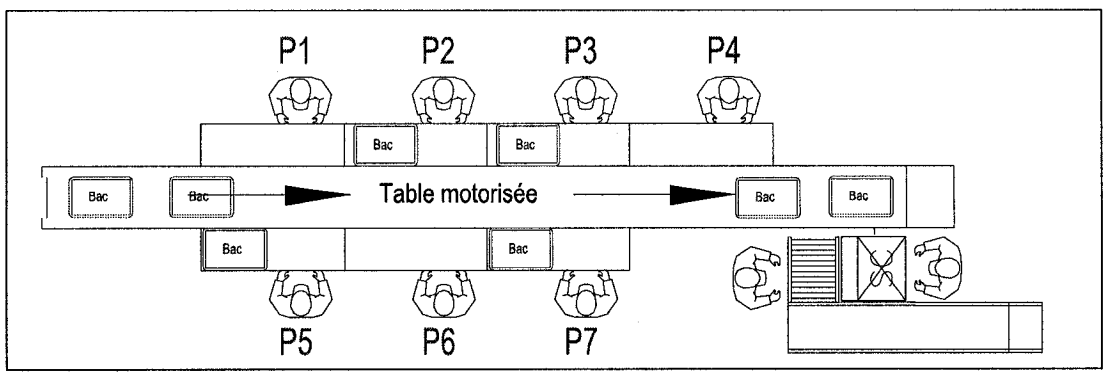


Figure 4.5 : Aménagement général pour la découpe avec l'utilisation de bacs

4.2.4 Production en continu

La découpe en continu représente un modèle de production qui est de plus en plus pris en considération par les entreprises ayant une production à haut débit. Cette technique, dont le fonctionnement général est illustré à la figure 4.6, s'inspire grandement des grandes lignes d'assemblage de l'industrie automobile où chaque employé réalise uniquement une faible proportion d'une tâche plus complexe. Le principe est simple : la vitesse de la table est réduite au maximum et les employés effectuent leurs tâches directement sur la courroie de la table motorisée ; d'où l'appellation de « découpe en continu ». Une autre particularité de ce modèle de production est que chaque employé, contrairement à ce qui se vit dans une usine conventionnelle, ne réalise pas une opération complète sur la pièce de viande. Il ne fait qu'amorcer une opération qui sera poursuivie et complétée par des employés situés en aval sur la table. Un des principaux avantages de ce type de production, en ce qui concerne le présent travail, est que les pièces de viande présentes sur la table ne se croisent jamais. Il s'agit là d'une prérogative très favorable à une traçabilité par pièce fiable à 100%.

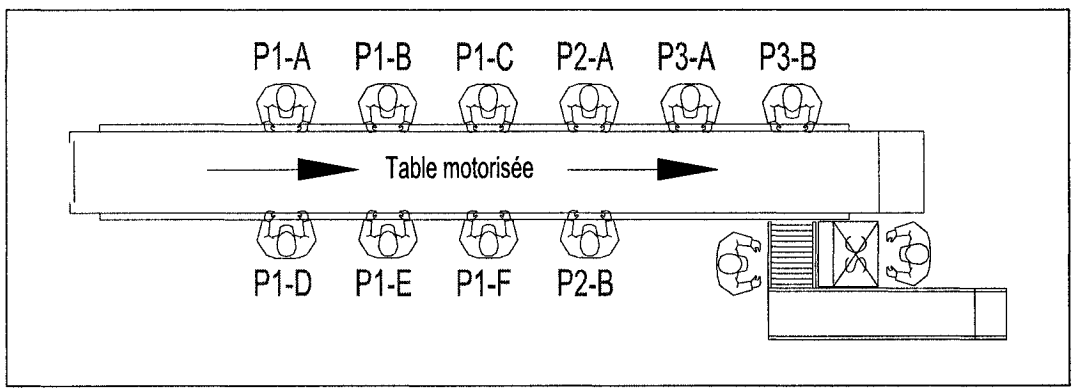


Figure 4.6 : Aménagement général pour la découpe en continu

4.3 Méthodologie

Maintenant qu'un survol a été fait quant aux méthodes disponibles pour effectuer une traçabilité totale, il importe de définir les différentes variables et équations qui servent à définir chacun de ces modèles de production. Celles-ci serviront ultérieurement à

effectuer des comparaisons concrètes portant sur différents aspects de la découpe porcine au Québec. Bien que les différentes variables et paramètres soient définis au fur et à mesure de leur introduction dans les équations qui suivent, un résumé de leur signification respective est présenté dans le tableau suivant.

Tableau 4.1 : Définition des variables

Variables		
Variables	**Description**	**Unités**
O_i	Opérations effectuées sur le produit i	Opérations
U	Nombre de porcs découpés quotidiennement	Porcs/jour
V_{min}	Cadence minimale à respecter	Porcs/hr.
Paramètres		
Variables	**Description**	**Unités**
a_k	Coût individuel de l'équipement k	$
Cc	Coût de construction	$/pi2
BA_j	Espace requis pour le bâtiment pour l'emploi de la solution j	pi^2
CBA_j	Coûts de construction pour la solution j	$
CEQ_j	Coût total des équipements pour la solution j	$
$CEMB_j$	Coût inhérents à l'emballage individuel dans la solution j	$
$CRAT_j$	Coût d'un rappel avec traçabilité pour la solution j	$
$CRST_j$	Coût d'un rappel sans traçabilité pour la solution j	$
CSA_j	Coût quotidien des salaires pour la solution j	$
$CSAE_j$	Coût quotidien des salaires pour la solution j pour les employés d'emballage	$
EBI_i	Pourcentage de produits i emballés individuellement p/r au total de produits disponibles	%
EBV_i	Pourcentage de produits i emballés en vrac p/r au total de produits disponibles	%
EQ_{jk}	Quantité d'équipements k nécessaire pour la solution j	
f	Coût d'un sac pour le produit i	$
HS	Taux applicable pour les heures supplémentaires (1,5 ou 2)	
HV	Pourcentage d'augmentation du prix de vente grâce à la traçabilité	%
n_j	Nombre d'employés nécessaire pour la solution j	

$n\min_j$	Nombre minimum d'employés pour la solution j	
$\bar{O}_i$	Nombre standard d'opérations effectuées sur le produit i	
P_i	Poids moyen de la coupe de viande i	kg
RAT_{ij}	Quantité de produits i rappelés avec traçabilité pour la solution j	
RST_{ij}	Quantité de produits i rappelés sans traçabilité pour la solution j	
$\bar{s}_j$	Salaire horaire moyen selon les normes du travail pour la solution j	$
t_{min}	Nombre minimum d'heures devant être rémunérées	Hr.
t_{max}	Nombre normal d'heures de travail (avant temps double)	Hr.
Td_j	Temps requis pour effectuer la découpe avec la solution j	Hr.
Tr_j	Heures devant être rémunérées (max de t_{min} et Td_j)	Hr.
$TRAP$	Temps qui touche le rappel effectué sans traçabilité	Hr.
$\bar{u}_i$	Nombre moyen de coupe i par boîte	
$\bar{v}_j$	Cadence individuelle moyenne pour la solution j	porc/emp./h.
v_{ij}	Cadence individuelle pour le produit i et la solution j	porc/emp./h.
V_j	Cadence réelle atteignable pour la solution j	porcs/h.
VM_i	Prix de vente du produit i au poids	$/kg
$VTRT_{ij}$	Gains sur la vente de produits i grâce au prix indexé pour la solution j	$
$VTREBV_{ij}$	Gains sur la vente de produits i initialement en vrac grâce au prix indexé pour la solution j	$
$VTREBI_{ij}$	Gains sur la vente de produits i initialement emballés individuellement grâce au prix indexé pour la solution j	$

Définition des constantes

Constante	Description	
$\alpha_{[A,B,C,D]}$	Constante quantifiant l'impact de la variation du nombre d'opérations	
$\beta_{[A,B,C,D]}$	Constante quantifiant l'impact de la variation du nombre d'opérations	
$\delta_{[A,B,C,D]}$	Superficie nécessaire par unité de mesure	
φ	Proportion des employés utilisant un équipement spécialisé	
γ	Nombre de puces nécessaires par bac individuel	
λ	Nombre de puces par unité de longueur de table	

μ	Nombre de lecteurs nécessaires	
κ	Nombre de bacs requis par porc par heure	
ρ	Longueur de chaîne nécessaire par employé	pi
σ	Longueur de table motorisée nécessaire par employé	pi
ω	Nombre de pièces identiques dans un porc (2)	
ψ	Constante pour le calcul des employés nécessaires à l'emballage	

Rappelons ici les quatre scénarios :

- **A :** Découpe conventionnelle avec traçabilité par lot telle que décrite dans la mise en contexte.
- **B :** Découpe individuelle, soit un employé pour une carcasse complète
- **C :** Découpe avec confinement des pièces grâce à des bacs individuels
- **D :** Découpe en continu

4.3.1 Cadence de production

Tel que mentionné précédemment, la cadence de production V représente un critère à respecter lors de la mise en place d'un système de découpe. Cette cadence générale peut être calculée à partir du nombre d'employés disponibles n et de la cadence individuelle moyenne v exprimée en porcs / employé / heure. Cette dernière pourrait être évaluée de façon individuelle pour chaque employé et chaque tâche réalisée sur chacune des quatre tables motorisées, mais il s'agirait là d'une tâche laborieuse et peu utile à la présente analyse. Le nombre moyen d'opérations pouvant être effectuées par chaque employé peut être rapidement estimé grâce au nombre d'opérations moyen et standard effectués sur chaque pièce. v_{ij} est donc évalué grâce à :

$$v_{ij} = \alpha / ((O_i - \bar{O}_i) + \beta) \tag{4.1}$$

Où v_{ij} est la cadence individuelle pour le produit i et la solution j, O_i est le nombre d'opérations effectuées sur le produit i et $\bar{O}_i$ est le nombre standard d'opérations

généralement effectuées sur le produit i. α et β sont quant à elles des constantes propres à chaque solution qui servent à exprimer l'impact qu'aura le nombre d'opérations effectuées sur chaque solution. Par exemple, un nombre d'opérations supérieur à la moyenne (c'est-à-dire $O_i > \bar{O}_i$) influencera davantage la cadence dans le cas de la solution B que dans le cas de la solution D.

Le nombre d'employés requis n_j pour la production est pour sa part défini par :

$$n_j = \max\left[\left[n\min_j ; V_{\min} / \overline{v_j} \right]\right] \tag{4.2}$$

Où $n\min_j$ représente le nombre minimum d'employés nécessaires pour que la méthode de production j soit fonctionnelle, $V_{\min}$ est la cadence générale minimale désirée et $\overline{v_j}$ est la cadence individuelle moyenne pour l'ensemble des produits i à l'intérieur de la solution j.

Une fois que les valeurs de n_j et $\overline{v_j}$ ont été trouvées, il est alors possible de calculer la cadence réelle atteignable V pour chacune des solutions j grâce à l'équation 4.3 :

$$V_j = n_j \times \overline{v_j} \tag{4.3}$$

où $\overline{v_j}$ est la cadence individuelle réelle pour la solution j.

4.3.2 Main-d'œuvre

Maintenant que les cadences de production ont été déterminées pour chacune des solutions envisageables, il est nécessaire d'évaluer le temps requis pour la découpe et, par le fait même, les montants applicables aux salaires des employés. Ainsi, le temps Td pour effectuer la découpe avec le modèle de production j est donné par :

$$Td_j = U / V_j \tag{4.4}$$

Où U est la quantité de porcs découpés quotidiennement dans des conditions normales de production. Dans le secteur porcin, la production journalière ne peut être fixée simplement en multipliant le nombre d'heures travaillées par la cadence de production. En effet, le nombre de porcs produits à chaque jour dépend de la disponibilité des porcs vivants. Dans ce contexte, puisque la cadence est fixe, c'est le nombre d'heures de production qui varie d'un jour à l'autre.

Malgré ce temps réel de production, il faut aussi considérer qu'il existe généralement dans les conventions collectives et les normes du travail un nombre minimum d'heures $t_{\min}$ devant être payées lorsqu'un employé se présente au travail. Ainsi, puisqu'il faut choisir le maximum entre t_{min} et Td_j, la formule 4.5 doit être utilisée pour calculer les heures à rémunérer Tr pour chacune des solutions j :

$$Tr_j = \max\left[t_{min}; Td_j\right] \tag{4.5}$$

Dans cette optique, la masse salariale quotidienne s'exprime par :

$$CSA_j = \max\left[\left(\left(Tr_j - t_{max}\right)\times HS + t_{max}\right); Tr_j\right]\times n_j \times \overline{s}_j \tag{4.6}$$

Où t_{max} est le nombre d'heures rémunérées au taux simple dans une journée normale de travail, n_j est le nombre d'employés requis, $\overline{s}_j$ est le salaire horaire moyen déterminé pour la solution j et HS est le taux applicable pour les heures supplémentaires (ex : 1.5 ou 2). En termes simples, l'équation 4.6 signifie qu'il faut rémunérer les heures supplémentaires travaillées à un taux supérieur aux heures régulières dans le cas où cette situation s'applique.

