



HAL
open science

Contributions Méthodologiques et Conceptuelles à la Conception, la Gestion et l'Amélioration des Systèmes de Traçabilité des Produits Alimentaires: Application à l'industrie d'abattage et transformation de la volaille

Mhamed Bendaoud

► **To cite this version:**

Mhamed Bendaoud. Contributions Méthodologiques et Conceptuelles à la Conception, la Gestion et l'Amélioration des Systèmes de Traçabilité des Produits Alimentaires: Application à l'industrie d'abattage et transformation de la volaille. Sciences de l'ingénieur [physics]. Ecole Centrale Paris, 2008. Français. NNT: . tel-00376060

HAL Id: tel-00376060

<https://theses.hal.science/tel-00376060>

Submitted on 20 Apr 2009

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

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



**ÉCOLE CENTRALE DES ARTS
ET MANUFACTURES
«ÉCOLE CENTRALE PARIS»**

THÈSE
Présentée par
Mhamed BENDAOU

Pour l'obtention du
GRADE DE DOCTEUR

Spécialité : Génie Industriel

Laboratoire d'accueil : Laboratoire Génie Industriel

SUJET

**Contributions Méthodologiques et Conceptuelles à la Conception,
la Gestion et l'Amélioration des Systèmes de Traçabilité des
Produits Alimentaires :
Application à l'industrie d'abattage et transformation de la volaille**

Soutenue le : 12 juin 2008

Devant un jury composé de :

Louis-Georges SOLER – Professeur, LORIA-INRA
Valérie BOTTA-GENOULAZ – Professeur, INSA de Lyon
Maurice PILLET – Professeur, Université de Savoie
Frédéric CARMOUZE – Arrivé S.A.
Catherine LECOMTE – MdC, AgroParisTech
Bernard YANNOU – Professeur, Ecole Centrale Paris

Président
Rapporteur
Rapporteur
Examineur
Co- encadrante
Directeur de thèse

2008 – 27

Laboratoire Génie Industriel
École Centrale Paris
Grande Voie des Vignes
92295 Châtenay-Malabry Cedex

DEDICACE

*A la mémoire de mon père qui a
toujours cru en moi.*

REMERCIEMENTS

Mes remerciements s'adressent à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail à travers leurs encouragements, leurs conseils et leurs critiques.

Je tiens à remercier, tout particulièrement, Catherine Lecomte, Maître de Conférences à l'institut AgroParisTech, qui m'a initié à la recherche et qui n'a pas ménagé ses efforts pour le bon déroulement de ce travail. Sa disponibilité et son soutien pédagogique, administratif et moral m'ont été d'une grande utilité bien avant le début de ma thèse.

J'exprime également ma reconnaissance à Frédéric Carmouze, Responsable du Service de Gestion de la Production et Informatique Industrielle de la Société Arrivé, qui m'a accueilli parmi son équipe et qui a œuvré pour que cette thèse se passe dans de bonnes conditions. Grâce à sa confiance et à l'autonomie qu'il m'a accordée tout au long de ma thèse, j'ai pu planifier et mener mes activités en toute souplesse. Travailler avec lui fut sincèrement un réel plaisir pour moi.

Toute ma gratitude à Bernard Yannou, Professeur à l'Ecole Centrale Paris, qui a accepté de diriger cette thèse et dont les précieux conseils m'ont éclairé tout au long de ces années aussi bien sur le plan méthodologique que sur le plan scientifique.

Je voudrais également remercier Valérie Botta-Genoulaz, Professeur à l'INSA de Lyon, et Maurice Pillet, Professeur à l'Université de Savoie, pour l'intérêt qu'ils ont porté à cette thèse et pour avoir accepté d'en être rapporteurs. Merci aussi à Louis-Georges Soler, Professeur à l'Institut National de Recherche Agronomique, qui a bien voulu évaluer mon travail et présider le jury de soutenance.

Je remercie aussi l'ensemble de mes collègues du Service GP-II pour leur disponibilité chaque fois que je les sollicite et avec qui j'ai partagé de très agréables moments. Plus globalement, j'exprime ma reconnaissance à l'ensemble du personnel de la société Arrivé pour la bonne ambiance et pour la convivialité de nos échanges.

Merci aussi à Jean Claude Bocquet, Directeur du Laboratoire Génie Industriel à l'Ecole Centrale Paris, pour m'avoir accueilli parmi son staff de recherche. Je remercie également l'ensemble du personnel du Laboratoire Génie Industriel et en particulier Anne, Corinne, Sylvie et Carole.

Enfin, un grand merci à ma famille, mes proches et mes amis qui m'ont toujours soutenu depuis le début de ma thèse et qui m'ont toujours motivé notamment dans les moments difficiles.

RESUME

Face aux crises sanitaires ayant secoué le secteur agroalimentaire ces dernières années telles que la maladie de la vache folle, les exigences législatives et normatives en matière de sécurité sanitaire des aliments deviennent de plus en plus draconiennes. A titre d'exemple, le règlement CE 178/2002 stipule, notamment, l'obligation que chaque entreprise dispose de moyens lui permettant d'assurer la traçabilité des denrées qu'elle met sur le marché. C'est dans ce contexte que nous avons mené un travail de recherche-action dont l'ambition est de contribuer à asseoir des bases méthodologiques et conceptuelles pour traiter la problématique de la traçabilité des produits alimentaires. Notre approche part d'une analyse fonctionnelle du besoin visant notamment à identifier les bénéficiaires d'un système de traçabilité (noté ST), à caractériser ses fonctions de service et proposer des critères quantifiables permettant d'en apprécier la performance. Après cette phase fonctionnelle, nous enchaînons sur une phase technique consistant à définir et caractériser les fonctions techniques réalisées par le ST dans le but de répondre aux attentes de ses bénéficiaires. Des exemples de solutions et des critères d'appréciation mesurables sont associés à chaque fonction. Ensuite, nous proposons un modèle de données générique décrivant la nature et la structure des informations que le ST doit pouvoir gérer. Sur ces bases, nous avons développé une plate-forme informatique composée d'un ensemble de modules destinés à la restitution des données de traçabilité et au pilotage du ST.

Mots clefs : Traçabilité, Agroalimentaire, Conception, Analyse fonctionnelle, Performance, Système d'information.

ABSTRACT

The various crisis, like mad cow disease, that have shaken the agri-food sector during the last years resulted in tightened regulations and standards on food safety. For instance, EC Regulation 178/2002 makes it mandatory that food companies be provided with means allowing them to trace and track their products. The present action-research aims at contributing to establish a methodological and conceptual framework to deal with food traceability issue. Our approach starts from applying the need functional analysis method to a traceability system (noted herein TS) in order to identify its beneficiaries, characterize its functions through a set of quantifiable assessment criteria. This functional stage is followed by a technical one in which we define and characterise technical functions performed by the TS so as to satisfy its beneficiaries' needs. For each technical function, solution examples and measurable assessment criteria are also provided. Subsequently, we suggest a generic data model describing the attributes and relationships between the informational objects handled by the TS. On these basis, we have developed a computer platform intended to recover traceability data and to pilot ST performance.

Key-words: Traceability, Agri-food, Design, Functional Analysis, Performance, Information System.

خلاصة

يعرف القطاع الفلاحي و الغذائي منذ بضع سنين أزمات صحية دفعت إلى تعزيز القوانين و كذا معايير الجودة المتعلقة بالسلامة الغذائية. في هذا الإطار، يعتبر القانون الأوروبي 2002/187، الذي يلزم كافة الفاعلين بالقطاع الفلاحي و الغذائي داخل الاتحاد بامتلاك وسائل تمكنهم من تتبع المنتجات التي يسوقونها، بمثابة النص الأكثر إثارة للجدل. يهدف هذا القانون، الذي دخل حيز التنفيذ منذ بداية العام 2005، إلى حماية الصحة العامة و ذلك من خلال التعرف على المواد التي قد تشكل خطراً على المستهلك و سحبها من السوق بسرعة. لكن أمام قلة المراجع العلمية المهمة بموضوع التتبع، يصعب على المقاولات المعنية بالأمر إيجاد مناهج دقيقة تعينها على إنشاء أنظمة تتبع ناجحة. أخذين هذا السياق بعين الاعتبار، نطمح من خلال هذه الأطروحة إلى المساهمة في بناء إطار تصوري و منهجي للتعامل مع هذه الإشكالية. من أجل هذا، انطلقنا من تحليل وظيفي بغية تحديد المستفيدين من نظام التتبع، دراسة حاجياتهم و اقتراح عدد من المؤشرات لقياس مدى قدرة هذا الأخير على إرضاءها. بعد ذلك، قمنا بإحصاء و وصف الوظائف التقنية المنجزة من طرف نظام التتبع مع تقديم بعض الأجهزة المناسبة لكل وظيفة. علماً بأن أغلبية تلك الوظائف تتعلق بجمع، تسجيل و خزن المعلومات التي تمكن من تتبع المنتجات، خصصنا أحد فصول الأطروحة لإنشاء نموذج الغاية منه توضيح طبيعة هذه المعلومات. على هذه الأسس، عملنا على بناء برنامج معلوماتي لاستغلال نظام التتبع و مراقبة فعاليته بشكل مستمر.

كلمات مفاتيح : تتبع المنتجات، القطاع الفلاحي و الغذائي، ابتكار، تحليل وظيفي، فعالية، نظام معلوماتي.

TABLE DES MATIERES

Dédicace.....	III
Remerciements.....	V
Résumé.....	VII
Abstract.....	VII
خلاصة.....	VII
Table des Matières.....	IX
Liste des Symboles et Abréviations.....	XIV
Liste des Figures.....	XVII
Liste des Tableaux.....	XXI

Introduction Générale - Contexte Général de la Thèse et Plan du Mémoire	23
1. Contexte général de la thèse.....	24
2. Plan du mémoire.....	25

Chapitre I - La Traçabilité des Produits Alimentaires : Une Problématique Industrielle Emergente.....

Industrielle Emergente	27
1. Caractéristiques du secteur agroalimentaire et leurs incidences en termes de traçabilité.....	28
1.1. Vue synthétique des caractéristiques du secteur agroalimentaire.....	28
1.2. La sécurité alimentaire dans un contexte de crises récurrentes.....	30
1.3. Diversité des contextes de production.....	32
1.4. Diversité des signes de qualité et d'attributs de confiance des produits.....	33
1.5. Description d'un processus typique de fabrication de produits alimentaires.....	34
2. Définitions de base liées au concept de traçabilité et ses différentes déclinaisons.....	35
2.1. Quelques définitions de base.....	35
2.2. Déclinaisons du concept de traçabilité.....	36
3. La traçabilité, une pratique ancestrale : Petit historique.....	40
4. La traçabilité, concept unique et multitude de champs de mise en œuvre.....	41
4.1. Management de la qualité.....	41
4.2. Gestion des risques.....	42
4.3. Gestion de la chaîne logistique.....	42
4.4. Conception.....	43
4.5. Métrologie.....	43
5. Les entreprises agroalimentaires face à différentes exigences en termes de traçabilité.....	43
5.1. Exigences réglementaires.....	44
5.2. Diversité des normes et standards.....	46
6. La traçabilité, une pratique génératrice de valeur.....	48
7. Quels outils pour la traçabilité ?.....	50
8. La traçabilité perçue par le consommateur.....	52
9. La traçabilité des produits alimentaires : Une problématique multidimensionnelle émergente.....	54
9.1. Quelle crédibilité pour les données de traçabilité ?.....	54
9.2. Nécessité d'un cadre conceptuel solide.....	54
9.3. La réglementation en cause ?.....	54
9.4. La traçabilité, quel coût ?.....	55
9.5. Jusqu' où tracer ?.....	55
9.6. Performance des systèmes de traçabilité.....	56
9.7. Quelques enjeux sociaux de la traçabilité.....	56
10. Synthèse et conclusions.....	56

Chapitre II - La Traçabilité au sein de la société Arrivé.....

1. La filière avicole : Un aperçu.....	60
1. Une présentation sommaire de la société Arrivé.....	61

1.1. Présentation générale.....	61
1.2. Gamme de produits.....	62
1.3. Circuits de distribution.....	63
2. Caractéristiques du processus de production de chez Arrivé.....	63
2.1. Périissabilité des produits.....	63
2.2. Opérations d'assemblage et de désassemblage.....	63
2.3. Multitude des attributs des produits.....	64
2.4. Arrivé face à différentes exigences en termes de traçabilité.....	65
2.5. Principe de gestion des flux de produits chez Arrivé.....	65
3. Description multidimensionnelle du système de traçabilité Arrivé.....	66
3.1. La dimension informationnelle du système de traçabilité Arrivé.....	68
3.2. La dimension process du système de traçabilité Arrivé.....	73
3.3. La dimension humaine du système de traçabilité Arrivé.....	74
4. Emergence du besoin d'amélioration du système de traçabilité.....	75
5. Arrivé, un contexte représentatif du secteur agroalimentaire.....	76
6. Synthèse et conclusion.....	77
Chapitre III - Analyse Critique du Terrain de Recherche : Diagnostic du Système de Traçabilité Arrivé.....	79
1. L'approche suivie pour le diagnostic.....	80
2. Synthèse des résultats du diagnostic.....	82
2.1. Points forts du système de traçabilité Arrivé.....	82
2.2. Points de vulnérabilité du système de traçabilité Arrivé.....	83
3. Bilan du diagnostic et reformulation du besoin de l'entreprise.....	94
4. Synthèse et conclusion.....	96
Chapitre IV - Formalisation de l'Objet de Recherche :.....	97
1. Rappel du contexte de la thèse.....	98
2. D'un besoin opérationnel à une problématique de recherche.....	98
2.1. Formulation et légitimation des questions de recherche.....	99
2.2. Positionnement de la problématique.....	101
3. Synthèse et conclusion.....	106
Chapitre V - Etat de l'Art :.....	107
1. Retour sur la problématique.....	108
2. Essai de cartographie des références sur la traçabilité des produits.....	108
3. A chacun sa définition de la traçabilité.....	111
4. Représentations et modèles des systèmes de traçabilité.....	114
4.1. Quelles représentations pour un système de traçabilité ?.....	114
4.2. Quels modèles pour un système de traçabilité ?.....	119
5. Evaluation de la performance des systèmes de traçabilité.....	128
5.1. Démarches d'évaluation des systèmes de traçabilité.....	128
5.2. Critères de performance des systèmes de traçabilité.....	132
6. Synthèse et conclusion.....	134
Chapitre VI - Démarche Suivie :.....	135
1. Rappel de la problématique de recherche.....	136
2. Démarche adoptée.....	137
2.1. Exploration du sujet : Etat des lieux et état de l'art.....	138
2.2. Analyse fonctionnelle du besoin et spécification fonctionnelle d'un ST.....	138
2.3. Analyse fonctionnelle technique et principes de conception d'un ST.....	140
2.4. Proposition d'un modèle de données générique d'un ST.....	141
2.5. Instrumentation et mise en œuvre des résultats : La plate-forme <i>Star Trace</i>	142
3. Synthèse et conclusion.....	142

Chapitre VII - Analyse fonctionnelle du besoin et spécification fonctionnelle d'un Système de traçabilité.....	143
1. Présentation de l'approche suivie.....	144
2. Définition des principaux concepts mobilisés.....	145
3. Délimitation du système et identification de ses milieux extérieurs.....	146
3.1. Notre définition du système de traçabilité.....	146
3.2. Milieux environnants du système de traçabilité.....	146
3.3. Bénéficiaires du système de traçabilité.....	148
4. Identification des fonctions de service du système de traçabilité.....	149
5. Un Cadre sémantique pour caractériser les fonctions de service du ST.....	153
6. Caractérisation des fonctions principales du ST.....	154
6.1. FP1: Mettre les données de traçabilité amont des produits à la disposition des Pouvoirs Publics..	154
6.2. FP2: Mettre les données de traçabilité interne des produits à la disposition des Pouvoirs Publics.	160
6.3. FP3: Mettre les données de traçabilité aval des produits à la disposition des Pouvoirs Publics.....	169
6.4. FP4: Mettre les données de traçabilité amont des produits à la disposition des clients.....	174
6.5. FP5: Mettre les données de traçabilité interne des produits à la disposition des clients.....	174
6.6. FP6: Mettre les données de traçabilité aval des produits à la disposition des clients.....	175
6.7. FP7: Mettre les données de traçabilité aval des produits à la disposition des fournisseurs.....	176
6.8. FP8: Mettre les données de traçabilité amont des produits à la disposition des bénéficiaires internes.....	176
6.9. FP9: Mettre les données de traçabilité interne des produits à la disposition des bénéficiaires internes.....	177
6.10. FP10: Mettre les données de traçabilité aval des produits à la disposition des bénéficiaires internes.....	178
6.11. FP11: Mettre les données de traçabilité amont des produits à la disposition du consommateur final.....	178
6.12. FP12: Mettre les données de traçabilité interne des produits à la disposition du consommateur final.....	179
7. Caractérisation des fonctions d'adaptation du ST.....	180
7.1. FA1: Répondre aux exigences réglementaires en matière de traçabilité.....	180
7.2. FA2: Répondre aux exigences normatives en matière traçabilité.....	180
8. Synthèse et conclusion.....	181
Chapitre VIII - Analyse Fonctionnelle Technique et Principes de Conception d'un Système Traçabilité.....	183
1. Présentation de l'approche suivie.....	184
1.1. Introduction.....	184
1.2. Présentation de la méthode FAST.....	185
2. Identification des fonctions techniques du système de traçabilité.....	188
2.1. Construction du diagramme FAST du système de traçabilité.....	189
2.2. Synthèse et ordonnancement des fonctions techniques du ST.....	200
3. Cadre théorique pour caractériser les fonctions techniques du ST.....	200
4. Caractérisation des fonctions techniques du ST.....	203
4.1. FT1 : Créer les lots de produits.....	204
4.2. FT2 : Créer les identifiants des lots de produits.....	205
4.3. FT3: Marquer l'identifiant directement sur le produit.....	209
4.4. FT4 : Utiliser des supports d'identification.....	211
4.5. FT5: Collecter les données de traçabilité des produits.....	215
4.6. FT6: Générer les données de traçabilité des produits.....	225
4.7. FT7: Enregistrer les données de traçabilité sur un support externe au produit.....	226
4.8. FT8: Restituer les données de traçabilité des produits.....	232
4.9. FT9 : Communiquer les données de traçabilité des produits.....	238
5. Synthèse et conclusion.....	242
Chapitre IX - Proposition d'un Modèle de Données Générique pour la Gestion des Données de Traçabilité.....	245
1. Introduction : Pourquoi un modèle de données de traçabilité ?.....	246
2. Présentation de l'approche suivie.....	247
3. Quelles données pour la traçabilité ?.....	250

4. Construction du modèle de données de traçabilité.....	253
4.1. La traçabilité des caractéristiques des articles	253
4.2. La traçabilité des lots de produits	255
4.3. La notion d'Unité de Ressource Traçable	256
4.4. La traçabilité de l'emplacement des produits.....	258
4.5. La traçabilité de l'origine des produits	260
4.6. La traçabilité de la destination des produits	262
4.7. La traçabilité des opérations de production.....	262
4.8. La traçabilité des lieux et des responsables de production.....	263
4.9. La traçabilité des événements particuliers.....	264
5. Récapitulation : Assemblage du modèle	264
6. Synthèse et conclusion	266
Chapitre X - Instrumentation et Mise en Œuvre des Résultats : La Plate-forme	
Star Trace.....	267
1. Présentation générale de la plate-forme Star Trace.....	268
2. Du modèle conceptuel de données à une base de données de traçabilité.....	269
3. L'interface de restitution des données de traçabilité.....	271
3.1. Restitution des données de traçabilité amont.....	272
3.2. Restitution des données de traçabilité interne.....	276
3.3. Restitution des données de traçabilité aval.....	280
3.4. Restitution des données relatives à la localisation des produits	282
4. Le tableau de bord du système de traçabilité	284
4.1. Authenticité de la traçabilité amont.....	285
4.2. Exhaustivité de la traçabilité amont	288
4.3. Précision de la traçabilité amont	289
4.4. Rapidité de la traçabilité amont	290
5. Outils pour l'amélioration continue du système de traçabilité.....	291
5.1. Procédure d'audit	292
5.2. Suivi des audits.....	292
5.3. Suivi des actions correctives du ST	294
5.4. Outils divers pour la traçabilité	297
6. Analyse critique et perspectives de la plate-forme Star Trace.....	300
6.1. Le module de restitution des données de traçabilité	301
6.2. Le module du tableau de bord du système de traçabilité.....	303
6.3. Le module de progrès continu du système de traçabilité.....	304
7. Synthèse et conclusion	304
Conclusion Générale - Bilan et Perspectives de la Thèse.....	307
1. Bilan global de la thèse	308
2. Regard critique sur les résultats de la thèse	309
3. Perspectives de la thèse.....	311
Références Bibliographiques.....	313
Annexes.....	325

LISTE DES SYMBOLES ET ABREVIATIONS

- ◆ **AB** - Agriculture Biologique
- ◆ **ACTA** - Association de Coordination Technique Agricole
- ◆ **ACTIA** - Association de Coordination Technique pour l'Industrie Agroalimentaire
- ◆ **AFAV** - Association Française pour l'Analyse de la Valeur
- ◆ **AFB** - Analyse Fonctionnelle du Besoin
- ◆ **AFNOR** - Association Française de Normalisation
- ◆ **AFSSA** - Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments
- ◆ **AFT** - Analyse Fonctionnelle Technique
- ◆ **AMDEC** - Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leur Criticité
- ◆ **AOC** - Appellation d'Origine Contrôlée
- ◆ **APVF** - Association Pour la Volaille Française
- ◆ **ASCII** - American Standard Code for Information Interchange
- ◆ **BdD** - Base de Données
- ◆ **BNM** - Bureau Nationale de Métrologie
- ◆ **BPM** - Business Process Modeling
- ◆ **BRC** - British Retail Consortium
- ◆ **BTA** - Bioterrorism Act's Notice Requirement for Food Imports
- ◆ **CATE** - Comprendre, Analyser, Tester et Evaluer
- ◆ **CCP** - Critical Control Point
- ◆ **CIFRE** - Conventions Industrielles de Formation par la REcherche
- ◆ **COFRAC** - COmité FRançais d'Accréditation
- ◆ **CRC** - Cyclic Redundancy Check
- ◆ **CT** - Critère (d'appréciation) Technique
- ◆ **DDCCRF** - Direction Départementale de la Concurrence, la Consommation et la Répression des Fraudes
- ◆ **DDSV** - Direction Départementale des Services Vétérinaires
- ◆ **DGAL** - Direction Générale de l'Alimentation
- ◆ **DLC** - Date Limite de Consommation
- ◆ **DLU** - Date Limite d'Utilisation
- ◆ **DLUO** - Date Limite d'Utilisation Optimale
- ◆ **EAN** - European Article Numbering
- ◆ **EDI** - Electronic Data Interchange
- ◆ **EFSA** - European Food Safety Authority
- ◆ **EFSIS** - European Food Safety Inspection Service

- ◆ **ERP** - Enterprise Resource Planning
- ◆ **ESB** - Encéphalopathie Spongiforme Bovine
- ◆ **FA** - Fonction d'Adaptation
- ◆ **FAST** - Function Analysis System Technique
- ◆ **FIA** - Fédération des Industries Avicoles
- ◆ **FIFO** - First In First Out
- ◆ **FIPS199** - Standards for Security Categorization of Federal Information and Information Systems
- ◆ **FP** - Fonction Principale
- ◆ **FPG** - Fonction Principale Générique
- ◆ **FT** - Fonction Technique
- ◆ **GMS** - Grandes et Moyennes Surfaces
- ◆ **RHD** - Restauration Hors Domicile
- ◆ **CHR** - Café Hôtel Restaurant
- ◆ **GP** - Gestion de la Production
- ◆ **GPAO** - Gestion de la Production Assistée par Ordinateurs
- ◆ **GTIN** - Global Trade Item Number
- ◆ **HACCP** - Hazard Analysis and Critical Control Point
- ◆ **HTML** - Hyper Text Markup Language
- ◆ **IAA** - Industries Agro-Alimentaires
- ◆ **IFS** - International Food Standard
- ◆ **IGP** - Indication Géographique Protégée
- ◆ **INSEE** - Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques
- ◆ **InVS** - Institut de Veille Sanitaire
- ◆ **ISBN** - International Standard Book
- ◆ **ISO** - International Standards Organisation
- ◆ **MDD** - Marque de Distributeur
- ◆ **MES** - Manufacturing Execution System
- ◆ **NZTE** - New Zealand Trade and Enterprise
- ◆ **OF** - Ordre de Fabrication
- ◆ **OGM** - Organisme Génétiquement Modifié
- ◆ **OMT** - Object Modeling Technique
- ◆ **ONG** – Organisation Non Gouvernementale
- ◆ **OOSE** - Object Oriented Software Engineering
- ◆ **OP** - Ordre de Production
- ◆ **PHP** - Hypertext Preprocessor
- ◆ **PLM** - Product Lifecycle Management

- ◆ **PME** - Petites et Moyennes Entreprises
- ◆ **QR** - Quick Response (Code)
- ◆ **RAM** - Random Access Memory
- ◆ **REGAT** – Réseau Glon Arrivé Traçabilité
- ◆ **RFID** - Radio Frequency Identification
- ◆ **ROI** - Return on Investment
- ◆ **RTT**- Réduction du Temps de Travail
- ◆ **SC**- Supply MES Execution
- ◆ **SCEM** -Supply Chain Event Management
- ◆ **SIQO** - Signes d'Identification de la qualité et de l'Origine
- ◆ **SQF** - Safe Quality Food
- ◆ **SQL** - Structured Query Language
- ◆ **SRI** - Système de Recherche d'Information
- ◆ **SSCC** - Serial Shipping Container Code
- ◆ **ST**- Système de Traçabilité
- ◆ **TLF** - Trésor de la Langue Française
- ◆ **TOVE** - TOronto Virtual Enterprise
- ◆ **TRU** - Traceable Resource Unit
- ◆ **UML** - Unified Modeling Language
- ◆ **URL** - Uniform Resource Locator
- ◆ **URT** - Unité de Ressource Traçable
- ◆ **UVC** - Unité de Vente au Consommateur
- ◆ **XML** - eXtended Markup Language

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 - La sécurité sanitaire dans une chaîne alimentaire (adapté de la référence [Wiklund et al., 2002])	32
Figure 1.2 - Représentation tridimensionnelle d'un processus typique de fabrication alimentaire	34
Figure 1.3 - Illustration des concepts de traçabilité amont/aval et traçabilité ascendante/descendante	38
Figure 1.4 - Scène de tatouage d'animaux en ancienne Egypte	41
Figure 1.5 - Evolution du marché de la traçabilité en Europe (en Mds d'€) d'après TraceneWS [TraceneWS, 2005].....	52
Figure 1.6 - Notoriété de la traçabilité d'après l'enquête GS1 [GS1, 2007]	53
Figure 2.1 - Schéma simplifié de la filière avicole.....	60
Figure 2.2 - Localisation des sites de production Arrivé.....	62
Figure 2.3 - Structure de l'offre de produits Arrivé.....	62
Figure 2.4 - Circuits de distribution des produits Arrivé.....	63
Figure 2.5 - Diagramme simplifié du process de découpe de poulets	64
Figure 2.6 - Diagramme simplifié du process de fabrication de <i>Coq'Ailes</i>	64
Figure 2.7 - Principaux critères de différenciation des produits chez Arrivé	65
Figure 2.8 - Modèle de données très simplifié de la gestion de production chez Arrivé	66
Figure 2.9 - Copie d'un écran de déstockage des entrants d'un OF	70
Figure 2.10 - Copie d'un écran de déclaration des sortants d'un OF.....	71
Figure 2.11 - Illustration de l'enchaînement des OF	71
Figure 2.12 - Principe des liens entre OF pères et OF fils.....	72
Figure 2.13 - Saisie des critères d'interrogation	72
Figure 2.14 - Liste des OF répondants aux critères de recherche	73
Figure 2.15 - Diagramme UML <i>use case</i> du système de traçabilité Arrivé.....	75
Figure 3.1 - Identification d'un sachet de <i>Coq'Ailes</i>	83
Figure 3.2 - Les identifiants de certaines UVC sont inconnus dans l'outil de restitution de la traçabilité	84
Figure 3.3 - Reformulation de la requête.....	84
Figure 3.4 - Exemple illustrant deux lots d'un même produit ayant la même DLU	85
Figure 3.5 - Extrait d'un questionnaire destiné aux utilisateurs du système de traçabilité	88
Figure 3.6 - Trame de description des points de vulnérabilité du système de traçabilité	88
Figure 3.7 - Schéma illustrant une rupture de traçabilité.....	90
Figure 3.8 - Impossible de savoir avec précision de quel lot proviennent les produits expédiés au client A	92
Figure 4.1 - Positionnement de la thématique de traçabilité des produits alimentaires.....	102
Figure 4.2 - Répartition approximative des nos rôles sur le terrain de recherche	105
Figure 5.1 - Répartition des références par type de publication	109
Figure 5.2 - Répartition des références en fonction des aspects couverts	111
Figure 5.3 - Illustration de l'approche FoodPrint (D'après [Verdenius, 2006])	116
Figure 5.4 - Les deux niveaux de traçabilité définis par la NZTE [NZTE, 2006]	117
Figure 5.5 - La pyramides des informations selon la NZTE [NZTE, 2006].....	118
Figure 5.6 - Les quatre piliers du ST (Adapté de [Regattieri et al., 2007])	119
Figure 5.7 - Structure fondamentale d'un ST selon Moe [Moe, 1998]	120
Figure 5.8 - Le modèle du ST proposé par Van Dorp [Van Dorp, 2004]	122
Figure 5.9 - Exemple d'une brique générique du modèle du ST proposé par Dupuy [Dupuy, 2004]	123
Figure 5.10 - Le modèle du <i>Holon</i> d'après Terzi [Terzi, 2005]	124
Figure 5.11 - Le modèle du ST proposé par Terzi [Terzi, 2005]	125
Figure 5.12 - Le modèle du système de T d'une unité de production de tomates épluchées (D'après [Hulzebos et Koenderink, 2006]).....	126
Figure 5.13 - Modélisation de la dispersion des lots d'après Dupuy [Dupuy, 2004].....	130
Figure 6.1 - Schéma représentant une étape type de la démarche	137
Figure 6.2 - Schéma illustrant les principales étapes de la démarche adoptée	139
Figure 7.1 - Le ST et ses milieux environnants.....	147
Figure 7.2 - Les trois dimensions de la traçabilité (traduit et adapté de [EAN, 2003])	150
Figure 7.3 - Diagramme <i>pieuvre</i> du système de traçabilité	152
Figure 7.4 - Contextualisation de la fonction FP1	155
Figure 7.5 - Echelle d'évaluation de l'exhaustivité de la traçabilité amont	156
Figure 7.6 - Modélisation de la dispersion d'après Dupuy [Dupuy, 2004].....	166
Figure 7.7 - Contextualisation de la fonction FP3.....	170
Figure 7.8 - Echelle d'évaluation de l'exhaustivité de la traçabilité aval.....	171
Figure 8.1 -Modèle d'organisation des activités de conception d'après [Prudhomme et al., 2003]	184
Figure 8.2 - Le principe d'extension d'un diagramme FAST d'après Yannou [Yannou, 1998]	186
Figure 8.3 - Modèle de base de la méthode FAST	187