4.3.3 Bâtiment

Une fois les critères de production et les besoins en main-d'œuvre déterminés, il est important de voir à ce que les équipements nécessaires soient disponibles et que l'espace soit suffisant pour répondre aux besoins. L'espace requis BA_j (en pieds carrés) est

directement proportionnel à la cadence de production V_j dans le cas des solutions A, C et D alors qu'il est fonction du nombre d'employés n_j dans le cas de la solution B :

$$BA_j = \delta_j \times V_j \qquad \text{pour} \quad j = [A, C, D] \qquad (4.7)$$

$$BA_j = \delta_j \times n_j \qquad \text{pour} \quad j = [B] \qquad (4.8)$$

Dans lesquelles équations δ_j est une constante exprimant la superficie nécessaire (en pieds carrés) par unité de mesure. Les coûts de construction C_{BA_j} peuvent ensuite être évalués grâce à un coût moyen de construction de Cc \$ / pi^2.

$$C_{BA_j} = Cc \times BA_j \qquad (4.9)$$

Ce montant comprend les frais reliés à la construction du bâtiment et à la mise en place du système de réfrigération à l'ammoniac nécessaire. Il peut être ajusté selon les besoins spécifiques à chaque usine (ex : à l'achat, un système au fréon est moins onéreux qu'un système à l'ammoniac).

4.3.4 Équipements

Pour ce qui est de l'évaluation des frais reliés à l'achat d'équipements, il est intéressant de suivre le tableau 4.2 pour mieux s'y retrouver parmi les besoins spécifiques à chaque solution.

Tableau 4.2 : Variables déterminant le coût des équipements spécialisés

Équipements	Coûts	Solution			
		A	B	C	D
Équipements spécialisés	a_1	EQ_{1A}	---	EQ_{1C}	EQ_{1D}
Puces RFID	a_2	---	---	EQ_{2C}	EQ_{2D}
Lecteurs de puces	a_3	---	EQ_{3B}	EQ_{3C}	EQ_{3D}
Bacs individuels	a_4	---	---	EQ_{4C}	---
Poste de travail individuel	a_5	---	EQ_{5B}	---	---
Chaîne motorisée	a_6	---	EQ_{6B}	---	---
Table motorisée	a_7	EQ_{7A}	---	EQ_{7C}	EQ_{7D}

Les valeurs EQ_{kj} représentent la quantité de l'équipement k nécessaire pour respecter les capacités de production de la solution j. Ainsi, la quantité de fournitures nécessaires dans chacun des contextes de productions abordés ci-haut se calcule comme suit pour les différents équipements k proposés:

Équipements spécialisés :

$$EQ_{1j} = {}^{n_j}\!/_{\varphi} \qquad \text{pour} \quad j = [A, C, D] \qquad (4.10)$$

Où φ représente la proportion d'employés travaillant avec des équipements spécialisés.

Puces RFID :

$$EQ_{2j} = \gamma \times EQ_{4j} \qquad \text{pour} \quad j = [C] \qquad (4.11)$$

$$EQ_{2j} = \lambda \times EQ_{7j} \qquad \text{pour} \quad j = [D] \qquad (4.12)$$

Où γ représente le nombre de puces nécessaires par bac individuel et λ le nombre de puces nécessaires par longueur de table motorisée.

Lecteurs de puces :

$$EQ_{3j} = n_j \qquad \text{pour} \quad j = [B] \tag{4.13}$$

$$EQ_{3j} = \mu \qquad \text{pour} \quad j = [C, D] \tag{4.14}$$

Où μ est une constante et représente le nombre de lecteurs RFID nécessaires.

Bacs individuels :

$$EQ_{4j} = \kappa \times V_j \qquad \text{pour} \quad j = [C] \tag{4.15}$$

Où κ est une constante donnant le nombre de bacs requis par porc par heure.

Poste de travail individuel :

$$EQ_{5j} = n_j \qquad \text{pour} \quad j = [B] \tag{4.16}$$

Chaîne motorisée :

$$EQ_{6j} = \rho \times n_j \qquad \text{pour} \quad j = [B] \tag{4.17}$$

Où ρ est le nombre de pieds de chaîne motorisée requis pour rejoindre chaque poste de travail et, par le fait même, chaque employé.

Table motorisée :

$$EQ_{7j} = \sigma \times n_j \qquad \text{pour} \quad j = [A, C, D] \tag{4.18}$$

Où σ est la longueur de table motorisée (en pieds) nécessaire pour chaque employé.

Pour ce qui est du calcul du coût imputable à l'achat d'équipements, soit CEQ_j, pour chacune des solutions, l'équation suivante s'applique :

$$C_{EQ_j} = \sum_{k=1}^{n} (a_k \times EQ_{kj}) \tag{4.19}$$

Il s'agit d'additionner les montants applicables à l'achat de chaque équipement. Dans l'équation 4.19, a_k représente le coût individuel de chaque équipement k et j la solution A, B, C ou D.

4.3.5 Traçabilité

Maintenant que les facteurs déterminant de la construction du bâtiment, de l'achat d'équipements, de l'embauche des employés et de la production elle-même ont été déterminés, il demeure impératif de définir les éléments permettant de comparer chacune des solutions du point de vue de la traçabilité. Il faut premièrement définir ce qu'impliquent les rappels effectués grâce à la traçabilité par lot actuellement en place dans la majorité des établissements de découpe porcine. Ainsi, le rappel d'un produit touche dans une telle situation RST_{ij} éléments soit :

$$RST_{ij} = \omega \times TRAP \times V_j \times (EBI_i + EBV_i) \tag{4.20}$$

Pour un coût total de rappel pour la solution j de :

$$C_{RST_j} = \sum_{i=1}^{n} \left((P_i \times VM_i) \times RST_{ij} \right) \tag{4.21}$$

Dans lesquelles équations ω est une constante tenant compte du nombre de pièces identiques dans un porc (généralement 2 sauf pour cœur, foie, tête, etc.) et $TRAP$ est la période sur laquelle le rappel doit être effectué. EBI_i et EBV_i représentent respectivement le pourcentage de produits i emballé individuellement (contenants de un ou deux produits identiques) et en vrac. P_i est le poids moyen de la coupe i en kg alors que VM_i représente son prix de vente en $ / kg.

La quantité de produits rappelés est donc définie par la cadence de production et la période sur laquelle s'échelonne le rappel. Toutefois, il faut aussi tenir compte du nombre réel de coupes i produites durant cette période. Par exemple, pour une cadence de 400 porcs à l'heure et un rappel touchant 3 heures de production, la logique voudrait que le rappel touche, par exemple, 2400 côtes levées (3h00 x 2 côtes levées par porc x 400 porcs). Cependant, puisque seulement un certain pourcentage des flancs sont utilisées pour faire des côtes levées $(EBI_i + EBV_i)$, on obtiendra un nombre de produits rappelés inférieur à 2400. C'est d'ailleurs ce qui explique que dans la majorité des cas, la somme des produits emballés en vrac et individuellement ne donne pas 100%.

Le coût total d'un rappel pour la solution j est quant à lui évalué grâce à la sommation du coût de rappel de chaque produit i. Le coût individuel de chaque produit s'exprime quant à lui par le poids du morceau multiplié par son prix de vente en $/kg.

Pour ce qui est des rappels réalisés grâce à une des trois solutions B, C ou D, qui permettent toutes trois le suivi individuel des coupes de viande au cours de la découpe, les quantités rappelées s'expriment comme suit :

$$RAT_{ij} = \omega \qquad \text{pour} \quad j = [B] \tag{4.22}$$

$$RAT_{ij} = \overline{u_i} \qquad \text{pour} \quad j = [C, D] \tag{4.23}$$

Pour ω , toujours une constante tenant compte du nombre de pièces identiques dans un porc et $\overline{u_i}$, le nombre moyen de coupes i dans une boîte. Ainsi, toujours dans une même logique de calcul, le montant associé à un tel rappel est calculé grâce à :

$$C_{RAT_j} = \sum_{i=1}^{n} \left((P_i \times VM_i) \times RAT_{ij} \right) \tag{4.24}$$

Il est aussi possible d'évaluer les gains réalisables lors des ventes de produits grâce à la traçabilité. Tel que mentionné plus haut, les produits tracés individuellement peuvent

être vendus relativement plus cher que les produits n'offrant aucune trace. Les gains envisageables sur la vente de produits s'évaluent donc comme suit :

$$VTREBI_{ij} = \omega \times EBI_i \times U \times HV \times (P_i \times VM_i) \quad (4.25)$$

$$VTREBI_{ij} = \omega \times EBV_i \times U \times HV \times (P_i \times VM_i) \quad (4.26)$$

$$VTRT_{ij} = VTREBV_{ij} + VTREBI_{ij} \quad (4.27)$$

Pour $VTREBI_{ij}$ les gains sur les produits déjà emballés individuellement, $VTREBV_{ij}$ les gains sur les produits emballés en vrac, mais dont les méthodes d'emballage ont été optimisées pour le suivi et $VTRT_{ij}$ les gains totaux lorsque l'ensemble des produits sont suivis individuellement. Quant à HV, il s'agit du pourcentage de hausse des prix envisageable pour la vente de produits qui ont été tracés individuellement tout au long de la découpe. Les autres paramètres que sont ω, U, P_i et VM_i ont été définis précédemment et représentent respectivement le nombre de pièces identiques dans un porc, le nombre de porcs abattus quotidiennement, le poids moyen de la coupe en kg et son prix de vente en $/kg.

La découpe individuelle, soit la solution B, nécessite d'effectuer un emballage individuel pour tous les produits sans quoi sa mise en place est inutile. Ainsi, étant donné cette contrainte, les coupes produites grâce à ce type de production engendrent toujours des profits qui s'expriment par $VTRT_{ij}$ puisque tous les produits peuvent être vendus au prix de vente indexé pour une traçabilité individuelle. Il en est autrement pour les solutions C et D qui nécessitent une réingénierie complète des processus d'emballage pour que la trace soit maintenue lors de cette étape. Alors que les frais de main-d'œuvre supplémentaire nécessaires à une augmentation de l'emballage individuel font partie des coûts de productions dans le cas de la solution B, ceux-ci doivent être évalués plus spécifiquement pour les solutions C et D. Ces frais supplémentaires se calculent donc grâce à :

$$CSAE_j = \max\left[\left(\left(Tr_j - t_{\max}\right)\times HS + t_{\max}\right); Tr_j\right]\times s_j \times \left[\!\left[\sum_{i=C}^{D}\left(\frac{V_j \times EBV_i}{\psi}\right)+1\right]\!\right] \quad (4.28)$$

Où $CSAE_j$ est la masse salariale quotidienne imputable aux employés supplémentaires nécessaires pour l'emballage individuel à 100% et ψ est une constante permettant de déterminer le nombre d'employés nécessaires en surplus. La forme de l'équation est la même que celle proposée en 4.6 à l'exception faite que le nombre d'employé n_j a été remplacé par l'expression entre $[\![\ ]\!]$. Cette dernière sert à déterminer le nombre d'employés supplémentaires nécessaires à l'emballage individuel de 100% des produits. Par exemple, pour une cadence V_j de 400 porcs à l'heure et un produit i initialement emballé en vrac à 10%, on aura seulement 40 porcs pour lesquels considérer un emballage supplémentaire. Ainsi, si un employé peut gérer l'emballage de ±100 porcs à l'heure (pour ψ = 100, on considère par exemple que l'employé peut emballer 200 flancs à l'heure, soit 100 porcs x 2 flancs par porc), les besoins en main-d'œuvre excédentaire seront de $[\![40/100]\!]+1=1$ employé.