Figure 8.4 - Modèle de cycle de vie d'un produit (traduit de [Terzi, 2005]).....	188
Figure 8.5– Squelette du diagramme FAST de la fonction principale générique.....	190
Figure 8.6 – Identification de la fonction F1.....	190
Figure 8.7 – Identification de la fonction F2.....	191
Figure 8.8 – Identification de la fonction F3.....	191
Figure 8.9 – Identification des fonctions F4 et F5.....	192
Figure 8.10 - Identification de la fonction F6.....	193
Figure 8.11 - Identification des fonctions F7 et F8.....	194
Figure 8.12 - Identification de la fonction F9.....	195
Figure 8.13 – Identification des fonctions F10 et F11.....	195
Figure 8.14 - Identification des fonctions F12 et F13.....	196
Figure 8.15 – Identification de la fonction F13.....	197
Figure 8.16 – Identification de la fonction F15.....	198
Figure 8.17 – Diagramme FAST du système de traçabilité.....	199
Figure 8.18 - Processus typique de production des données d'après Yang et Strong [Chao et al., 2007].....	203
Figure 8.19 - Evolution des coûts en fonction de la taille des lots.....	205
Figure 8.20 - Tatouage de l'identifiant sur l'oreille d'un veau d'après Elbert [Ebert, 2006].....	210
Figure 8.21 - Marquage par jet d'encre sur un œuf.....	209
Figure 8.22 - Marquage par jet d'encre sur une boîte de conserve.....	210
Figure 8.23 - Modèle de boucle (d'oreille) d'identification bovine N98 [IDE, 2004].....	212
Figure 8.24 - Processus d'acquisition des données de traçabilité.....	218
Figure 8.25 - Les principales composantes du coût d'acquisition des données de traçabilité.....	223
Figure 8.26 - Les trois dimensions de la sécurité des données.....	229
Figure 8.27 – Echelle d'évaluation du critère CT 15.....	231
Figure 8.28 - Evolution du prix de stockage d'après Morris et Truskowski [Morris et Truskowski, 2003].....	232
Figure 8.29 - Les quatre dimensions de la recherche d'information d'après Belkin et al [Belkin et al., 1993].....	233
Figure 8.30 - Caractérisation de la fonction technique FT8.....	234
Figure 8.31- Modèle général d'un système de recherche d'information selon Tannier [Tannier, 2006].....	235
Figure 8.32 - Illustration du caractère contradictoire de la précision et du rappel d'après [de Loupy, 2000].....	236
Figure 8.33 - Illustration du processus de restitution des données de traçabilité.....	237
Figure 8.34 - Modèle général d'un système de communication d'après Shannon et Weaver [Shannon et Weaver, 1949].....	239
Figure 8.35 - Modèle d'un système de communication basé sur la théorie de Losee [Losee, 1999].....	240
Figure 9.1 – Mise en évidence des trois catégories des fonctions techniques du ST.....	246
Figure 9.2 – Les deux composantes du langage UML et la sémantique associée [Muller et Gaertner, 2000].....	248
Figure 9.3 – Vue d'ensemble des différents types de diagrammes UML.....	248
Figure 9.4 – Illustration des notations de base d'un diagramme de classe UML.....	249
Figure 9.5 - Notre classification des données de traçabilité selon trois axes.....	252
Figure 9.6 - Copie d'écran illustrant les différentes classes de données de traçabilité sur un cas réel.....	253
Figure 9.7 – Modèle UML de la classe <i>Article</i>	254
Figure 9.8 – Illustration de la notion de <i>lot de référence</i>	255
Figure 9.9 – Modèle UML de la classe <i>Lot</i>	256
Figure 9.10 – Modélisation de l'Unité de Ressource Traçable.....	257
Figure 9.11 – Modélisation de l'héritage entre l'URT d'une part et l'article et le lot d'autre part.....	258
Figure 9.12 – Les liens entre sites, dépôts et emplacements.....	259
Figure 9.13 – Le formalisme UML des liens entre sites, dépôts et emplacements.....	259
Figure 9.14 – Modélisation du lien entre une URT et son emplacement.....	260
Figure 9.15 – Modélisation des URT achetées, URT produites et URT vendues.....	261
Figure 9.16 – Le lien entre l'URT achetée et le fournisseur.....	261
Figure 9.17 – Le lien entre l'URT vendue et le client.....	262
Figure 9.18 – Les liens entre les URT et les opérations qu'elles subissent.....	263
Figure 9.19 – Le lien entre l'ordre de production, le lieu de production et le responsable de production.....	264
Figure 9.20 – Modèle UML de la classe <i>Evénement Particulier</i>	264
Figure 9.21 – Notre modèle générique de données de traçabilité.....	265
Figure 10.1 - La page d'accueil de la plate-forme Star Trace.....	268
Figure 10.2– Le schéma relationnel de la base de données générée à partir du modèle de données de traçabilité.....	270
Figure 10.3 – Page d'accueil du module de restitution des données de traçabilité.....	272
Figure 10.4 – Formulaire de saisie d'une requête de traçabilité amont.....	273
Figure 10.5 – Résultats de la requête de traçabilité amont.....	273
Figure 10.6 – <i>Pop-up</i> affichant les détails d'un article.....	274
Figure 10.7 – Détails et généalogie d'un lot.....	274

Figure 10.8 – Détails et généalogie d'un lot (suite)	275
Figure 10.9 – Affichage de la généalogie d'un lot en plein écran	275
Figure 10.10 – Formulaire de saisie d'une requête de traçabilité interne.....	276
Figure 10.11 – Liste des ordres de production répondant aux critères de recherche.....	277
Figure 10.12 – Les détails d'un ordre de production.....	277
Figure 10.13 – Affichage du libellé d'une opération en survolant l'OP par la souris	278
Figure 10.14 – Les détails d'un autre ordre de production.....	278
Figure 10.15 – Montée d'un ordre de production	279
Figure 10.16 – Données sur les entrants d'un ordre de production	279
Figure 10.17 – Détails et généalogie d'un lot entrant dans un ordre de production	280
Figure 10.18 – Formulaire de saisie d'une requête de traçabilité aval	281
Figure 10.19 – Résultats d'une requête de traçabilité aval.....	281
Figure 10.20 – <i>Pop-up</i> affichant les détails d'un client.....	282
Figure 10.21 – Formulaire de saisie d'une requête sur la localisation des produits	282
Figure 10.22 – Résultats d'une requête sur la localisation des produits.....	283
Figure 10.23 – <i>Pop-up</i> affichant les détails d'un article en stock	283
Figure 10.24 – <i>Pop-up</i> affichant les détails d'un emplacement	283
Figure 10.25 – Page d'accueil du tableau de bord du système de traçabilité	284
Figure 10.26 – Indicateurs de performance liés à la traçabilité amont	285
Figure 10.27 – Liste déroulante proposant le choix de l'action à effectuer.....	285
Figure 10.28 – Liste des règles d'authenticité.....	286
Figure 10.29 – Fenêtre d'édition des règles d'authenticité	286
Figure 10.30 – Liste des règles d'authenticité mise à jour	287
Figure 10.31 – Actualisation de la valeur de l'authenticité de la traçabilité amont	287
Figure 10.32 – Echelle de mesure de l'exhaustivité de la traçabilité amont	288
Figure 10.33 – Nouvelle évaluation de la valeur de l'exhaustivité de la traçabilité amont	289
Figure 10.34 – Illustration de la précision de la traçabilité amont par la théorie des ensembles.....	289
Figure 10.35 – Formulaire de saisie du temps de réponse d'une requête typique sur la traçabilité amont	290
Figure 10.36 – Formulaire de lancement d'une requête sur la traçabilité amont	291
Figure 10.37 – Page d'accueil du module <i>Progrès Continu de la Traçabilité</i>	292
Figure 10.38 – Suivi des audits du système de traçabilité.....	293
Figure 10.39 – Enregistrement d'un nouvel audit	293
Figure 10.40 – Mise à jour de l'interface de suivi des audits.....	294
Figure 10.41 – Suivi des actions correctives du système de traçabilité.....	295
Figure 10.42 – Enregistrement d'une nouvelle anomalie.....	295
Figure 10.43 – Mise à jour de la liste des anomalies.....	296
Figure 10.44 – Enregistrement d'une nouvelle action corrective.....	296
Figure 10.45 – Changement de statut de l'anomalie N°10.....	297
Figure 10.46 – Outils divers pour la gestion du système de traçabilité	298
Figure 10.47 – Interface de calcul des bilans matière	298
Figure 10.48 – Interface de simulation de rappels et retraits.....	300
Figure 10.49 – Flexibilité dans la spécification d'un critère de recherche	302
Figure 10.50 - Valeurs minimale, cible et maximale d'un indicateur de performance	303
Figure 11.1 - Répartition des références citées dans ce mémoire	310
Figure 13.1 - Page d'accueil Integral Traçabilité.....	328
Figure 13.2 -Ecran de saisie des critères d'interrogation.....	328
Figure 13.3 - Saisie des critères d'interrogation	329
Figure 13.4 - Liste des OF répondant aux critères d'interrogation	329
Figure 13.5 - Données générales sur l'OF	330
Figure 13.6 - Montée d'un OF	330
Figure 13.7 - Descente d'un OF	331
Figure 13.8 - Données générales sur un OF de niveau n+1	331
Figure 13.9 - Liste des OF de niveau n+2	332
Figure 13.10 - Fonction permettant d'accéder aux clients.....	332
Figure 13.11 - Données sur les clients	333
Figure 13.12 - Données générales sur l'entrant de l'OF.....	333
Figure 13.13 - Identifiants des lots entrants	334
Figure 13.14 - Détails d'un entrant.....	334
Figure 13.15 - Liste des sortants de l'OF.....	335
Figure 13 -16: Détails d'un sortant	335

Figure 13.17 - Données sur l'équipe ayant traité l'OF	336
Figure 13.18 - Ecran affichant d'éventuels commentaires sur l'OF	336
Figure 13.19 - Détails complémentaires sur l'OF	337
Figure 13.20 - Aucun résultat car l'OF n'est pas enchaîné	337
Figure 13.21 - Schéma illustrant l'enchaînement des OF	338
Figure 13.22 - Exemple d'un OF enchaîné	338
Figure 13.23 - Enchaînement d'OF	339
Figure 13.24 - Exemple d'étiquette bac	340
Figure 13.25 - exemple d'étiquette palette	340
Figure 13.26 - Exemple d'étiquette colis	341
Figure 13.27 - Exemple d'étiquette UVC	341
Figure 13.28 - Exemple de N° de lot imprimé sur une UVC	341
Figure 13.29 - Ecran de saisie des critères d'interrogation	343
Figure 13.30 - Liste des OF de préparation de commandes	343
Figure 13.31 - Copie d'écran montrant l'absence de quantités commandées	344
Figure 13.32 - Copie d'écran montrant l'absence de la DLC	344
Figure 13.33 - Les entrants de l'OF	345
Figure 13.34 - Les sortants de l'OF	345
Figure 13.35 - Entrant de l'OF de conditionnement	346
Figure 13.36 - Sortants de l'OF de conditionnement	346
Figure 13.37 - L'OF fils de départ	347
Figure 13.38 - OF père identique à l'OF fils !	347
Figure 13.39 - Illustration du problème de l'OF en boucle	347
Figure 13.40 - Exemple de données aberrantes	348
Figure 13.41 - Exemple d'OF dont la date de début est postérieure à la date de fin	349
Figure 13.42 - OF de conditionnement de Coq Ailes	350
Figure 13.43 - Transfert Inter-sites de Chavagnes à Saint Fulgent	350
Figure 13.44 - Exemple de rupture de traçabilité	351
Figure 13.45 - Une partie des lots déstockés pour un OF de préparation de commandes	352
Figure 13.46 - Une partie des clients destinataires des commandes préparées	353

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1 - Quelques caractéristiques du secteur agroalimentaire et leurs incidences en terme de traçabilité	29
Tableau 1.2 - Quelques exemples de crises alimentaires médiatisées	31
Tableau 1.3 - Evolution des exploitations sous SIQO (d'après Sylvander et al. [Sylvander et al., 2004])	34
Tableau 1.4 - Quelques textes réglementaires en matière de traçabilité à travers le monde	45
Tableau 1.5 - Quelques extraits de normes portant sur la traçabilité des produits alimentaires	47
Tableau 1.6 - Quelques façons de valoriser un système de traçabilité par une entreprise	50
Tableau 1.7 – Une cartographie des outils de traçabilité.....	51
Tableau 2.1 - Outils informatiques Arrivé et leurs rôles par rapport à la traçabilité	69
Tableau 2.2 - Les différents types d'identifiants utilisés chez Arrivé.....	70
Tableau 2.3 - Les différents groupes utilisateurs du système de traçabilité	75
Tableau 2.4 - Arrivé, un cas représentatif du secteur agroalimentaire	77
Tableau 3.1 – Axes d'analyse du système de traçabilité Arrivé.....	80
Tableau 3.2 – Caractérisation du problème des données manquantes.....	89
Tableau 3.3 – Caractérisation des ruptures de traçabilité.....	90
Tableau 3.4 – Caractérisation des anomalies liées aux données erronées	91
Tableau 3.5 – Caractérisation des ruptures de traçabilité.....	93
Tableau 3.6 – Caractérisation de la lenteur de restitution des données de traçabilité	94
Tableau 4.1 - Légitimation de notre problématique de recherche	101
Tableau 4.2 - Principaux acteurs impliqués dans notre recherche-action	104
Tableau 5.1 - Essai de catégorisation des références selon les aspects couverts	110
Tableau 5.2 - Compilation d'un ensemble de définitions proposées à travers la littérature	113
Tableau 5.3 - Fonctions et orientations d'un ST (Adapté d'après [Verdenius, 2006])	115
Tableau 5.4 - Comparaison des trois modèles de données selon les critères de Moody [Moody, 1998; Moody, 2003] ..	127
Tableau 5.5 - Extrait de l'approche de diagnostic proposée par Fabbe-Costes et Lemaire [Fabbe-Costes et Lemaire, 2001].....	128
Tableau 5.6 - Goulets d'étranglement définis par Koenderink et Hulzebos [Koenderink et Hulzebos, 2006]	130
Tableau 5.7- Quelques critères de performance du ST définis dans la littérature	133
Tableau 6.1 - Caractérisation de la troisième étape de notre approche sur l'analyse fonctionnelle du besoin.....	140
Tableau 6.2 - Caractérisation de la quatrième étape de notre approche sur l'analyse fonctionnelle technique.....	141
Tableau 6.3 - Caractérisation de la cinquième étape de notre approche de proposition d'un modèle de données générique d'un ST ..	141
Tableau 6.4 - Caractérisation de la sixième étape de notre approche portant sur la plate-forme Star Trace.....	142
Tableau 7.1 - Caractérisation de la démarche suivie dans ce chapitre	144
Tableau 7.2 – Définition des principaux concepts utilisés	145
Tableau 7.3 – Bénéficiaires du système de traçabilité et les services qu'il leur rend	149
Tableau 7.4 – Expression des fonctions principales du ST	150
Tableau 7.5 – Présentation matricielle des fonctions principales du ST	151
Tableau 7.6 – Expression des fonctions d'adaptation du ST.....	151
Tableau 7.7 - Les deux catégories d'informations de traçabilité amont	156
Tableau 7.8 - Illustration de la quantification de l'exhaustivité de la traçabilité amont.....	157
Tableau 7.9 - Modèle de fiche d'évaluation de l'authenticité de la traçabilité amont.....	158
Tableau 7.10 - Modèle de fiche d'évaluation de la rigueur du ST	165
Tableau 7.11 - Paramètres conditionnant la précision de la traçabilité interne	167
Tableau 7.12 - Influence des trois paramètres sur la précision du ST	168
Tableau 7.13 - Quantification de la précision de la traçabilité interne chez Arrivé	169
Tableau 7.14 - Les deux catégories d'informations de traçabilité aval	170
Tableau 7.15 - Quelques apports du ST aux bénéficiaires internes.....	177
Tableau 8.1 - Caractérisation de la quatrième étape de notre approche sur l'analyse fonctionnelle technique.....	185
Tableau 8.2 - Liste des neuf fonctions techniques du ST	200
Tableau 8.3 - Les dimensions de la qualité des données selon Wang et Strong [Sudarsan et al., 2005]	202
Tableau 8.4 - Echelle d'évaluation de la signifiante des identifiants des lots.....	207
Tableau 8.5 - Avantages et inconvénients de la fonction FT3 par rapport à la fonction FT2	211
Tableau 8.6 - Exemples de supports d'identification automatique	212
Tableau 8.7 - Capacité de stockage de quelques supports d'identification	215
Tableau 8.8 – Coûts de quelques supports d'identification.....	215
Tableau 8.9 – Comparaison des trois modes de collecte des données de traçabilité	216
Tableau 8.10 - Variations du critère CT12 selon différents cas de figure	222
Tableau 8.11 - Exemples d'outils de génération de données de traçabilité	226
Tableau 8.12 - Tableau comparatif des fonctions FT4 et FT7	227
Tableau 8.13 - Principales familles de progiciels assurant des fonctionnalités de traçabilité	228

Tableau 9.1 - Caractérisation de la cinquième étape de notre approche dédiée à la proposition d'un modèle de données générique d'un ST	247
Tableau 9.2 - Quelques manières de catégoriser les données de traçabilité d'après la littérature	251
Tableau 9.3 – Confrontation de notre modèle aux critères de Moody [Moody, 1998; Moody, 2003]	266
Tableau 13.1 - Cas d'étude illustrant la traçabilité d'un flux de produits	327
Tableau 13.2 - Synthèse de la description tridimensionnelle du système de traçabilité Arrivé	342
Tableau 13.3 - Types de non conformités pouvant impliquer un rappel de produits alimentaires	356
Tableau 13.4 - Exemple de fiche d'évaluation de l'authenticité de la traçabilité interne	357
Tableau 13.5 - Exemple de fiche d'évaluation de la dispersion descendante des entrants	358
Tableau 13.6 - Exemple de fiche d'évaluation de la dispersion ascendante des sortants	359
Tableau 13.7 -Caractéristiques des codes barres et des étiquettes RFID	360
Tableau 13.8 - Quelques attributs de la qualité des données rencontrés dans la littérature.....	361
Tableau 13.9 - Principales menaces humaines aux systèmes d'information d'après Stoneburner et al. [Stoneburner et al., 2002]	362

INTRODUCTION GENERALE

Contexte Général de la Thèse et Plan du Mémoire

L'observation recueille les faits; la réflexion les combine; l'expérience vérifie le résultat de la combinaison.

Denis Diderot - Ecrivain et philosophe français (1713 – 1784)

En guise d'introduction du présent mémoire, nous commençons par une description succincte du contexte général dans lequel se sont déroulés nos travaux de thèse (Section 1) avant de présenter le plan de lecture du manuscrit (Section 2).

1. Contexte général de la thèse

Depuis quelques années, les entreprises du secteur agroalimentaire sont confrontées à un ensemble d'enjeux auxquels elles doivent répondre sous peine de mettre leur pérennité en péril. Parmi ces enjeux, figurent les exigences de plus en plus draconiennes en matière de sécurité alimentaire. En effet, afin de faire face aux crises alimentaires récurrentes qui frappent ce secteur de plein fouet, telles que l'ESB (connue sous le nom de la maladie de la vache folle) ou la grippe aviaire, les Pouvoirs publics des différents pays ont renforcé leurs législations alimentaires. L'exemple le plus connu et le plus cité est le règlement CE 178/2002 qui impose, entre autres, aux acteurs des filières agroalimentaires de l'Union Européenne d'assurer la traçabilité des denrées qu'ils mettent sur le marché. D'après les normes ISO 9000 (2000), la traçabilité désigne *l'aptitude à retrouver l'historique, la mise en œuvre ou l'emplacement de ce qui est examiné*. L'objectif de ce règlement étant d'assurer la sécurité des consommateurs et de garantir la loyauté des transactions commerciales. Ainsi, dans le cas d'une crise alimentaire résultant de la commercialisation d'un produit susceptible de porter atteinte à la santé publique, la traçabilité permet d'identifier les lots incriminés et de les localiser sur la chaîne alimentaire afin de les y retirer. Elle permet également de déterminer l'origine du problème (contamination microbienne ou chimique, actions frauduleuses, etc.) et cerner les responsabilités des acteurs impliqués. L'une des particularités de cette législation, entrée en vigueur depuis le premier janvier 2005, réside dans le fait qu'elle stipule une obligation de résultats sans préciser les moyens à déployer pour y parvenir. Par conséquent, les entreprises agroalimentaires, constituées en grande majorité de PME, ont beaucoup de mal à s'y retrouver d'autant plus que rares sont encore les travaux de recherche qui traitent en profondeur de cette problématique.

Dans cette dynamique, les grands distributeurs ont, de leur côté, renforcé leurs cahiers de charges vis-à-vis de leurs fournisseurs avec des clauses et des exigences relatives à la sécurité alimentaire, et plus particulièrement à la traçabilité. Nous assistons, ainsi, à l'émergence d'un ensemble de normes privées auxquelles doivent souscrire notamment les entreprises qui fabriquent des produits à marque de distributeur (MDD). L'IFS (*International Food Standard*) et le BRC (*British Retail Consortium*) en constituent des exemples. En l'espace de quelques années, la traçabilité est donc devenue un enjeu stratégique majeur pour les entreprises agroalimentaires.

Si l'actualité, notamment la couverture médiatique de la dernière crise de la vache folle, a propulsé le concept de traçabilité au devant de la scène, le principe sous-jacent a toujours été une pratique plus ou moins courante dans les entreprises. En effet, hormis les préoccupations relevant de la sécurité sanitaire, une certaine forme de traçabilité est toujours nécessaire de par les caractéristiques de certains produits alimentaires. A titre d'exemple, lorsque nous avons affaire à un fromage AOC (Appellation d'Origine Contrôlée) ou à un poulet préparé selon le rituel Halal, il est difficile, sinon impossible, de pouvoir démontrer les caractéristiques revendiquées sans remonter, via la traçabilité, l'historique du produit en question. Par ailleurs, un système de traçabilité peut aussi être un moyen de création de la valeur sur d'autres plans comme la gestion des flux logistiques (suivi en temps réel des produits) ou la lutte contre la contrefaçon. Mais il faut dire que ce qui préoccupe le plus les entreprises, aujourd'hui, et les pousse à se doter de systèmes de traçabilité efficaces, c'est la volonté (ou le devoir) d'être en conformité avec les nouvelles exigences réglementaires, normatives et commerciales en la matière. Leur pérennité en dépend.

Dans un tel contexte, les professionnels du secteur agroalimentaire ont grandement besoin d'un cadre méthodologique fondé sur des bases scientifiques rigoureuses pour les assister dans leurs démarches de conception et de mise en place de systèmes de traçabilité performants. Constatant l'insuffisance des réponses apportées par la littérature à cette problématique, qui a fait deux ans auparavant l'objet de notre mémoire de Master Recherche [Bendaoud, 2003], nous projetons d'apporter une modeste contribution à ce champ de recherche émergent. Notre projet de recherche porte sur l'élaboration d'un ensemble d'outils méthodologiques et conceptuels pour la conception, la gestion et l'amélioration des systèmes de traçabilité en milieu agroalimentaire. Cette recherche-action a été menée dans le cadre d'un contrat CIFRE¹ avec un des

¹ Conventions Industrielles de Formation par la REcherche

leaders français de la filière avicole qui, à l'instar des autres sociétés agroalimentaires, a besoin d'évaluer et d'améliorer son système de traçabilité afin de répondre aux exigences réglementaires et commerciales en vigueur. A travers ce document, nous allons présenter le contexte, le déroulement ainsi que les résultats de notre thèse. La section qui suit donne un aperçu sur le contenu de ses différents chapitres.

2. Plan du mémoire

Dans le **premier chapitre** de notre mémoire, nous dressons un état des lieux de la problématique de la traçabilité des produits en nous focalisant sur le secteur agroalimentaire. Après avoir exposé les principales caractéristiques de ce dernier et leurs incidences en termes de traçabilité, nous nous livrons à un travail sémantique visant à rendre compte de différentes déclinaisons associées à ce concept (traçabilité) dans la littérature. Ensuite, à travers un petit historique, nous essayons de montrer que l'acte de suivre les produits à la trace est une pratique qui ne date pas d'aujourd'hui. Nous montrons aussi que, même si le concept est le même, il existe différentes catégories de traçabilité en fonction des champs où elle est mise en œuvre (gestion des risques, métrologie, etc.). Pour donner une idée sur les exigences auxquelles les entreprises agroalimentaires sont soumises, un panorama des textes réglementaires et normatif à travers différents pays est exposé. Nous enchaînons sur la présentation de quelques scénarii de valorisation d'un système de traçabilité, abstraction faite de la sécurité alimentaire. Ensuite, et sans être exhaustifs, nous décrivons un ensemble d'outils que nous pouvons trouver sur le marché de la traçabilité. Enfin, nous évoquons la manière dont le consommateur perçoit la traçabilité avant de conclure en listant quelques aspects *problématiques* de celle-ci.

Suite à cet état des lieux général, nous consacrons le **second chapitre** à la description du contexte industriel dans lequel nos travaux se sont déroulés. Il s'agit en l'occurrence de la société Arrivé qui, rappelons-le, est un des leaders français de la filière avicole. Après un bref aperçu sur cette filière, nous présentons notre partenaire industriel en mettant l'accent sur les caractéristiques de son processus de production et leurs implications en matière de traçabilité. Il est ensuite question de son système de traçabilité qui est décrit selon une vision multidimensionnelle permettant de rendre compte, entre autres, de son organisation, des outils mobilisés et des acteurs avec lesquels il interagit. La section subséquente met la lumière sur le besoin initial ayant motivé Arrivé à s'engager dans ce projet de recherche. Enfin, dans la dernière section de ce chapitre, nous démontrons en quoi le contexte de la société Arrivé est représentatif du paysage agroalimentaire. Pour compléter la description factuelle du système de traçabilité Arrivé qui fait l'objet du second chapitre, le **troisième chapitre** a pour objectif de présenter une analyse critique de ce système sur la base d'une série de diagnostics que nous avons effectués dans les différentes usines de l'entreprise. Nous commençons par décrire l'approche de diagnostic adoptée avant de présenter les grandes lignes des résultats sur lesquels elle a débouché. Sur la base des points perfectibles issus de ce diagnostic, le besoin initial de l'entreprise est reformulé pour intégrer des composantes supplémentaires.

Une fois les contextes interne et externe de notre thèse présentés, le **quatrième chapitre** porte sur la formalisation de l'objet de recherche. Dans ce cadre, nous expliquons le processus d'émergence d'une problématique scientifique à partir d'une demande sociale émanant, notamment de notre partenaire industriel, couplée à une insuffisance des réponses apportées dans la littérature. Après avoir énoncé et justifié l'intérêt des questions de recherche sous-jacentes, nous décrivons le positionnement de notre problématique sur les axes épistémologique, théorique et empirique.

Au niveau du **cinquième chapitre**, nous présentons une synthèse de l'état de l'art que nous avons réalisé en vue de rendre compte de la manière dont les références bibliographiques existantes appréhendent certaines facettes de notre problématique. Le contenu de ce chapitre est structuré principalement autour de deux sections qui traitent, respectivement, de la modélisation et de l'évaluation de la performance des systèmes de traçabilité. En portant un regard critique sur les propositions des différents auteurs, nous en déduisons leurs points forts et leurs points faibles tout en identifiant un ensemble de concepts qui nous semblent intéressants à valoriser dans le cadre de notre thèse. Partant de la problématique de recherche et à la lumière de cet état de l'art, nous consacrons le **sixième chapitre** à la présentation du plan d'action que nous avons suivi pour tenter d'y apporter des éléments de réponses. Chacune des étapes dont il est composé est décrite en précisant son objectif, les outils mobilisés et les livrables attendus.

Le **septième chapitre** fait l'objet d'une analyse fonctionnelle du besoin appliquée à un système de traçabilité de produits alimentaires. Après avoir circonscrit le système et cerné ses milieux environnants, nous identifions chacun de ses bénéficiaires ainsi que leurs besoins en termes de traçabilité. Les interactions qu'il

entretient avec son environnement sont formalisées à travers douze fonctions principales et deux fonctions d'adaptation. Les fonctions principales traduisent les services rendus par le système à ses bénéficiaires. C'est le cas, par exemple, de la fonction «*FPI: mettre les données de traçabilité amont² des produits à la disposition des pouvoirs publics*». Cette fonction peut être déclenchée par exemple dans le cas où l'entreprise reçoit un produit pouvant porter atteinte à la santé du consommateur. Conformément à la législation, les Autorités doivent être informées du fournisseur ayant livré le lot de produits en question. A l'instar des autres fonctions, FPI est caractérisée à travers quatre critères d'appréciation quantifiables dont nous définissons les procédures d'évaluation. A titre d'illustration, le critère C3, intitulé *Rapidité de la traçabilité amont*, est inversement proportionnel au temps nécessaire à la restitution des données relatives à la traçabilité amont. Les deux fonctions d'adaptation qui ont été définies permettent au système de traçabilité d'être en conformité respectivement avec les exigences réglementaires et normatives. Pour chacune d'elles un critère d'appréciation a été proposé.

Suite à l'analyse fonctionnelle du besoin qui porte sur les finalités (le *Quoi*) d'un système de traçabilité, le **huitième chapitre** a pour but d'expliquer la manière (le *Comment*) d'atteindre ces finalités. Suivant les principes de la méthode FAST (*Function Analysis System Technique*), nous identifions neuf fonctions techniques qui décrivent le fonctionnement de ce système. Ces fonctions techniques traduisent des principes de conception devant servir de cadre méthodologique à des entreprises désirent concevoir, mettre en place ou améliorer leurs systèmes de traçabilité. Chronologiquement, elles vont de la création des lots de produits à la communication des données de traçabilité correspondantes aux bénéficiaires concernés. Après cette première étape d'identification des différentes fonctions techniques, chacune d'elles fait l'objet d'une étude plus poussée visant à décrire son contexte de réalisation, à en donner quelques exemples de solutions techniques et à définir un certain nombre de critères d'appréciation la caractérisant. Dans ce cadre, nous veillons à ce que les critères proposés soient simples, génériques (indépendants des solutions techniques retenues) et quantifiables sur le terrain. En guise d'illustration, certains éléments méthodologiques proposés dans ce chapitre sont mis en application à travers des cas d'étude issus de notre terrain de recherche-action.

Que ce soit à travers ses fonctions de service ou ses fonctions techniques, les principaux objets manipulés par un système de traçabilité sont les données qui décrivent l'historique, les attributs ou la destination des produits tracés. Dans le **neuvième chapitre**, nous nous focalisons sur ces données afin d'en expliciter la nature et la structure et ce au moyen d'un modèle de données (*data model*) générique qui tient compte des spécificités du secteur agroalimentaire et des exigences auxquelles il doit répondre en termes de traçabilité. Après avoir justifié l'intérêt dudit modèle et présenté l'approche adoptée pour son élaboration, nous proposons une catégorisation des données de traçabilité suivant plusieurs axes. Pour des raisons didactiques, notre modèle est construit par fragments progressifs qui sont assemblés par la suite. Le langage UML (*Unified Modeling Language*) nous sert de formalisme de modélisation.

Le **dixième chapitre** de ce document est consacré à la présentation d'une plate-forme informatique que nous avons développée dans le but d'instrumenter et de mettre en pratique les idées avancées dans les chapitres précédents tout en répondant au besoin opérationnel de notre partenaire industriel. Ainsi, après avoir décrit et illustré, via des copies d'écran, les fonctionnalités des différents modules de cette plate-forme, nous en faisons une analyse critique mettant en exergue ses points forts, ses limites et ses perspectives d'évolution.

Enfin, en guise de **conclusion** du présent mémoire, nous présentons un bilan global de notre thèse en portant un regard critique sur ses apports en en identifiant les perspectives qui peuvent être envisagées par la suite.

² Nous parlons de la traçabilité amont lorsqu'il est question de données portant, notamment, sur l'origine du produit en question.

CHAPITRE PREMIER

La Traçabilité des Produits Alimentaires : Une Problématique Industrielle Emergente

Observer attentivement, c'est se rappeler distinctement.

Edgar Allan POE – Ecrivain américain (1809 – 1849)

Dans ce chapitre nous dressons un état des lieux de la problématique de traçabilité des produits notamment au sein du secteur agroalimentaire. Nous commençons par étudier quelques caractéristiques de ce secteur tout en mettant en évidence leurs incidences en matière de traçabilité (section 1). Le but étant de permettre au lecteur de percevoir l'importance de la traçabilité dans ce secteur. Après cette entrée en la matière, nous donnons quelques définitions de base du concept de traçabilité et les différentes déclinaisons qui en sont faites à travers la littérature et la presse professionnelle (section 2). Nous enchaînons ensuite sur un petit historique de la pratique de la traçabilité (section 3) avant de présenter les principaux domaines où celle-ci est mise en œuvre (section 4). La section suivante est consacrée à l'étude des exigences auxquelles ce secteur est soumis en termes de traçabilité (section 5). Dans la section 6 nous évoquons le fait qu'un système de traçabilité peut être exploité à des fins autres que l'assurance de la sécurité alimentaire, et qu'il peut même être un générateur de valeur pour l'entreprise. Nous présentons par la suite un panorama sommaire des outils pouvant servir à la mise en place d'un système de traçabilité de produits (section 7). Etant donné que la principale finalité des systèmes de traçabilité est d'informer, rassurer et protéger le consommateur, nous allons voir comment ce dernier perçoit la traçabilité (section 8). Enfin, nous expliquons en quoi la traçabilité des produits alimentaires constitue une problématique émergente à bien des égards (section 9).