Pour ce qui est des frais encourus par l'achat de sacs supplémentaires nécessaires à l'emballage individuel, ils peuvent être calculés ainsi :

$$CEMB_j = U \times \sum_{i=1}^{n}(f_i) \qquad \text{pour} \quad j=[B] \qquad (4.29)$$

$$CEMB_j = U \times EBV_i \times \sum_{i=1}^{n}(f_i) \qquad \text{pour} \quad j=[C,D] \qquad (4.30)$$

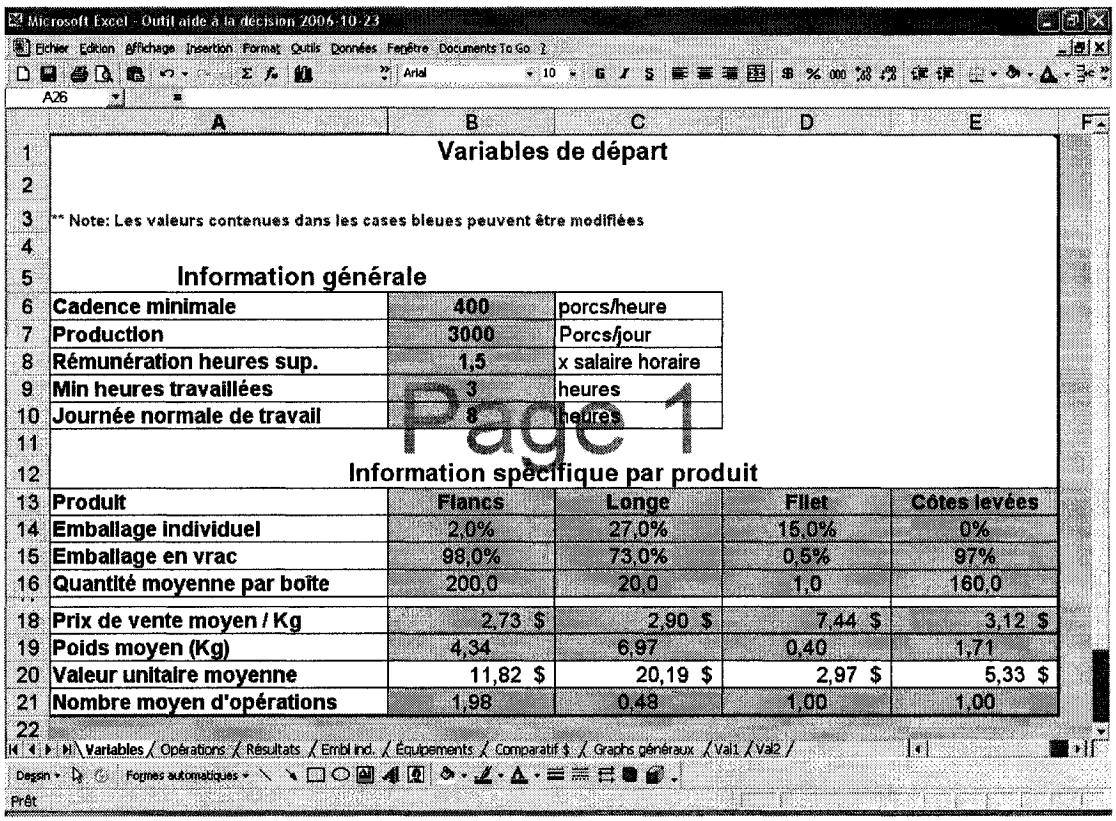
Dans lesquelles équations f_i correspond au coût d'un sac nécessaire à l'emballage du produit i. Les frais inhérents à l'achat de sacs sont supérieurs dans le cas de la solution B puisque, encore une fois, des sacs spéciaux doivent être utilisés pour chaque coupe de

viande alors que dans le cas des solutions C et D, seuls les produits antérieurement emballés en vrac nécessitent l'achat de ces sacs spéciaux.

4.4 Montage de l'outil d'aide à la décision

Le modèle a été intégré complètement dans un classeur Excel. Le rôle premier de l'outil d'aide à la décision est justement de permettre aux utilisateurs de faire un choix éclairé parmi les quatre scénarios proposés et ce en fonction des critères qui leur sont propre.

La première étape consiste à fournir l'information de base concernant la production générale de l'usine et les produits cibles qui serviront d'échantillon pour la comparaison des solutions. Comme le montre la figure 4.7, la comparaison sera faite pour une production quotidienne de 3000 porcs et une cadence de production minimale de 400 porcs à l'heure. De plus, il est possible de constater que les produits ciblés pour cette comparaison sont les flancs, les longes, les filets et les côtes levées. L'information entrée dans les cases bleues peut être modifiée en tout temps selon les besoins. De plus, il semble important de mentionner à cette étape ci que toutes les informations utilisés dans l'exemple suivant ont été recueillies et vérifiées grâce à de nombreuses personnes ayant œuvré dans le secteur de la transformation porcine. Toutes les informations touchant la production ont été recueillies au sein d'une entreprise de découpe alors que la majorité des informations techniques concernant les équipements proviennent de consultant externes avec lesquels l'auteur a eu l'opportunité de faire affaire au fil des ans.



Microsoft Excel - Outil aide à la décision 2006-10-23

Variables de départ

** Note: Les valeurs contenues dans les cases bleues peuvent être modifiées

Information générale

Cadence minimale	400	porcs/heure
Production	3000	Porcs/jour
Rémunération heures sup.	1,5	x salaire horaire
Min heures travaillées	3	heures
Journée normale de travail	8	heures

Page 1

Information spécifique par produit

Produit	Flancs	Longe	Filet	Côtes levées
Emballage individuel	2,0%	27,0%	15,0%	0%
Emballage en vrac	98,0%	73,0%	0,5%	97%
Quantité moyenne par boîte	200,0	20,0	1,0	160,0
Prix de vente moyen / Kg	2,73 $	2,90 $	7,44 $	3,12 $
Poids moyen (Kg)	4,34	6,97	0,40	1,71
Valeur unitaire moyenne	11,82 $	20,19 $	2,97 $	5,33 $
Nombre moyen d'opérations	1,98	0,48	1,00	1,00

Figure 4.7 : Outil d'aide à la décision / Variables de départ

Maintenant que les paramètres de départ ont été fixées, il faut déterminer la cadence individuelle accessible qui permettra ultérieurement d'évaluer la cadence réelle atteignable V. La cadence individuelle moyenne est calculée pour chaque solution en fonction de la cadence individuelle accessible pour chacun des 4 produits. La figure 4.8 démontre aussi un graphique illustrant l'effet d'une augmentation ou d'une diminution du nombre d'opérations vis-à-vis de la moyenne et ce pour chaque solution proposée.

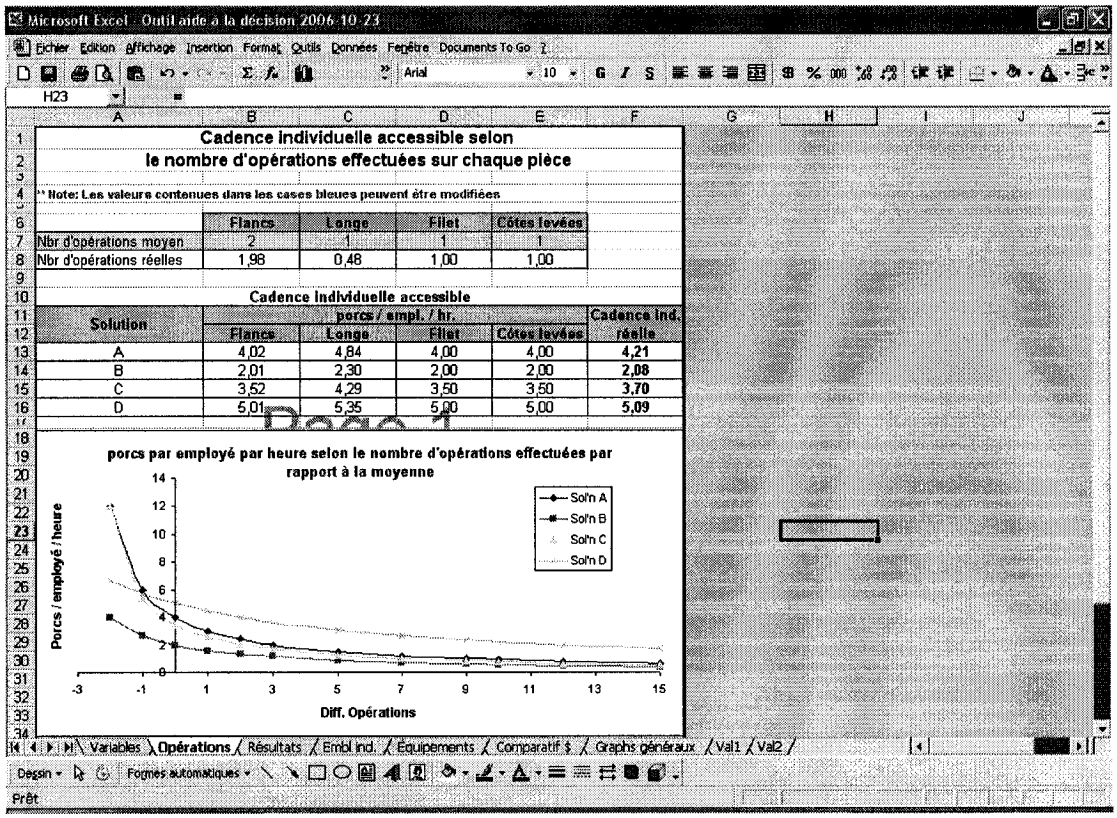
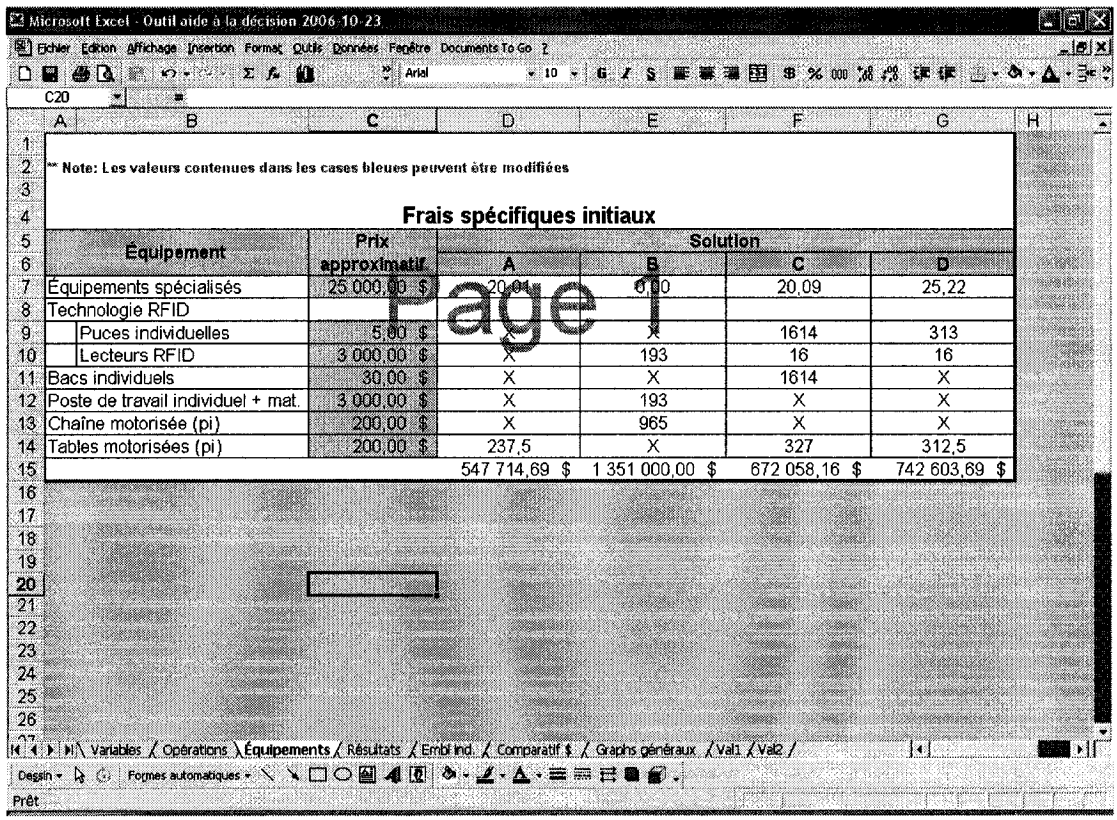


Figure 4.8 : Outil d'aide à la décision / Cadence individuelle accessible

La page suivante de l'outil d'aide sert à déterminer les frais qui seront imputables aux équipements spécifiques à chaque solution. La figure qui suit présente d'ailleurs ces équipements avec les coûts individuels affiliés. La quantité d'équipements nécessaires est fonction des variables initiales.



** Note: Les valeurs contenues dans les cases bleues peuvent être modifiées

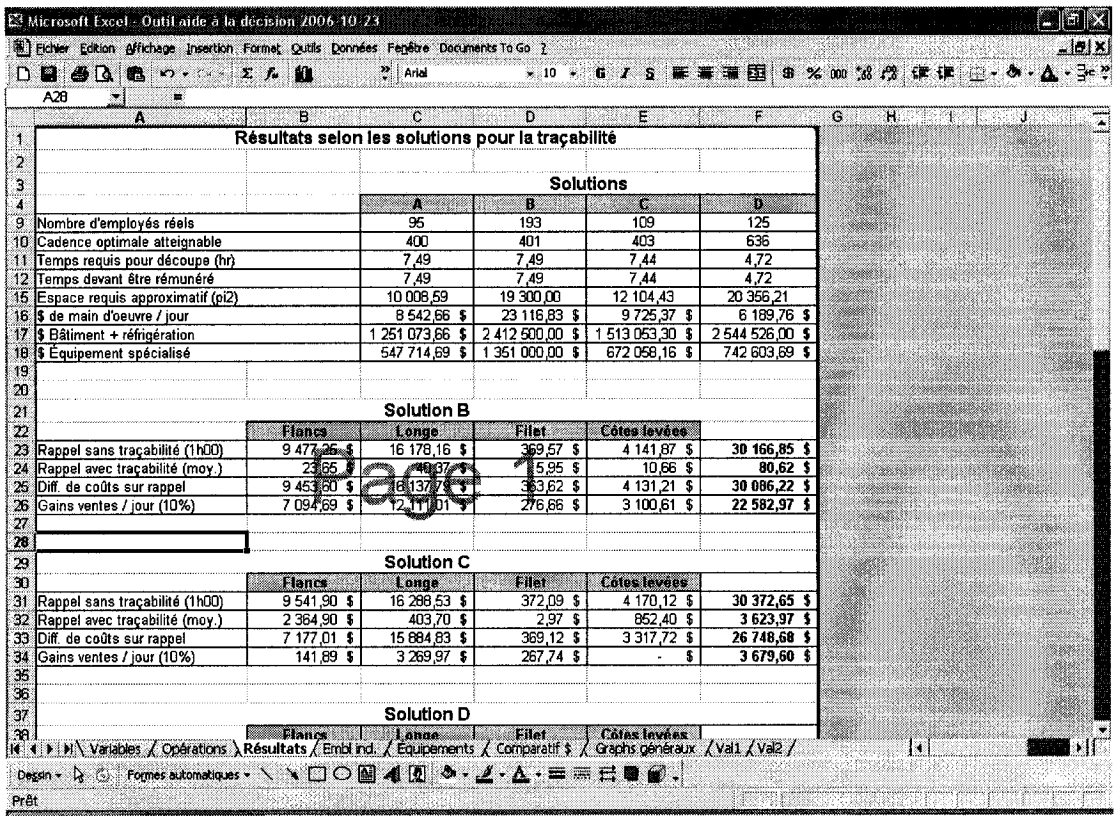
Frais spécifiques initiaux

Équipement	Prix approximatif	Solution A	Solution B	Solution C	Solution D
Équipements spécialisés	25 000,00 $	20,01	0,00	20,09	25,22
Technologie RFID					
Puces individuelles	5,00 $	X	X	1614	313
Lecteurs RFID	3 000,00 $	X	193	16	16
Bacs individuels	30,00 $	X	X	1614	X
Poste de travail individuel + mat.	3 000,00 $	X	193	X	X
Chaîne motorisée (pi)	200,00 $	X	965	X	X
Tables motorisées (pi)	200,00 $	237,5	X	327	312,5
		547 714,69 $	1 351 000,00 $	672 058,16 $	742 603,69 $

Page 1

Figure 4.9 : Outil d'aide à la décision / Frais spécifiques initiaux

La quatrième page de l'outil d'aide présente les résultats obtenus pour chaque solution en fonction des paramètres établis à la page 1. Comme l'illustre la figure 4.10, le premier tableau présente les résultats relatifs à la production tels que le nombre d'employés nécessaires, la cadence optimale atteignable, l'espace nécessaire, les coûts des équipements, etc. Les autres tableaux de cette page font état de la traçabilité effectuée grâce à chacune des solutions. Il y est questions des coûts liés aux rappels de produits et aux bénéfices envisageables suite à une augmentation des prix de vente grâce à la traçabilité pour chacune des solutions permettant un suivi individuel.



Microsoft Excel - Outil aide à la décision 2006-10-23

Fichier Édition Affichage Insertion Format Outils Données Fenêtre Documents To Go ?

A28

Résultats selon les solutions pour la traçabilité

		Solutions			
		A	B	C	D
9	Nombre d'employés réels	95	193	109	125
10	Cadence optimale atteignable	400	401	403	636
11	Temps requis pour découpe (hr)	7,49	7,49	7,44	4,72
12	Temps devant être rémunéré	7,49	7,49	7,44	4,72
15	Espace requis approximatif (pi2)	10 008,59	19 300,00	12 104,43	20 356,21
16	$ de main d'oeuvre / jour	8 542,66 $	23 116,83 $	9 725,37 $	6 189,76 $
17	$ Bâtiment + réfrigération	1 251 073,66 $	2 412 500,00 $	1 513 053,30 $	2 544 526,00 $
18	$ Équipement spécialisé	547 714,69 $	1 351 000,00 $	672 058,16 $	742 603,69 $

Solution B

		Flancs	Longe	Filet	Côtes levées	
23	Rappel sans traçabilité (1h00)	9 477,26 $	16 178,16 $	369,57 $	4 141,87 $	**30 166,85 $**
24	Rappel avec traçabilité (moy.)	23,65 $	40,37 $	15,95 $	10,66 $	**80,62 $**
25	Diff. de coûts sur rappel	9 453,60 $	16 137,79 $	353,62 $	4 131,21 $	**30 086,22 $**
26	Gains ventes / jour (10%)	7 094,69 $	12 111,01 $	276,66 $	3 100,61 $	**22 582,97 $**

Solution C

		Flancs	Longe	Filet	Côtes levées	
31	Rappel sans traçabilité (1h00)	9 541,90 $	16 288,53 $	372,09 $	4 170,12 $	**30 372,65 $**
32	Rappel avec traçabilité (moy.)	2 364,90 $	403,70 $	2,97 $	852,40 $	**3 623,97 $**
33	Diff. de coûts sur rappel	7 177,01 $	15 884,83 $	369,12 $	3 317,72 $	**26 748,68 $**
34	Gains ventes / jour (10%)	141,89 $	3 269,97 $	267,74 $	- $	**3 679,60 $**

Solution D

		Flancs	Longe	Filet	Côtes levées

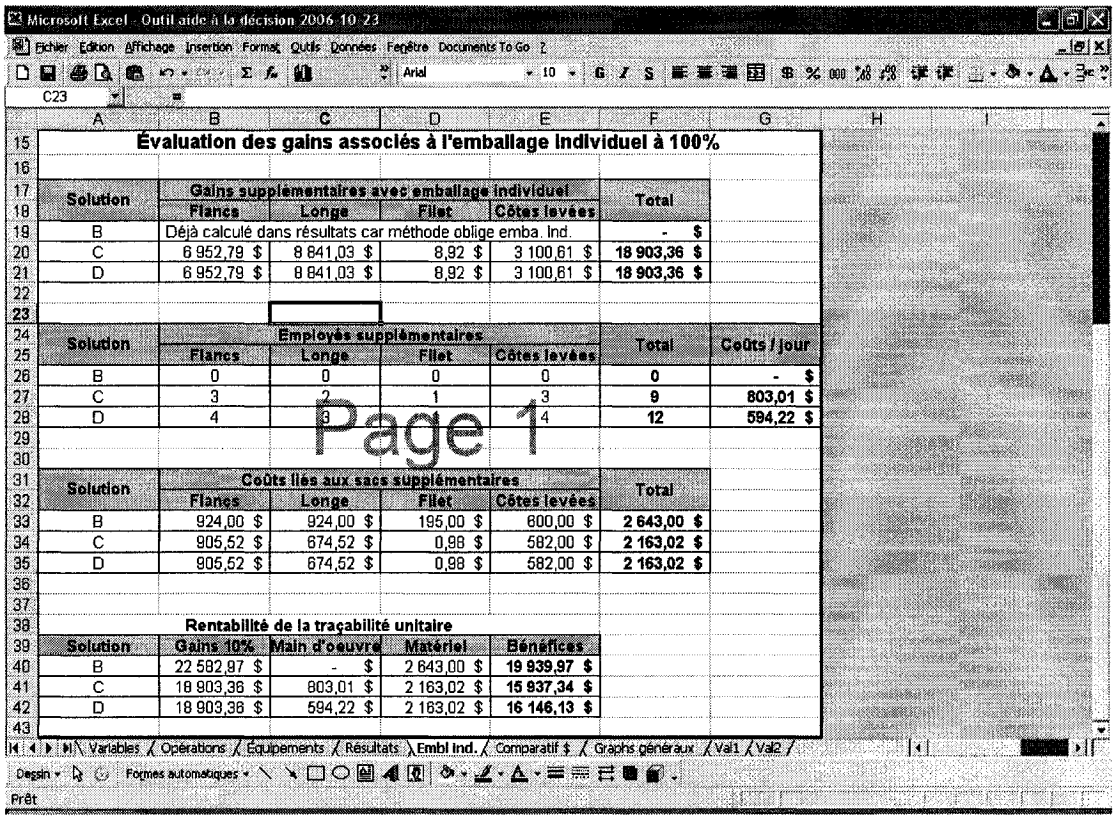
Variables / Opérations / Résultats / Embl ind. / Équipements / Comparatif $ / Graphs généraux / Val1 / Val2 /

Dessin - Formes automatiques -

Prêt

Figure 4.10 : Outil d'aide à la décision / Résultats selon les solutions

La cinquième page permet d'évaluer les profits envisageables pour les solutions B, C et D advenant que les produits étaient emballés individuellement à 100%. Cette page, comme le montre la figure 4.11, permet d'évaluer les frais liés au matériel et aux employés nécessaires à l'emballage individuel de tous les produits.



Microsoft Excel - Outil aide à la décision 2006-10-23

Évaluation des gains associés à l'emballage individuel à 100%

Solution	Gains supplémentaires avec emballage individuel				Total
	Flancs	Longe	Filet	Côtes levées	
B	Déjà calculé dans résultats car méthode oblige emba. Ind.				- $
C	6 952,79 $	8 841,03 $	8,92 $	3 100,61 $	18 903,36 $
D	6 952,79 $	8 841,03 $	8,92 $	3 100,61 $	18 903,36 $

Solution	Employés supplémentaires				Total	Coûts / jour
	Flancs	Longe	Filet	Côtes levées		
B	0	0	0	0	0	- $
C	3	2	1	3	9	803,01 $
D	4	3	1	4	12	594,22 $

Solution	Coûts liés aux sacs supplémentaires				Total
	Flancs	Longe	Filet	Côtes levées	
B	924,00 $	924,00 $	195,00 $	600,00 $	2 643,00 $
C	905,52 $	674,52 $	0,98 $	582,00 $	2 163,02 $
D	905,52 $	674,52 $	0,98 $	582,00 $	2 163,02 $

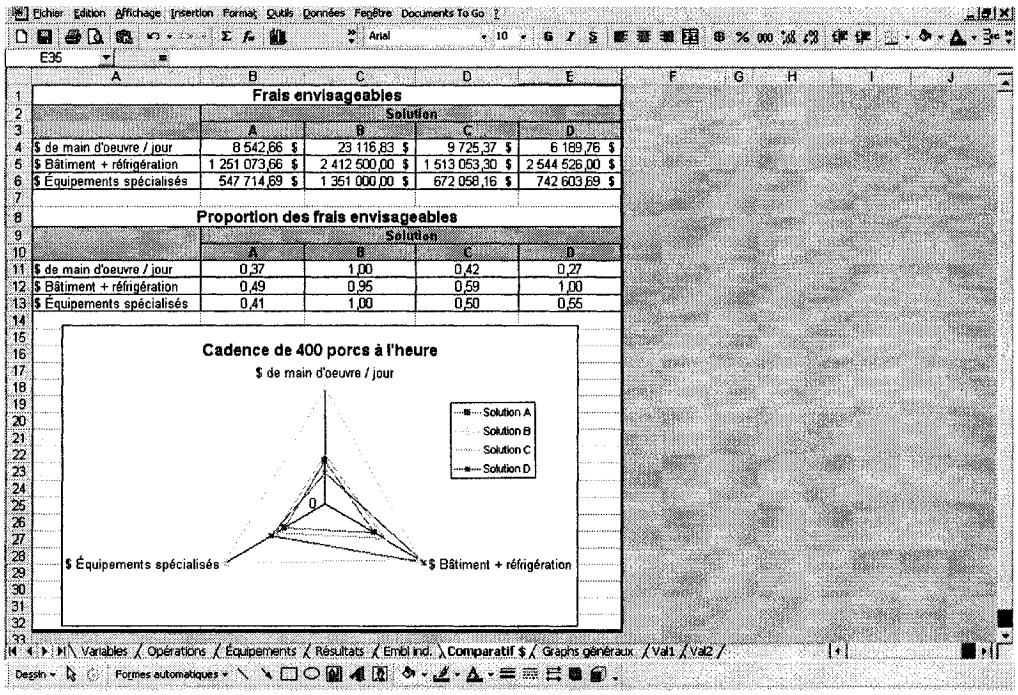
Rentabilité de la traçabilité unitaire

Solution	Gains 10%	Main d'oeuvre	Matériel	Bénéfices
B	22 582,97 $	- $	2 643,00 $	19 939,97 $
C	18 903,36 $	803,01 $	2 163,02 $	15 937,34 $
D	18 903,36 $	594,22 $	2 163,02 $	16 146,13 $

Page 1

Figure 4.11 : Outil d'aide à la décision / Emballage individuel

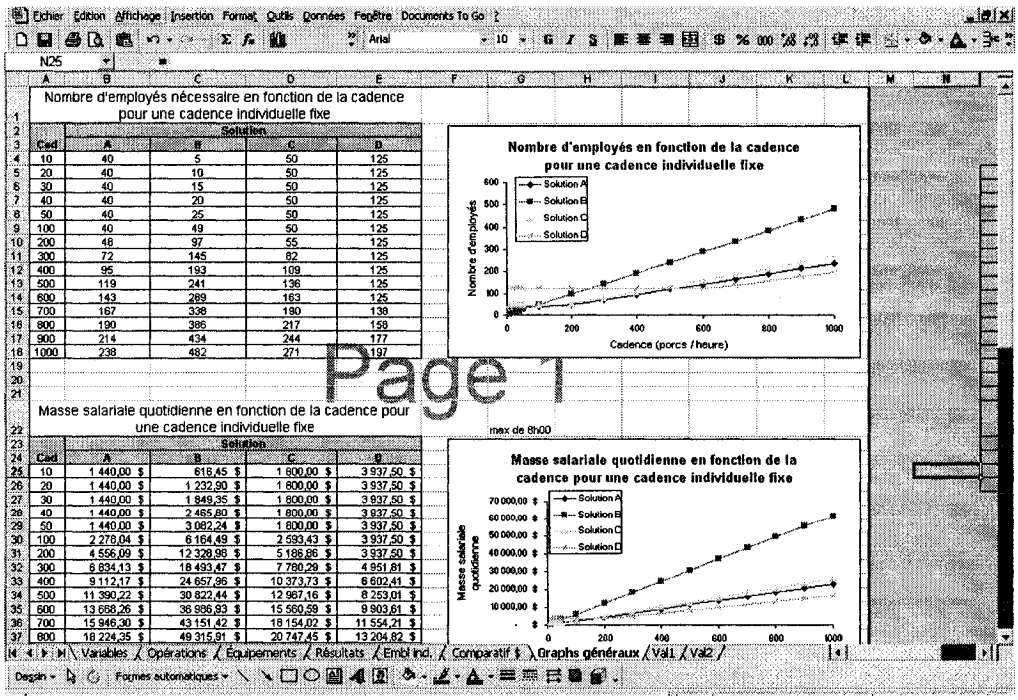
Finalement, les deux dernières pages de l'outil d'aide à la décision permettent de comparer chacune des solutions entre elles d'un point de vue qualitatif. En effet, comme le montrent les figures 4.12 et 4.13, les graphiques permettent de visualiser les forces et les faiblesses de chaque solution par rapport aux autres, mais aussi en fonction de la cadence de production privilégiée.