1. Caractéristiques du secteur agroalimentaire et leurs incidences en termes de traçabilité

La production et le traitement de denrées alimentaires constituent l'une des plus anciennes et plus importantes activités humaines. Cette importance se manifeste notamment à travers le fait que l'alimentation touche directement au quotidien de l'homme et est intimement liée à sa santé, son bien-être et sa culture. Avec un montant de 674 milliards de dollars (\$), les produits agroalimentaires ont représenté environ 9,5% du commerce mondial des marchandises en 2003 [Voyatzakis, 2005]. En France l'industrie agroalimentaire constitue le premier secteur industriel avec 10 000 entreprises représentant un effectif total de l'ordre de 400 000 salariés et un chiffre d'affaires supérieur à 140 milliards d'euros [Chesnais et Pijaudier-Cabot, 2007]. Dans cette section, nous allons passer en revue un ensemble d'éléments qui caractérisent ce secteur tout en mettant en exergue les incidences qu'ils engendrent en termes de traçabilité. Après avoir listé, dans un premier temps, sur un tableau les principales caractéristiques du secteur agroalimentaire, nous étudions, avec plus de détails, certains points qui nous semblent d'une importance particulière compte tenu de notre problématique.

1.1. Vue synthétique des caractéristiques du secteur agroalimentaire

En comparaison avec d'autres secteurs d'activité, le secteur agroalimentaire se distingue par un ensemble de caractéristiques justifiant la mise en place de systèmes de traçabilité et ayant des incidences sur la complexité et la performance de ces derniers. Nous avons dressé une liste de telles caractéristiques au sein du Tableau 1.1, que nous avons regroupées en trois catégories : les caractéristiques des produits manipulés, les caractéristiques du mode de production et les caractéristiques intrinsèques aux filières.

Avant de proposer notre propre définition dans le sixième chapitre, retenons pour le moment qu'un système de traçabilité décrit un ensemble d'outils, de méthodes et d'acteurs organisés de manière à assurer la traçabilité des objets concernés.

Toujours par rapport à la traçabilité Dupuy [Dupuy, 2004] propose d'autres spécificités des entreprises agroalimentaires, parmi lesquelles nous citons :

- ❑ L'attitude et l'attente du consommateur qui sont spécifiques vis-à-vis des produits alimentaires. Jusqu'à présent, l'acheteur d'une voiture n'exige pas de connaître la provenance du minerai de fer utilisé dans la fabrication du châssis de son véhicule. En revanche, le consommateur d'un steak peut exiger de connaître l'origine du steak qu'on lui sert dans un restaurant.
- ❑ La chaîne logistique fait la plupart du temps intervenir des acteurs très différents, du fermier au supermarché en passant par des industries de 1^{ère} et de 2^{ème} transformation, ce qui complique la mise en place d'un système de traçabilité sur une filière entière.

	Caractéristiques	Incidences en matière de traçabilité
Caractéristiques des produits manipulés	Variabilité de la qualité des intrants de par leur caractère naturel	Deux lots d'un même produit n'ont pas toujours les mêmes caractéristiques; d'où l'intérêt d'avoir une maille de suivi, au moins, par lot. Ceci implique aussi que les données de traçabilité portent sur les lots réellement utilisés et non pas sur les lots prévus.
	Périssabilité des produits	Nécessité de gérer des données relatives aux DLC (date limite de consommation) et DLUO (date limite d'utilisation optimale) des produits, et de prouver leur exactitude.
	Impact direct sur la santé des consommateurs	Nécessité de tracer avec rigueur la composition des produits et de signaler leur contenance éventuelle en composants allergéniques ou d'autres éléments, comme le lactose, risquant d'engendrer des problèmes d'intolérance chez certains consommateurs.
	Organismes pouvant être génétiquement modifiés	Face aux réticences d'une grande partie des consommateurs vis-à-vis des OGM, une traçabilité efficace est nécessaire pour suivre ces derniers et éviter qu'ils ne <i>se mélangent pas avec</i> des produits non-OGM.
Caractéristiques du mode de production	Une même denrée alimentaire peut être produite suivant des modes différents afin de répondre à des exigences particulières : agriculture biologique, agriculture raisonnée, viande halal, produits cascher, bien être animal, commerce équitable...	Un système de traçabilité performant est nécessaire pour s'assurer et assurer le consommateur que le mode de production des denrées mises à sa disposition est conforme à ses exigences.
	Certains modes de production font recours à des techniques controversées telles que l'ionisation ³ qui ne sont pas détectables sur les aliments concernés	La traçabilité est nécessaire pour identifier et suivre les produits ayant subi des traitements particuliers pour en informer les consommateurs.
	L'une des particularités des industries agroalimentaire est le recyclage des produits	Même à faible dose, des produits recyclés non-conformes peuvent contaminer toute la production d'une journée. Il importe donc de les tracer avec la même rigueur que les autres produits.
Caractéristiques intrinsèques aux filières	Crises alimentaires récurrentes (ESB, fièvre aphteuse, grippe aviaire...)	La gestion de ces crises passe notamment par la mise à disposition du consommateur d'informations permettant de le rassurer quant à l'origine et aux propriétés des denrées qu'il consomme.
	Exigences réglementaires strictes notamment en matière de sécurité alimentaire	L'un des textes réglementaire le plus connu dans ce domaine est le règlement CE178/2002 qui rend obligatoire la traçabilité des produits dans toutes les filières agroalimentaires à l'échelle de l'Union Européenne.
	Foisonnements de normes et standards	Pratiquement toutes les normes et standards (HACCP, ISO, IFS, BRC...) comportent des exigences relatives à la traçabilité.

Tableau 1.1 - Quelques caractéristiques du secteur agroalimentaire et leurs incidences en terme de traçabilité

Soman et al [Soman et al., 2004] ont cité d'autres éléments caractérisant les industries agroalimentaires :

³ Appelée aussi irradiation, c'est une technique consistant à décontaminer les aliments et à les conserver en les soumettant à un rayonnement ionisant.

- ❑ En plus de la variabilité de la qualité des produits alimentaires, il y a aussi une variabilité des sources de leur approvisionnement du fait de la variation permanente des cours de certaines matières premières.
- ❑ Les produits manipulés ont une durée de vie limitée.
- ❑ Variabilité de la durée et du rendement d'une même opération de fabrication.
- ❑ Un même produit peut être conditionné de différentes manières.
- ❑ Il existe plusieurs recettes pour un même produit en raison, notamment, de la variabilité de la qualité et de l'approvisionnement de ses intrants.

Un système de traçabilité performant doit pouvoir prendre en compte ces différentes caractéristiques en enregistrant des données sur les lots, les recettes et les opérations **réellement** concernés, et non pas ce qui est prévu par le service d'ordonnancement. Par exemple, supposons que ce service prévoit d'utiliser le lot X d'une matière première pour fabriquer un produit donné et qu'en dernier moment le responsable de fabrication le remplace par un autre lot Y qu'il juge plus approprié. La consultation du système de traçabilité, quelques semaines plus tard, doit montrer que le produit en question a été fabriqué à partir du lot Y et non pas du lot X.

1.2. La sécurité alimentaire dans un contexte de crises récurrentes

Nous sommes ce que nous mangeons. Cette fameuse expression du sociologue Claude Fishler Fishler, 1990] traduit l'ampleur du rapport existant entre l'Homme et les aliments qu'il consomme. L'une des facettes de ce rapport réside dans le comportement instinctif des consommateurs les poussant à la recherche de denrées saines et au rejet de tous ce qui risque de nuire à leur santé. Face aux crises sanitaires récentes qui ont touché certaines filières alimentaires, les consommateurs sont de plus en plus sensibles à l'innocuité de leurs aliments. D'ailleurs, cette sensibilité peut se traduire par une peur irraisonnée et une sorte de psychose due à la manière dont les médias traitent de l'actualité alimentaire. Durant la crise de la grippe aviaire de 2006, par exemple, on a assisté à une baisse sans précédent de la consommation de tous les produits à base de volaille en dépit des messages des autorités et des scientifiques visant à rassurer les consommateurs quant à l'innocuité des produits cuits.

Le secteur alimentaire est régulièrement secoué par des crises sanitaires dont l'ampleur est plus ou moins importante. A titre d'illustration, nous présentons à travers le Tableau 1.2 quelques exemples de crises qui ont été très médiatisées ces dernières années tout en montrant leurs principales conséquences en termes sanitaires et en termes économiques.

Comme le montre Tableau 1.2, les conséquences de telles crises peuvent être catastrophiques que ce soit pour la santé publique ou sur le plan économique. Dans les colonnes du quotidien *Les Echos* du 8 février 2006, on peut lire par exemple ceci à propos de la grippe aviaire :

...Le résultat a été douloureux, avec la disparition progressive de 1,2 million de mètres carrés de poulaillers en Bretagne, environ 20 % de la surface totale des exploitations. Et celle de 2.000 emplois dans les élevages, mais aussi et surtout dans les entreprises d'abattage et de transformation. La liste est longue des fermetures d'usines, comme chez Gastronomes, dont l'arrêt définitif de l'abattoir de Merdrignac (Côtes-d'Armor) a laissé sans emploi plus de 200 personnes.

A côté de grandes crises impactant des filières entières, toutes les entreprises agroalimentaires sont susceptibles de faire face à des crises d'une ampleur moins importante résultant de la mise sur le marché de produits impropres à la consommation. Au moment de l'écriture de ces lignes, l'un des cas les plus récents est le rappel d'un lot de foie gras pendant les fêtes de fin d'année 2007 par un producteur du sud ouest de la France. La cause étant une contamination par le germe du *clostridium botulinum* responsable du botulisme. Au-delà des conséquences financières, la principale conséquence pour l'industriel en question est la dégradation de son image auprès de ses clients et des consommateurs de ses produits.

Crises	Conséquences sanitaires	Conséquences économiques
En 1999, de la dioxine, substance cancérigène, a été décelée dans une graisse d'origine belge destinée à la fabrication d'aliments pour animaux. Une description plus fine de cette crise, sous l'angle de la traçabilité, est fournie par Lecomte et al. [Lecomte et al., 2006]	Aucune conséquence directe sur la santé publique n'a pu être prouvée.	Retrait du marché, français et belge notamment, de plusieurs milliers de tonnes de denrées susceptibles d'être contaminées et mise sous séquestre de plusieurs centaines d'élevages.
Crise des boissons Coca-Cola de 1999 due à une contamination chimique.	Hospitalisation de plusieurs élèves d'une école en Belgique.	Retrait du marché de millions de canettes suspectes de toxicité et effondrement des ventes. Le manque à gagner s'élève à plusieurs centaines de millions de dollars.
Crises de l'ESB (Encéphalopathie Spongiforme Bovine connue sous <i>la maladie de la vache folle</i>) entre 1996 et de 2000	En 10 ans, plus de 150 victimes dont une grande majorité en Grande Bretagne	Chute de la consommation et embargo sur les bovins et les viandes bovines britanniques. Pour faire face à cette crise (entre 1996 et 2001), l'UE a dépensé environ 6 Mds d'euros ⁴ .
Epidémie de la grippe aviaire des dernières années (2005-2007)	Selon l'OMS, le nombre total des victimes a atteint 349 ⁵	Enormes pertes pour les producteurs en raison, notamment, d'une baisse très importante de la consommation.

Tableau 1.2 - Quelques exemples de crises alimentaires médiatisées

Selon la norme ISO 22000 (2005) définissant les exigences en matière de management de la sécurité des denrées alimentaires, celle-ci est définie comme étant « *un concept impliquant qu'une denrée alimentaire ne causera pas de dommage au consommateur lorsqu'elle est préparée et/ou ingérée selon l'usage prévu* ». Ce concept est au centre des préoccupations de tous les acteurs de la chaîne alimentaire (producteurs, distributeurs, consommateurs, pouvoirs publics, etc.). Pour maîtriser les risques liés à la consommation alimentaire et faire face aux crises correspondantes, les Etats se sont dotés de dispositifs législatifs et institutionnels dédiés à la protection de la santé publique. En France, par exemple, ce dispositif est fondé sur la séparation des entités de gestion du risque et des entités d'évaluation de ce risque. En 1998, l'Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments (AFSSA) a été créée. Cette structure indépendante composée d'experts a pour mission d'évaluer les risques alimentaires et d'éclairer les autorités publiques en la matière. Le rôle de l'AFSSA est complété par celui de l'Institut de Veille Sanitaire (InVS), créé la même année, qui consiste à surveiller tous les domaines de santé publique et de prévenir et alerter les autorités le cas échéant. A la lumière des expertises effectuées notamment par ces deux organismes, l'administration publique définit, à travers la Direction Générale de l'Alimentation (DGAL) notamment, les mesures à prendre (exemple : nouvelle réglementation) et en contrôle le respect. Cette mission de contrôle est confiée aux services déconcentrés de l'Etat et plus particulièrement aux Directions Départementales des Services Vétérinaires (DDSV) et aux Directions Départementales de la Concurrence, la Consommation et la Répression des Fraudes (DDCCRF) qui sont épaulées par des laboratoires publics nationaux ou locaux. Sur le plan communautaire, la Commission européenne a mis en place une stratégie consistant en une approche intégrée

⁴ D'après le journal Le Monde du 12 décembre 2000

⁵ D'après le journal Le Figaro du 12 janvier 2008

de sécurité alimentaire allant «*de l'étable à la table* ». En plus d'un arsenal réglementaire de plus en plus étoffé, et la mise en avant de la responsabilité première des exploitants du secteur alimentaire, cette stratégie s'est traduite par la création de l'Autorité Européenne de Sécurité des Aliments (EFSA – *European Food Safety Authority*) en 2002. La mission de cet organisme est d'évaluer les risques alimentaires et de fournir l'expertise scientifique à la Commission en étroite collaboration avec les autorités nationales des pays membres. Nous verrons, plus loin, quelques exigences réglementaires en termes de traçabilité qui sont motivées principalement par un souci d'assurance de la sécurité sanitaire des aliments.

De par les conséquences (financières, juridique et en terme d'image) engendrées par ces crises, la sécurité des aliments est une **priorité absolue** de tout acteur de la chaîne alimentaire. La Figure 1.1, adaptée de la référence [Wiklund et al., 2002], représente une chaîne alimentaire typique avec des exemples de risques potentiels à chaque maillon.

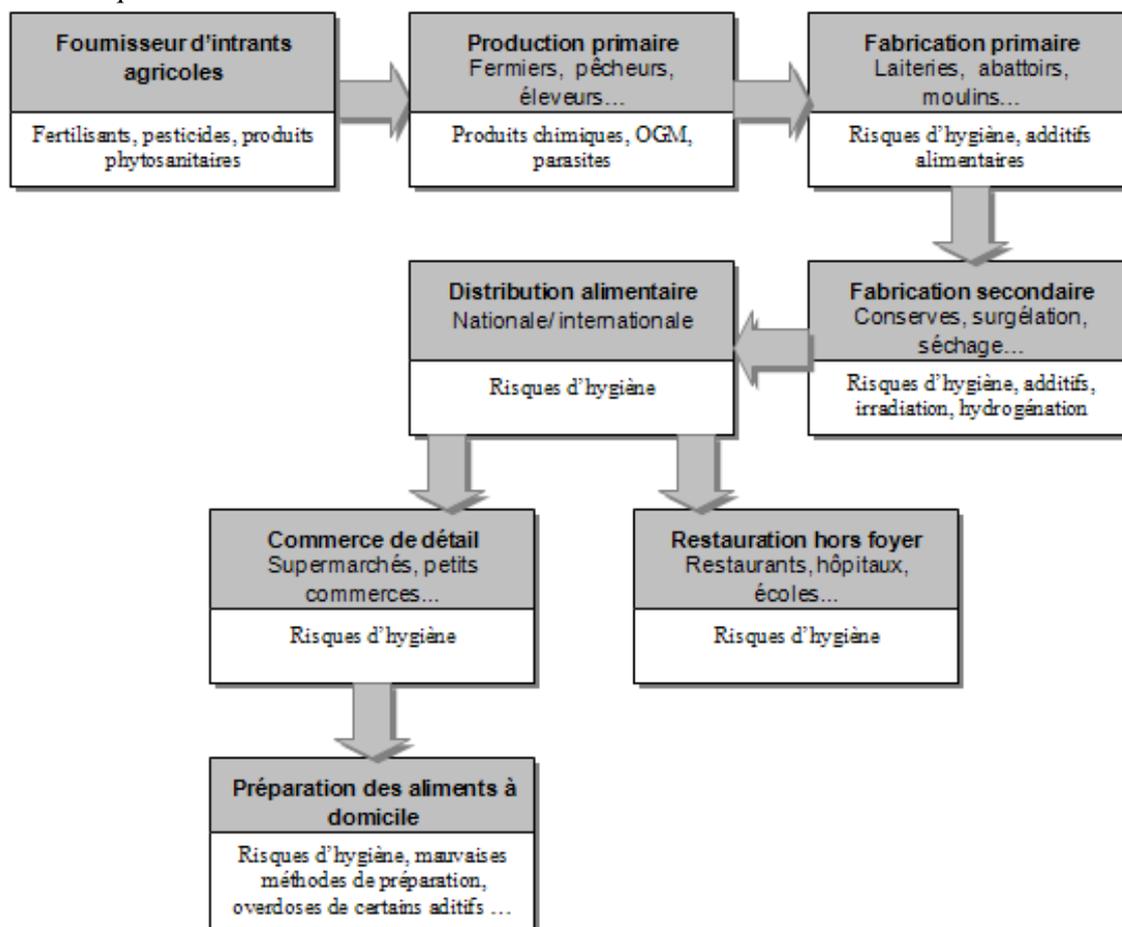


Figure 1.1 - La sécurité sanitaire dans une chaîne alimentaire (adapté de la référence [Wiklund et al., 2002])

Cette figure donne une idée sur l'omniprésence de risques alimentaires à tous les maillons de la chaîne, *de la fourche à la fourchette*. La mise en place de systèmes de traçabilité est justifiée principalement par le besoin de maîtriser ces risques afin de protéger la santé des consommateurs.

1.3. Diversité des contextes de production

Malgré les différentes caractéristiques communes aux entreprises opérant dans le secteur agroalimentaire, il existe une diversité de contextes industriels engendrant une diversité des problématiques relatives à l'implémentation et la gestion de la traçabilité. A travers un travail d'analyse portant sur diverses filières agroalimentaires, Lecomte et al. [Lecomte et al., 2004] ont tenté de mesurer cette diversité et de proposer une liste de caractéristiques des industries alimentaires ayant un impact sur la problématique de la traçabilité. Leur analyse est fondée sur trois axes :

- ❑ La dimension « nature des produits » : selon le niveau d'élaboration du produit et le niveau d'exigence en information, la complexité de la traçabilité varie sensiblement (produits peu élaborés, produits transformés sans risque majeur, produits peu élaborés mais caractérisés par des signes qualité, produits transformés présentant des risques spécifiques de sécurité sanitaire et produits soumis à des pressions et contrôles particuliers).
- ❑ La dimension « approvisionnements en matières premières » : sur cet axe les auteurs montrent que la complexité de la traçabilité dépend du nombre de fournisseurs des matières premières, de la périssabilité de celles-ci et du caractère local ou international des approvisionnements.
- ❑ La dimension « distribution des produits finis » : Selon les auteurs de cette classification, la complexité de la traçabilité dépend aussi de la nature des circuits de distribution des produits finis. Dans ce cadre ils distinguent : une distribution nationale en GMS pour l'essentiel, une diversité des circuits et canaux de distribution (GMS, RHD, CHR, ...) et un poids important de la distribution internationale.

Ces trois axes constituent un repère d'analyse tridimensionnelle sur lequel peuvent se positionner des entreprises agroalimentaires selon les caractéristiques de leurs produits, leurs processus de fabrication et de leurs chaînes logistiques. Sur cette base, Lecomte et al. [Lecomte et al., 2006] ont mis en évidence 7 catégories d'industries agroalimentaires (IAA) en regroupant les profils les plus proches : IAA où l'enjeu de la traçabilité est relativement limité (ex. pâtes alimentaires et conserves de légumes), IAA pour lesquelles la distribution est complexe (ex. vins et spiritueux), IAA où les matières premières importées jouent un rôle important (ex. condiments, thé et riz), IAA à process d'assemblage dominant ou à recette (ex. soupes et biscuits), IAA fabriquant des produits frais « à risque bien maîtrisé » (ex. lait fermenté et charcuterie sèche), IAA produisant des produits soumis à des pressions particulières (ex. produits diététiques et biologiques) et enfin des IAA à problématique de traçabilité stratégique (ex. produits ultra-frais comme la découpe de viande). A chaque catégorie d'IAA correspondent des problématiques de traçabilité particulières. Ainsi, par exemple, en fonction de la nature des produits manipulés, on aura à gérer des données de traçabilité différentes qualitativement et quantitativement.

1.4. Diversité des signes de qualité et d'attributs de confiance des produits

L'une des particularités très intéressantes du secteur agroalimentaire réside dans la multitude de signes de qualité et d'attributs dit de confiance (*credence attributes*) caractérisant les produits manipulés. Pour un même produit, on peut trouver plusieurs variantes caractérisées par des signes de qualité ou des attributs distinctifs. Par exemple :

- ❑ Produits AOC (Appellation d'Origine Contrôlée),
- ❑ Produits Bio issus de l'agriculture biologique (AB),
- ❑ Produits ne contenant pas d'OGM (Organismes Génétiquement Modifiés),
- ❑ Produits Label Rouge,
- ❑ Produits issus du commerce équitable (label Max Havelar par exemple),
- ❑ Produits préparés conformément à un rituel (Halal, Casher),
- ❑ Produits préparés dans des conditions de bien être animal.

Ces différents signes de qualité offrent aux consommateurs une garantie que les denrées mises à leur disposition respectent certaines exigences d'ordre géographique, éthique, rituel ou autre. Le respect de ces exigences confère aux produits un ensemble d'attributs qui ne sont pas généralement décelables même en faisant appel à des analyses biochimiques. C'est pour cette raison qu'ils sont appelés *attributs de confiance*. A titre d'exemple, supposons que l'on a deux poulets issus du même lot, nourris de la même façon et élevés dans les mêmes conditions. Si l'un d'eux est abattu d'une manière standard et l'autre en respectant le rituel Halal, on aura des produits finis complètement différents du point de vue d'un consommateur de confession musulmane. Dans cet exemple, le caractère Halal est un attribut de confiance que le consommateur ne peut pas détecter autrement qu'en faisant confiance à la mention (ou signe de qualité) «Halal» marqué sur sa barquette. En cas de doute ou de litige, la traçabilité reste le seul moyen de confirmer ou d'infirmer l'authenticité du signe de qualité revendiqué par le vendeur ou le producteur.

Le Tableau 1.3, emprunté à Sylvander et al. [Sylvander et al., 2004], donne une idée sur le nombre et l'évolution des exploitations agricole en France sous signes d'identification de la qualité et de l'origine (SIQO).

	1997	2001	Variation
AOC – Appellation d’Origine Contrôlée	102 000	113 000	+ 10,7 %
IGP ⁶ - Indication Géographique Protégée	Non connu	25000	
Labels	37 500	54 113	+ 44,3 %
CCP - Certification de Conformité de Produit	non connu	non connu	
AB – Agriculture Biologique	4 800	10 364	+ 115,9 %
Total	144 300	177 477	+ 23,0 %

Tableau 1.3 - Evolution des exploitations sous SIQO (d'après Sylvander et al. [Sylvander et al., 2004])

Dans ce contexte, la traçabilité s'impose comme un outil incontournable à la fois pour les acteurs de la chaîne alimentaire, les autorités publiques chargées de la sécurité alimentaire et la répression des fraudes et aussi pour les consommateurs réclamant des produits conformes à des exigences particulières.

1.5. Description d'un processus typique de fabrication de produits alimentaires

Après avoir mis l'accent, dans les paragraphes précédents, sur les principales caractéristiques du secteur agroalimentaire ainsi que leurs incidences en termes de traçabilité, nous décrivons les grandes lignes d'un processus typique (générique) de production de denrées alimentaires. L'objectif étant de mettre en évidence un ensemble de points communs, entre différents processus de production que l'on peut rencontrer dans ce secteur, et qui présentent un intérêt sur le plan de la traçabilité. C'est ce que nous avons synthétisé d'une manière graphique à travers la Figure 1.2.

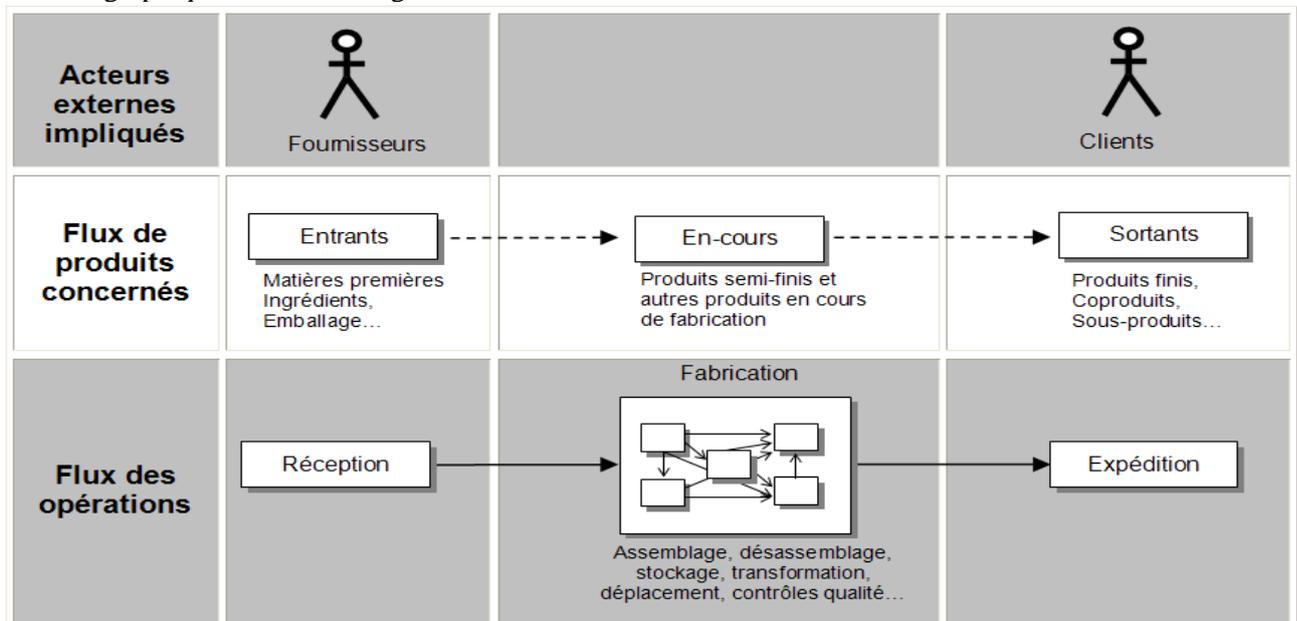


Figure 1.2 - Représentation tridimensionnelle d'un processus typique de fabrication alimentaire

⁶ Comptabilisées dans le nombre d'exploitations avec Label rouge.

Un processus typique de fabrication de produits alimentaires comporte trois grandes phases (réception, fabrication et expédition). Il met en jeu différentes catégories de produits (entrants, encours, produits finis, coproduits et sous-produits) et implique des échanges avec des acteurs amont (fournisseurs) et des acteurs aval (clients). Nous considérons implicitement que nous avons affaire à un processus de production par lots distincts qui est très largement répandu dans le secteur agroalimentaire.

Le modèle présenté dans la Figure 1.2 est applicable aussi bien aux industries de première transformation qu'aux industries de deuxième transformation. Les premières permettent d'obtenir des produits semi-finis à partir d'intrants naturels. C'est le cas par exemple des industries d'abattage et de découpe de poulets. Les secondes traitent des produits semi-finis pour obtenir des produits finis. La fabrication de produits élaborés (cuits, pannés...) à base de découpe de poulets rentre dans cette catégorie. Un bon système de traçabilité doit couvrir les trois dimensions évoquées dans ce modèle. Autrement dit, il doit permettre le suivi des origines (fournisseurs) et destinations (clients) des différents flux de produits ainsi que les opérations que ces derniers subissent.

Sur le principe, ce modèle de processus de production est aussi valable dans des contextes de manipulation de produits alimentaires où il n'y a pas de fabrication proprement dite. Il s'agit, notamment, des productions végétales et animales. Par exemple, dans le cas d'un producteur de fruits, les entrants sont les semences, les engrais, les produits phytosanitaires; les encours sont les fruits sur pieds; les produits finis sont des fruits récoltés et commercialisables; les sous-produits sont des fruits avariés. Un lot de production serait par exemple la récolte d'une journée ou les fruits issus d'une parcelle.

Dans cette section, nous avons passé en revue un ensemble d'éléments caractérisant le secteur agroalimentaire tout en faisant le lien avec la problématique de la traçabilité. Au centre de ces éléments se trouve la nécessité d'assurer la sécurité alimentaire qui est la principale motivation derrière les diverses exigences auxquelles les opérateurs du secteur sont soumis. Ce sera l'objet de la section 5. Mais avant d'y arriver, il convient de préciser quelques définitions de notions relatives à la traçabilité.

2. Définitions de base liées au concept de traçabilité et ses différentes déclinaisons

En raison des crises alimentaires ayant secoué récemment le secteur agroalimentaire, telles que l'ESB ou la grippe aviaire, et de la réglementation de plus en plus exigeante en terme de suivi des denrées alimentaires, le terme *traçabilité* s'est vu propulsé au devant de la scène. Cette médiatisation s'est accompagnée d'un foisonnement sémantique autour de la thématique de traçabilité notamment à travers la presse professionnelle. Le but de cette section est de fournir quelques définitions des termes associés à ce concept.

2.1. Quelques définitions de base

Le mot *traçabilité* est un anglicisme de *traceability* qui est composé du radical *trace* qui signifie *tracer* (ou suivre à la trace); et du suffixe *ability* qui traduit la notion de possibilité. C'est un terme assez récent au niveau de langue française. En effet, il n'est entré qu'en 1998 dans le Petit Robert qui le définit par la *possibilité d'identifier l'origine et de reconstituer le parcours (d'un produit), depuis sa production jusqu'à sa diffusion*. Aujourd'hui, la définition la plus répandue est celle des normes ISO 9000 (version 2000) qui décrit la traçabilité comme *l'aptitude à retrouver l'historique, la mise en œuvre ou l'emplacement de ce qui est examiné*. Dans la littérature anglo-saxonne, la traçabilité est souvent déclinée en deux fonctions complémentaires : le *tracking* et le *tracing*.

GS1, qui est un organisme international dont la mission est la conception et l'implémentation de standards et solutions de traçabilité et d'échange de données entre les acteurs de la chaîne logistique, définit le terme *tracking* comme l'aptitude à suivre l'itinéraire d'un article traçable entre les différents maillons de la chaîne logistique⁷ [GS1, 2005]. Au niveau des références francophones, le tracking est généralement traduit par *traçabilité logistique*. Le *tracing*, toujours d'après GS1, signifie l'aptitude à identifier l'origine, les attributs ou l'historique d'un article traçable particulier localisé au sein d'une chaîne logistique ; et ce en se référant à

⁷ Traduction libre de "the ability to follow the path of a traceable item through the supply chain as it moves between parties".

des enregistrements⁸ [GS1, 2005]. La *traçabilité produit* est l'équivalent généralement utilisé pour désigner le tracing par les auteurs francophones.

Dans le cinquième chapitre, nous verrons davantage de définitions du mot *traçabilité* que l'on peut rencontrer dans la littérature et que nous avons classées en différentes catégories. D'autres termes souvent associés à la traçabilité, et que l'on va rencontrer régulièrement dans ce mémoire, sont d'ores et déjà définis. A savoir :

- ❑ **Lot** : Selon l'article R112-5 du code de la consommation (France), un lot de fabrication représente « *un ensemble d'unités de vente d'une denrée alimentaire qui a été produite, fabriquée ou conditionnée dans des circonstances identiques* ».
- ❑ **Numéro de lot** (ou N° de Lot): c'est l'identifiant composé d'une ou plusieurs chaînes de caractère et destiné à identifier chaque lot de produits d'une manière unique. Nous en parlerons davantage dans le huitième chapitre.
- ❑ **Rappel** : toute action visant à empêcher, après distribution, la **consommation** ou l'**utilisation** d'un produit par le consommateur et/ou à l'informer du danger qu'il court éventuellement s'il a déjà consommé le produit [DGCCRF et al., 2005].
- ❑ **Retrait** : toute mesure visant à empêcher la **distribution** et l'**exposition à la vente** d'un produit ainsi que son offre au consommateur [DGCCRF et al., 2005].