Frais envisageables	Solution A	Solution B	Solution C	Solution D
$ de main d'oeuvre / jour	8 542,66 $	23 116,83 $	9 725,37 $	6 189,76 $
$ Bâtiment + réfrigération	1 251 073,66 $	2 412 500,00 $	1 513 053,30 $	2 544 526,00 $
$ Équipements spécialisés	547 714,69 $	1 351 000,00 $	672 058,16 $	742 603,69 $

Proportion des frais envisageables	Solution A	Solution B	Solution C	Solution D
$ de main d'oeuvre / jour	0,37	1,00	0,42	0,27
$ Bâtiment + réfrigération	0,49	0,95	0,59	1,00
$ Équipements spécialisés	0,41	1,00	0,50	0,55

Figure 4.12 : Outil d'aide à la décision / Comparatif



Nombre d'employés nécessaire en fonction de la cadence pour une cadence individuelle fixe

Cad	Solution A	Solution B	Solution C	Solution D
10	40	5	50	125
20	40	10	50	125
30	40	15	50	125
40	40	20	50	125
50	40	25	50	125
100	40	49	50	125
200	48	97	55	125
300	72	145	82	125
400	95	193	109	125
500	119	241	136	125
600	143	289	163	125
700	167	338	190	138
800	190	386	217	158
900	214	434	244	177
1000	238	482	271	197

Page 1

Masse salariale quotidienne en fonction de la cadence pour une cadence individuelle fixe

max de 8h00

Cad	Solution A	Solution B	Solution C	Solution D
10	1 440,00 $	616,45 $	1 800,00 $	3 937,50 $
20	1 440,00 $	1 232,90 $	1 800,00 $	3 937,50 $
30	1 440,00 $	1 849,35 $	1 800,00 $	3 937,50 $
40	1 440,00 $	2 465,80 $	1 800,00 $	3 937,50 $
50	1 440,00 $	3 082,24 $	1 800,00 $	3 937,50 $
100	2 278,04 $	6 164,49 $	2 593,43 $	3 937,50 $
200	4 556,09 $	12 328,98 $	5 186,86 $	3 937,50 $
300	8 834,13 $	18 493,47 $	7 780,29 $	4 951,81 $
400	9 112,17 $	24 657,96 $	10 373,73 $	6 602,41 $
500	11 390,22 $	30 822,44 $	12 967,16 $	8 253,01 $
600	13 668,26 $	36 986,93 $	15 560,59 $	9 903,61 $
700	15 946,30 $	43 151,42 $	18 154,02 $	11 554,21 $
800	18 224,35 $	49 315,91 $	20 747,45 $	13 204,82 $

Figure 4.13 : Outil d'aide à la décision / Comparatif selon la cadence

4.5 Analyse des résultats

Comme il a été présenté à la sous-section précédente, un outil d'aide à la décision a été mis sur pied pour permettre de visualiser le rôle de chaque paramètre vis à vis des différentes variables. Ce dernier permet de comparer chacune des trois propositions entre-elles, mais aussi par rapport au modèle de production actuellement en place dans les entreprises; c'est-à-dire où une traçabilité par lot peut être effectuée. Voici les résultats obtenus suite aux études de cas réalisées grâce aux informations quantitatives fournies dans les sections précédentes.

4.5.1 Cadence selon le nombre d'opérations

Tel que mentionné précédemment, la cadence de production est bien souvent l'élément de référence lors de la comparaison entre deux méthodes de production similaires procurant les mêmes résultats du point de vue de la qualité et de la traçabilité. Une augmentation de la capacité de production exige normalement une hausse de la cadence générale de production. Toutefois, étant donné la grande variabilité dans les commandes des clients et les types de coupes disponibles, les salles de coupe peuvent être conçues à partir de la cadence individuelle v_j s'exprimant en porcs / employé / heure. Par exemple, dans le cas d'une salle de coupe dite conventionnelle où la traçabilité se fait par lot, il faut, tel que mentionné par différents concepteurs de salles de coupe, compter en moyenne un employé pour 4 porcs découpés par heure, soit $\overline{v_j} = 4$. Évidemment, le nombre moyen d'opérations peut varier d'un établissement à l'autre, mais aussi d'une solution à l'autre. C'est entre autre cet aspect qui est mis en évidence sur la figure 4.14. Comme il est possible de le constater, une augmentation du nombre d'opérations affecte davantage les solutions B et C que la solution D étant donné la plus grande division des tâches de cette dernière et le nombre minimum d'employés requis qui est supérieur. Cet élément explique aussi la moindre cadence individuelle lorsque le nombre d'opérations est inférieur à la moyenne.

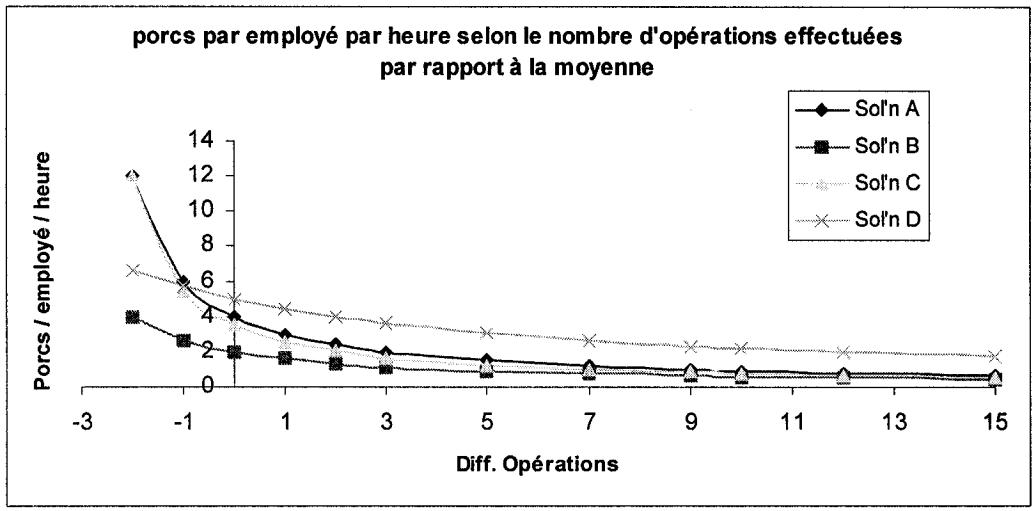


Figure 4.14 : Cadence individuelle atteignable selon le nombre d'opérations

Règle générale, l'utilisation de contenants individuels, soit la solution C, est plus avantageuse pour les situations où le nombre d'opérations est minime alors que la solution D est à privilégier lorsque les opérations de désossage sont plus importantes. Quant à elle, la solution B demeure très peu efficace puisque les opérations initiales de séparation des coupes primaires qui sont généralement faites mécaniquement doivent alors être faites individuellement sur chaque carcasse. Cette solution suggère un nombre d'opérations très inférieur à la moyenne ou n'est applicable que pour produire à des cadences très faibles.

4.5.2 Employés et salaires en fonction de la cadence

Premièrement, il importe de mentionner que chaque modèle de production, à l'exception de la découpe individuelle, implique obligatoirement un nombre minimum d'employés pour que le système fonctionne. Ainsi, au Québec, une salle de coupe peut fonctionner avec un minimum de 40 employés alors qu'une salle de coupe similaire en Europe nécessite en moyenne 50 employés. Cette information provient encore une fois de concepteurs œuvrant dans le domaine de la découpe porcine depuis plusieurs années. Cet écart est une conséquence directe de la traçabilité individuelle qui est faite grâce à

l'utilisation de bacs. Dans le cas d'un plan de découpe en continu, il faut envisager un minimum de 125 employés pour que l'ensemble du procédé soit fonctionnel. Les besoins importants en main-d'œuvre de cette méthode impliquent des cadences de production beaucoup plus importantes pour que ce soit viable. Les besoins minimums de main-d'œuvre de chaque solution sont bien illustrés sur la figure 4.15.

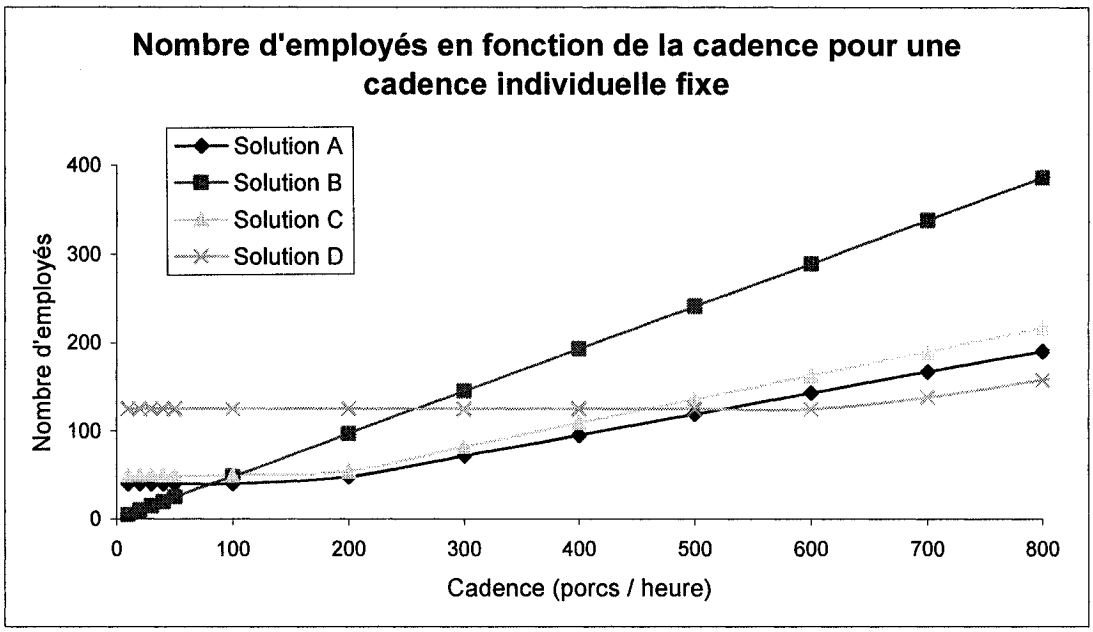


Figure 4.15 : Nombre d'employés nécessaires en fonction de la cadence de production

Dans une même optique, il est aussi possible de constater sur ce graphique que le même nombre d'employés minimum, soit 125 dans le cas de la solution D par exemple, permet d'obtenir une cadence de 100, 200 ou même 600 porcs à l'heure. Ainsi, rentabilité oblige, les solutions C et D devraient produire 185 et 636 porcs à l'heure respectivement pour que les employés fonctionnent à leur plein rendement. La solution B ne nécessite quant à elle pas l'emploi d'un nombre minimum d'employés puisque ceux-ci sont indépendants les uns des autres au niveau de la production. Il s'agit là du principal avantage de ce type de production.

Le graphique 4.15 illustre le nombre d'employés nécessaire pour chaque solution en fonction de la cadence désirée. la figure 4.16 illustre quant à elle l'évolution de la masse salariale quotidienne pour chaque solution. Bien que très similaires à première vue, ces deux graphiques comportent certaines différences non négligeables. Par exemple, alors que les besoins en main-d'œuvre des solutions C et D sont les mêmes pour une cadence de plus ou moins 463 porcs à l'heure, la masse salariale s'équivaut quant à elle pour une production d'environ 354 porcs à l'heure.

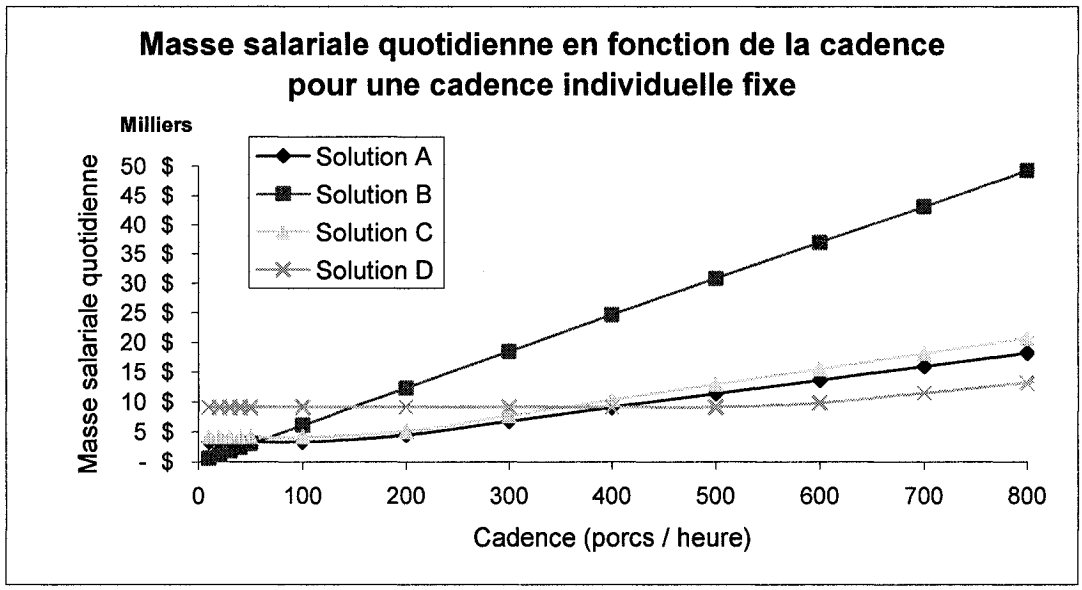


Figure 4.16 : Masse salariale en fonction de la cadence de production

Cet écart significatif est dû aux salaires horaires moyens qui varient d'un type de production à l'autre. Alors que la solution B requiert des bouchers d'expérience et hautement qualifiés pouvant effectuer le traitement d'une carcasse de porc complète, la solution D ne nécessite quant à elle que des désosseurs pouvant effectuer des tâches simples, mais avec une grande répétitivité. La solution C se situe au même niveau que la solution A, soit à mi-chemin entre B et D. Ainsi, Emploi Québec suggère respectivement pour ces 3 types d'emplois des salaires moyens $\overline{s}_j$ de 16,00$, 10,50$ et 12,00$ de l'heure. Ce graphique ne tient toutefois pas compte des heures supplémentaires, des

avantages sociaux et des coûts en CSST qui pourraient être supérieurs pour les solutions nécessitant une plus grande répétitivité de mouvements par exemple.

4.5.3 Superficie de travail

Bien qu'il soit difficile d'évaluer avec précision les besoins en espaces pour chaque salle de coupe selon les méthodes de production utilisées, la figure 4.17 donne tout de même un bon aperçu de la superficie nécessaire pour chaque solution selon la cadence désirée. Comme le démontre le graphique, les besoins en espace des solutions A et C sont similaires. En effet, outre l'espace supplémentaire nécessaire pour la manipulation et le lavage des bacs individuels dans la solution C, les zones de travail sont tout à fait semblables. De plus, il est possible de constater que la découpe en continu requiert plus d'espace que ces deux autres méthodes et ce, peu importe la cadence. La solution B est encore une fois à privilégier pour de faibles cadences uniquement puisque les besoins individuels en espace sont très importants pour chaque poste de travail.

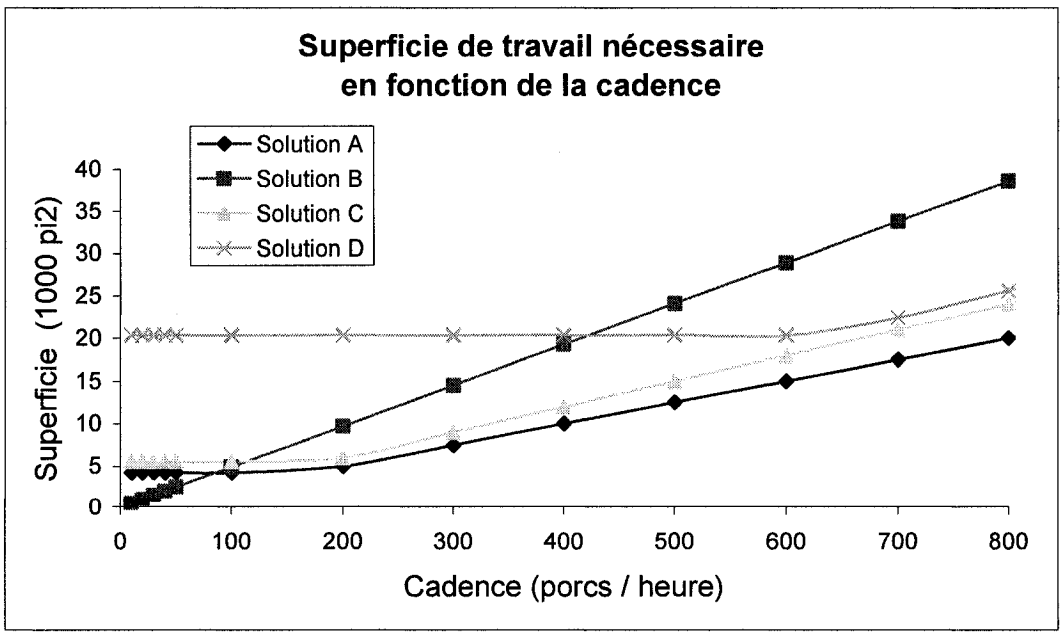


Figure 4.17 : Superficie de travail nécessaire selon la solution privilégiée

Il est important d'utiliser le minimum d'espace possible puisque les frais de réfrigération découlent directement du volume d'air et il s'agit là d'un coût important. Toutefois, les frais de construction dans le cas d'une usine neuve ne sont pas non plus à négliger. En évaluant des coûts de construction *Cc* de 125$ du pied carré, tel que mentionné par le directeur au développement stratégique d'une usine de découpe porcine québécoise, il appert rapidement qu'il s'agit là d'un élément qui pèse lourd dans le choix d'une solution. L'influence de la superficie sera démontrée plus loin lors de la comparaison des propositions.

4.5.4 Équipements spécialisés

Quelle que soit la solution retenue, certains équipements doivent invariablement se retrouver dans une salle de coupe. Entre, autre, les balances, convoyeurs (dans une certaine proportion), stérilisateurs, emballeuses sous vide, etc. Ainsi, figure 4.18 ne tient compte que des équipements spécialisés qui sont attribués à une ou l'autre des solutions. Par exemple, dans le cas de la solution C, sont comptés parmi ces équipements les contenants individuels munis de puces RFID, les tables motorisées pour le transport des bacs, les lecteurs de puces RFID et les équipements de découpe automatisée tels que les écouenneuses et la table de découpe automatisée.

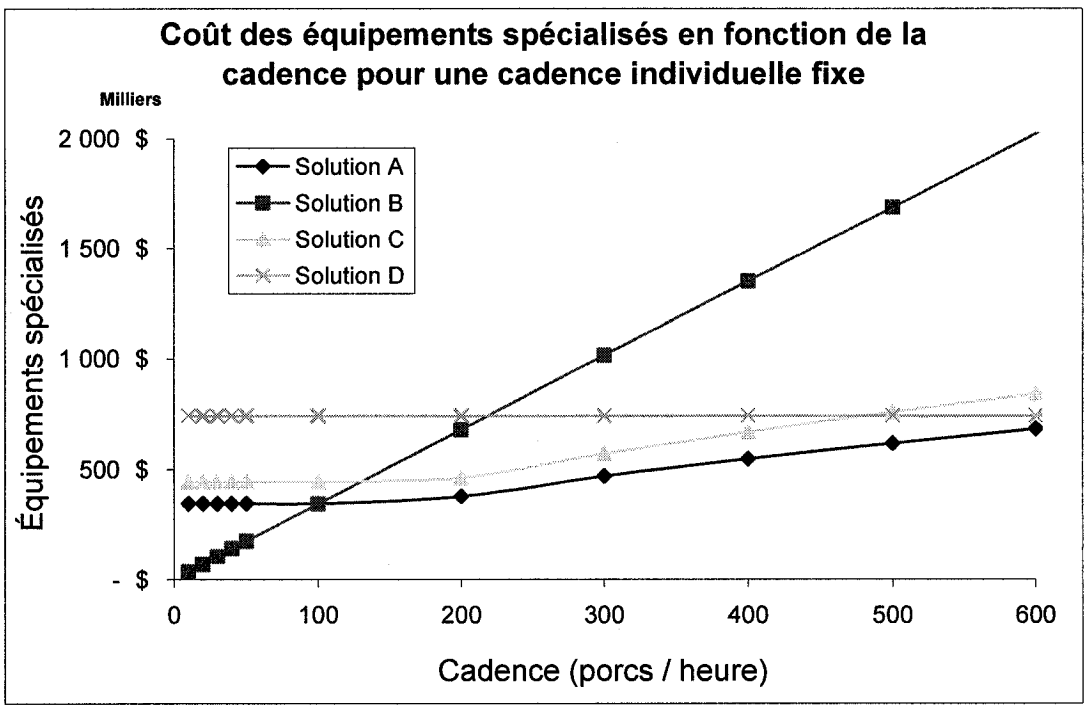


Figure 4.18 : Coût des équipements spécialisés pour chaque solution

4.5.5 Bénéfices liés à l'emballage individuel

Tel que mentionné précédemment, des gains importants pourraient être réalisés si la trace individuelle des produits pouvait être maintenue. Le principal problème du maintien de cette trace, en admettant que celle-ci puisse être conservée durant la découpe, se situe lors de l'emballage. En supposant qu'il est commercialement possible d'emballer chaque produit individuellement, le prix de vente pourrait être augmenté (il est difficile d'évaluer cette augmentation, mais tel que rapporté dans la revue de littérature, certains intervenants du milieu parlent de 10% (Hobbs 2004)).

4.5.6 Traçabilité

Tel que mentionné plus haut, chacune des trois méthodes de production proposée permet d'effectuer une traçabilité unitaire des coupes de viande durant l'étape de la découpe. Ainsi, les comparaisons qui peuvent être faites à ce propos sont davantage qualitatives que quantitatives. Dans un premier temps, il faut mentionner que la découpe individuelle

nécessite moins de manipulations des pièces de viande que les autres solutions. De plus, moins de personnes différentes sont en contact avec chaque coupe. Ceci implique que la propagation de contaminant d'un porc à l'autre est beaucoup plus restreinte puisque les postes de travail sont isolés. La solution C, qui nécessite quant à elle l'utilisation de bacs individuels, est aussi très sécuritaire à ce niveau puisque les contenants peuvent être désinfectés avant chaque utilisation. Les porcs et les coupes ne sont donc jamais en contact les unes avec les autres sauf au niveau de l'emballage. Le principal avantage de la solution D est quant à lui lié à la rapidité d'exécution.

4.6 Comparaison

Maintenant que chacun des facteurs permettant de comparer les solutions entre elles a été défini et expliqué, il est bon de regrouper ces informations pour visualiser les avantages et les faiblesses de chaque méthode de production pour différentes cadences.

Tel que mentionné, les trois solutions proposées pour effectuer la traçabilité sont comparables sur cet aspect. Seules certaines différentes qualitatives permettent de les différencier au niveau du suivi des coupes de viande et des emballages. Ainsi, le principal élément à considérer lors du choix d'un mode de production est sans contredit la cadence elle-même. Il est important de comparer l'effet que peut avoir une variation de la cadence sur différents éléments tels que les frais de main-d'œuvre, les coûts de construction liés à la superficie de travail nécessaire et, finalement, le coût des équipements spécialisés.

Le tableau 4.3 présente les différents paramètres qui ont été utilisés lors de la comparaison des trois nouvelles méthodes avec le mode de production et de traçabilité actuellement utilisée en entreprise. Comme il est possible de le constater, l'étude a été réalisée à partir des données propres aux flancs, aux longes, aux filets et aux côtes levées. Bien que celle-ci ait pu porter sur différents produits ou une gamme plus étendue de coupes, les résultats sont tout de même représentatifs de l'impact général de la variation de la cadence sur chacun des modes de production.