Ces deux derniers termes reviennent d'une façon récurrente lorsque l'on évoque la traçabilité dans la mesure où ils représentent les principales motivations justifiant la mise en place de systèmes de traçabilité. En effet, en cas d'une crise alimentaire résultant de la commercialisation de denrées impropres à la consommation, le rôle du système de traçabilité consisterait à déterminer l'origine du problème et les lots de produits concernés (tracing), puis d'identifier la localisation de ces derniers (tracking) dans le but d'en cesser la commercialisation (retrait) et/ou la consommation (rappel). A noter qu'un rappel nécessite souvent de passer par les média grand public afin d'alerter les consommateurs, ce qui est très nuisible à l'image du producteur concerné.

En plus de la distinction tracking/tracing évoquée ci-dessus, le concept de traçabilité se prête à d'autres déclinaisons dont nous allons donner un aperçu dans les paragraphes qui suivent.

2.2. Déclinaisons du concept de traçabilité

Bien que le principe soit toujours le même, à savoir le suivi des flux et l'aptitude à assurer une synchronisation et un couplage permanent entre l'objet suivi et les informations qui lui sont liées, on peut rencontrer plusieurs catégories de traçabilité en fonction de différents critères. En parcourant un certain nombre d'ouvrages et publications traitant de la traçabilité dans le secteur agroalimentaire, nous avons mis en évidence dans [Bendaoud, 2003] de nombreuses déclinaisons du concept de traçabilité correspondant à des préoccupations et des perceptions plus ou moins différentes. Si ce constat témoigne de la richesse du concept, il est aussi révélateur de la nécessité d'asseoir des bases conceptuelles solides permettant aux uns et aux autres d'utiliser les mêmes termes pour décrire les mêmes choses. En effet, l'un des effets pervers de ce foisonnement sémantique réside dans l'emploi du même terme pour désigner des réalités complètement différentes. A titre d'exemple, nous avons mentionné plus haut que le terme *tracking* est souvent traduit dans les références francophones par *traçabilité logistique*. Mais quand on consulte la version française du standard canadien Can Trace [Can-Trace, 2006], on constate que ce même terme est traduit par *traçabilité descendante*.

Sans être exhaustifs, nous proposons ci-dessous une classification de différents types de traçabilité en notant, toutefois, que les frontières ne sont pas toujours faciles à cerner.

⁸ Traduction libre de "the ability to identify the origin, attributes, or history of a particular traceable item located within the supply chain by reference to records held".

2.2.1. Types de traçabilité selon la nature des objets tracés

- ❑ *Traçabilité matière* : elle a pour objectif, selon GS1, de reconstituer la généalogie d'un produit fini en identifiant ses différents composants [Gencod, 2001].
- ❑ *Traçabilité opératoire* : toujours selon GS1, ce type de traçabilité consiste à identifier les opérateurs responsables des actions affectant le processus de production (déclenchement des productions, modification des recettes...) [Gencod, 2001].
- ❑ *Traçabilité produit* : comme évoqué précédemment, c'est l'expression généralement utilisée par les auteurs et les praticiens francophones pour désigner le *tracing* (voir ci-dessus).
- ❑ *Traçabilité des données* : elle permet de relier entre eux les documents et les enregistrements concernant chaque étape de la vie du lot tracé grâce aux identifications [ACTA et ACTIA, 1998].
- ❑ *Traçabilité de l'activité* : ce type de traçabilité permet de savoir par qui une activité a été menée, quand, où, avec quels moyens et dans quelles circonstances [Romeyer, 2000].

La littérature fait état d'autres types de traçabilité faisant référence aux objets suivis. C'est le cas, par exemple, de Bolnot et Fleuryncck selon lesquels la traçabilité doit s'appliquer aux fameux facteurs de la qualité désignés par *les 5 M⁹*. Ce qui correspond à la classification suivante : *traçabilité des locaux*, *traçabilité des matériels*, *traçabilité des produits*, *traçabilité des processus* et *traçabilité des hommes* [Bolnot et Fleuryncck, 2002a].

2.2.2. Types de traçabilité selon le périmètre couvert

En fonction du périmètre couvert, nous avons rencontré différents type de traçabilité. Avant de les présenter, notons que le mot périmètre, tel que nous l'employons ici, couvre aussi bien la dimension spatiale que la dimension temporelle.

- ❑ *Traçabilité interne* : elle porte sur les attributs et les opérations subies par les objets au sein d'un maillon donné de la chaîne logistique. Selon GS1, elle désigne la traçabilité mise en place tout au long de la transformation effectuée par l'acteur (le maillon en question) sur ses produits. Elle est indépendante des partenaires commerciaux [Gencod, 2001]. Elle est aussi qualifiée de traçabilité des unités de production ou de traçabilité usine selon Ta [Ta, 2002].
- ❑ *Traçabilité externe* ou *interentreprises* : par opposition à la traçabilité interne, elle couvre plusieurs maillons d'une chaîne logistique ou d'une filière en mettant en connexion les systèmes de traçabilité interne des acteurs impliqués. Le projet REGAT¹⁰ auquel nous participons constitue l'une des initiatives entreprises par les industriels pour la mise en place de systèmes de traçabilité interentreprises.
- ❑ *Traçabilité amont* : selon GS1, elle désigne les procédures et outils mis en place pour pouvoir retrouver ce qui est advenu avant qu'un acteur de la chaîne logistique devienne responsable légalement ou physiquement des produits en question [Gencod, 2001].
- ❑ *Traçabilité aval* : d'après GS1, elle désigne les procédures et outils mis en place pour pouvoir retrouver ce qui est advenu après le transfert de propriété ou après le transfert physique des produits d'un acteur de la chaîne logistique vers un autre [Gencod, 2001].

2.2.3. Types de traçabilité selon les informations suivies

Un système de traçabilité offre la possibilité de suivre un ensemble d'informations décrivant les objets tracés. Voici quelques déclinaisons du concept de traçabilité s'inscrivant dans cette perspective :

- ❑ *Traçabilité processus* : s'intéresse à la collecte, mémorisation et restitution des informations décrivant les processus (production, traitement, transport...) qu'a subis le produit en question [Viruega et Vernet, 1999].

⁹ Milieu, matériels, matières, méthodes et main d'œuvre.

¹⁰ De par ses initiateurs, REGAT signifie « Réseau Glon Arrivé Traçabilité ». C'est le nom provisoire donné à un projet de ST inter-entreprise en cours de réalisation au sein du pôle de compétitivité Cluster WEST qui regroupe un ensemble d'acteurs économiques et académiques des régions de l'ouest de la France (www.cluster-west.fr)

- ❑ *Traçabilité procédé* : selon GS1, ce type de traçabilité consiste à tracer les événements liés à l'exécution des processus de fabrication des produits tels que les variations de température et de pressions [Gencod, 2001].
- ❑ *Traçabilité de l'origine* : d'après Viruega, « un système de traçabilité de l'origine est un système capable de déterminer l'origine d'un produit et seulement l'origine » [Viruega, 2005].
- ❑ *Traçabilité qualitative* : Pour [Bolnot et Fleurync, 2002b], la traçabilité qualitative permet de garder la mémoire des événements marquant à chaque étape de la vie du produit tracé. C'est-à-dire de tous les éléments distinctifs, tels les signes ou marques de qualité et les contrôles qu'il a subis. [Bolnot et Fleurync, 2002b] qualifient ces données de « diplômes » et « carnet de santé » du produit en question.

2.2.4. Types de traçabilité selon le sens de recherche d'informations

Auparavant, nous avons vu la distinction entre traçabilité amont et traçabilité aval en faisant référence aux maillons d'une chaîne logistique. Suivant un raisonnement analogue, nous pouvons différencier d'autres types de traçabilité, mais sur une échelle temporelle cette fois-ci :

- ❑ *Traçabilité ascendante* ou *montante* : à partir d'un stade donné du cycle de vie d'un produit, elle consiste à remonter l'historique de ce dernier afin de retrouver, par exemple, l'origine et les caractéristiques de ces composants.
- ❑ *Traçabilité descendante* : par opposition à la traçabilité ascendante, elle traduit la capacité à descendre l'historique d'un produit, à partir d'un stade donné de son cycle de vie, afin de connaître sa localisation et son devenir.

Aussi bien dans les publications techniques que dans les références scientifiques, il y a souvent une certaine confusion dans l'utilisation des expressions traçabilité amont/aval et traçabilité ascendante/ descendante. A notre sens, cela s'explique notamment par le fait de raisonner uniquement en termes d'intrants (matières premières) et de sortants (produits finis) d'un maillon donné de la chaîne logistique. En effet, dans ces conditions, la traçabilité amont et la traçabilité ascendante décrivent la même chose, à savoir remonter l'historique des intrants au niveau des maillons se situant à l'amont. Ce constat s'applique également pour la traçabilité descendante et la traçabilité aval qui consistent alors à déterminer la localisation et le devenir des sortants au niveau des maillons se situant en aval. En revanche, quand on a affaire à un produit semi-fini, la distinction devient évidente. Ainsi, la traçabilité ascendante consiste à remonter l'historique de ce produit soit au sein du maillon considéré ou en son amont; et la traçabilité amont consiste à remonter l'historique de ce produit (ou de ses composants) au niveau des maillons amont. De la même manière, on peut facilement faire la distinction entre traçabilité descendante et traçabilité aval comme nous l'illustrons dans la Figure 1.3.

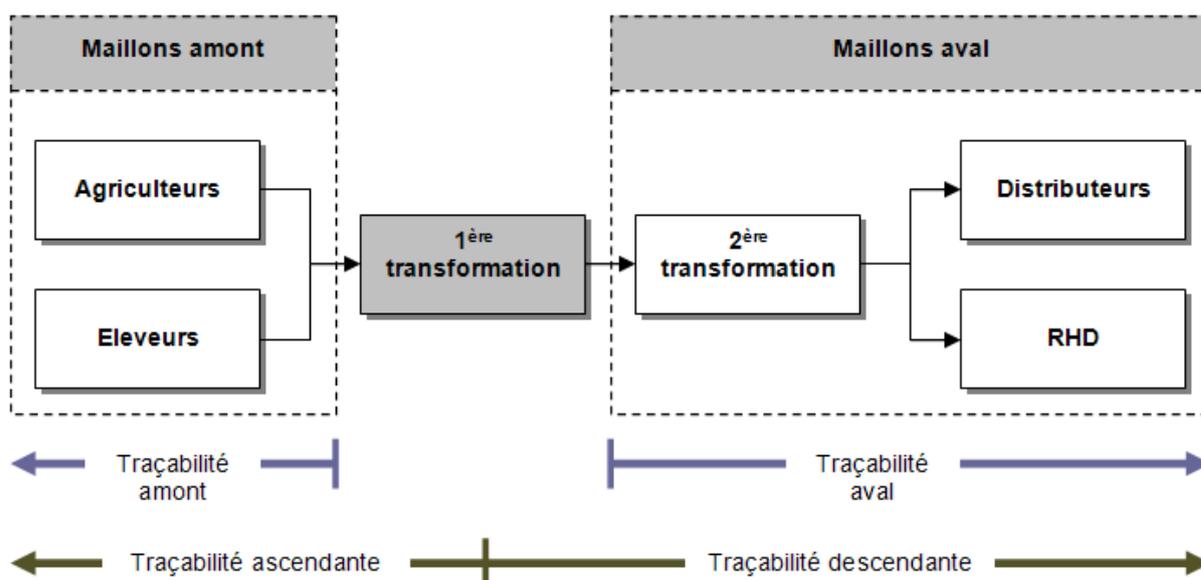


Figure 1.3 - Illustration des concepts de traçabilité amont/aval et traçabilité ascendante/descendante

2.2.5. Types de traçabilité selon l'exhaustivité du suivi

Si certains auteurs préconisent de tracer tout ce qui touche de près ou de loin aux produits à tous les stades de leur cycle de vie, d'autre adoptent une position plus réaliste en préférant à la *traçabilité totale* une *traçabilité globale*.

- ❑ *Traçabilité totale* : cette notion qui est une reprise d'un terme utilisé dans les démarches qualité (la qualité totale) d'après Viruega [Viruega, 2005] vise, selon Ta [Ta, 2002], à maîtriser totalement les processus et les produits de l'amont à l'aval.
- ❑ *Traçabilité globale* : selon Bolnot et Fleuryncck, la notion de traçabilité globale est préférable à celle de la traçabilité totale qu'ils qualifient de *concept utopique consistant à vouloir rechercher l'ensemble des composants de tous les ingrédients d'un produit élaboré en remontant jusqu'à la plus infime quantité décelable*. Une traçabilité globale consiste à tracer juste les éléments nécessaires évitant ainsi de tomber dans des systèmes *usines à gaz* coûteux et contre-productifs [Bolnot et Fleuryncck, 2002a].

2.2.6. Types de traçabilité selon la précision du suivi

La traçabilité des produits peut être pratiquée selon différents niveaux de précision, en fonction notamment de la maille de suivi. Partant de ce principe, on peut distinguer d'autres types de traçabilité :

- ❑ *Traçabilité individuelle* : cette notion est employée notamment en parlant de la traçabilité des viandes bovines grâce à l'identification individuelle des animaux, qui accompagne les produits dérivés jusqu'au stade de la consommation. Pour ce faire, on peut utiliser des méthodes classiques (boucles, code barres..) ou nouvelles technologies (traçabilité génétique : ADN) [Bolnot et Fleuryncck, 2002b].
- ❑ *Traçabilité collective* : devant le coût exorbitant que peut engendrer une traçabilité individuelle pour certains produits fabriqués en grande série et à faible valeur ajoutée, les entreprises ont le plus souvent recours à une traçabilité dite collective consistant à définir une maille de suivi composée de plusieurs produits. On parle de *lot* ou *batch*.
- ❑ *Traçabilité approchée* : elle consiste, selon ACTA¹¹ et ACTIA¹² [ACTA et ACTIA, 1998], à *retrouver approximativement, en fonction de la date et de l'heure d'arrivée, ou de la durée d'une opération, l'origine d'un lot*. Une gestion de la production au moyen du FIFO (*First In First Out*) est un moyen de réduire la fréquence de saisie de donnée et de pratiquer une traçabilité approchée. Ce type de traçabilité est aussi qualifié de *traçabilité indirecte* par Lecomte et al. [Lecomte et al., 2006] par opposition de ce qu'ils qualifient d'une *traçabilité directe*.
- ❑ *Traçabilité formelle* : par opposition à la traçabilité approchée, nous avons proposé dans [Bendaoud et al., 2007a] l'emploi de la notion de *traçabilité formelle* (ou stricte) pour désigner la capacité du système de traçabilité à restituer d'une manière **précise** les informations voulues.
- ❑ *Traçabilité statistique* : cette notion, proposée également par ACTA et ACTIA [ACTA et ACTIA, 1998] est très proche de la traçabilité approchée. Elle consiste à *calculer statistiquement la probabilité de l'origine du produit en fonction des paramètres temps*.

Les différentes références que nous avons étudiées font état d'autres types de traçabilité ne rentrant pas dans le cadre des typologies que nous proposons ci-dessus. Ainsi, Green et Hy [Green et Hy, 2003] opposent la *traçabilité normative*, résultant de l'intervention de l'autorité publique, à la *traçabilité du marché* qui résulte des stratégies marketing des entreprises. Pour leur part, Bolnot et Fleuryncck [Bolnot et Fleuryncck, 2002a] parlent d'une *traçabilité attendue* lorsque les informations à destination des consommateurs peuvent être restituées sur demande ou spontanément ; et d'une *traçabilité exigée* qui concerne les données qui sont destinées aux services de contrôle et qui doivent être archivées. Ces deux auteurs font aussi la distinction entre une *traçabilité administrative* et une *traçabilité partagée*. La première est décrite comme la carte d'identité du produit et « *concerne le cheminement d'un produit ou un service, de la production de la matière première à l'utilisation du produit fini* ». La seconde représente, d'après eux, une « *notion qui permet de préciser ce qui est de la responsabilité de chacun* » et qui est « *indépendante des partenaires* ».

¹¹ Association de Coordination Technique Agricole

¹² Association de Coordination Technique pour l'Industrie Agroalimentaire

commerciaux puisqu'elle concerne exclusivement le suivi des opérations effectuées sur le produit durant la période où il se trouve sous la responsabilité directe de l'entreprise concernée »[Bolnot et Fleury, 2002b]. Cette même traçabilité administrative est définie par Viruega [Viruega, 2005] comme étant une traçabilité papier « qui renvoie à l'ensemble des formulaires et des procédures administratifs nécessaires au système de traçabilité par rapport à un cadre réglementaire donné ». Pour distinguer l'usage de la traçabilité afférant à la sécurité alimentaire de la traçabilité de celui qui porte sur la garantie de certaines mentions commerciales, Viruega [Viruega, 2005] introduit la notion de *traçabilité commerciale* pour qualifier ce dernier usage. Il propose aussi une distinction intéressante entre la *traçabilité active* et la *traçabilité rétroactive*. Dans le premier cas, il s'agit de produire des informations nécessaires au cours de la production afin de valider ses différentes étapes. Par exemple, la température d'un pasteurisateur est une donnée de traçabilité dont la valeur permet ou non de valider une opération de pasteurisation. Dans le second cas, c'est un « outil enregistrant des données relatives à des entités sans que ces données soient nécessaires pour la production de ces entités ».

Pour clore ce tour d'horizon tout en faisant la transition avec la section suivante, évoquons une dernière typologie suggérée par Viruega [Viruega, 2005] qui distingue la *traçabilité explicite* de la *traçabilité implicite*. Si la *traçabilité explicite* est mise en avant par les entreprises et reconnue comme telle, la *traçabilité implicite*, quant à elle, désigne une forme de traçabilité intégrée dans un autre système tel qu'un système administratif ou fiscal. Des factures et des bons de livraison, par exemple, sont des moyens de faire une certaine traçabilité sans que cette dernière porte son nom. Nous verrons dans ce qui va suivre que cette traçabilité implicite a toujours été pratiquée, consciemment ou inconsciemment, par l'Homme.

3. La traçabilité, une pratique ancestrale : Petit historique

Nous avons souligné, dans la section précédente, l'usage relativement récent du terme *traçabilité* en précisant que son entrée dans le dictionnaire du *Petit Robert* ne date que de 1998. Son homologue anglo-saxon *traceability* date, quant à lui, de 1994. Si le terme est récent, le principe sous-jacent remonte à des siècles. En effet, d'après Blancou [Blancou, 2001], le premier rapport permettant de retracer l'origine d'une épizootie (épidémie) en Europe remonte à 1275 comme l'illustre l'encart suivant.

Dans son *Historia Anglicana*, Thomas de Walsingham rapporte l'événement suivant, survenu en l'an 1275 : « Un français fortuné importa au Northumberland une brebis d'Espagne aussi grosse qu'un veau de deux ans, laquelle brebis, étant rotten, infecta si bien le pays que (le mal) se répandit dans tout le royaume. Cette peste animale dura vingt huit ans avant de s'éteindre, et ce fut le premier rot connu en Angleterre ». Fleming, qui reproduit cette citation, hésite sur la signification exacte des mots *rotten* et *rot* employés par Thomas de Walsingham, mais conclut que la brebis (mérinos espagnole) était, probablement, atteinte à la fois de gale et de clavelée. Quoi qu'il en soit, ce texte est, à notre connaissance, le premier rapport documenté permettant de retracer l'origine d'une épizootie en Europe [Blancou, 2001].

Cette anecdote illustre bel et bien un cas très simple de traçabilité ascendante permettant de remonter l'origine d'une crise alimentaire se manifestant à travers une épizootie. L'identification, qui est un pré-requis à la traçabilité de tout objet, se faisait depuis l'antiquité en tatouant les animaux afin de prévenir les litiges sur leur propriété. D'après plusieurs références le marquage par tatouage des animaux (et aussi des humains) remonterait à des millénaires de notre ère. La Figure 1.4 montre un dessin, trouvé sur un monument de l'Égypte ancienne et datant d'environ 2000 ans avant Jésus Christ, qui illustre une scène d'identification de bovins par tatouage.

D'après Blancou [Blancou, 2001], pour identifier les chevaux employés dans les services postaux et les animaux reproducteurs des haras impériaux, les chinois du VII^e siècle utilisaient des marques au feu ou des entailles dans les oreilles de ces animaux dont le nom était porté dans un registre officiel. Pour plus de détails sur l'historique d'identification et traçabilité des animaux et des produits d'origine animale, nous recommandons au lecteur de consulter [Blancou, 2001].



Figure 1.4 - Scène de tatouage d'animaux en ancienne Egypte¹³

Au fur et à mesure que les Hommes prenaient conscience de l'importance de l'identification et du suivi de leurs cheptels dans le cadre de la prévention des épizooties et des crises sanitaires qu'elles occasionnaient, la pratique de la « traçabilité » a évolué progressivement jusqu'à devenir une obligation pour les producteurs. En France, l'un des premiers textes réglementaires relatifs à la traçabilité est le décret 69-422 qui date du 6 mai 1969. Ce décret donne pour mission aux établissements départementaux de l'élevage d'identifier et d'enregistrer les ovins, caprins et bovins dans un but d'amélioration des races. Nous aurons l'occasion dans la section 5 de ce chapitre de voir un historique de l'évolution de la réglementation en matière de traçabilité des produits alimentaires.

Pour conclure cette section, disons tout simplement que l'Homme a toujours gardé la trace, volontairement ou involontairement, des événements ayant marqué sa vie et ce « depuis les traces de mains ou les peintures d'animaux laissées dans les grottes d'Altamira, de Lascaux ou de Cosquer » pour reprendre l'expression de Pedrot [Pedrot, 2003]. C'est cette traçabilité qui nous a permis aujourd'hui de connaître l'histoire des peuples et des civilisations qui nous ont précédés.

4. La traçabilité, concept unique et multitude de champs de mise en œuvre

En tant qu'outil d'identification et de suivi de différents objets (produits, données, activités...), la traçabilité est un terme que nous pouvons rencontrer aujourd'hui dans divers domaines et disciplines. Si le principe reste le même, les finalités et les préoccupations sont plus ou moins différentes selon le champ de mise en œuvre. Sans rentrer trop dans les détails, examinons les principaux champs concernés.

4.1. Management de la qualité

La traçabilité des produits est le plus souvent associée à des préoccupations relevant du management de la qualité. Dans la plupart des normes d'assurance Qualité (ISO, Agri-Confiance, IFS, BRC...), on retrouve des clauses insistant sur la mise en place de moyens permettant la traçabilité des objets manipulés. Nous reviendrons sur ces exigences au niveau de la section 5. Mais le lien entre la traçabilité et la qualité ne se résume pas au respect de ces normes. En effet, si les systèmes de management de la qualité sont basés sur la notion de progrès continu, la traçabilité, au sens large, constitue un moyen de remonter aux causes de non-qualité afin d'y pallier. C'est-à-dire un moyen de progrès continu.

¹³ Source : <http://www.barbwiremuseum.com/cattlebrandhistory.htm> - Consulté le 07 janvier 2008.

Dans certains secteurs d'activité, l'agroalimentaire en particulier, la traçabilité constitue le moyen de garantir aux clients et consommateurs que les produits mis à leur disposition sont conformes à des cahiers des charges particuliers ou à des attributs difficiles, voire impossibles à vérifier d'une manière analytique. Ces attributs sont qualifiés d'*attributs de confiance*¹⁴ par Darby, Karni [Darby et Karni, 1973] et Nelson [Nelson, 1970]. Il peut s'agir, par exemple, d'un fromage AOC, d'un café issu du commerce équitable ou d'une viande Casher. Sur cette base nous pouvons introduire un 43^{ème} type de traçabilité, qui n'a pas été évoqué auparavant, nommé *traçabilité analytique* [Viruega, 2005]. Celle-ci a pour but de prouver qu'un produit est conforme à certaines exigences en termes d'origine, de composition ou de traitement.

Dans un article où il analyse le rôle que peut jouer la traçabilité dans l'assurance de la sécurité alimentaire en Europe, Lehu [Lehu, 2000] met davantage en exergue le lien entre la qualité et la traçabilité en parlant de la *gestion tracée de la qualité*. D'après cet auteur, celle-ci « doit prendre sa source le plus en amont, au niveau de la génération des matières premières, a fortiori s'il s'agit de matières premières dites fragiles comme le lait par exemple et qu'elle s'étende jusqu'au dernier maillon de la séquence de distribution ».

4.2. Gestion des risques

Si la traçabilité a toujours été pratiquée par l'Homme d'une manière ou d'une autre, comme nous venons de le voir, sa popularité grandissante de ces dernières années est le résultat d'une réglementation de plus en plus exigeante visant à protéger le consommateur face à des crises comme celle de l'ESB (maladie de la vache folle). Dans l'esprit du législateur, la traçabilité des produits est d'abord un outil de gestion des risques qui doit permettre aux différents acteurs d'une chaîne de valeur d'être réactifs en cas de mise sur le marché de produits susceptibles de nuire aux consommateurs. C'est dans ce genre de crise que l'on fait appel aux opérations de retrait et/ou de rappel définies précédemment.

Bien entendu, la traçabilité ne permettra jamais d'éliminer complètement des risques liés à la consommation ou l'utilisation de produits alimentaire ou autres. Mais c'est tout de même un outil très efficace pour identifier, localiser et circonscrire ces risques en cas de survenances [Lehu, 2000].

4.3. Gestion de la chaîne logistique

La gestion de la chaîne logistique ou *Supply Chain Management* est fondée sur un ensemble de méthodes et moyens dont l'objectif est d'assurer un bon pilotage des flux de produits allant de l'approvisionnement à la distribution en passant par les diverses étapes intermédiaires. Ceci passe par la mise en œuvre des moyens permettant le *tracking* et le *tracing* des flux physiques en leur associant des flux informationnels. C'est dans cette optique que de nombreux standards et outils d'identification automatique et de suivi des unités logistiques (palettes, containers..) ont été développés. Parmi eux on trouve les différents standards GS1 destinés à la codification et l'identification des produits ainsi qu'à la communication entre les acteurs des chaînes logistiques (codes-barres, EDI, XML, e-commerce...).

D'après Fabbe-Costes et Lemaire [Fabbe-Costes et Lemaire, 2001], la mise en place d'un système de traçabilité permet aux logisticiens de :

- ❑ Contrôler la circulation physique (vérifier que tout se passe comme prévu) et d'évaluer la fiabilité de la chaîne.
- ❑ Pouvoir réagir rapidement pour répondre à des demandes urgentes et faire face à des aléas divers.
- ❑ Acquérir une flexibilité permettant de s'adapter facilement à des changements plus structurels (concernant par exemple la fréquence des envois, la nature des commandes...).
- ❑ Favoriser un apprentissage organisationnel en exploitant les données de suivi.

La complexification des filières et le nombre de plus en plus élevé d'intervenants dans la chaîne logistique font de la traçabilité logistique un impératif pour la gestion des flux tendus, la réduction des stocks et le suivi en temps réel de la circulation des flux. A ce propos, Lehu [Lehu, 2000] affirme qu'une « *logistique moderne digne de ce nom ne peut aujourd'hui revendiquer efficacité et performance, sans être en mesure de contrôler une traçabilité totale* ».

¹⁴ Traduction libre de « *credence attributes* ».

4.4. Conception

La conception des produits et des processus peut être décrite comme un enchaînement d'étapes (analyse du besoin, conception conceptuelle, conception détaillée, réalisation...) qui correspondent, chacune, à la prise d'un certain nombre de décisions. Les décisions prises au cours d'une étape donnée influent sur le déroulement de l'étape suivante. Ce constat montre l'intérêt que revêt l'instauration d'un système de traçabilité permettant le suivi et le pilotage des actions et décisions prises lors d'un processus de conception. Ce type de traçabilité est particulièrement pratiqué dans le domaine de conception et développement des logiciels où elle est très utile. Selon Cerbah et Euzenat [Cerbah et Euzenat, 2001], elle aide à garantir la complétude en identifiant facilement les exigences qui n'ont pas été satisfaites par le logiciel. Elle permet aussi de faciliter la propagation des changements. En effet, si une modification est effectuée au niveau d'un point donné du processus de développement, il serait facile de trouver les éléments susceptibles d'être impactés par cette modification qu'il soit en amont ou en aval.

D'une manière générale, la traçabilité en conception permet de rendre compte des décisions prises au cours des différentes étapes, des exigences générées par les choix techniques et des contraintes de réalisation. Ainsi, le concepteur est à même de maîtriser ses actions, de valider et vérifier les solutions retenues et de s'assurer que la solution choisie constitue le meilleur compromis. Elle est également très utile dans le cadre des opérations de maintenance ou de réingénierie des outils en questions.

4.5. Métrologie

La mondialisation et la généralisation du libre échange sont parmi les facteurs qui ont poussé les entreprises ainsi que les organismes de recherche à œuvrer pour la mise en place d'une harmonisation des mesures au niveau international et permettre une comparaison des résultats de mesure dans l'espace et dans le temps. Pour répondre à ces préoccupations, des systèmes de traçabilité des mesures sont mis en place en vue d'asseoir les résultats de mesure sur des bases reconnues sans équivoque par plusieurs partenaires, que ce soit à des fins scientifiques, commerciales, ou d'expertise légale¹⁵.

Par traçabilité d'une mesure, on entend la « propriété du résultat d'un mesurage ou d'un étalon tel qu'il puisse être relié à des références déterminées, généralement des étalons nationaux ou internationaux, par l'intermédiaire d'une chaîne ininterrompue de comparaisons ayant toutes des incertitudes déterminées¹⁶ ». Le principe de raccordement des instruments de mesure repose sur une chaîne continue depuis les laboratoires nationaux de métrologie du BNM (Bureau Nationale de Métrologie) jusqu'aux laboratoires accrédités par le COmité FRançais d'ACcréditation (COFRAC), appelée chaîne nationale d'étalonnage BNM-COFRAC. De très nombreux travaux de recherche ont traité la question de la traçabilité dans le domaine de la métrologie ([De Bièvre et Reher, 2000], [Verbeke et al., 2001], [Quevauvillier et Donard, 2001], [Barreiros et al., 2001]...). Ils s'accordent tous sur l'importance de la traçabilité des mesures en tant qu'outil garantissant la fiabilité des appareils de mesures.

Dans ce qui va suivre nous nous focalisons sur la traçabilité des produits alimentaires, qui est l'objet de notre thèse, et nous donnons dans la section 5 un aperçu des exigences réglementaires et normatives en la matière.

5. Les entreprises agroalimentaires face à différentes exigences en termes de traçabilité

L'environnement réglementaire et normatif du secteur agroalimentaire a beaucoup évolué ces dernières années. En ligne de mire, la protection de la santé des consommateurs et la garantie de la loyauté des transactions commerciales. Les crises alimentaires récurrentes, la complexification des filières et la globalisation des échanges sont les principaux facteurs à l'origine de cette évolution. Pour dresser un état des lieux de cet environnement, nous allons distinguer les exigences réglementaires des exigences normatives. Bien évidemment, nous ne nous focalisons que sur les aspects qui concernent la traçabilité.

¹⁵ Source : Le site internet de l'Association Métrodiff (www.metrodiff.org) – Consulté le 7 janvier 2008

¹⁶ La norme Ligne Directrices Relatives à la Traçabilité des Mesure- L 08- ANN 1- REV 0- 1996-1/9.

5.1. Exigences réglementaires

En France les textes réglementaires touchant directement ou indirectement à la traçabilité ne datent pas d'aujourd'hui. Pour donner un aperçu sur leur évolution, nous résumons ci-dessous quelques repères historiques mis en évidence par Vergote et Lecomte [Vergote et Lecomte, 2005].

Dès 1969 en France, le décret 69-422 donne pour mission aux établissements départementaux de l'élevage d'identifier et d'enregistrer les ovins, caprins et bovins afin d'accompagner le suivi sanitaire et l'amélioration génétique de la production laitière, par l'enregistrement des performances des animaux producteurs, en lien avec l'identification de leurs géniteurs.

En 1996 éclate la première crise de l'ESB, qui stigmatise la viande bovine anglaise. Les professionnels français du secteur de la viande bovine font valoir leur capacité à attester l'origine française de leurs produits. C'est à ce moment là que la traçabilité prendra son essor comme instrument de réassurance des consommateurs. En 1998, le décret 98-879 impose l'indication obligatoire du numéro de lot de fabrication sur les denrées alimentaires préemballées ou non.