Tableau 4.3 : Paramètres fixés pour la comparaison des solutions

Produit	Flancs	Longe	Filet	Côtes-levées
Emballage individuel	2,0%	27,0%	15,0%	0%
Emballage en vrac	98,0%	73,0%	0,5%	97%
Quantité moyenne par boîte	200,0	20,0	1,0	160,0
Prix de vente moyen / Kg	2,73 $	2,90 $	7,44 $	3,12 $
Poids moyen (Kg)	4,34	6,97	0,40	1,71
Valeur unitaire moyenne	11,82 $	20,19 $	2,97 $	5,33 $
Nombre moyen d'opérations	1,98	0,48	1,00	1,00

Outre les paramètres propres aux produits, l'évaluation de l'impact de l'augmentation de la cadence sur chacune des solutions a été faite pour une production quotidienne de 8h00 ; soit pour $U = 8 \times V_{\min}$. Ainsi, l'évaluation ne tient pas compte des heures supplémentaires, mais uniquement du nombre minimal d'heures devant être rémunérées $t_{min} = 3$ heures. Les résultats obtenus sont donc les suivants :

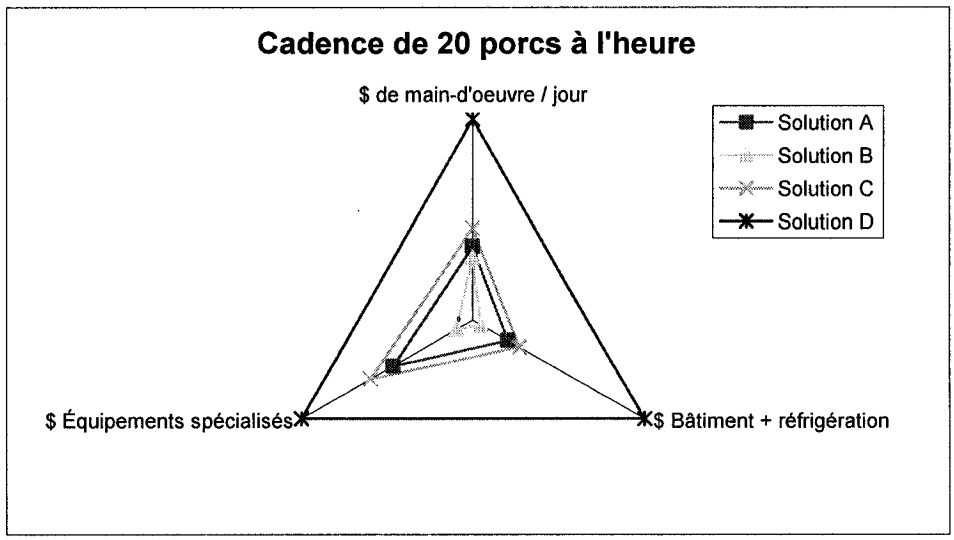


Figure 4.19 : Cadence faible

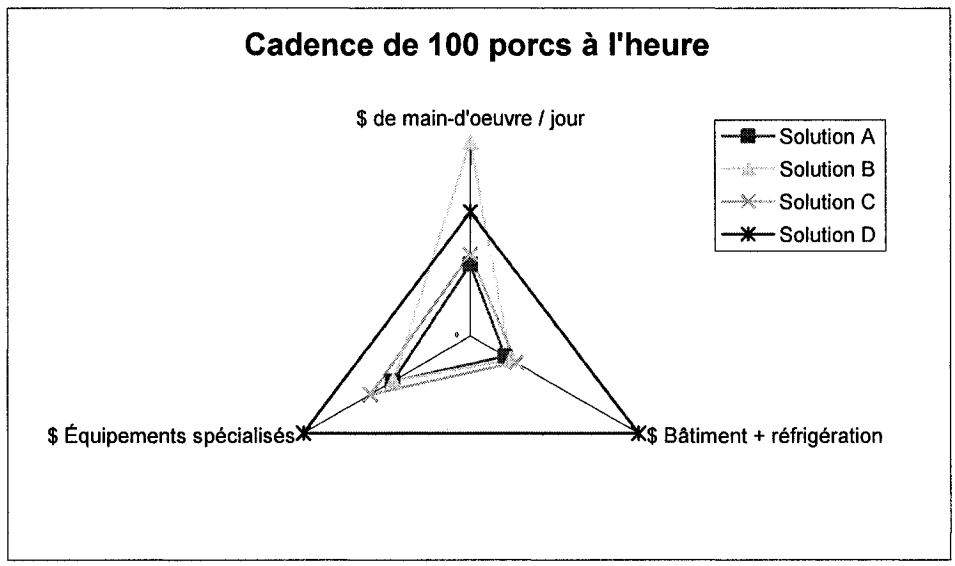


Figure 4.20 : Cadence moyennement faible

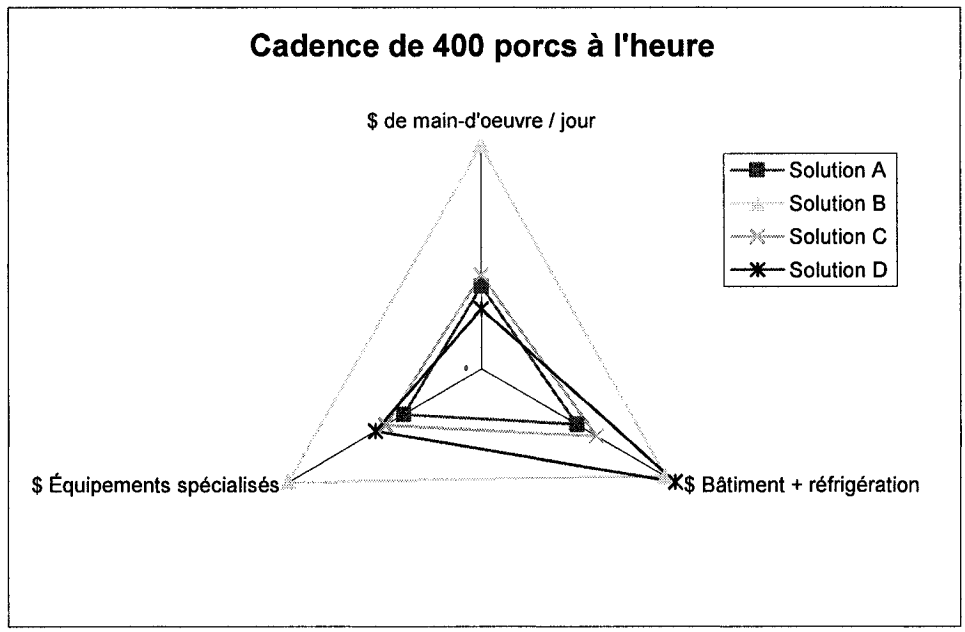


Figure 4.21 : Cadence moyenne

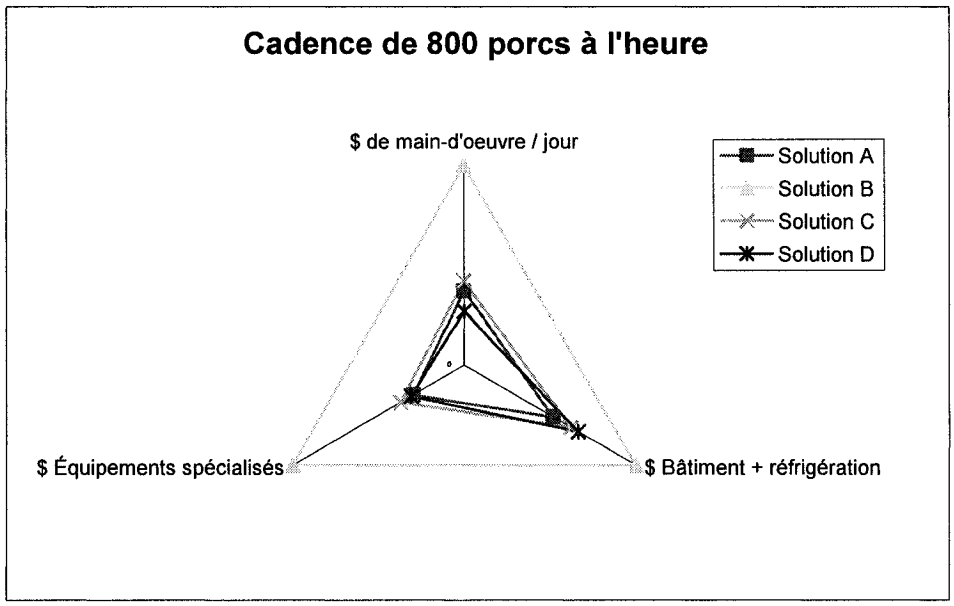


Figure 4.22 : Cadence élevée

Comme le démontrent les graphiques multi-axe présentés ci-haut, la variation de la cadence a un impact important sur chacune des solutions envisageables pour effectuer une traçabilité efficace. Dans un premier temps, on remarque que la découpe individuelle n'est avantageuse que dans les situations où la production s'effectue à faible débit. Évidemment, il ne s'agit pas là d'une alternative très viable lorsqu'on considère les exigences concurrentielles actuelles. On remarque aussi que la solution C engendre des frais similaires à ceux de la situation actuelle et ce, pour chacun des critères de comparaison. Ceci s'explique par les procédés de production identiques à l'exception faite de l'usage des contenants individuels. La solution D s'avère quant à elle être de plus en plus avantageuse au fur et à mesure que la cadence augmente. On remarque que pour une cadence de 800 porcs à l'heure, les frais sont moindres pour les équipements et la main-d'œuvre alors que les frais liés à la construction du bâtiment sont légèrement supérieurs.

4.7 Limites du modèle

Bien que la présente étude aborde la majorité des aspects de la découpe porcine au Québec, il ne faudrait pas utiliser l'outil d'aide à la décision sans faire preuve d'une certaine réserve. En effet, certains aspects ont tout simplement dû être laissés de côté alors que d'autres n'ont pu être évalués. C'est entre autres le cas de la disponibilité de la main-d'œuvre. Par exemple, une usine établie dans un secteur où le personnel se fait rare optera peut-être davantage pour produire selon la solution C et ce, même si les coûts sont légèrement supérieurs. C'est d'ailleurs dans cette optique que les graphiques comparatifs ont été construits. Ceux-ci permettent de comparer les solutions entre elles, sans toutefois suggérer une alternative plutôt qu'une autre. C'est l'utilisateur qui pondère chacun des critères à sa guise.

La répartition du travail sur plusieurs quarts de travail a aussi été laissée de côté. Par exemple, les frais liés à la découpe individuelle pourraient être diminués au niveau de l'achat d'équipements si la production fonctionnait sur plusieurs quarts. L'aménagement de postes de travail individuels pourrait alors être coupé de moitié sans toutefois nuire à la capacité de production.

Au niveau de l'évaluation des coupes de viande, il a fallu préconiser l'utilisation de la moyenne dans le cas des prix de vente et de la quantité de produits par boîte pour minimiser le nombre de paramètres à évaluer. En effet, l'évaluation de chacun des prix de vente pour tous les produits et tous les emballages disponibles aurait généré un nombre impressionnant d'alternatives. Malgré tout, puisque ces mêmes valeurs moyennes ont été utilisées pour l'une ou l'autre des solutions, elles n'ont pu influer sur le choix final. Le tableau suivant illustre d'ailleurs les différentes alternatives qui auraient pu être générées uniquement pour les flancs de porc frais dans une usine de transformation québécoise cible.

Tableau 4.4 : présentations disponibles pour les flancs frais

Nom du produit	Poids (kg)	$ / kg	Qté / boîte
Flanc de porc frais	6,8	3,12	5
Flanc de porc frais	6,52	3,12	1
Flanc de porc frais	6,52	3,08	4
Flanc de porc frais (c carré, ac)	6,96	3,08	5
Flanc de porc frais (c carré, ac) (combo)	6,96	2,89	115
Flanc de porc frais (c carré, sc) (combo)	6,72	2,85	115
Flanc de porc frais (c.o.v.)	6,68	3,19	1
Flanc de porc frais (sc)	6,7	3,11	1

Évidemment, plusieurs autres alternatives ou variantes des scénarios auraient pu être évaluées. Par exemple, rien n'exclut la possibilité d'effectuer la découpe primaire des quartiers à l'aide d'une table de découpe automatisée dans le cas de la solution B pour sauver du temps. Toutefois, il semblait représentatif d'évaluer les quatre solutions dont il a été question plus haut sans préjuger de l'emploi d'équipements plus spécialisés.

CHAPITRE 5 : CONCLUSION

Nul ne peut prétendre que la traçabilité dans le secteur des viandes n'est pas, déjà aujourd'hui, un incontournable pour quiconque désire être un acteur de premier plan sur les marchés mondiaux.

En ce sens, il est important d'insister sur le fait que plusieurs usines de transformation porcine cherchent actuellement à fiabiliser un système de traçabilité permettant de retracer un lot de produit advenant une faille au sein du processus de transformation. Les équipements nécessaires à ce suivi sont coûteux et se doivent d'être valorisés de façon plus efficace en visant une traçabilité par pièce plus spécifique plutôt qu'un suivi par lot. Pour ce faire, toute la filière porcine doit être impliquée. Il ne suffit plus uniquement de garantir la qualité du produit à chaque étape de sa transformation de façon individuelle, mais bien de garantir la qualité finale du produit tout en considérant que chacune des étapes antérieures rencontre les critères de qualité établis.

Dans un avenir rapproché, la technologie des puces individuelles pourra être appliquée à tous les secteurs de l'élevage porcin et remplacer les tatouages traditionnels qui ne servent qu'à identifier le lot par l'intermédiaire de la ferme d'origine. Grâce à de telles puces et à des lecteurs disposés stratégiquement, il sera entre autre possible de connaître l'heure exacte de déchargement, l'heure d'abattage, la durée d'attente avant l'abattage, etc. De plus, il sera facile de lier l'information contenue à l'intérieur de cette puce d'oreille à celle contenue dans la puce située sur la poulie qui suivra le porc tout au long du cycle de transformation. Avec la possibilité de faire de telles liaisons, la nécessité de conserver les lots de porcs intacts jusqu'à l'abattage perdra alors toute son importance pour ce qui a trait au suivi des lots.

Il appert toutefois que les coûts affiliés à la mise en place d'un tel système de traçabilité des porcs vivants soient relativement importants. Ainsi, il ne faudrait pas négliger les nombreux bénéfices qu'un tel système fournira aux transformateurs et admettre que la

facture liée à sa mise en place devra peut-être être partagée par les différents acteurs qui profiteront des avantages du système.

Suite à l'évaluation plus approfondie des solutions envisageables pour effectuer la traçabilité des coupes de viande au sein de la découpe porcine, plusieurs conclusions peuvent être tirées.

Dans un premier temps, il faut comprendre que chacune des solutions proposées permet une traçabilité unitaire complète des coupes de porcs lors de la découpe. En dépit des nombreuses possibilités offertes par chacune de ces propositions, il est manifeste que l'étape de l'emballage représente un frein au suivi individuel. Des choix devront être faits à savoir si les clients habitués à acheter leurs produits en vrac préfèrent obtenir un produit sécuritaire à 100% ou ayant le coût d'emballage le plus faible possible.

Également, il ne faut pas négliger le rendement qui peut être atteint grâce à l'une ou l'autre des solutions. Alors que la traçabilité grâce à la découpe individuelle est tout à fait acceptable dans le cas de faibles cadences de production, l'emploi de la découpe en continu est définitivement plus propice dans les situations où le débit est très élevé. Dans un autre ordre d'idées, le suivi des coupes grâce aux bacs de transport individuels peut concurrencer les méthodes de production actuelles et être implanté suite à des modifications beaucoup moins importantes que dans le cas des deux autres propositions.

Bien que ces méthodes soient efficaces et que le RFID représente la technologie de l'heure en frais de traçabilité, il ne faudrait pas non plus négliger les percées qui sont faites dans le domaine de l'identification par l'ADN par exemple. Dans l'éventualité où cette technique pourrait être utilisée systématiquement, à grand débit et à des coûts raisonnables, il s'agirait assurément là d'une façon de procéder à envisager avec beaucoup de sérieux. Évidemment, cette technique comporte de nombreux avantages tels que l'inutilité de la ségrégation, la présence d'un identifiant naturel au cœur même de chaque pièce de viande, la grande flexibilité du système, etc.

La traçabilité grâce à l'ADN représente bien entendu des perspectives de recherche très intéressantes. Dans une même optique, il faudrait pousser les analyses dans le domaine à savoir s'il est possible de jumeler cette technologie au RFID. Il serait aussi à propos d'évaluer les coûts inhérents à l'utilisation de l'identification par ADN et de les comparer à ceux obtenus à l'intérieur de la présente étude. De plus, l'implantation partielle en usine permettrait entre autre de valider les données présentées ci-haut, mais aussi de démontrer que la traçabilité individuelle des coupes de viande est bel et bien compatible avec les méthodes de production québécoises.

De façon encore plus approfondie, une étude d'impact quant aux implications de l'emballage individuel des coupes de viande pourrait aussi permettre d'évaluer jusqu'à quel point les différents acteurs de la transformation porcine secondaire et tertiaire seront aptes à faire face au changement.

Dans l'ensemble, le présent travail démontre l'importance d'effectuer une traçabilité serrée des produits pour fournir aux consommateurs un produit sécuritaire et de grande qualité. Peu importe que la façon d'y arriver soit liée au RFID, à l'ADN, à la reconnaissance visuelle ou à toute autre méthode comparable, l'important demeure que le porc québécois puisse laisser sa trace…

RÉFÉRENCES

AGENCE CANADIENE D'INSPECTION DES ALIMENTS. (2004). Manuel de coupes de viande – porc. In Site de l'Agence Canadienne d'Inspection des Aliments. [En ligne]. http://www.inspection.gc.ca/français/fssa/labeti/mcmancv/por2f.shtml (Page consultée le 12 juin 2006).

AGRI-TRAÇABILITÉ QUÉBEC. (2006). Pourquoi faire de la traçabilité. In *Agri-Traçabilité Québec.* [En ligne]. http://www.agri-tracabilite.qc.ca/!Fr/INDEX.HTML (page consultée le 31 octobre 2006).

AGRICULTURE ET AGROALIMENTAIRE CANADA. (2006). *Rapport Trimestriel sur le porc, Avril – Juin 2006.* [En ligne]. Bureau régional du Manitoba : Agriculture et Agroalimentaire Canada. Numéro 30 – Juin 2006. http://ats.agr.ca/can/4028_f.htm (Page consultée le 30 octobre 2006).

CENTRE DE DÉVELOPPEMENT DU PORC DU QUÉBEC. (2005). « Lexique et explications ». *Écho-Porc.* [En ligne]. 1-4. http://www.cdpqinc.qc.ca/document/2005%20%C3%89cho-Porc%20lexique.pdf (Page consultée le 31 octobre 2006).

DICKINSON, D. L. BAILEY, D. (2005). « Experimental Evidence on Willingness to pay for Red Meat Traceability in the United States, Canada, the United Kingdom, and Japan ». *Journal of Agricultural and Applied Economics.* [En ligne]. http://www.findarticles.com/p/articles/mi_qa4051/is_200512/ai_n15957605 (Page consultée le 11 juillet 2006).

EMPLOI QUÉBEC. 2006. Information sur le marché du travail. In *Ministère de l'emploi et de la solidarité sociale – IMT en ligne.* [En ligne]. http://imt.emploiquebec.net/mtg/inter/noncache/contenu/asp/mtg941_accueil_fran_01.asp (Page consultée le 31 octobre 2006).

FARBER, D. (2004). Top strategic technologies for 2005. In *ZDNet US.* [En ligne]. http://www.zdnet.com.au/news/business/soa/Top_strategic_technologies_for_2005/0,139023166,139145906,00.htm (Page consultée le 31 0ctobre 2006).

FÉDÉRATION DES PRODUCTEURS DE PORCS DU QUÉBEC. (2000). Rappel de viande de porc fraîche : L'efficacité des systèmes de traçabilité est démontrée. In *Le Bulletin des Agriculteurs.* [En ligne]. http://www.lebulletin.com/informations/actualite/article.jsp?content=20001002_actualite_001002e (Page consultée le 30 octobre 2006).

GLEDHILL, J. (2002). « Tracing the line: Using information technology to reduce costs while meeting industry requirements ». *Food Processing.* March issue. 48-57.

HOBBS, J. E. (2004). *Traçabilité dans le secteur canadien des viandes rouges.* Agriculture et agroalimentaire Canada. 44p. Vol. 2, N°1.

HUFFMAN, WE., ROUSU, M., SHOGREN, J. F., TEGENE, A. (2003). « Consumer willingness to pay for genetically modified food labels in a market with diverse information: Evidence from experimental auctions ». *Journal of agricultural and resource economics.* 28:3. 481-502.

ISO 8402. (1995). *Management de la qualité et assurance de la qualité – Vocabulaire.* Termes et définitions normalisés des techniques de la documentation. In Sonovision-Itep. [En ligne]. http://www.sonovision-itep.fr/fr/definitions.htm (page consultée le 31 octobre 2006).

MADEC, F., GEERS, R., VESSEUR, P., KJELDSEN, N., BLAHA, T. (2001). « Traceability in the pig production chain ». *Revue scientifique et technique de l'Office International des Epizooties.* 20:2. 523-537.

MCKERRACHER, D., HURNIK, D., AUBIN, E., BÉDARD, F. (2005). *Système national d'identification et de traçabilité pour le secteur canadien du porc.* Ottawa : Conseil Canadien du Porc. 69p.

NEFF, J. (2005). « RFID: Track and (t)race ». *Food Processing.* [En ligne]. January issue. 26-30. http://www.foodprocessing.com/articles/2005/309.html (Page consultée le 07 juillet 2006).

NOGEE, A. (2004). « RFID Tags and Chips: Changing the world for less than the price of a cup of coffee » *In-Stat.* [En ligne]. http://www.instat.com/r/nrep/2004/IN0402440WT.htm. (Page consultée le 13 juillet 2006).

NORTJE, G. (2002). Track and Trace – the next step in due diligence? The best way forward – a meat industry perspective. In C*onferenz.* http://www.conferenz.co.nz/2004/library/n/nortje_Gerhard.htm (page consultée le 17 février 2006).

OFFICE QUÉBÉCOISE DE LA LANGUE FRANÇAISE. (2005). « Traçabilité ». In *Grand dictionnaire terminologique.* [En ligne]. http://w3.granddictionnaire.com/BTML/FRA/r_Motclef/index1024_1.asp (Page consultée le 31 octobre 2006).

PARLEMENT EUROPÉEN ET LE CONSEIL DE L'UNION EUROPÉENNE. (2002). *Règlement (CE) No 178/2002 du parlement européen et du conseil du 28 janvier 2002 établissant les principes généraux et les prescriptions générales de la législation alimentaire, instituant l'Autorité européenne de sécurité des aliments et fixant des procédures relatives à la sécurité des denrées alimentaires.* Bruxelles. 24p. journal official des communautés européennes, règlement no 178/2002.

POWELL, G. (2002). « Leverage the Canadian brand by delivering a gold standard in food safety assurance ». *Food in Canada.* September issue.

RAVARY, L. (2002). « Pourquoi la traçabilité ? ». *Porc Québec.* [En ligne]. Août. http://www.agrireseau.qc.ca/porc/Documents/Qualité%2008-02.pdf (Page consultée le 13 juillet 2006).

SCHWÄGELE, F. (2005). « Traceability from a European perspective ». *Meat Science.* 71. 164-173.

SIBBEL, R. L. (2003). « Identification and traceability in swine: business opportunities or cost of business? ». *American Association Of Swine Veterinarians.* P. 339-343 [En ligne]. http://www.fbssystems.com/archive/Id%20and%20traceability.pdf (Page consultée le 13 juillet 2006).

SIMCHI-LEVI, D., KAMINSKY, P. SIMCHI-LEVI, E. (2003). *Designing and managing the supply chain: concepts, strategies and case studies.* 2e ed. Boston: Irwin McGraw-Hill. 354p.

SMITH, G.C., BELK, K.E., SCANGA, J.A., SOFOS, J.N., TATUM, J.D. (2000). « Traceback, traceability and source verification in the U.S. beef industry ». The XXI World Buiatrics Congress, on December 5, 2000 in Punta del Este, Uruguay. [En ligne]. http://www.ams.usda.gov/tmd/FSMIP/FY2000/LA0306.pdf P.1-12.

SMITH, G.C., TATUM, J.D., BELK, K.E., SCANGA, J.A., GRANDIN, T., SOFOS, J.N. (2005). « Traceability from a US perspective ». *Meat Science.* 71. 174-193.

SOUZA-MONTEIRO, D. M., CASWELL, J. A. (2004). *The Economics of implementing Traceability in Beef Supply Chains : Trends in Major Producing and Trading Countries.* Department of Resource Economics, University of Massachusetts Amherst. 32p. Working Paper No. 2004-6.

T. HIGGINS, K. (2005). « Total Recall ». *Food Processing.* [En ligne]. http://www.foodprocessing.com.au/food/feature_article/item_072005a.asp (Page consultée le 11 juillet 2006).

TALBOT, D. (2004). « Where's the Beef from ? ». *TechnologyReview.com.* [En ligne]. June 2004. pages. http://www.technologyreview.com/read_article.aspx?id=13641&ch=biotech (Page consultée le 07 juillet 2006).

TRACENEWS.INFO. (2003). Les marchés RFID – RDC – Codes à barres : Forte croissance jusqu'en 2006. In Tracenews.info. [En ligne]. http://www.tracenews.info/tracenews/a37-Les_marches_RFID__RDC_Codes_a_barres_forte_croissance_jusqu_en_2006.html (Page consultée le 31 octobre 2006).

VIRUEGA, J.L. (2005). *Traçabilité. Outils, méthodes et pratiques.* 1re éd. Paris. Éditions d'Organisation. 237p.

WATTS, A. J., MILLER, P. C. H., GODWIN, R. J. (2003), « Automatically recording sprayer inputs to improve traceability and control ». *In proceedings of the 2003 BCPC Crop Science and Technology Conference.* Glasgow: BCPC publications UK. P. 323-328.

WOLF, L. (2003). «Distributor accused of label fraud ».*Gourmet news.* 68:4. 21-23.

WU, N. C., NYSTROM, M. A., LIN, T. R., YU, H.C. (2006). « Challenges to global RFID adoption ». *Technovation.* 26 :12. P. 1317-1323.

ZACHRAU, R., SORENSEN, R. (2006). Traceability in an existing slaughterhouse. In *Site du Danish meat research institute.* [En ligne]. http://www.danishmeat.dk/smcms/13068/13521/13594/13600/Traceability_in_an/Index.htm?ID=5372 (Page consultée le 13 juillet 2006).