En 1999, la crise de la dioxine révèle les difficultés de circonscrire le périmètre des produits susceptibles d'être issus, par la chaîne alimentaire d'un lot de graisses contaminé par des dioxines. La loi d'orientation agricole du 9 juillet 1999 annonce, dans son article 100, la généralisation possible de la notion de traçabilité dans la loi française : « ... précise les obligations des producteurs et des distributeurs qui sont tenus d'établir et de mettre à jour des procédures d'informations enregistrées et d'identification des produits ou des lots de produits... ».

La seconde crise de l'ESB fin 2000, déclenchée paradoxalement "grâce" à la traçabilité, sur un "terreau propice", a fait appel à de nouveaux ressorts pour être dépassée, mais l'exigence de traçabilité est restée acquise avec notamment la reconduction d'accords interprofessionnels sur l'étiquetage des viandes bovines. En 2002, l'article 18 du règlement européen 178-2002 du 28 janvier 2002 dit "Food Law", publié au JOCE du 1er février 2002 rend obligatoire une traçabilité « établie à toutes les étapes de la production, de la transformation et de la distribution », notamment par l'identification des fournisseurs et des destinataires.

La directive 2003/89/CE de novembre 2003, modifiant la directive 2000-13 sur l'étiquetage des denrées alimentaires, impose de nouvelles contraintes allant vers l'indication plus précise des ingrédients présents dans les denrées alimentaires (règle des 25 % ramenée à 2% et indication systématique de la présence de 12 allergènes).

Pour actualiser cet historique, notons que d'autres textes législatifs ont vu le jour notamment le règlement CE n°1935/2004 qui prolonge l'obligation de traçabilité aux matériaux en contact avec les denrées alimentaires depuis la production jusqu'à la commercialisation. Ce règlement, en vigueur depuis le 27 octobre 2006, vise particulièrement les matériaux d'emballage et conditionnement. D'autres textes spécifiques à la traçabilité des organismes génériquement modifiés (OGM) ont été élaborés. C'est le cas, par exemple, du règlement CE n° 1830/2003 qui stipule, entre autres, l'obligation des producteurs à transmettre par écrit aux destinataires un ensemble d'informations sur le produit en question.

Aujourd'hui, en France, comme dans tous les pays de l'Union Européenne, la législation communautaire remplace petit à petit la législation locale au fur et à mesure de l'avancement du processus d'harmonisation. Nous présentons à travers le Tableau 1.4 les grandes lignes de la réglementation en Europe et dans d'autres régions du monde.

Régions	Principaux Textes Réglementaires	Exigences en termes de traçabilité	Date d'entrée en vigueur
Union Européenne	Règlement CE n° 178/2002	Ce règlement appelé aussi General Food Law constitue le cadre général de la législation européenne en termes de sécurité alimentaire. Il stipule dans son article 18 l'obligation de tous les acteurs de la chaîne alimentaire de se munir d'outils leur permettant de tracer leurs intrants et leurs sortants (principe de cascade : one top one down).	Le 1 ^{er} janvier 2005
	Règlement CE n° 1935/2004	Obligations d'identifier les emballages primaires et autres matériaux en contact direct avec les produits.	Le 27 octobre 2006
Etats-Unis d'Amérique	<i>Bioterrorism Preparedness and Response Act</i>	La section 306 du <i>Bioterrorism Act</i> exige des acteurs de la chaîne alimentaire d'établir et maintenir des enregistrements pour déterminer les sources et les destinations immédiates des denrées échangées.	Entre le 9 décembre 2005 et le 9 décembre 2006 en fonction de la taille de l'entreprise
	<i>Farm Security and rural Investment Act of 2002</i> connu sous <i>2002 Farm Bill</i>	Cette loi comporte, entre autres, la mention obligatoire du pays d'origine (<i>COOL – Country of Origin Labelling</i>) sur les étiquettes de certains produits notamment les poissons et fruits de mer.	Le 20 septembre 2006
Japon	<i>Beef Traceability Law</i> ¹⁷	Cette loi oblige les éleveurs à identifier individuellement leurs bovins et à tracer leurs différents mouvements. Les autres acteurs de la chaîne (abattoirs, distributeurs, restaurateurs...) sont obligés d'identifier les différents morceaux de viande et d'établir des enregistrements de traçabilité.	Le 1 ^{er} décembre 2003 pour les éleveurs et le 1 ^{er} décembre 2004 pour les autres acteurs de la chaîne.
	<i>Food Sanitation Law</i>	Cette loi exige, notamment, des importateurs d'établir des enregistrements pour chaque lot importé. Ces derniers comportent, entre autres, le nom du produit, l'identifiant du lot et la date d'importation.	2003 pour l'amendement concernant la traçabilité.
Canada	<i>Health of Animals Regulations of 1991</i>	En décembre 2000, un amendement à cette loi rend obligatoire l'application du <i>National Cattle Identification Program</i> exigeant, ainsi, des acteurs de mettre en place des moyens d'identification et d'enregistrement des bovins permettant leur traçabilité de la naissance à leur abattage ou leur mort.	1 ^{er} juillet 2002

Tableau 1.4 - Quelques textes réglementaires en matière de traçabilité à travers le monde

Ce qu'il faut retenir de ce tableau, c'est que les principaux textes réglementaires qui portent sur la traçabilité à travers le monde sont relativement récents. Leur établissement s'explique principalement par la volonté des pays concernés de se doter de moyens leur permettant de mieux faire face aux crises alimentaires des dernières années notamment celle de l'ESB. La réglementation européenne à travers le règlement CE

¹⁷ Officiellement, cette loi s'intitule "Law for Special Measures Concerning the Management and Relay of Information of Individual Identification of Cattle" ou Law No. 72 of 2003.

178/2002 constitue, incontestablement, le texte législatif le plus contraignant en imposant une traçabilité transversale de tous les produits destinés à l'alimentation humaine et animale et qui concerne l'ensemble des intervenants de la chaîne alimentaire. Sans doute nous assisterons dans les prochaines années à une propagation de ce haut niveau d'exigence dans les réglementations locales des autres régions du monde.

5.2. Diversité des normes et standards

En plus des textes réglementaires, les entreprises du secteur agroalimentaire peuvent être amenées à se conformer à d'autres exigences portant sur la traçabilité, et ce dans le cadre de diverses normes dédiées à la gestion de la qualité notamment. Avant d'en donner un aperçu non exhaustif, précisons que le mot *norme* désigne un référentiel élaboré par un organisme de normalisation comme l'ISO ou l'AFNOR, tandis qu'un *standard* désigne une « convention et langage adoptés par des organismes autres que les organismes de normalisation »¹⁸. En anglais, on emploie le mot *standard* dans les deux cas.

Vers la fin des années 1960, le concept HACCP (*Hazard Analysis and Critical Control Point*) est né à l'initiative d'industries américaines en lien avec la NASA afin de garantir la sécurité des aliments destinés aux astronautes. Il ne s'agissait pas d'une norme à proprement parler, mais plutôt d'un système qui « identifie, évalue et maîtrise les dangers significatifs au regard de la sécurité des aliments »¹⁹. En 1993, HACCP est harmonisé à l'échelle internationale par le *Codex alimentarius*²⁰ et intégré dans les directives européennes et dans d'autres réglementations internationales. D'un point de vue traçabilité, la méthode HACCP préconise notamment la tenue d'enregistrements pour surveiller les différents points critiques (CCP – *Critical Control Point*) identifiés au niveau du processus de production. Sur la base du HACCP, plusieurs normes publiques et privées portant sur la sécurité alimentaire ont commencé à voir le jour vers la fin des années 1990. Ainsi, en 1998 un consortium de distributeurs britanniques a mis en place la norme BRC (*British Retail Consortium*) qui est un référentiel qualité auquel doivent se conformer les fournisseurs de denrées alimentaires MDD (marques de distributeurs) destinées aux distributeurs britanniques. Nous reviendrons plus loin sur les exigences de ce référentiel en matière de traçabilité dans le cadre d'une comparaison avec d'autres normes. En 2002, le référentiel IFS (*International Food Standard*) a été développé par un groupement de distributeurs allemands rejoints une année plus tard par leurs homologues français. C'est également une norme basée sur HACCP et proche du BRC. Le but était de concevoir un outil commun pour assurer la sécurité alimentaire et mesurer le niveau d'implication des fournisseurs de produits MDD destinés à ces distributeurs. A l'instar du BRC et de l'IFS, il existe d'autres normes et standards reconnus par la GFSI²¹ telles que l'EFSIS (*European Food Safety Inspection Service*) qui est très proche du BRC mais avec quelques exigences supplémentaires. Certains distributeurs anglais ne reconnaissant pas le BRC l'ont imposé à leurs fournisseurs. Citons aussi le référentiel SQF 2000 (*Safe Quality Food*) créé par le ministère de l'agriculture australien et géré depuis 2003 par le *Food Marketing Institute*. Basée sur l'HACCP, cette norme est destinée au management de la sécurité alimentaire et couvre l'ensemble des intervenants des filières alimentaires.

Bien évidemment, on ne peut pas parler de normes d'assurance qualité sans évoquer la famille des normes ISO. Les normes ISO 9000, publiées par l'organisation internationale de normalisation, sont sans doute les normes de management de la qualité les plus connues. La norme ISO 9001 (version 2000), dédiée aux exigences relatives aux systèmes de management de la qualité, comporte tout un paragraphe (§7.5.3) sur la traçabilité. En octobre 2005, a eu lieu la publication de la norme ISO 22000 qui est l'unique norme internationale ayant pour ambition d'harmoniser les pratiques de management de la sécurité des aliments à tous les maillons de la chaîne. Avec un contenu basé, là aussi, sur l'HACCP, cette norme prône une obligation de résultats plutôt qu'une obligation de moyens. Enfin, dans la même optique, l'un des derniers né de la famille ISO est la norme ISO 22005 publiée en 2007 et qui fixe les principes et spécifie les exigences fondamentales s'appliquant à la conception et à la mise en œuvre d'un système de traçabilité de la chaîne alimentaire.

¹⁸ Source : <http://www.gs1.fr> – consulté le 8 janvier 2008

¹⁹ NF V 01-002

²⁰ Comité d'experts en sécurité alimentaire créé en 1963 par la FAO et l'OMS.

²¹ La *Global Food Safety Initiative* est un réseau mondial initié par la grande distribution ayant pour but d'établir des normes de produits en matière de sécurité alimentaire de l'amont à l'aval de la chaîne.

A l'exception de l'HACCP, toutes les normes et standards cités jusqu'à présent sont sujets à audit et certification par des tierces parties accréditées. Nous exposons dans le Tableau 1.5 les principales exigences de certaines de ces normes en termes de traçabilité.

Normes et Standards	Extraits d'exigences en termes de traçabilité
ISO 9001(2000)	<ul style="list-style-type: none"> - Lorsque cela est approprié, l'organisme doit identifier le produit à l'aide de moyens adaptés tout au long de sa réalisation. - L'organisme doit identifier l'état du produit par rapport aux exigences de surveillance et de mesure. - Lorsque la traçabilité est une exigence, l'organisme doit maîtriser et enregistrer l'identification unique du produit. <p style="text-align: right;"><i>Section 7.5.3 de la norme ISO 9001 :2000</i></p>
ISO 22000	<ul style="list-style-type: none"> - L'organisme doit établir et appliquer un système de traçabilité qui permet d'identifier les lots de produits et leur relation avec les lots de matières premières ainsi que les enregistrements relatifs à la transformation et à la livraison. - Le système de traçabilité doit permettre d'identifier les fournisseurs directs des intrants et les clients directs des produits finis. - Les enregistrements relatifs à la traçabilité doivent être conservés pendant une durée définie pour l'évaluation du système pour permettre le traitement des produits potentiellement dangereux et dans l'éventualité d'un retrait. Les enregistrements doivent être conformes aux exigences légales et réglementaires ainsi qu'aux exigences des clients et peuvent être fondés, par exemple, sur l'identification du lot du produit fini. <p style="text-align: right;"><i>Section 7.9 de la norme ISO 22000 : 2005</i></p>
IFS	<ul style="list-style-type: none"> - Un système de traçabilité doit être en place, permettant l'identification des lots de produits et leur relation avec les lots de matières premières, les emballages en contact direct avec les aliments, les emballages destinés à, ou prévus pour être en contact direct avec les aliments. Le système de traçabilité doit intégrer tous les enregistrements importants de production et de distribution. - Le système de traçabilité doit être testé, documenté (...) ces tests doivent inclure des aspects quantitatifs. - La traçabilité doit être garantie à toutes les étapes (...). - L'étiquetage des lots de produits semi-finis ou finis doit être effectué au moment du conditionnement (...). <p style="text-align: right;"><i>Section 4.16 du référentiel IFS Version 5</i></p>
BRC	<ul style="list-style-type: none"> - L'entreprise doit disposer d'un système capable de tracer ses articles depuis la source des matières premières jusqu'aux produits finis. - Si le produit est retravaillé ou recyclé, sa traçabilité doit être maintenue. - Le système doit être régulièrement testé pour s'assurer que la traçabilité peut être réalisée depuis la source des matières premières jusqu'aux produits finis. <p style="text-align: right;"><i>Traduction libre de la Section 2.13 du référentiel BRC Version 3</i></p>
EFSIS	<ul style="list-style-type: none"> - L'entreprise doit disposer d'un système capable de tracer ses articles (y compris les emballages) depuis la source des matières premières jusqu'aux produits finis et, inversement, depuis les produits finis jusqu'à la source des matières premières. - Si le produit est retravaillé ou recyclé, sa traçabilité doit être maintenue. - Le système doit être régulièrement testé pour s'assurer que la traçabilité peut être réalisée depuis la source des matières premières jusqu'aux produits finis et, inversement, depuis les produits finis jusqu'à la source des matières premières. - Le niveau de traçabilité doit être fixé de manière à permettre un rappel efficace des produits et de relier les réclamations aux séries de production correspondantes. <p style="text-align: right;"><i>Traduction libre de la Section 23.1 du référentiel EFSIS</i></p>
SQF 2000	<p>Le produit fini doit pouvoir être tracé jusqu'au client. Le système de traçabilité doit être documenté à travers une procédure définissant les responsabilités. Il doit permettre l'identification des matières premières et d'autres intrants pouvant avoir un impact sur la qualité et la salubrité du produit fini. Les matières premières et les autres intrants doivent être traçables depuis la fabrication jusqu'au produit fini. Des enregistrements sur les expéditions et les destinations des produits doivent être maintenus.</p> <p style="text-align: right;"><i>Traduction libre de la Section 4.6.2 du référentiel SQF 2000</i></p>

Tableau 1.5 - Quelques extraits de normes portant sur la traçabilité des produits alimentaires

Signalons que le premier point cité dans l'extrait des exigences IFS constitue un point KO. C'est-à-dire que si l'organisme audité ne s'y conforme pas, il n'obtiendra pas de certification IFS. De même, la clause de traçabilité fait partie des 10 exigences fondamentales du référentiel BRC. Toute entreprise n'y ayant pas répondu d'une façon satisfaisante verra sa certification échouer.

A l'image des normes et référentiels sujets à audit et certification, il existe un nombre de plus en plus important de standards nationaux et internationaux portant exclusivement sur la traçabilité. Le plus connu d'entre eux est, bien entendu, le standard GS1 [GS1, 2005] qui est un standard commercial décrivant le processus de traçabilité indépendamment des technologies choisies. Il définit les exigences minimum requises pour les entreprises, toutes tailles et tous secteurs confondus, ainsi que les standards GS1 correspondants en termes d'identification et d'échange d'information. Rappelons que GS1 est un organisme international qui s'est fixé comme mission la définition et l'implémentation de standards et des solutions de traçabilité et d'échange d'informations entre les acteurs des chaînes logistiques. Dans ce contexte agroalimentaire en pleine dynamique, d'autres standards nationaux continuent à se développer. C'est le cas par exemple du standard Can Trace [Can-Trace, 2006] publié par un groupe de travail composé de représentants d'organismes professionnels et gouvernementaux. Son objectif est de définir une norme volontaire pour la gestion de la traçabilité des denrées alimentaires vendues au Canada.

Les exigences liées à la traçabilité dans la quasi-totalité des standards et normes que nous avons présentés ci-dessus sont principalement motivées par la volonté des acteurs de maîtriser la sécurité alimentaire des produits mis sur le marché. Pour s'y conformer, les entreprises doivent réaliser des investissements considérables en termes d'acquisition et de mise en place de moyens techniques et de changements organisationnels que cela implique. Nous verrons dans la section suivante qu'il est possible de rentabiliser au maximum ces investissements en tirant profit de toutes les potentialités offertes par un système de traçabilité.

6. La traçabilité, une pratique génératrice de valeur

Traditionnellement, la traçabilité des produits a souvent été associée à la gestion des situations de crises nécessitant le retrait ou le rappel de produits risquant d'être nuisibles à la santé des consommateurs. L'apport d'un système de traçabilité dans ce type de contexte peut se résumer à la mise à disposition de ses bénéficiaires d'un ensemble d'informations leur permettant une bonne gestion de la crise en question. Typiquement, il est question ici de déterminer l'origine du problème et d'identifier puis localiser les produits concernés afin de les retirer de la chaîne alimentaire. Aujourd'hui encore, nombreux sont les auteurs et les praticiens qui ne voient dans la traçabilité qu'un moyen de gestion de crises alimentaires. Certains adeptes de cette vision restreinte ont souvent tendance à assimiler le système de traçabilité à un contrat d'assurance qui coûte de l'argent à son souscripteur; mais ce dernier ne souhaite pas être amené à y faire appel un jour. Raisonner de la sorte, c'est ignorer tout le bénéfice qu'une entreprise peut tirer de son système de traçabilité. La principale raison derrière la réticence de certains exploitants agroalimentaires à se doter de systèmes de traçabilité est, justement, leur ignorance de l'ampleur des bénéfices qu'ils peuvent en tirer. A travers le Tableau 1.6, nous proposons de décrire succinctement ces bénéfices en les répartissant dans trois axes selon la nature de leur impact: un axe juridique et réglementaire, un axe commercial et économique et un axe de gestion des flux et amélioration continue.

Notons bien qu'il ne faut pas confondre les scénarii de valorisation cités dans le Tableau 1.6 avec les champs de mise en œuvre de la traçabilité que nous avons évoqués dans la section 4 de ce chapitre et qui désignent des disciplines où la traçabilité est explicitement présente en tant qu'outil incontournable. Pour plus de détails sur tous les bénéfices qu'il est possible de tirer des systèmes de traçabilité, nous recommandons au lecteur de consulter la thèse de Toyryla [Töyrylä, 1999] consacrée à la mise en évidence, via plusieurs études de cas, de la manière dont des entreprises exploitent ces systèmes. D'après cet auteur, les impacts de la traçabilité peuvent être classés en quatre catégories. A savoir, la création de produits et services personnalisés, la prévention ou la réduction du nombre d'événements indésirables, la réduction de l'impact négatif des ces événements et la prévention de problèmes futurs.

Axes de valorisation de la traçabilité	Exemples	Commentaires
Axe juridique et réglementaire	Se conformer à la réglementation	Au regard de quelques textes réglementaires (Cf. § 5.1), certaines entreprises ont l'obligation de se doter de systèmes de traçabilité.
	Prouver la non culpabilité de l'entreprise en cas de crise alimentaire	En cas de découverte de denrées nuisibles sur le marché (ex. viande importée d'une zone contaminée), l'entreprise peut faire valoir son système de traçabilité pour prouver qu'elle n'est pas l'acteur responsable de la crise.
	Montrer que toutes les précautions ont été prises pour protéger le consommateur	Selon des textes de loi au Japon, aux USA et en Europe, les fabricants ne sont pas responsables juridiquement des dommages causés par leurs produits s'ils peuvent prouver qu'il était impossible de reconnaître les défauts en question compte tenu du niveau du savoir scientifique et technique au moment de la livraison des produits concernés [Töyrylä, 1999].
	Opposabilité en justice des données de traçabilité	Selon Sylvain Martin ²² [Martin, 2006], les données de traçabilité peuvent constituer une preuve devant la justice à condition de répondre à 5 pré-requis : base de données fiable au regard l'outil utilisé qui doit tracer les modifications effectuées, intégrité des données tracées, signature électronique certifiée, stockage conforme à la norme AFNOR Z 42 013 et formation des utilisateurs aux mesures de sécurité.
Axe commercial et économique	Pouvoir accéder à certains marchés	Abstraction faite de l'obligation de traçabilité qui est en vigueur dans certains pays, il y a des marchés dont l'accès est conditionné par la possession d'un système de traçabilité fiable (produits AOC, IGP, etc.). Nous avons aussi vu (§ 5.2) que des fournisseurs de MDD sont obligés de mettre en place des systèmes de traçabilité dans le cadre de démarche de type IFS ou BRC.
	Minimiser les coûts des retraits et rappels	L'exploitation la plus courante et la plus connue des systèmes de traçabilité de produits réside dans leur capacité à permettre à l'entreprise de cibler juste les produits non-conformes en cas de retrait ou rappel.
	Protéger l'image de marque de l'entreprise	Grâce à des retraits et rappels ciblés, l'ampleur médiatique des crises alimentaires est minimisée; ce qui contribue à protéger l'image de l'entreprise et de ses marques.
	Réduction des primes d'assurance	Un système de traçabilité permettant de mieux gérer les crises alimentaires est un bon moyen de négociation des primes d'assurance.
	Fidéliser le consommateur en l'informant et en le rassurant	Avec les technologies modernes, il est désormais possible de permettre au consommateur d'accéder via internet à certaines données sur les produits qu'il achète (origine, propriétés, composition...). Au Japon, par exemple, l'une des applications possible de la technologie QR Code ²³ consiste à scanner, via l'appareil photo de son portable, un code figurant sur le produit pour accéder à sa traçabilité.

²² Avocat à la Cour d'appel de Paris et spécialisé dans la technologie de l'information.

²³ *Quick Response Code* : Une sorte de code-barres bidimensionnel créé par le groupe nippon Denso (entité de Toyota). L'une de ses applications est de permettre à un passant intéressé par une affiche publicitaire de récupérer instantanément l'adresse du site internet mobile sur lequel il pourra trouver des informations sur l'objet vanté (www.clubic.com – 29 septembre 2007).

Axes de valorisation de la traçabilité	Exemples	Commentaires
	Faire face à la contrefaçon, aux vols et à la vente sur circuits clandestins	Grace à la traçabilité, il est possible de faire face à certaines activités illicites telles que la contrefaçon qui touche de plus en plus de secteurs. La technologie RFID est particulièrement prometteuse dans ce domaine.
	Gestion du service après vente	La traçabilité est quasiment indispensable pour le service après vente et la gestion des garanties associées à certains équipements [Töyrylä, 1999].
Axe de gestion des flux et amélioration continue	Suivi des flux logistiques	Grace à la fonction tracking (Cf. § 2.1), la traçabilité permet de connaître, à tout moment, l'emplacement d'un objet (palettes, container...) au niveau de la chaîne logistique ; ce qui se répercute sur la réactivité de l'entreprise et sa capacité à bien gérer ses flux.
	Gestion de la production	Grace à la mise à disposition permanente de données décrivant les produits manipulés, il est plus facile et plus efficace de piloter un processus de fabrication. Sur un autre plan, la mise en place d'une démarche de traçabilité induit un mode de fonctionnement plus rigoureux dans les ateliers (respect du FIFO, séparation des lots de produits...).
	Fiabilité des indicateurs de pilotage de l'activité de l'entreprise	Au lieu de s'appuyer sur des données prévisionnelles (fournies par les services d'ordonnancement ou de planification), le système de traçabilité permet de fournir des données traduisant fidèlement la réalité (lots réellement traités, quantités réellement fabriquées...)
	Apprentissage organisationnel	D'une façon générale, l'analyse des données de traçabilité permet à l'entreprise d'identifier les causes de ses contre-performances (en matière de qualité des produits, de service aux clients...) afin d'y remédier.

Tableau 1.6 - Quelques façons de valoriser un système de traçabilité par une entreprise

Au regard de cette diversité de scénarii d'exploitation dans lesquels le système de traçabilité intervient souvent en complément à d'autres outils, il est très difficile de quantifier financièrement sa valeur ajoutée ou le retour sur investissement (ROI) correspondant. Cet investissement comprend à la fois des changements organisationnels éventuellement engendrés par une démarche de traçabilité (modification des habitudes de travail, réaménagement des locaux...) et aussi l'acquisition et la mise en place d'outils techniques dont nous donnons un aperçu dans la section qui suit.

7. Quels outils pour la traçabilité ?

Nous avons proposé une première définition décrivant un système de traçabilité comme étant un ensemble d'outils, de méthodes et d'acteurs organisés de manière à assurer la traçabilité des objets concernés. Contrairement à ce qu'on peut lire dans certains articles, un système de traçabilité des produits est plus qu'un simple système d'information. La dimension informationnelle n'en constitue, en effet, que la partie émergée. En dessous, il y a tout un travail de création, de séparation et d'identification des lots ainsi qu'une (ré)organisation du process afin de le prédisposer à la traçabilité. Nous reviendrons d'une manière détaillée sur les différentes fonctions techniques d'un système de traçabilité au cours du huitième chapitre.

L'objectif de cette section est de donner au lecteur une idée sur les différents outils de traçabilité que les entreprises peuvent trouver sur le marché sans, toutefois, en dresser une liste complète. Nous nous contentons d'en faire une cartographie selon les fonctions auxquelles ils sont dédiés. Au regard de l'offre actuelle, nous pouvons classer ces outils en quatre catégories selon le type de fonctions qu'ils remplissent comme le montre le Tableau 1.7.

Types d'outils	Finalités	Exemples d'outils
Outils d'identification des produits	Ils permettent d'associer physiquement aux objets tracés des identifiants uniques afin de pouvoir en distinguer les différentes instances (ex. différents lots d'un même produit).	<p>Pour identifier les produits, les entreprises disposent d'une panoplie de supports allant du plus simple au plus sophistiqué. En voici quelques exemples :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Boucles d'oreilles utilisées pour identifier individuellement les bovins, • Etiquettes manuscrites ou imprimées portant en clair le numéro de lot du produit tracé, • Codes à barres sous différentes versions (1D, 2D...) qui identifient les produits d'une manière optique, • Etiquettes ou puces radiofréquence (RFID) qui identifient les produits d'une manière électronique, • Identifiants biologiques consistant en l'utilisation de molécules ADN naturel ou de synthèse pour garantir une identification unique et inviolable. <p>Dans le huitième chapitre, nous aurons l'occasion de reparler de ces outils en montrant des images illustratives.</p>
Outils d'acquisition des données	Collecter et/ou générer les données nécessaires à la traçabilité.	<p>Mis à part les enregistrements papier qui sont encore répandus notamment dans des PME, ces trois fonctions sont assurées au travers d'outils informatiques composés de modules dédiés à chacune d'elles. En voici les principales familles :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Outils dédiés à la traçabilité : encore rares sur le marché, ces progiciels ont pour but de proposer une offre complète de fonctionnalités centrées sur la traçabilité avec la mise en avant d'une interface de restitution conviviale, • Plateformes de traçabilité inter-entreprises : outils internet (portails web et bases de données) ayant pour but de mutualiser des données issues de plusieurs acteurs d'une filière afin d'assurer une traçabilité de l'amont à l'aval (REGAT en développement, Trace Tracker, TraceAssured...), • Des progiciels de type ERP (<i>Enterprise Resource Planning</i>), SCE (<i>Supply Chain Execution</i>), SCQM (<i>Supply Chain Quality Management</i>), MES (<i>Manufacturing Execution System</i>), GMAO (Gestion de la Production Assistée par Ordinateurs) qui comportent des fonctionnalités plus ou moins liées à la traçabilité.
Outils de stockage des données	Stockage et mémorisation des données de traçabilité	
Outils de restitution des données	Ils permettent aux utilisateurs de consulter les données de traçabilité.	

Tableau 1.7 – Une cartographie des outils de traçabilité

L'émergence d'outils informatiques dédiés à la traçabilité s'explique d'une part par des raisons purement commerciales consistant à bénéficier de la vague de médiatisation de la traçabilité engendrée par les nouvelles réglementations. D'autre part, par la volonté de palier à l'incapacité des progiciels classiques (ERP, MES...) à restituer les données de traçabilité d'une manière satisfaisante. En effet, l'information est souvent disponible mais incomplète et éparpillée sur des supports divers (papiers, tableurs, bases de données...); ce qui rend difficile l'établissement des liens entre les différents éléments. Dans le Tableau 1.7 on aurait pu citer quelques noms de progiciels dédiés à la traçabilité, mais ne sachant pas encore ce qu'ils valent (véritables outils intéressants ou gadgets marketing) en raison de leur jeunesse, on a préféré s'abstenir de donner des exemples. D'après Vernède et al [Vernède et al., 2003], la plupart des outils informatiques de traçabilité en place dans les entreprises sont des outils « sur mesure ». Ils affirment aussi qu'il y a un manque d'outils adéquats pour les petites et moyennes entreprises ne pouvant pas investir dans les systèmes de type ERP ou MES.

Stimulé par les nouvelles réglementations, le marché de la traçabilité est en pleine croissance. Selon la DGE (Direction Générale des Entreprises - France), le marché français, qui connaît une croissance annuelle de 15%, comportait en 2006 environ 15 000 entreprises proposant des solutions et prestations en lien avec la traçabilité²⁴. En Europe, le chiffre d'affaires généré est passé de 0,6 milliards d'euros en 1997 à près de 2 milliards d'euros en 2005 [Traceneews, 2005]. La Figure 1.5 montre l'évolution de ce marché durant les dernières années. Elle montre clairement la croissance considérable de ce marché qui est dopée notamment par les nouvelles réglementations et les exigences de la grande distribution en matière de traçabilité.

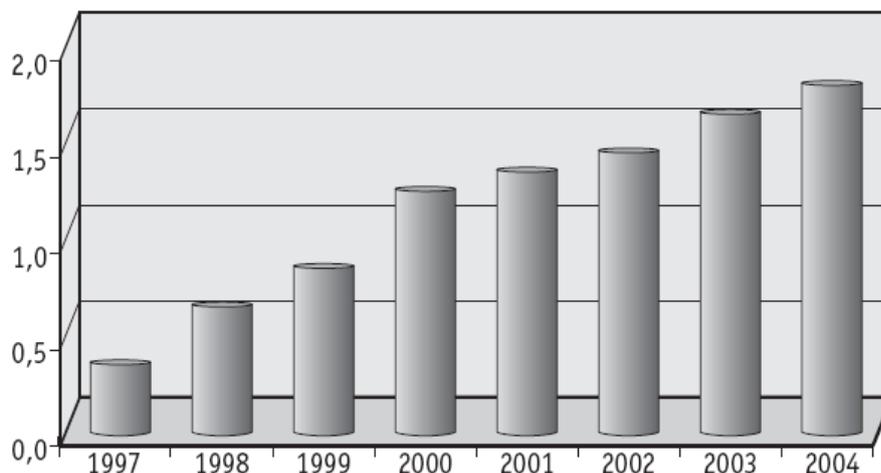


Figure 1.5 - Evolution du marché de la traçabilité en Europe (en Mds d'€) d'après Traceneews [Traceneews, 2005]

Pour clore cette section, il convient de souligner qu'il est plutôt rare dans les entreprises de consacrer ces outils exclusivement à la traçabilité, notamment quand il s'agit de systèmes informatiques pouvant remplir, en parallèle, d'autres fonctions. Un outil de GPAO, par exemple, peut servir, certes, à la traçabilité en fournissant des interfaces de saisies et/ou de consultation des données, mais sa finalité principale est la gestion de la production.

A l'instar de tout autre investissement, l'acquisition et la mise en place d'outils de traçabilité est une démarche que les entreprises souhaitent valoriser au maximum. A travers le Tableau 1.6, nous avons vu que l'une des voies de valorisation possible est la fidélisation du consommateur en l'informant et en l'assurant. Mais comment ce dernier perçoit-il vraiment la traçabilité ? C'est que nous analysons dans la section suivante.

8. La traçabilité perçue par le consommateur

Jusqu'à présent, nous avons souvent mis l'accent sur deux types d'acteurs majeurs concernés par la traçabilité des produits alimentaires : les Pouvoirs publics d'une part et les entreprises d'autre part. En tant que législateur, les premiers élaborent des lois dont certaines obligent les seconds à tracer leurs produits (ex. *General Food Law*). Mais, en fonction de sa localisation dans la chaîne de valeur, une entreprise peut aussi jouer le rôle de prescripteur d'exigences de traçabilité qu'elle impose à ses fournisseurs. C'est le cas notamment de la grande distribution à travers des standards comme l'IFS et le BRC évoqués précédemment (Cf. § 5.2). Au centre de ces rapports de force se trouve le consommateur que, via la traçabilité, les Pouvoirs publics cherchent à protéger et que les entreprises cherchent à attirer et à fidéliser. Nous essayons dans cette section de donner quelques éléments d'information sur la manière dont ce dernier perçoit la traçabilité.

Depuis la publication du règlement CE 178/2002, plusieurs enquêtes ont eu lieu en Europe pour sonder les réactions des consommateurs face à la médiatisation croissante du mot *traçabilité*. L'une des plus récentes a été réalisée en 2006 conjointement par le Global Office GS1, GS1 France, et le Salon Traçabilité auprès d'un échantillon de 2645 consommateurs répartis sur 5 pays européens (France, Allemagne, Royaume-Uni, Italie, et Espagne). Les résultats présentés dans le cadre du congrès Traçabilité 2007 montrent que 59% des sondés

²⁴ Source : www.industries.gouv.fr – consulté le 22 janvier 2008

ont déjà entendu parler de la traçabilité, mais avec une disparité d'un pays à un autre comme le montre la Figure 1.6.



Figure 1.6 - Notoriété de la traçabilité d'après l'enquête GS1 [GS1, 2007]

Après avoir expliqué aux enquêtés que la traçabilité consiste à *pouvoir suivre un produit dans toutes ses étapes de fabrication, jusqu'à la livraison*, 84% trouvent que l'on n'en parle pas suffisamment. Ensuite, parmi une liste de neuf applications potentielles de la traçabilité, une majorité de répondants (61%) considère comme prioritaire le retrait de produits nuisibles du marché. Par ailleurs, une grande partie des personnes questionnées (63%) estime qu'une généralisation de la traçabilité risque d'engendrer un surcoût pour le consommateur. Toutefois, elles se déclarent prêtes, à 71%, à dépenser deux centimes d'euros supplémentaires pour connaître la traçabilité des produits achetés. Parmi les autres questions adressées par cette enquête, l'une montre que 59% des consommateurs interrogés pensent que le meilleur moyen de prouver que la traçabilité est assurée est la création d'un label *traçabilité*.

D'autres études focalisées sur la traçabilité des viandes ont montré que, sous l'effet de la crise de l'ESB, les consommateurs sont très sensibles à toute information les rassurant sur ce qu'ils mangent. Ainsi, dans une enquête réalisée en 2002 en Espagne par Gracia et Zeballos [Gracia et Zeballos, 2005], un échantillon de consommateurs est appelé à se prononcer sur certains aspects relatifs à la traçabilité de viande bovine. Une grande partie des individus interviewés estiment que la traçabilité va améliorer la perception de la sécurité alimentaire et la confiance dans la viande bovine, mais ils pensent aussi que sa mise en place va augmenter les coûts de production et les prix de vente. De leur côté, Gellynck et al [Gellynck et al., 2005] ont réalisé une analyse comparative sur deux échantillons de consommateurs belges de viande dont la perception de la traçabilité a été étudiée respectivement en 2001 et en 2004. Avec des scores plus élevés en 2004, les deux enquêtes révèlent, entre autres, que les consommateurs attachent une grande importance à la traçabilité en tant qu'outil permettant de cerner les responsabilités des opérateurs en cas de crise. Le problème de la dioxine ayant secoué la Belgique en 1999 (Cf. § 1.2) y joue probablement pour quelque chose. D'après Giraud et Amblard [Giraud et Amblard, 2002], la perception de la traçabilité de la viande bovine par les consommateurs dépend du lieu de vente fréquenté. Selon une enquête réalisée auprès de 383 consommateurs en région Auvergne (France), ces auteurs ont constaté que les clients de boucheries traditionnelles (2,5% des répondants) et ceux d'hypermarchés (65,4%) accordent très peu d'attention à la traçabilité. Cependant, ceux fréquentant les moyennes surfaces spécialisées en boucherie (32,1%) semblent plus attentifs à la traçabilité et sont le mieux capables de la définir. Des études similaires traitant du consentement à payer (CAP²⁵) du consommateur pour des produits présentant des attributs particuliers montrent qu'une partie non négligeable des consommateurs est prête à dépenser plus pour des denrées dont la traçabilité est garantie (voir par exemple [Hobbs, 2003], [Souza-Monteiro et Caswell, 2004], [Dickinson et Bailey, 2002] et [GIRAUD et Halawany, 2006]).

Depuis le début de ce chapitre, nous avons essayé de synthétiser un ensemble d'éléments que nous jugeons pertinents à évoquer compte tenu de la thématique de notre thèse; à savoir, la traçabilité des produits alimentaires. La section qui suit est consacrée à l'analyse de cet état des lieux dans le but de mettre la lumière sur les constats nous poussant à qualifier cette traçabilité de problématique émergente.

²⁵ WTP : *Willingness To Pay*, en anglais.

9. La traçabilité des produits alimentaires : Une problématique multidimensionnelle émergente

Si le principe de traçabilité a toujours existé (Cf. Section 3) en agroalimentaire, son caractère problématique est relativement émergeant sous l'effet des crises alimentaires des dernières années, d'une réglementation de plus en plus stricte et de la globalisation des échanges. Il se manifeste aux travers d'un ensemble d'interrogations n'ayant pas de réponses satisfaisantes et sur lesquelles la communauté scientifique doit travailler en collaboration avec les praticiens afin de les élucider. Ce travail est fondamental pour permettre à toutes les parties prenantes (entreprises, Etat, consommateurs...) de valoriser aux mieux les potentialités de la traçabilité. Tout en faisant le lien avec les sections précédentes, nous analysons certains aspects de cette problématique avant de conclure sur l'angle d'attaque que nous avons choisi pour l'aborder dans cette thèse.

9.1. Quelle crédibilité pour les données de traçabilité ?

Nous avons commencé ce chapitre par la description d'un ensemble de caractéristiques intrinsèques aux entreprises et aux produits issus des filières agricoles et alimentaires. Dans ce cadre, nous avons mis en évidence l'importance et le rôle que peut jouer la traçabilité pour faire face à des enjeux tels que la sécurité alimentaire et l'assurance du consommateur. Le cas des attributs de confiance, qu'on ne peut prouver que via la traçabilité, est particulièrement intéressant. Concrètement, si un client a des raisons de croire que le produit qui lui a été vendu n'est pas conforme à son cahier de charges (AOC, Bio...), le vendeur n'a d'autres preuves que les données de traçabilité pour réfuter ces doutes. Ceci est aussi valable dans le cas de procédures judiciaires ou de mise en cause par les Pouvoirs publics dans le contexte d'une crise alimentaire. Ce constat soulève la question du **crédit que l'on peut accorder aux informations fournies** par l'entreprise. Parmi les rares références qui s'y intéressent, nous avons cité [Martin, 2006] qui définit cinq conditions à remplir pour que les données de traçabilité aient la crédibilité nécessaire pour qu'elles soient opposables en justice. Comme décrit dans le Tableau 1.6, ces pré-requis supposent que l'on a affaire à un système de traçabilité informatisé répondant à des exigences techniques dont le **coût est considérable** pour un secteur composé en majorité de PME. Ayant déjà du mal à se conformer à une réglementation qui leur laisse le choix des moyens, quelle sera la réaction de ces entreprises si on leur demande demain de se doter d'outils répondant aux critères listés par Martin [Martin, 2006] ? Ce serait sans doute une contrainte que beaucoup d'entre elles ne pourront pas satisfaire au regard du volume de données traitées. L'instauration d'un label « traçabilité » suffira-t-il pour garantir la crédibilité des données fournies par les acteurs de la chaîne alimentaire ?

9.2. Nécessité d'un cadre conceptuel solide

Après avoir présenté, au cours de la deuxième section, quelques définitions de base liées à la traçabilité, nous avons montré comment ce concept a été décliné pour aboutir à plus d'une quarantaine de types de traçabilité. Ce foisonnement sémantique témoigne de **l'absence d'un cadre conceptuel solide** à même de fournir un vocabulaire unique. Depuis la montée en puissance de la thématique de traçabilité, pratiquement chaque publication qui voit le jour s'accompagne de son lot de notions et termes correspondant aux interprétations de leurs auteurs et à la vision qu'ils se font de ce concept. A notre avis, ce constat s'explique par le retard enregistré par la communauté scientifique à s'attaquer à ce sujet et le nombre très faibles de travaux de recherche qui y sont consacrés. Cet avis est partagé par Viruega [Viruega, 2005] qui affirme qu'à l'inverse d'autres disciplines, la problématique de la traçabilité a d'abord été portée par les praticiens avant que les scientifiques commencent à s'y intéresser. Il importe donc que davantage d'efforts soient fournis, aussi bien par le milieu scientifique que par les organismes de normalisation, afin d'asseoir de bonnes bases conceptuelles pour la thématique de traçabilité.

9.3. La réglementation en cause ?

Dans la cinquième section, il a été question des différentes exigences auxquelles les exploitants du secteur alimentaire sont soumis en termes de traçabilité. Sur le plan réglementaire, le texte qui a suscité le plus de débats est le règlement européen CE 178/2002 qui impose à l'ensemble des intervenants dans la chaîne

alimentaire de tracer leurs produits. L'un des points problématiques de ce règlement réside dans sa **logique d'obligation de résultat** sans indiquer les moyens pour y parvenir. En l'absence de guides et outils méthodologiques efficaces, ceci a provoqué une certaine frustration notamment auprès des PME qui avaient du mal à s'y retrouver et qui devaient «se débrouiller» pour être en conformité avec la loi. Des éléments de réponse sont fournis à travers la nouvelle norme ISO 22005 publiée en 2007 qui fixe les principes et spécifie les exigences fondamentales s'appliquant à la conception et à la mise en œuvre d'un système de traçabilité de la chaîne alimentaire. De l'extérieur de l'Union Européenne, ce règlement est parfois perçu comme une **mesure qui sanctionne les petits exportateurs du tiers monde** dont les productions sont souvent mélangées à d'autres avant de les exporter. A en croire [CTA, 2004], plusieurs pays en développement se sont plaints auprès des comités OTC²⁶ et SPS²⁷ pour «*dénoncer le caractère excessivement contraignant des prescriptions européennes en matière de traçabilité*». Si la protection du consommateur européen à travers la traçabilité est un objectif juste et noble, n'existe-t-il pas des mesures alternatives qui soient aussi justes envers le petit producteur africain ?

9.4. La traçabilité, quel coût ?

Dans le cadre des exigences en matière de traçabilité, nous avons vu qu'en plus des textes réglementaires, il existe une multitude de normes et standards (Cf. § 5.2) dont plusieurs sont à l'initiative de groupements de distributeurs à l'exemple de l'IFS ou le BRC. Dans ce contexte, une PME qui fabrique des produits MDD pour le compte de plusieurs distributeurs peut se voir imposer plusieurs standards avec tout ce que cela implique en termes de **coût de certification**. N'est-t-il pas plus opportun d'unifier les normes et standards traitant de la sécurité alimentaire via une **norme unique** ? En principe, c'est l'ambition de la nouvelle norme ISO 22000, encore faut-il que tous les prescripteurs de standards privés y adhèrent en renonçant à leurs propres normes et standards.

Une autre facette de la traçabilité qui est mal cernée et sur laquelle il n'existe quasiment pas de références bibliographiques concerne son **coût et le retour sur investissement** correspondant. S'il est facile de prouver qualitativement que la traçabilité peut apporter de la valeur à l'entreprise comme nous l'avons montré à travers le Tableau 1.6, il est beaucoup plus difficile de quantifier financièrement ses bénéfices. Ainsi, la question à laquelle aucune entreprise ne peut répondre aujourd'hui avec précision est la suivante : Combien me coûte la traçabilité de mes produits et combien me rapporte-t-elle ? C'est ce qui explique, selon Vernède et al [Vernède et al., 2003], l'attitude défensive qui prévaut souvent chez beaucoup d'entreprises qui ne perçoivent pas la valeur ajoutée des démarches proactives de traçabilité. Nous avons, là aussi, une problématique de recherche présentant un intérêt indéniable pour le monde professionnel.

9.5. Jusqu'où tracer ?

En rapport avec le coût de traçabilité, une autre interrogation, que l'on rencontre d'une manière assez fréquente dans la littérature, consiste à déterminer la **quantité optimale de données à tracer**. D'un point de vue réglementaire, le règlement CE 178/2002 ne précise pas la nature des données à suivre. Mais un guide publié par la Commission européenne [CE, 2004] définit deux catégories d'informations à conserver. La première catégorie comporte des informations obligatoires dont les autorités compétentes doivent toujours pouvoir disposer ; à savoir le nom et adresse du client/fournisseur, la nature des produits échangés et la date de la transaction. Dans la seconde catégorie, on trouve des informations dont le suivi est fortement recommandé et qui concernent la quantité, le numéro de lot s'il y a lieu et une description plus détaillée du produit. Ce dernier élément, par exemple, est très flou dans la mesure où il ne précise pas jusqu'à quel niveau de détail il faut aller. Si certains auteurs, comme Ta [Ta, 2002], ont tendance à préconiser une logique de *tout tracer*, d'autres insistent sur le fait que **trop de traçabilité tue la traçabilité** et peut être contre productif [Töyrylä, 1999]. Dans le sixième chapitre nous introduisons les notions de *sous-traçabilité* et *sur-traçabilité* pour appréhender ce problème.

²⁶ Accord sur les Obstacles Techniques au Commerce qui s'applique à tous les membres de l'OMC.

²⁷ SPS désigne l'accord sur l'application des mesures sanitaires et phytosanitaires qui est entré en vigueur parallèlement à la création de l'organisation mondiale du commerce (OMC) en 1995. Il porte sur l'application des réglementations traitant de la sécurité des produits alimentaires et de la protection des animaux et des végétaux.

9.6. Performance des systèmes de traçabilité

En ce qui concerne la performance des outils de traçabilité, dont on a donné une cartographie dans le Tableau 1.7 on ne dispose pas encore d'un cadre méthodologique rigoureux pour les évaluer. Bien que certains auteurs comme Toyryla [Töyrylä, 1999], Golan et al [Golan et al., 2004b], Bertolini et al [Bertolini et al., 2006], et Dupuy [Dupuy, 2004] aient tentés de proposer quelques critères de performance, ils ne décrivent pas les démarches à suivre pour les quantifier. L'une des ambitions de notre travail est de proposer une batterie de critères fonctionnels et techniques, ainsi que les procédures de calcul correspondantes, destinés à évaluer les différentes composantes de la performance d'un système de traçabilité.

9.7. Quelques enjeux sociaux de la traçabilité

D'autres facettes moins techniques de la problématique de traçabilité relève des enjeux, sociaux, et éthiques qu'elle engendre. Sur le plan humain, on peut légitimement s'interroger sur le risque de voir les systèmes de traçabilité dans les entreprises se transformer en **outils de surveillance** des opérateurs (qui a fait quoi, quand, où ...). Ci-dessus, nous avons brièvement parlé de systèmes de traçabilité inter-entreprises qui permettent l'échange de données à l'échelle d'une filière (Cf. Tableau 1.7 et § 2.2.2). Ce type de systèmes émergents peut occasionner **des jeux de pouvoir risquant de pénaliser les maillons les plus petits**. Par exemple, sous prétexte de disposer d'une « autoroute d'informations », le maillon le plus fort (un distributeur par exemple) peut demander la mise en ligne de plus en plus de données avec le risque que des éléments sensibles tombent entre les mains des concurrents. De même, en l'absence de règles de collaboration établies sur des bases équitables, les acteurs dominants risquent d'imposer leurs lois et leur vision des choses. Il existe, sans doute, d'autres enjeux de ce type sur lesquels il importe d'accompagner les entreprises afin de leur permettre de tirer le meilleur profit de la traçabilité tout en limitant ses effets pervers.

Les quelques exemples discutés ci-dessus donnent une idée sur l'ampleur de la traçabilité en tant que problématique industrielle multi-facettes. Compte tenu du besoin formulé par notre partenaire industriel (Cf. chapitre suivant), nous avons choisi d'appréhender cette problématique selon un angle d'attaque plutôt technique consistant en la proposition d'un ensemble d'outils méthodologiques et conceptuels pour la conception, la gestion et l'évaluation des systèmes de traçabilité. Nous revenons sur la description de notre objet de recherche dans le quatrième chapitre.

10. Synthèse et conclusions

A travers ce premier chapitre, nous avons essayé de dresser un état des lieux global sur la thématique de la traçabilité. Pour commencer, un zoom sur le secteur agroalimentaire nous a permis de dégager ses principales caractéristiques comme la variabilité des produits, la sécurité alimentaire ou encore la prédominance d'attributs de confiance. En parallèle, nous avons expliqué l'importance de la traçabilité et son rôle en tant qu'outil indispensable de par ces différentes caractéristiques. Après cette entrée en la matière, nous avons consacré la deuxième section à définir quelques notions de bases liées à la traçabilité et surtout à mettre en évidence les différentes déclinaisons qui en sont faites à travers la littérature. Dans ce cadre, nous avons listé plus d'une quarantaine de types de traçabilité traduisant des perceptions et des préoccupations diverses. Dans la troisième section, il a été question d'un bref historique dans lequel nous avons montré que malgré le caractère récent du mot «traçabilité », le principe sous-jacent est vieux comme le monde. Par la suite, nous avons évoqué quelques disciplines, comme la qualité, la conception et la métrologie, où la traçabilité est mise en œuvre en tant qu'outil à part entière. Dans le secteur agroalimentaire, si certaines entreprises mettent en place des systèmes de traçabilité selon une approche proactive, la plupart le font sous les contraintes réglementaires et normatives que nous avons décrites dans la section 5. A titre d'illustration, des extraits de textes réglementaires, de normes et de standards ont été présentés. Face à ses contraintes qui ne leur laissent pas le choix, les entreprises ont intérêt à rentabiliser au maximum leurs investissements en termes de traçabilité. Des pistes de valorisation classées selon trois axes (un axe juridique et réglementaire, un axe commercial et économique et un axe de gestion des flux et amélioration continue) ont fait l'objet de la section 6. Après, sans trop rentrer dans les détails techniques, nous avons mis en évidence une cartographie d'outils de traçabilité tout en donnant une image sur le marché, en pleine croissance, que représentent ces outils. Et comme on ne peut pas parler de la traçabilité des produits

alimentaires sans évoquer le consommateur qui en est l'un des principaux bénéficiaires, la section 7 a eu pour objectif de mettre en lumière l'idée que se fait ce dernier de la traçabilité. Enfin, nous avons conclu ce chapitre en expliquant en quoi la traçabilité constitue une problématique émergente présentant des dimensions différentes. Dans ce contexte, nous avons dénombré et discuté un certain nombre d'enjeux économiques, techniques et sociaux qui relèvent des interrogations cruciales auxquelles il faut trouver des réponses satisfaisantes pour exploiter au mieux les potentialités de la traçabilité.

Après cette présentation panoramique de la thématique de traçabilité, nous consacrons le prochain chapitre à la description de notre terrain de recherche qui est une entreprise qui fabrique des produits à base de volailles. Nous y montrons qu'à l'instar des autres entreprises alimentaires, elle doit faire face au contexte que nous venons d'aborder en se dotant d'un système de traçabilité fiable et efficace.

CHAPITRE DEUXIEME

*La Traçabilité au sein de la société Arrivé :
Contexte Industriel et terrain de Recherche*

Celui qui ne connaît pas l'histoire est condamné à la revivre.

Karl Marx (1818-1883)

Après avoir dressé un état des lieux général de la problématique de la traçabilité dans le secteur agroalimentaire au cours du chapitre précédent, nous nous focalisons dans ce chapitre sur la description de notre terrain de recherche. En l'occurrence, une société de la filière avicole basée à l'ouest de la France au sein de laquelle nous avons mené un travail de recherche-action dans le cadre d'une convention CIFRE. Mais nous commençons d'abord par donner quelques éléments d'informations et quelques chiffres-clés sur cette filière (section 1). Ensuite nous présentons brièvement la société en question (section 2) et nous évoquons les principales caractéristiques de son processus de production (section 3). La section suivante est consacrée à décrire son système de traçabilité selon une vision multidimensionnelle (section 4). Nous enchaînons par la suite sur le besoin et l'attente ayant motivé ses dirigeants à faire appel à une démarche de réflexion et de recherche (section 5). A l'issue de cet état des lieux, nous allons voir dans quelle mesure notre terrain de recherche représente un cas d'étude représentatif du contexte agroalimentaire (section 6).

1. La filière avicole : Un aperçu

Rappelons que le concept de filière (*commodity system*), proposé par Goldberg²⁸ dans les années 60, décrit l'ensemble des activités de production, de transformation et de commercialisation concernant un même produit [Golberg, 1968]. La filière avicole est composée principalement de neuf acteurs que nous représentons sur la chaîne logistique en Figure 2.1. Les flèches décrivent le sens de circulation des flux de produits entre les différents maillons.

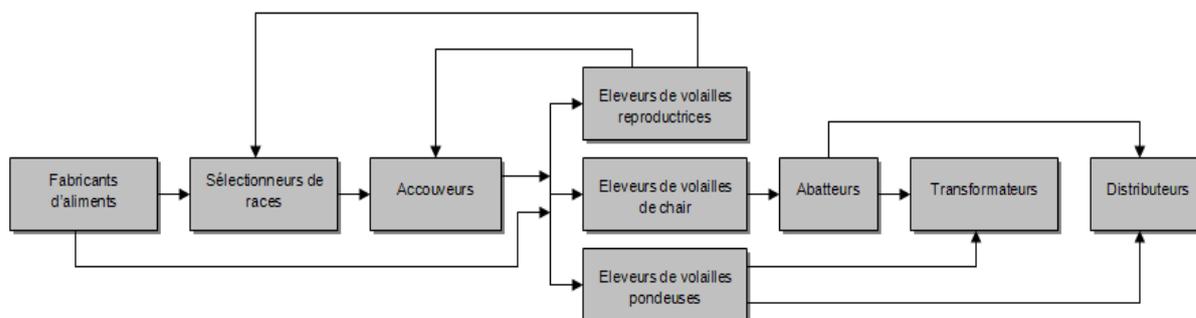


Figure 2.1 - Schéma simplifié de la filière avicole

En amont de la filière nous trouvons des fabricants d'aliments destinés à satisfaire les besoins nutritionnels des différentes espèces de volailles. Les sélectionneurs travaillent sur l'amélioration des souches qu'ils fournissent aux accoueurs qui se chargent de l'incubation des œufs et de leur éclosion pour produire des poussins d'un jour. Ces derniers sont ensuite transférés aux éleveurs qui les élèvent dans des conditions plus ou moins différentes selon qu'il s'agisse de volailles destinées à la reproduction (œufs fécondés), à l'abattage (volaille de chair) ou à la production d'œufs de consommation (volailles pondeuses). Pour les volailles de chair, on trouvera en aval de la filière des abattoirs puis, éventuellement, des usines de fabrication de produits élaborés (cuits, panés...) et ensuite des distributeurs. Les œufs de consommation peuvent être vendus en l'état à travers les circuits de distribution ou transformés en ovoproduits divers (œuf liquide entier, blanc ou jaune d'œuf, etc.). D'autres acteurs qui n'apparaissent pas dans la Figure 2.1 pour des raisons de lisibilité, interviennent dans la filière comme les fournisseurs de produits vétérinaires, les laboratoires et des organismes de conseil technique.

En France, la filière avicole est caractérisée par une forte intégration et est considérée parmi les filières agroalimentaires les plus organisées. Selon la FIA²⁹, 95% de la production est organisée à travers une centaine d'organismes tels que des fédérations ou des coopératives. La France est le premier producteur européen de volailles et le cinquième à l'échelle mondiale après les USA, la Chine, le Brésil et le Mexique.

²⁸ Professeur à la Harvard Business School qui a beaucoup travaillé sur l'étude du comportement, en situation, des entreprises agricoles, notamment celles du blé, du soja et des agrumes.

²⁹ Fédération des Industries Avicoles - <http://www.fia.fr/filiere.php?page1=filiere> – Consulté le 26 janvier 2008

D'après des données fournies par l'Office de l'Elevage³⁰ et l'APVF³¹, la filière avicole y joue un rôle économique d'une grande importance. En effet, plus de 2 millions de tonnes de produits ont été mis sur le marché en 2005 générant plus d'un milliard d'euros de chiffre d'affaires à l'export. Sur le plan des emplois, plus de 50 000 personnes interviennent dans les différents maillons de la filière. La filière avicole française est marquée par une forte présence de signes de qualité tels que le Label Rouge, les AOC, le Bio ou la certification de conformité. 24% de volailles abattues sont concernées³². Nous avons évoqué dans le chapitre précédent le rôle central que joue la traçabilité en tant qu'outil garantissant la conformité des produits aux signes de qualité revendiqués.

Aujourd'hui, les acteurs de la filière doivent faire face à des enjeux majeurs. Depuis l'automne 2005 et à la suite de la médiatisation de la grippe aviaire, les producteurs ont vu leurs ventes chuter d'une manière vertigineuse. En cause, les inquiétudes des consommateurs et la fermeture de plusieurs marchés. Rien qu'en France, le manque à gagner se compte par centaines de millions d'euros. A côté des conséquences de la grippe aviaire, dont la page n'est pas définitivement tournée, les acteurs de la filière avicole sont confrontés à une flambée des cours des matières premières utilisées dans la fabrication de l'alimentation des volailles. Selon l'INSEE, le prix des céréales a augmenté de 53,3% rien qu'entre 2006 et 2007 [Lesdos-Cauhapé, 2007] et les producteurs de volaille savent très bien que leur prix de revient est directement indexé sur celui des céréales. Outre la baisse des stocks mondiaux et les conditions climatiques, cette augmentation s'explique aussi par la flambée du prix du pétrole qui impacte les coûts de production et qui engendre une diminution de l'offre de céréales dont une partie est de plus en plus orientée vers la fabrication de biocarburants.

Après cette présentation succincte de la filière avicole, nous consacrons la section qui suit à la description du contexte industriel au sein duquel nous avons effectué notre recherche-action.

1. Une présentation sommaire de la société Arrivé

1.1. Présentation générale

Arrivé est une entreprise familiale dont le siège social est situé à Saint-Fulgent en Vendée (85). Avec un chiffre d'affaires de 508 millions d'euros (2006) et un effectif d'environ 3000 employés, elle est le quatrième volailler en France après LDC (*Le Gaulois*), Doux (*Doux, Père Dodu*) et le groupe coopératif Terrena (*Gastronome, Douce France*). Arrivé travaille sur deux métiers qui sont la fabrication d'aliments pour animaux et l'abattage et transformation de volailles. Ces métiers sont gérés au sein de deux entités ayant chacune sa propre organisation : *Division Nutrition Animale* et *Division Volailles*. C'est au sein de cette dernière que nous avons mené le présent travail de recherche. A défaut de précisions supplémentaires, toute mention des termes *Société Arrivé*, *Groupe Arrivé*, ou *Arrivé* dans la suite de ce document fait référence à cette Division.

La Division Volailles est organisée en deux départements. L'un gère les sites d'abattage et découpe (*Département de Volailles Classiques*) et l'autre gère les sites de fabrication de produits élaborés à base de volailles (*Département de Produits Elaborés*). La Figure 2.2 montre la localisation géographique de ces sites. Pour gérer les échanges de produits entre ses différents sites et les expéditions vers ses clients, Arrivé dispose de trois plateformes logistiques. Deux sont dédiées aux produits frais et se trouvent respectivement à Saint Fulgent (85) et à Mornant (69) et la troisième est dédiée aux produits congelés et se trouve aux Essarts (85).

³⁰ Etablissement public à caractère industriel et commercial sous la tutelle des ministères chargés de l'agriculture et du budget qui travaille, entre autres, sur la veille économique et l'analyse des marchés et des filières d'élevage.

³¹ L'Association Pour la Volaille Française regroupe l'ensemble des acteurs qui interviennent dans la filière avicole en France - <http://www.volaille-francaise.fr/>

³² Source : <https://www.panoramaiaa.agriculture.gouv.fr/> - consulté le 27 janvier 2008.

1.2. Gamme de produits

Comme le montre la Figure 2.3, Arrivé fabrique une gamme diversifiée de produits. On en distingue toutefois deux grandes catégories. D'une part, des produits classiques qui sont issus d'une activité de première transformation (abattage et découpe) et qui consistent soit en pièces entières (poulet, dinde, coq, coquelet, chapon...) ou en morceaux (escalopes, cuisses, ailes...). D'autre part, on a des produits élaborés qui sont fabriqués selon un processus d'assemblage et qui ont subi, outre la découpe, d'autres opérations de transformation telles que le barattage ou la cuisson. Dans cette classe, on distingue des produits panés (cordons bleus, nuggets de poulet...), des produits cuits (poulets rôtis, émincés de poulets...) et des produits saisonniers (brochettes, canettes farcies...).



Figure 2.2 - Localisation des sites de production Arrivé

Au niveau des signes de qualité, Arrivé est le deuxième producteur en France en terme de volailles Label Rouge avec 17% de labellisation. Ses marques phares, *Maître Coq* et *Saint Sever*, disposent d'une bonne notoriété dans le marché français de la volaille. Pour ce qui est des produits cuits, Arrivé est le N° 1 français grâce notamment à ses manchons de poulets marinés et cuits connus sous le nom de *Coq'Ailes* qui constituent le premier snack de volaille en sac micro-oncable en France (depuis 1997).

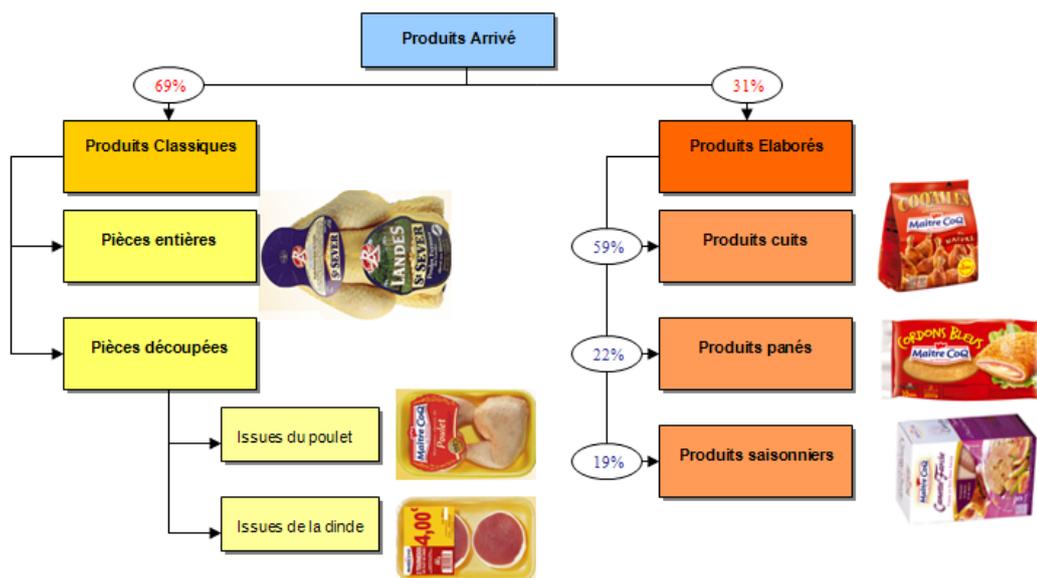


Figure 2.3 – Structure de l'offre de produits Arrivé

1.3. Circuits de distribution

Comme illustré dans la Figure 2.4, avec deux tiers du chiffre d'affaires, la grande distribution constitue le débouché le plus important des produits Arrivé. Viennent ensuite les boucheries et grossistes, la restauration hors foyer puis d'autres industriels à travers les PAI (produits alimentaires intermédiaires). L'export représente à peu près 5% du chiffre d'affaires total.

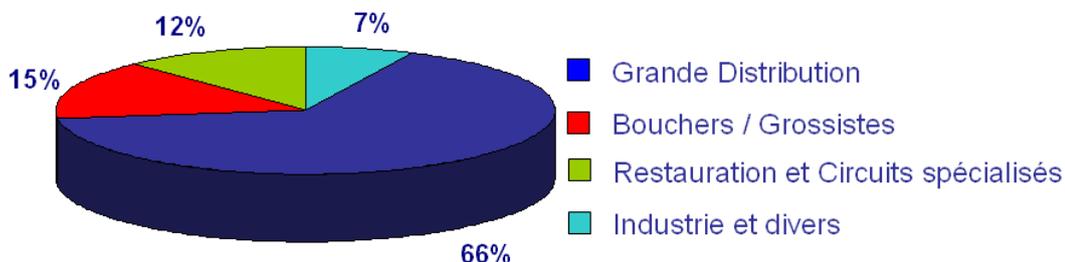


Figure 2.4 – Circuits de distribution des produits Arrivé

Après cette présentation générale de la société Arrivé, nous nous concentrons dans la section suivante sur les principales caractéristiques de son processus de production tout en les rapprochant de la problématique de traçabilité.

2. Caractéristiques du processus de production de chez Arrivé

A l'instar des autres entreprises agroalimentaires, Arrivé s'est dotée d'un système de traçabilité non seulement pour se conformer aux exigences réglementaires et normatives, mais aussi parce que c'est un outil incontournable compte tenu des caractéristiques de ses produits et de son processus de fabrication. Le but de cette section est de se focaliser sur certaines de ces caractéristiques afin de permettre, par la suite, de mieux cerner les enjeux que représente la traçabilité pour la société Arrivé.

2.1. Périssabilité des produits

Les produits manipulés concernés ici sont pour la plupart très sensibles du point de vue microbiologique, ce qui rend leur durée de vie relativement courte. En plus de respecter des conditions d'hygiène drastiques, la traçabilité de ces produits est nécessaire afin d'être capable de circonscrire le périmètre d'une éventuelle contamination et d'isoler ceux qui sont incriminés. Par exemple, un lot de cuisses de poulet a une durée de vie d'environ 10 jours au-delà desquels il n'est plus consommable. Grâce à la traçabilité, la lecture optique des étiquettes d'identification de ces produits permet aux opérateurs de préparation des commandes clients de ne pas expédier ceux dont la fin de durée de vie est dépassée ou trop proche.

2.2. Opérations d'assemblage et de désassemblage

Le processus de fabrication des produits Arrivé comporte à la fois des opérations d'assemblage et des opérations de désassemblage. Une découpe, par exemple, représente une opération de désassemblage consistant, à partir d'une seule entité (poulet entier), à produire différents morceaux tels que les cuisses et les escalopes. Par la suite, certains de ces morceaux vont subir un deuxième niveau de découpe comme le montre la Figure 2.5. Donc, à partir d'un lot de poulets, on se retrouve avec plusieurs types de produits destinés à diverses opérations (conditionnement, cuisson, congélation, broyage...). En termes de traçabilité, il est très important d'identifier ces différents produits et surtout de maintenir le lien avec le lot d'origine. Ainsi, si des analyses sur une barquette de cuisses vendue à un client révèlent une contamination, il sera possible de remonter au lot de poulet d'origine (traçabilité ascendante) puis d'identifier la localisation des autres produits qui en sont issus (traçabilité descendante) afin de pouvoir les bloquer. Un assemblage est l'opération inverse qui consiste à mélanger des produits différents afin de réaliser une recette par exemple. Chez Arrivé, c'est une opération omniprésente dans les processus de fabrication de produits élaborés. Comme le montre le diagramme simplifié de fabrication de Coq'Ailes de la Figure 2.6, différents ingrédients

(sel, épices...) sont d'abord mélangés avec de l'eau pour obtenir une sauce qui est, par la suite, utilisée pour mariner les manchons de poulet. Ces derniers sont, eux-mêmes, souvent issus de plusieurs lots ; ce qui commence à faire beaucoup d'assemblages ! Le système de traçabilité doit donc être capable de déterminer, pour chaque composant de la recette, au moins le(s) lot(s) utilisé(s).

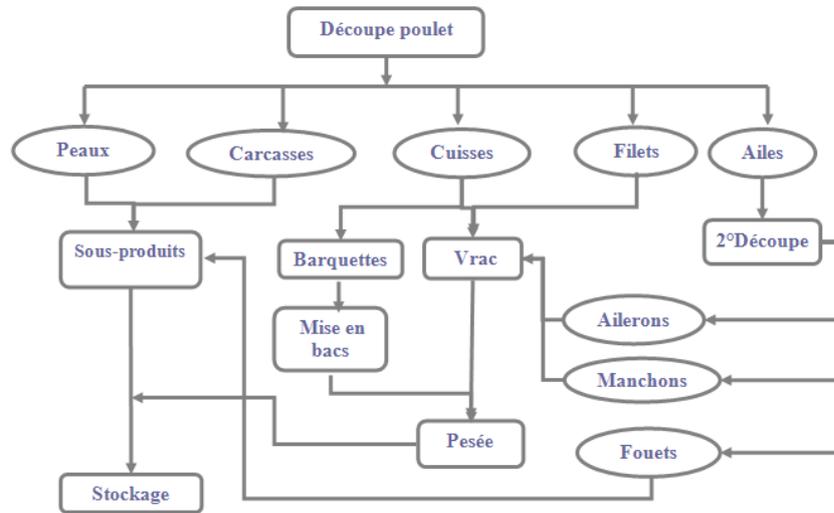


Figure 2.5 – Diagramme simplifié du processus de découpe de poulets

Sachant que certains ingrédients sont utilisés en très faibles doses, un seul lot de paprika, par exemple, peut se retrouver dans un très grand nombre de lots de produits finis. Par conséquent, un éventuel rappel dû à une non-conformité au niveau de cet ingrédient, va forcément impliquer de grandes quantités de produits finis même avec le système de traçabilité le plus performant qui soit. En l'absence de traçabilité, les conséquences seront, bien évidemment, encore plus dramatiques pour l'entreprise.

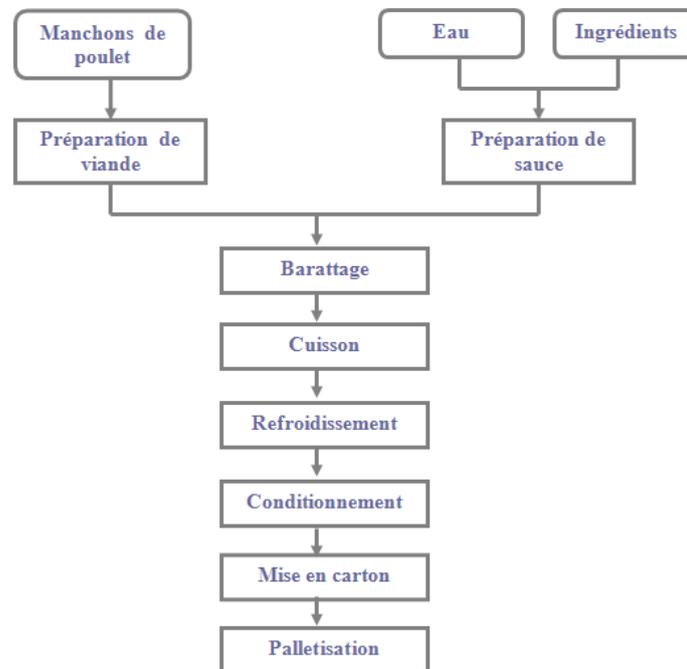


Figure 2.6 – Diagramme simplifié du processus de fabrication de Coq'Ailes

2.3. Multitude des attributs des produits

Dans la base des données techniques des produits Arrivé, on dénombre plus de 27 000 références correspondant aux différents articles manipulés. Cette multitude s'explique par le nombre important

d'attributs qui permettent de différencier les divers produits. Sans être exhaustif, nous avons classé ces attributs en cinq catégories que nous présentons dans la Figure 2.7.

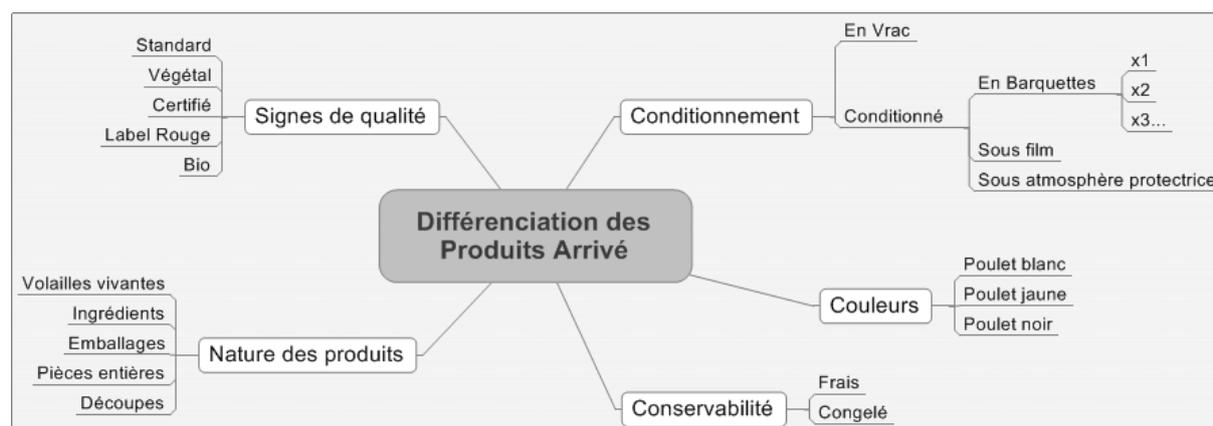


Figure 2.7 – Principaux critères de différenciation des produits chez Arrivé

A titre d'illustration, on peut distinguer divers types de cuisses de poulet en combinant différents attributs. Par exemple: *Cuisses de poulet Bio en barquettes* $\times 2$ (c'est-à-dire 2 cuisses par barquette), *Cuisses de poulet jaune certifiées sous atmosphère protectrice*, etc. En termes de traçabilité, cette multitude d'attributs implique un volume conséquent de données à suivre et la nécessité de pouvoir, à tout moment, prouver l'authenticité de certaines caractéristiques mentionnées sur les étiquettes des produits. Un exemple typique serait de remonter l'historique d'une escalope de poulet vendue en tant que Bio pour montrer qu'elle est bel et bien issue d'une bande³³ d'élevage Bio.

2.4. Arrivé face à différentes exigences en termes de traçabilité

Dans le premier chapitre, nous avons abordé diverses exigences auxquelles les entreprises agroalimentaires sont soumises en termes de traçabilité. N'échappant pas à la règle, Arrivé est amenée à appliquer les textes réglementaires en vigueur et les exigences relatives aux systèmes de management de la qualité mis en place. Entre 1999 et 2006, tous les sites de production de l'entreprise sont certifiés HACCP, ISO 9001 et IFS. Pour de plus amples informations sur la manière dont ces référentiels approchent la traçabilité, nous renvoyons le lecteur à la section 5 du premier chapitre. En plus, étant donné qu'une partie importante des produits Arrivé est à marque de distributeurs (MDD), elle doit aussi répondre à des cahiers des charges traçabilité émanant de clients ne reconnaissant pas le standard IFS. Pour en vérifier le respect, ceux-ci effectuent régulièrement des audits des différents sites de la société.

Depuis le début de nos travaux de thèse chez Arrivé, nous avons été sollicités à plusieurs reprises dans le cadre d'audits de traçabilité effectués soit par la DDSV, des organismes de certification ou par des clients de la société. L'un des derniers exemples date du 29 janvier 2008 quand un grand distributeur français a voulu tester l'efficacité de la traçabilité sur un site Arrivé, situé en Auvergne, en demandant la liste des clients auxquels ce site a expédié les produits issus d'un lot de *cuisses de poulet jaune Label Rouge conditionnées en barquettes* $\times 2$. En montrant que la quantité initiale du lot en question (364 Kg) est égale à la somme des quantités expédiées à chaque client, Arrivé a prouvé sa capacité à faire un retrait ciblé si ces produits avaient été impropres à la consommation. C'est ce qu'on appelle un *bilan matière* ou une *comptabilité matière*.

2.5. Principe de gestion des flux de produits chez Arrivé

Chez Arrivé, la gestion de la production se fait selon une approche par **lot** (ou *batch*). Les volailles vivantes sont réceptionnées par bande puis abattues pour obtenir différents produits (poulets plumés, abats, cous...)

³³ Une *bande* désigne un ensemble d'individus, de plusieurs centaines à plusieurs milliers, de la même espèce élevés dans les mêmes conditions (même bâtiment, mêmes aliments...).

qui sont identifiés par un même **N° de lot**. Ces derniers vont subir d'autres opérations telles que la découpe ou la cuisson pour produire d'autres lots. Chaque opération est identifiée par un **Ordre de Fabrication (OF)** qui consomme un ou plusieurs lots **entrants** pour produire un lot **sortant**.

A travers le diagramme de classes UML de la Figure 2.8, nous décrivons d'une manière très sommaire le modèle de données sous-jacent au système de gestion de la production chez Arrivé.

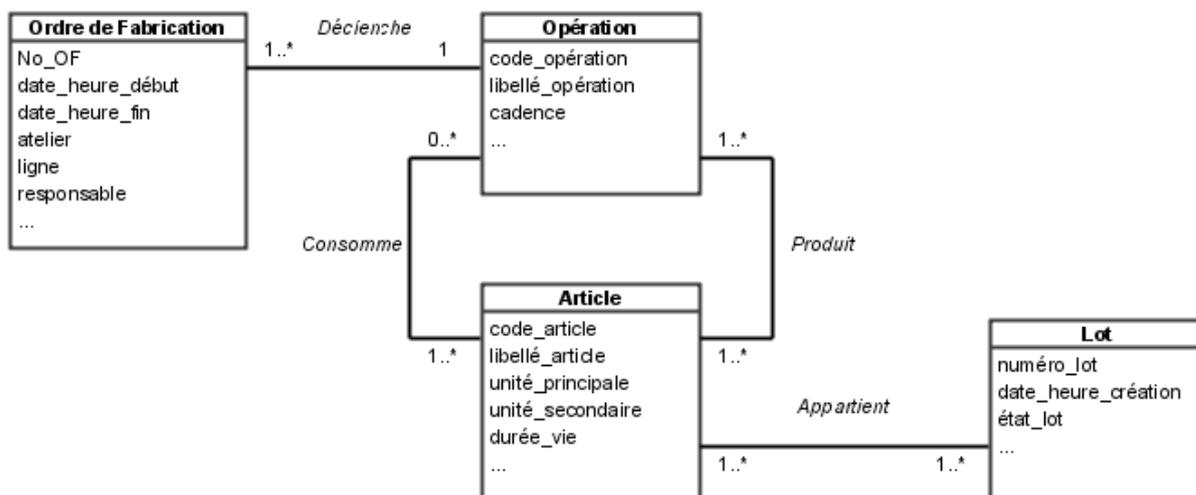


Figure 2.8 – Modèle de données très simplifié de la gestion de production chez Arrivé

Chacune des quatre entités présentées dans ce modèle est caractérisée par un ensemble d'**attributs** correspondant à des données de gestion destinées aux différents types d'utilisateurs au sein de la société (chefs d'ateliers, service Qualité, service de contrôle de gestion...). D'un point de vue traçabilité, les N° de lot et les N° d'OF constituent des **identifiants uniques** qui permettent de distinguer, respectivement, les différentes instances d'un même article et d'une même opération. Par exemple, le N° d'OF 704427452319 identifie une opération de cuisson de 1440 poulets effectuée le 31 décembre 2007 dans l'usine de Chavagnes en Paillers. Sur le plan informatique, la gestion de la production et des données techniques associées est assurée par un système de GPAO disposant de plusieurs fonctionnalités regroupées en plusieurs modules. Nous y reviendrons avec plus de détails dans la section suivante.

Après avoir présenté succinctement le contexte général dans lequel il est implémenté, nous consacrons la prochaine section de ce chapitre à la description du système de traçabilité Arrivé selon plusieurs angles de vue.

3. Description multidimensionnelle du système de traçabilité Arrivé

Il est 4 heures du matin. Après s'être assuré que toutes les machines sont en route, Michel³⁴, le chef d'atelier d'abattage, ordonne à ses opérateurs de commencer le déchargement des 3060 poulets qui viennent juste d'être ramassés chez l'éleveur Max-Elevage. Sur son écran, il lance l'OF N° 801107455674, créé par le service d'ordonnancement la veille, saisit le nombre de poulets à abattre et le N° de bande figurant sur le bon de ramassage fourni par le chauffeur du camion. Les cages sont vidées les unes après les autres et les poulets sont accrochés par les pattes sur une chaîne qui les conduit vers le poste d'électronarcose (étourdissement), puis celui de la saignée avant de traverser les machines de plumaison. Tout cela se passe suivant un flux continu. Après la plumaison, les poulets sont inspectés pour détecter d'éventuelles anomalies telles que la présence d'hématomes. Cette tâche est confiée à Jean-Pierre qui isole les poulets non-conformes, les compte et les met dans des bacs qu'il déclare sur un poste informatique en prenant le soin de ne pas se tromper d'OF et de marquer la quantité exacte. Ensuite, il doit imprimer des étiquettes code-barres, portant notamment le code et le libellé du produit, son N° de lot, sa quantité et sa date d'abattage, qu'il appose sur chaque bac. Jean-Pierre, qui a plus de 30 ans d'expérience derrière lui, a toujours du mal à

³⁴ Tous les personnages et les noms de sociétés cités dans ce récit sont imaginaires.

comprendre pourquoi on doit **se compliquer la vie avec toutes ces saisies** de données et ces codes barres. Il se rappelle de son ancien travail dans un petit abattoir en Bretagne où on n'avait pas besoin de tous ces écrans et étiquettes pour abattre des poulets... Après tout, pense-il, tout ce qui compte c'est l'hygiène et la **productivité**, le reste n'est qu'une perte de temps. Une fois, il a même avoué à l'un de ses collègues qu'il lui arrive, quand il est pressé, de **saisir n'importe quoi** pour faire vite !

Entre temps, nos poulets continuent leur petit bonhomme de chemin jusqu'aux postes d'éviscération où des opérateurs enlèvent les différents abats (foie, cœur et gésier) qui sont à leur tour pesés, **identifiés par des étiquettes code-barres et déclarés informatiquement**. Avant de changer d'atelier, les poulets plumés et éviscérés sont acheminés jusqu'aux lignes de calibrage où une autre équipe les sépare en fonction de leurs poids avant de les disposer sur des chariots. Conformément aux **procédures de traçabilité**, on pèse chaque chariot et on compte le nombre de poulets qu'il contient avant de l'étiqueter et d'**enregistrer ses données de traçabilité**. Le lendemain, et après un repos bien mérité dans une chambre froide, les poulets continuent leur périple mais en suivant deux itinéraires différents. Certains sont destinés à la vente en tant que pièces entières et d'autres à la découpe. Ce sont ces derniers qui constituent désormais les acteurs principaux de ce récit.

Après avoir reçu le signal de son chef, Paul s'est mis à déstocker les 300 poulets dont l'OF de découpe N° 801367461878 vient d'être initialisé. Il va dans la chambre froide chercher le premier chariot qu'il pousse jusqu'à proximité de son poste informatique. Sur la liste des OF affichés sur son écran, il sélectionne l'OF en question **puis lui affecte les 45 poulets** contenus dans le chariot par simple **lecture optique (scanning) de son étiquette d'identification**. Dans le jargon de Paul cette opération s'appelle le **déstockage des entrants de l'OF**. Informatiquement, cela se traduit par la création d'un **lien de traçabilité** entre l'OF de découpe et le lot des 3060 poulets abattus la veille par l'équipe de Michel. Après leur déstockage, les poulets sont envoyés sur les lignes de découpe où ils sont découpés en plusieurs morceaux notamment les cuisses, les filets et les ailes. Au moment de déstocker le 5^{ème} chariot qui devait permettre d'atteindre les 300 poulets à découper, Paul s'est rendu compte que ce dernier ne contient que 57 pièces au lieu des 60 habituelles. Il est donc retourné dans la chambre froide en espérant y trouver un chariot du même lot pour y prélever les 3 poulets qui lui manquent. Mais le lot en question étant déjà épuisé, notre destockeur se sert dans un autre chariot, un peu à l'écart, qui appartient à un autre lot. Pensant que 3 poulets ne représentent pas grand-chose par rapport au 300 à découper, Paul estime qu'il est inutile d'**appliquer à la lettre la procédure** qui lui a été expliquée par Jérôme, un **technicien du service GP**³⁵, il y a un mois. Celle-ci stipule qu'en cas d'utilisation de produits issus de plusieurs lots, il faut **déstocker individuellement chaque lot** tout en précisant la quantité issue de chacun. Paul, lui, a fait comme s'il ne s'agissait que d'un seul lot en se contentant de compléter le 5^{ème} chariot avec les 3 poulets qu'il est allé chercher. Au bout de la ligne de découpe, un autre opérateur s'occupe de la **déclaration des sortants de l'OF** ; c'est-à-dire la pesée, l'étiquetage et la saisie de données de traçabilité des produits fabriqués sur son ordinateur. Parmi ces derniers, on trouve 120 Kg de cuisses de poulets qui sont mis dans des bacs qui prennent la destination de l'atelier de conditionnement puis celui de la préparation des commandes clients. Sur le plan de la traçabilité, le principe reste le même ; à savoir le déstockage des entrants par lecture optique de leurs code-barres et la déclaration et l'étiquetage des sortants.

Une semaine plus tard et à une centaine de kilomètres de là, Florence, jeune assistante de direction, **fait ses courses chez Bon Prix**. Profitant de sa demi-journée RTT, elle a voulu se faire plaisir en préparant son plat préféré : des cuisses de poulet forestières. Le lendemain, elle se réveille avec une sensation de fatigue accompagnée de fièvre et de crampes abdominales. Selon son médecin, il s'agit de symptômes typiques d'une **salmonellose** qu'elle aurait contractée en mangeant un produit contaminé par la bactérie Salmonella. Pour Florence, il s'agit sans doute des cuisses de poulet de la veille qu'elle n'a pas suffisamment cuites. Une fois chez elle, elle téléphone au magasin Bon Prix pour lui faire part de sa colère même si son état n'est pas inquiétant ; mais elle n'est pas la seule à le faire ce matin là...

Alertée par Bon Prix, l'entreprise déclenche une **procédure de gestion de crise** afin d'identifier la source de la contamination et de **retirer au plus vite du marché** tous les produits susceptibles d'être touchés. **L'image de l'entreprise** en dépend... A partir du N° de lot figurant sur l'étiquette que le magasin Bon Prix lui a faxé,

³⁵ Le service qui est chargé de la mise en place des outils de GPAO (Gestion de la Production Assistée par ordinateurs).

Christelle, **assistante qualité de l'usine**, a pu remonter jusqu'à l'OF d'abattage grâce au **module traçabilité du système de GPAO** en place depuis plusieurs années déjà. Elle espère que la contamination soit survenue le plus en aval possible du processus, pour réduire le **périmètre du rappel**. Après plusieurs heures d'investigation, la source du problème n'a pas pu être mise en évidence. Du coup, il a été décidé de **bloquer tous les produits** provenant du lot des 3060 poulets abattus à travers l'OF N° 801107455674. Si Paul, l'opérateur de déstockage à l'atelier de découpe, avait respecté la procédure de traçabilité, Christelle aurait vu que, sur les 300 pièces découpées, 3 provenaient d'un lot qu'elle avait, elle-même, mis à l'écart dans la chambre froide à cause d'une suspicion de contamination par Salmonella et qui allait être détruit 4 jours plus tard après réception des analyses bactériologiques. Il serait alors suffisant de faire le retrait des morceaux issus de l'OF de découpe N° 801367461878; soit **90% de moins**. Quel gâchis !

La seule satisfaction pour Christelle, c'est qu'elle a pu remonter le fil de traçabilité du client jusqu'à l'éleveur ; ce qui n'est pas toujours possible en raison de **ruptures de traçabilité**. Quand il n'y a pas de ruptures, ce qui la préoccupe c'est la **performance et l'ergonomie de l'outil de restitution** de la traçabilité Coq Trace. Il faut dire qu'elle ne lui accorde pas beaucoup de **confiance** et qu'il lui arrive de **stresser** notamment lorsqu'elle est amenée à faire un **test de traçabilité** devant un **auditeur**. Christelle a toujours en tête la **simulation de rappel** orchestrée par le **directeur Qualité de la société** quelques semaines plus tôt et durant laquelle on lui a fait croire qu'il s'agissait d'une crise réelle et qu'il fallait qu'elle lui remette la liste des clients ayant reçu des produits issus du lot supposé être contaminé. Vu le fait que l'outil Coq Trace (qui est en mode caractères) n'est pas très performant, **il lui a fallu une journée et demi** de copier-coller pour constituer la liste des 176 clients concernés ainsi que les quantités qu'ils ont reçues. Pour Christelle, comme pour d'autres utilisateurs, une **interface graphique conviviale** et permettant de générer **rapidement** de telles listes serait un point fort du système de traçabilité actuel.

Pour les **dirigeants de l'entreprise** le cas Bon Prix est un épisode de trop dans la **série de problèmes de traçabilité**. Il était donc grand temps de faire un **diagnostic général** du système de traçabilité pour identifier ses points de vulnérabilité et y palier. Ceci est d'autant plus nécessaire que les sites de l'entreprise feront bientôt l'objet d'**audits de la part de la DDSV** dans le cadre des contrôles visant à vérifier l'application du nouveau **règlement 178/2002** sur la traçabilité. Si la productivité a longtemps été considérée comme la priorité absolue dans les ateliers, il était temps de **ne plus reléguer la traçabilité au second plan**. Dans un contexte caractérisé par des crises alimentaire de plus en plus médiatisées et des exigences réglementaires et commerciales de plus en plus draconiennes, les dirigeants s'accordent maintenant tous sur l'**importance stratégique** d'un système de traçabilité efficace.

A SUIVRE (page 300)

Cette histoire, faite d'un mélange de réalité et de fiction, a été inspirée par notre vécu sur le terrain. Elle a pour but de *planter le décor* tout en fournissant au lecteur, non familier avec la problématique de traçabilité, des repères *vivants* lui permettant d'appréhender et de suivre aisément la suite de ce document. Les termes et les expressions que nous avons marqués en gras représentent des mots-clés qui renseignent sur différentes dimensions du système de traçabilité de la société Arrivé. Dans ce qui suit, nous décrivons celles-ci d'une manière plus structurée et moins romanesque tout en nous focalisant sur les aspects les plus pertinents par rapport à notre problématique.

3.1. La dimension informationnelle du système de traçabilité Arrivé

La dimension informationnelle est l'angle de vue à travers lequel nous appréhendons la manière dont les données sont manipulées et traitées par le système de traçabilité. Ces données peuvent être de nature :

- ❑ *identitaire* : identité des produits tracés (N° d'OF, N° de lot...),
- ❑ *quantitative* : les quantités de produits concernées par telle ou telle opération,
- ❑ *spatiale* : origines, emplacements et destinations des produits,
- ❑ *temporelle* : date et heure d'une opération donnée ou
- ❑ *généalogique* : liens entre les OF et les lots de produits.

Les données concernant les contrôles qualité et les paramètres du process de fabrication ne sont pas restituées informatiquement par le système. En cas de besoin, il faut aller les chercher dans des documents papier ou au niveau de tableurs Excel renseignés par les chefs d'ateliers et les assistants qualité au niveau des différents sites.

Pour gérer ces données, le système de traçabilité s'appuie sur un ensemble de progiciels et d'outils informatiques que nous présentons dans le Tableau 2.1. Nous montrons aussi sur quelles fonctions de traçabilité ils agissent. A titre de rappel, ce sont ces mêmes fonctions que nous avons utilisées dans le chapitre précédent (section 7) pour catégoriser les outils de traçabilité qui existent sur le marché.

Outils informatiques		Integral GPAO	Technilog	Infocentre	Integral traçabilité	Brio Intelligence
Description		Système de gestion de la production assistée par ordinateur	Progiciel de gestion de la préparation des commandes clients	Base de données alimentée par les différents outils informatiques	Interface de restitution des données de traçabilité	Requêteur qui permet d'interroger les bases de données (infocentre)
Fonctions de traçabilité concernées	Identification des produits	✓	✓			
	Acquisition des données	✓	✓			
	Stockage des données			✓		
	Restitution des données				✓	✓

Tableau 2.1 - Outils informatiques Arrivé et leurs rôles par rapport à la traçabilité

Au cours des paragraphes suivants, chacune des quatre fonctions citées dans le Tableau 2.1 va être décrite d'une manière plus détaillée.

3.1.1. Identification des produits

Elle consiste à associer à chaque entité tracée un identifiant qui permet de la suivre et de la distinguer d'une manière unique de ses semblables. Il peut s'agir par exemple de numéros de lots, de DLU³⁶, de SSCC³⁷, etc. Une entité tracée peut être une matière première, un produit semi-fini, un produit fini, etc. Chez Arrivé, on distingue trois types d'identifiants, appelés communément numéros de lot, que nous décrivons dans le Tableau 2.2. Ces identifiants sont générés automatiquement par le système de GPAO et ils sont associés physiquement aux produits à l'aide d'étiquettes que nous évoquons par la suite (Cf. § 4.2).

³⁶ DLU signifie « *Date Limite d'Utilisation* ». C'est un critère utilisé en interne chez Arrivé pour désigner le délai au bout duquel un produit semi-fini ne peut plus être utilisé car sa la fin de sa durée de vie est trop proche.

³⁷ Serial Shipping Container Code : standard utilisé pour identifier les unités logistiques (palettes, containers...) d'une manière unique à travers le monde.

Produit	Identifiant	Format	Exemple
Volailles vivantes	N° de bande	7 caractères numériques: Code espèce (2) + un numéro incrémental (3) + N° de ramassage ³⁸ (2)	1016501: Lot de 4 320 poulets mâles Label Rouge
Produits en cours de fabrication	N° d'OF	12 caractères : année (1) + atelier (4) + 7 caractères générés automatiquement	506414647856 : Lot de 3297,95 Kg de Nuggets de poulet à la sortie d'une opération de cuisson
Produits finis (UVC – Unité de Vente au Consommateur)	Quantième + N° agrément sanitaire du site de fabrication	Le quantième est composé de 4 caractères : l'année (1) + le quantième du jour (3)	85.065.01 + 5164 : lot de Poulet Cuit fumé <i>Maître Coq</i> fabriqué le 13 juin 2005 sur le site de Chavagnes en Paillers (85.065.01)

Tableau 2.2 - Les différents types d'identifiants utilisés chez Arrivé

3.1.2. Acquisition des données de traçabilité

Pour assurer le suivi des différentes entités tracées, des données sont collectées et saisies chaque fois que celles-ci ont subi une opération quelconque (réception, stockage, déstockage, transfert, assemblage, désassemblage, contrôle qualité, transformation, conditionnement, expédition, etc.). La Figure 2.9 représente une copie d'écran Integral où sont saisies des données relatives à un OF d'abattage.

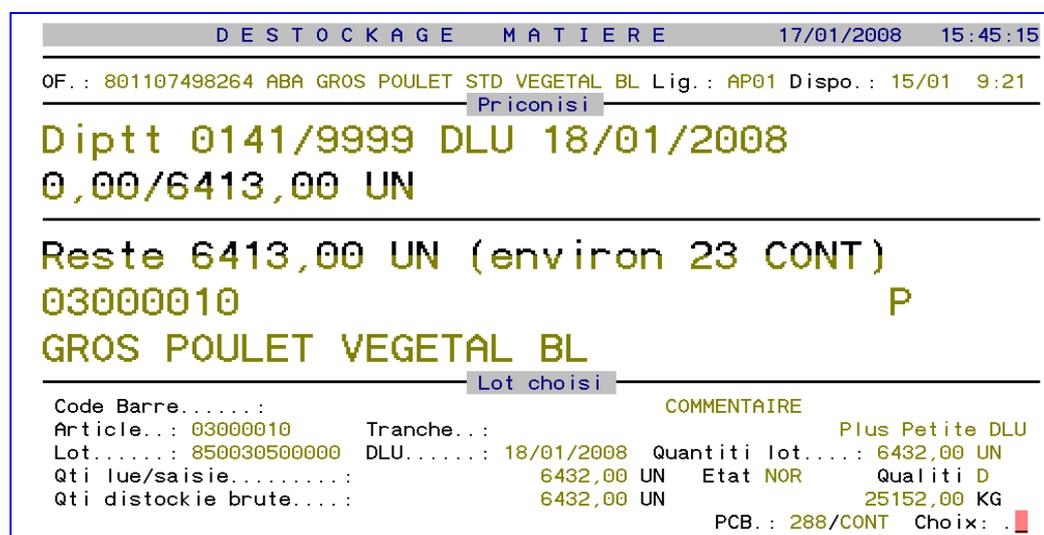


Figure 2.9 – Copie d'un écran de déstockage des entrants d'un OF

Qu'il s'agisse de la réception d'une matière première, de la cuisson d'un lot de poulets, de la préparation de la commande d'un client ou même d'un transfert intersites, toutes les opérations que subissent les produits Arrivé sont gérées via des OF. La saisie des données relatives à chaque OF se fait principalement en deux temps : au déstockage de ses entrants (Cf. Figure 2.9) et à la déclaration de ses sortants. La copie d'écran de

³⁸ Lorsqu'on a plusieurs ramassages (camions) de la même bande, on ajoute au N° de bande un N° d'ordre de ramassage en deux caractères : 01, 02...

la Figure 2.10 représente une interface de saisie des données décrivant un des sortants d'un OF d'abattage. En l'occurrence, du *gros poulet de classe B blanc végétal non bridé et sans tarse*.

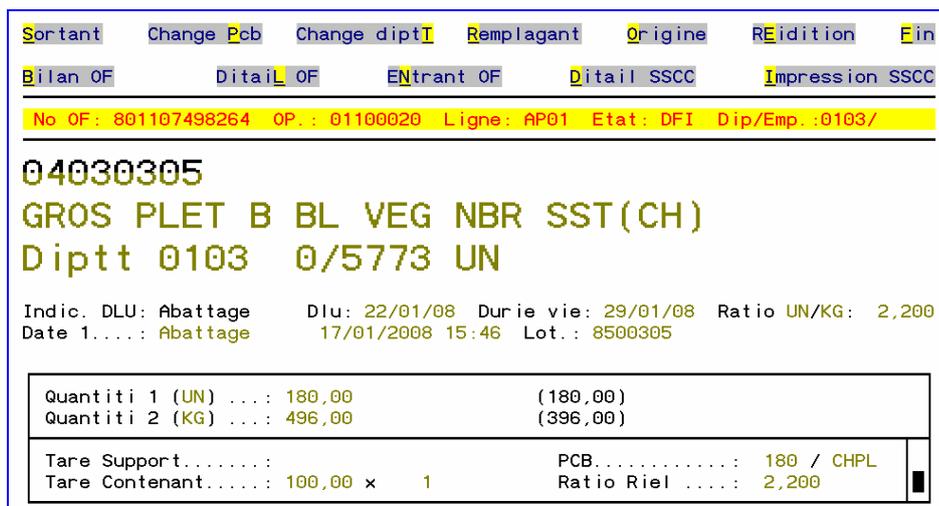


Figure 2.10 – Copie d'un écran de déclaration des sortants d'un OF

Chez Arrivé, l'acquisition des données de traçabilité peut se faire soit d'une façon manuelle quand un opérateur les saisit sur le clavier de son ordinateur ou automatiquement par lecture optique des étiquettes d'identification des produits.

3.1.3. Stockage des données de traçabilité

Après leur acquisition, les données de traçabilité doivent être stockées et mémorisées pour pouvoir y accéder en cas de besoin. Au sein de la société Arrivé, cette fonction est remplie grâce à une base de données Oracle, appelée aussi *infocentre*, comportant plusieurs tables qui reçoivent chaque soir les données de traçabilité relatives à plus de 10 000 OF. Celles-ci restent accessibles dans la base de données pour une période de cinq ans avant de les transférer sur des supports de sauvegarde optiques ou magnétiques pour libérer de l'espace et ne pas alourdir les temps de recherche sur la base.

3.1.4. Restitution des données de traçabilité

Interroger le système de traçabilité revient à faire, à partir d'un point donné du cycle de vie du produit, de la traçabilité descendante et/ou ascendante en s'appuyant sur un ou plusieurs critères de recherche. Pour que la recherche soit fructueuse, il importe que la chaîne de traçabilité³⁹ soit ininterrompue (Cf. Figure 2.11). Chez Arrivé, cette condition est remplie grâce aux numéros d'OF qui constituent un véritable ciment permettant de relier les entrants et les sortants d'une opération donnée.

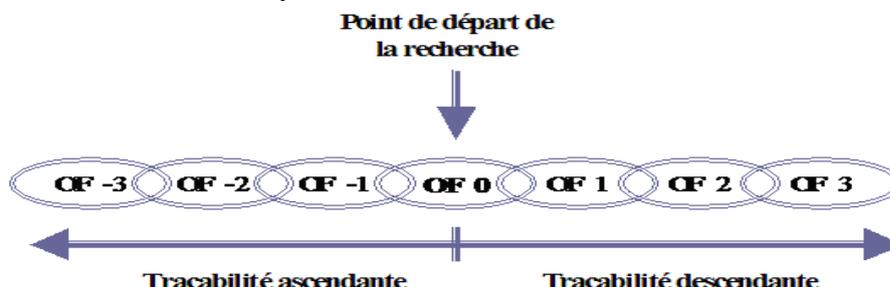


Figure 2.11 – Illustration de l'enchaînement des OF

³⁹ Dans ce contexte, on peut définir la chaîne de traçabilité comme étant la succession d'OF dont les sortants des uns constituent les entrants des autres.

En réalité, la structure de la chaîne de traçabilité n'est pas toujours linéaire du fait que les sortants d'un OF donné (OF père) peuvent être consommés par plusieurs autres OF (OF fils). De même, les entrants d'un OF fils peuvent provenir de plusieurs autres OF pères. D'où une structure plutôt ramifiée à laquelle correspondrait mieux la notion de *réseaux de traçabilité*. Concrètement, lorsqu'on lance une requête, les liens OF pères/OF fils permettent de parcourir tout l'historique du produit. Pour ce faire, la restitution de données est basée sur le principe illustré dans la Figure 2.12. Un cas d'étude illustrant cet enchaînement est présenté en Annexe 1.

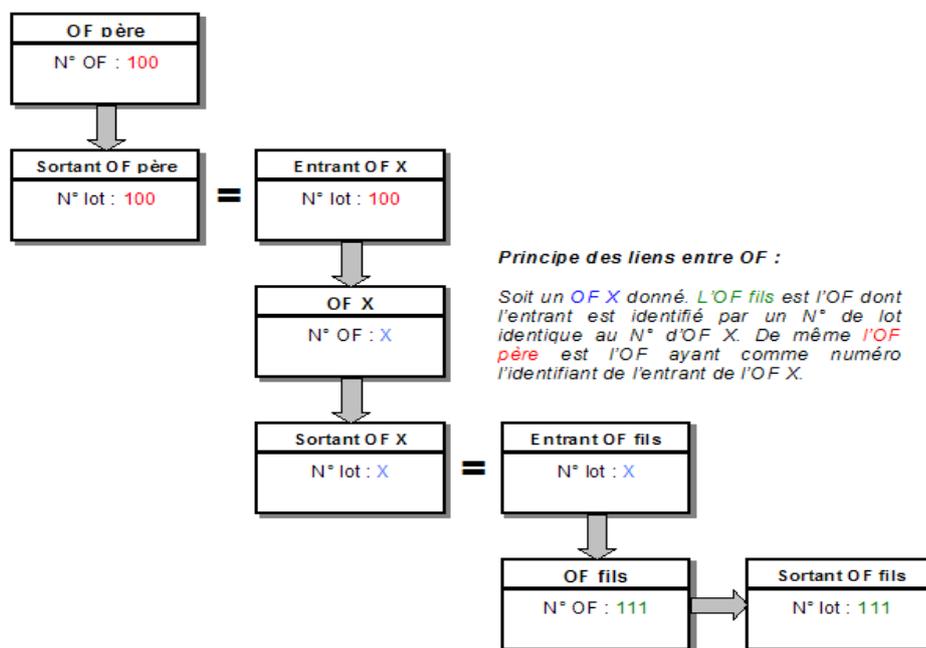


Figure 2.12 – Principe des liens entre OF pères et OF fils

Pour pouvoir restituer les données de traçabilité, les utilisateurs disposent d'un module du système GPAO (Gestion de la Production Assistée par Ordinateurs) leur permettant de saisir leurs critères de recherche et de consulter les résultats correspondants. Nous présentons dans la Figure 2.13 une copie d'écran montrant la saisie d'une requête.



Figure 2.13 – Saisie des critères d'interrogation

En validant cette recherche, un autre écran s'affiche avec la liste des OF correspondants aux critères spécifiés. C'est ce que montre la Figure 2.14.

MODE:C ACTION: GATRACS8 Tracab : OF d'une ligne 01/02/2006 01

Cherche Selection Quitte

Site.... : 01 ARRIVE SAINT FULGENT Dates : du 06/01/2006
 Atelier.. : 0136 DECOUPE LABEL ET CERTIFIE au 06/01/2006
 Ligne... : A1 DECOUPE LABEL LIGNE A1

Numéro OF	Désignation opération	Date fin fab.	Quantité Cde	Origine
601364874229	DEC PLET B BL UEG NBRID SSTARS	06/01/2006	720,00 UN	
601364874230	DEC PLT LAB A NOIR NBR SST SSC	06/01/2006	103,00 UN	
601364874231	DEC PLET A JA MIX NBRID SSTARS	06/01/2006	840,00 UN	
601364874232	DEC PLET B JA MIX NBRID SSTARS	06/01/2006	236,00 UN	
601364874233	DEC PINTA CERT A NBRID SSTAR	06/01/2006	236,00 UN	
601364874236	CDT TOURNED FLT DIND CERX2(MT)	06/01/2006	250,00 UN	
601364874298	DEC PLET LAB A BL NBRID SSTARS	06/01/2006	105,00 UN	
601364875303	DEC PLET LAB A BL NBR SST C70	06/01/2006	315,00 UN	
601364875304	DEC PLET LAB A BL NBR SST C70	06/01/2006	480,00 UN	
601364875305	DEC PLET LAB A BL NBR SST C50	06/01/2006	38,00 UN	
601364875307	DEC PLET LAB A BL NBR SST C70	06/01/2006	263,00 UN	
601364875308	DEC PLET LAB A BL NBR SST C50	06/01/2006	198,00 UN	

Figure 2.14 – Liste des OF répondants aux critères de recherche

Pour accéder aux détails d'un OF et remonter et/descendre sa traçabilité, il suffit de le sélectionner. Un exemple très complet d'utilisation de cet outil est présenté en Annexe 2.

Une autre manière d'extraire les données de l'infocentre consiste à utiliser le logiciel BRIO Intelligence⁴⁰. Cette deuxième façon est plus pratique en ce sens qu'elle permet de combiner plusieurs critères d'interrogation et d'effectuer différents types d'analyses sur les données extraites. Cependant, il faut avoir un minimum de maîtrise de ce logiciel qui n'est pas destiné à l'origine à la traçabilité, ce qui est le cas de très peu d'utilisateurs.

3.2. La dimension process du système de traçabilité Arrivé

Comme nous l'avons signalé dans la section 7 du chapitre précédent, un système de traçabilité est plus qu'un simple système d'information. La dimension informationnelle n'en constitue que la partie la plus visible. Il comporte également une dimension *process* qui traduit le mode d'organisation et de gestion du process de fabrication en vue de le **prédisposer à la traçabilité**. Chez Arrivé, si l'on examine ce process, on remarque qu'il comporte un ensemble d'actions et d'*astuces* qui facilitent l'identification des produits, la séparation des lots et la saisie des données :

- ❑ A la réception des volailles vivantes, on appose sur chaque lot (bande) une plaquette sur laquelle est marqué notamment le numéro de lot.
- ❑ Au début du processus d'abattage, les bacs contenant les volailles vivantes sont approvisionnés en continu sur la chaîne d'abattage. Pour éviter que deux lots successifs ne soient mélangés, un bac vide contenant une plaque verte fluorescente est déposée sur la chaîne. Ainsi, les opérateurs de l'étape suivante (accrochage des volailles) sont informés du changement de lot.
- ❑ Avant la saignée, les volailles sont suspendues par des crochets pour être acheminées vers les différentes opérations allant de la saignée au calibrage. Pour signaler un changement de lot à l'équipe suivante, 20 crochets libres sont laissés sur la chaîne.
- ❑ Au niveau de la découpe, à chaque changement de lot, on laisse un espace vide sur la chaîne.

⁴⁰ Logiciel édité par la société Brio rachetée par HYPERION (rachetée elle-même par Oracle) et qui permet l'extraction, l'analyse et le traitement de données à partir de la base de données.

Dans certains ateliers, on utilise également des bacs de couleurs et formes différentes en fonction des produits qu'ils contiennent. En plus de l'utilisation de séparateurs de lots, d'autres pratiques permettent d'éviter de mélanger des produits issus de lots différents. Ainsi, dans les dépôts, les produits sont rangés par lots, et au moment du déstockage, des règles strictes (dites règles de déstockage) doivent être respectées. Par exemple, la règle de déstockage associée à l'article 04501301 (*pintade A végétale non bridée sans tarse*) est de type P. C'est-à-dire que lorsque l'on a plusieurs lots de cet article dans le stock, on doit prendre celui dont la DLU est la plus Petite (ou la plus ancienne). A son déstockage chaque article est scanné et si la règle de déstockage n'est pas respectée, un message d'alerte s'affiche sur l'écran pour prévenir l'opérateur.

Les lignes de fabrication sont équipées d'un ensemble de moyens visant, entre autres, à assurer la traçabilité des produits. Il s'agit notamment des ordinateurs pour le suivi de la production, d'imprimantes et de douchettes pour codes-barres. Pour assurer un lien physique entre un produit et ses identifiants, deux supports d'identification sont utilisés : ses étiquettes codes-barres et des impressions par jet d'encre sur l'emballage des produits. Des exemples d'étiquettes d'identification figurent en Annexe 3.

Comme tous les artefacts, ce système est géré et exploité par différentes personnes. D'où une troisième dimension qu'on qualifiera de *dimension humaine*.

3.3. La dimension humaine du système de traçabilité Arrivé

Décrire le système de traçabilité selon une dimension humaine est aussi important que sa description suivant les deux points de vue précédents. En effet, pour cerner le mieux possible le fonctionnement de ce système, il est intéressant d'avoir une idée sur les personnes qui sont en contact et qui interagissent avec lui. Dans le contexte de la société Arrivé, on peut distinguer trois catégories d'acteurs :

- ❑ Les *agents de support* qui sont les personnes qui assurent la conception, la mise en place, la maintenance et l'évolution du système de traçabilité. Il s'agit principalement des équipes appartenant aux services de gestion de la production, informatique industrielle et informatique de gestion.
- ❑ Les *utilisateurs amont* : ce sont les personnes qui sont en amont du système de traçabilité et qui l'alimentent à partir des ateliers de fabrication. Il s'agit, en l'occurrence, des équipes de production qui utilisent ce système d'une manière permanente à travers les opérations d'identification des produits, de saisie de données et de séparation physique des lots.
- ❑ Les *utilisateurs aval* : ce sont des personnes qui se servent principalement de la quatrième fonction du système de traçabilité; à savoir, la restitution des données. Dans cette catégorie, on trouve notamment des personnes appartenant au service qualité central ou des assistants qualité au niveau des différents sites de production et des plates-formes logistiques. Ces utilisateurs font appel au système de traçabilité lorsqu'ils ont besoin de reconstituer, totalement ou partiellement, l'historique d'un produit : origine, composition, destination, paramètres du process, etc. Ces utilisateurs constituent des *consommateurs* des données de traçabilité.

La consultation des données de traçabilité par les utilisateurs aval se fait suivant un mode routinier pour des fins de gestion quotidienne, ou en cas de crises alimentaires pour pouvoir effectuer des rappels ou retraits ciblés de produits pouvant porter atteinte à la santé du consommateur.

Le Tableau 2.3 montre les différents groupes utilisateurs du système de traçabilité ainsi que les fonctions de traçabilité dont ils se servent, les motifs et les fréquences d'interaction sur le système.

Groupe d'utilisateurs	Fonctions concernées	Motifs d'intervention	Fréquences d'interaction	Exemple d'utilisateurs
Agents de support	Identification des produits, acquisition, mémorisation et restitution des données	Mise en place, entretien et évolution	Chaque fois que les circonstances l'exigent	Techniciens GPAO (<i>Jérôme</i>)
Utilisateurs amont	Identification des produits et acquisition des données	Assurer la traçabilité des produits qu'ils manipulent	D'une manière permanente : au fur et à mesure de la manipulation des produits	Opérateurs chargés du déstockage des produits (<i>Paul</i>)
Utilisateurs aval	Restitution des données	Pour des fins de gestion quotidienne ou en cas de crise	En cas de besoin	Assistants qualité des sites (<i>Christelle</i>)

Tableau 2.3 - Les différents groupes utilisateurs du système de traçabilité

Ces trois catégories d'acteurs et leurs interactions avec le système de traçabilité Arrivé peuvent être représentées d'une manière graphique suivant le diagramme *use case* UML présenté à travers la Figure 2.15.

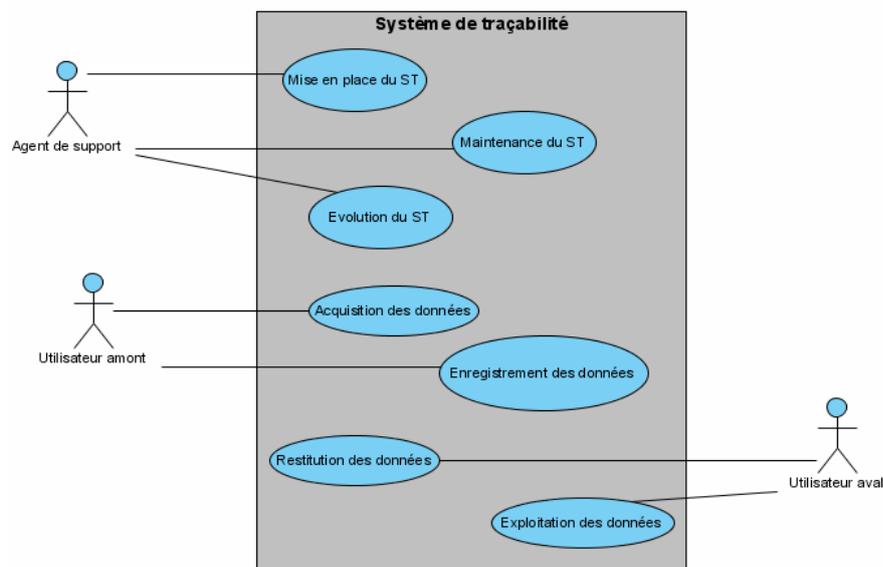


Figure 2.15 – Diagramme UML use case du système de traçabilité Arrivé

Les trois facettes du système de traçabilité Arrivé que nous venons d'aborder dans cette section sont résumées à travers la figure présentée en Annexe 4. Dans la section suivante, nous allons voir comment le système de traçabilité était perçu avant notre action, notamment par les dirigeants, et comment il était piloté. Nous expliquons, par la suite, l'émergence du besoin initial ayant motivé Arrivé à nous accueillir dans le cadre d'une convention CIFRE.

4. Emergence du besoin d'amélioration du système de traçabilité

Historiquement, même si elle ne faisait pas partie du *hit parade* des termes les plus prononcés au cours des réunions de l'entreprise, une certaine pratique de traçabilité a toujours été courante de par la nature des

produits manipulés (Cf. section 3). Cette pratique est incarnée à travers l'existence d'un outil de restitution qui fait partie du système de GPAO Integral en place depuis 1994. A partir du début des années 2000, cet outil a connu de nombreuses évolutions tant sur le plan fonctionnel que sur le plan ergonomique. Si certaines de ces évolutions sont faites à la demande explicite des utilisateurs, la plupart sont à l'initiative du service chargé de la gestion de la production et de l'informatique industrielle (noté désormais service GP). Mais depuis 2005 une prise de conscience grandissante de l'importance stratégique de la traçabilité a engendré une implication croissante des différents utilisateurs. Typiquement, une évolution commence par l'expression d'un besoin brut, par un assistant qualité par exemple, qui est transmis au service GP qui en fait une analyse fonctionnelle plus fine. Par la suite, le service informatique intervient pour développer les fonctions répondant au besoin exprimé quand son agenda et ses compétences le permettent. Sinon, le développement est sous-traité à un prestataire informatique externe.

Sur le plan du pilotage, il n'existe pas d'indicateurs formalisés permettant à l'entreprise de mesurer la performance de son système de traçabilité. Selon une de nos interlocutrices dans le service qualité, ce n'est qu'après 2005 que l'on a commencé à tester l'efficacité de ce système en réalisant, de temps en temps, *des exercices de rappel* et *des tests de comptabilité matière*. Pendant les premiers entretiens exploratoires que nous avons effectués, plusieurs cadres du comité de direction de l'entreprise ont insisté, justement, sur ce point. C'est le cas, par exemple, du directeur commercial qui a mis l'accent sur la nécessité d'*effectuer des simulations pratiques de rappel pour tester la capacité du système de traçabilité à permettre à la société à réagir d'une manière rapide et efficace*.

A l'instar des autres entreprises agroalimentaires, l'année 2005 a constitué un tournant décisif dans la stratégie d'Arrivé qui intègre désormais la traçabilité en tant que composante fondamentale. L'entrée en vigueur du règlement CE 178/2002 et la multiplication des exigences des clients qui en découle, a promu la traçabilité dans les discours et les préoccupations des dirigeants de la société. Lors d'une réunion à laquelle nous avons participé en avril 2005 avec, entre autres, le directeur d'une usine, le responsable du service GP et le directeur du département des produits classiques, l'une des questions débattues portait sur l'opposition *traçabilité/productivité*. Pour trancher, ce dernier a fait savoir aux participants qu'il faudra dorénavant considérer la traçabilité comme *un objectif aussi important que la productivité*. Pour concrétiser cette ligne directrice, le directeur qualité de l'entreprise a rédigé une note à destination du comité de direction et des responsables de production sur les différents sites. Il y est stipulé notamment que tous les sites de fabrication doivent être *responsables de la traçabilité de leurs produits* qu'il faut gérer en toute *autonomie*. Le rôle du service GP et du service Qualité central doit se limiter à la *définition du cadre général et au conseil* et non plus à répondre aux sollicitations des utilisateurs ayant besoin de données de traçabilité.

C'est dans ce contexte que le besoin de faire appel à *une compétence externe ayant un regard critique* a émergé au sein de la société. Tel qu'elle a été exprimée initialement, l'attente de l'entreprise se résume à **effectuer un diagnostic approfondi de son système de traçabilité afin de mettre en évidence ses points de vulnérabilité puis proposer des mesures d'amélioration permettant d'y remédier**. Dans le quatrième chapitre nous allons y revenir pour expliquer comment ce besoin opérationnel a pu déboucher sur une problématique de recherche présentant un intérêt aussi bien pour le monde professionnel que le monde scientifique. Et comme dans toute démarche de recherche en génie industriel, la généralisation des résultats obtenus est conditionnée par le degré avec lequel les cas d'études utilisés sont représentatifs de la réalité ambiante. Ainsi, pour conclure ce chapitre, la prochaine section est consacrée à montrer dans quelle mesure le contexte Arrivé est représentatif du paysage agroalimentaire vu sous l'angle de la traçabilité.

5. Arrivé, un contexte représentatif du secteur agroalimentaire

Pour mettre en exergue l'importance de la traçabilité des produits dans le secteur agroalimentaire, nous avons débuté ce mémoire (Cf. Chapitre 1 – section 1) en passant en revue un certain nombre de propriétés caractérisant ce secteur. En reprenant ces caractéristiques, à travers le Tableau 2.4, nous tenterons de démontrer que la société Arrivé, qui est notre terrain de recherche, est un cas d'étude assez pertinent de par sa représentativité du secteur agroalimentaire.

Caractéristiques du secteur agroalimentaire	Comment se manifestent-elles chez Arrivé ?
Variabilité de la qualité des intrants de par leur caractère naturel	Qu'il s'agisse de volailles vivantes, de morceaux de volailles ou d'ingrédients, il est difficile de garantir une constance au niveau des attributs qualitatifs des produits manipulés car c'est de la matière vivante.
Périssabilité des produits	Cf. § 2.1.
Impact direct sur la santé des consommateurs	Comme toute denrée alimentaire, selon leur qualité, les produits Arrivé peuvent avoir un impact positif ou négatif sur la santé de leur consommateur.
Organismes pouvant être génétiquement modifiés	Cela peut concerner surtout les aliments utilisés dans l'élevage de la volaille et certains ingrédients employés dans la fabrication de produits élaborés.
Une même denrée alimentaire peut être produite suivant des modes différents afin de répondre à des exigences particulières : agriculture biologique, agriculture raisonnée, viande halal, produits cascher, bien être animal, commerce équitable...	Chez Arrivé, deux poulets issus du même lot peuvent être abattus différemment selon qu'il s'agisse d'un Halal ou non.
Certains modes de production ont recours à des techniques controversées, telles que l'ionisation, qui ne sont pas détectables sur les aliments concernés	Même si elle n'est pas pratiquée pour le moment chez Arrivé, l'ionisation (irradiation) est un procédé qui s'applique aussi pour la viande de volaille dans certains pays.
L'une des particularités des industries agroalimentaires est le recyclage des produits	Ne pouvant pas être vendus en tant que pièces entières, certains poulets peuvent être « recyclés » en les découpant.
Crises alimentaires récurrentes (ESB, fièvre aphteuse, grippe aviaire...)	La crise la plus récente, et qui est toujours d'actualité au moment de l'écriture de ces lignes, est celle de la grippe aviaire.
Exigences réglementaires strictes notamment en matière de sécurité alimentaire	Cf. § 2.4
Diversité des signes de qualité	Cf. § 2.3

Tableau 2.4 - Arrivé, un cas représentatif du secteur agroalimentaire

D'un point de vue traçabilité, Arrivé représente un cas d'étude très intéressant de par sa complexité. Au cours de ce chapitre, nous avons pointé à plusieurs reprises certains éléments qui corroborent ce constat. Nous pensons particulièrement à la multitude des références tracés (plus de 27 000), au volume de données traitées (plus de 60 000 enregistrements par jour) et à l'omniprésence d'opérations d'assemblage et d'opérations de désassemblage.

6. Synthèse et conclusion

Ce chapitre est consacré à l'élaboration d'une photographie assez complète du contexte industriel au sein duquel nous avons mené nos travaux de thèse. Le but étant de donner aux lecteurs suffisamment d'éléments leur permettant de se faire une idée précise sur les tenants et les aboutissants de la traçabilité dans la société Arrivé et, par la même occasion, de pouvoir juger de l'utilité et la pertinence de notre travail. Pour ce faire, nous avons estimé qu'il était opportun de commencer par une brève description de la filière avicole dont Arrivé fait partie. Dans un deuxième temps nous avons présenté succinctement cette société et son processus de production tout en mettant l'accent sur les points qui nous semblent avoir un intérêt au regard de notre problématique. Le décor étant planté, nous sommes rentrés dans le vif du sujet en essayant de décrire le système de traçabilité Arrivé selon plusieurs angles de vue. Par souci de rendre la description plus « vivante

», nous avons commencé par une anecdote, mêlant fiction et réalité, inspirée par notre vécu pendant notre séjour chez Arrivé. Nous y avons tenté de faire vivre au lecteur la dynamique du fonctionnement du système de traçabilité, son importance, la perception de ses utilisateurs, etc. Sur cette base, les trois dimensions (informationnelle, process et humaine) retenues pour décrire ce système ont été étudiées en prenant soin d'apporter des éléments illustratifs tels que des copies d'écrans. Au niveau de la section 5, il a été question notamment, de montrer l'importance que la traçabilité a prise au sein de l'entreprise ainsi que le besoin initial ayant motivé ses dirigeants à faire appel à un doctorant CIFRE. En guise de conclusion du présent chapitre, nous avons fourni quelques éléments d'information pour démontrer que la société Arrivé représente un cas d'étude assez représentatif du secteur agroalimentaire.

Pour compléter l'image factuelle du système de traçabilité Arrivé qui vient d'être présentée, nous allons voir dans le chapitre suivant quels sont les points forts et les points faibles de ce système. Vers la fin du mémoire, nous reviendrons sur les lacunes mises en évidence dans ce diagnostic afin de pouvoir mesurer les apports effectifs ou prévisionnels des outils que nous proposons.

CHAPITRE TROISIEME

Analyse Critique du Terrain de Recherche : Diagnostic du Système de Traçabilité Arrivé

*Évaluer, c'est créer : écoutez donc, vous qui êtes créateurs ! C'est
l'évaluation qui fait des trésors et des bijoux de toutes choses
évaluées.*

Friedrich Nietzsche Karl - Philosophe et
écrivain allemand (1844-1900)

Après avoir présenté et décrit, selon une vision factuelle, le système de traçabilité de la société Arrivé au cours du chapitre précédent, nous consacrons le présent chapitre à une analyse critique de ce système afin de mettre en évidence ses points forts et ses points faibles. Ce diagnostic s'inscrit dans la perspective de fournir une image assez complète du contexte industriel dans lequel nos travaux de thèse se sont déroulés. Le but étant de permettre au lecteur de mieux situer nos apports et d'en juger la pertinence. D'abord, nous commençons par exposer l'approche que nous avons adoptée pour réaliser ce diagnostic (section 1) et ensuite nous expliquons brièvement les principaux résultats qui en sont issus (section 2). Ces derniers sont classés en différentes classes selon la nature des aspects qu'ils décrivent. Dans la section 3, nous allons faire un bilan de ce diagnostic tout en reformulant le besoin initial de l'entreprise tel qu'il a été reporté à la fin du chapitre précédent. Pour être aussi compréhensible que possible, nous essayons, autant que faire se peut, de favoriser un vocabulaire standard à la place du jargon interne à l'entreprise.

1. L'approche suivie pour le diagnostic

Dans le premier chapitre, nous avons retenu une première définition du système de traçabilité le décrivant comme étant l'ensemble d'outils, de méthodes et d'acteurs organisés de manière à assurer la traçabilité des objets concernés (Cf. Chapitre I - § 1.1). Pour diagnostiquer le système de traçabilité de la société Arrivé, nous avons opté pour une approche consistant à l'analyser selon trois angles de vue différents mais complémentaires que nous présentons dans le Tableau 3.1.

Axe d'analyse du système de traçabilité	Signification	Exemples de questions sous-jacentes
Axe procédural	Procédures, consignes et mode de fonctionnement définis en vue d'assurer la traçabilité des produits.	Que prévoit-on pour garantir l'intégrité ⁴¹ physique des lots de produits ?
Axe opérationnel	Ce qui est réellement fait au niveau du processus de production.	Toutes les procédures en place sont-elles respectées ? Sinon, pour quelle(s) raisons(s) ?
Axe informationnel	L'image restituée par le système d'information qui est sensée refléter la réalité du terrain.	Quand on consulte la traçabilité d'une opération de fabrication, voit-on tous les N° de lot réellement utilisés ?

Tableau 3.1 – Axes d'analyse du système de traçabilité Arrivé

Sur cette base, notre approche de diagnostic a pour principe de vérifier dans quelle mesure les trois hypothèses suivantes sont vérifiées :

- ❑ Première hypothèse (H1) : Les procédures, consignes et mode de fonctionnement définis permettent d'assurer un niveau convenable de traçabilité compte tenu du contexte de l'entreprise,
- ❑ Deuxième hypothèse (H2): Ce qui se passe réellement sur le terrain est conforme aux procédures, consignes et mode de fonctionnement définis.
- ❑ Troisième hypothèse (H3) : L'image restituée par le système d'information traduit fidèlement ce qui se passe réellement sur le terrain.

Nous considérons que ces trois hypothèses traduisent les conditions *sine qua non* que tout système de traçabilité doit remplir pour assurer proprement sa mission. Rappelons-nous, par exemple, de Paul qui n'a pas agi conformément à la procédure préconisée conduisant ainsi à un mauvais fonctionnement du système de traçabilité. Il s'agit dans ce cas d'une violation de la deuxième hypothèse.

⁴¹ Un problème d'intégrité physique d'un lot peut survenir, par exemple, quand celui-ci perd une partie de ses composants sans que l'on sache ce qu'ils sont devenus.

*..Si Paul, l'opérateur de déstockage à l'atelier de découpe, avait respecté la procédure de traçabilité, Christelle aurait vu que, sur les 300 pièces découpées, 3 provenaient d'un lot qu'elle avait, elle-même, mis à l'écart dans la chambre froide à cause d'une suspicion de contamination par salmonella et qui allait être détruit 4 jours plus tard après réception des analyses bactériologiques. Il serait alors suffisant de faire le retrait des morceaux issus de l'OF de découpe N° 801367461878; soit **90% de moins**. Quel gâchis!*

Après avoir présenté la base théorique de notre approche de diagnostic, expliquons maintenant comment nous nous y sommes pris concrètement.

Afin de diagnostiquer le système de traçabilité Arrivé, nous avons procédé par plusieurs étapes que nous désignons par **CATE** comme **C**omprendre, **A**nalyser, **T**ester et **E**valuer. Voici en quoi cela consiste :

Comprendre : C'est la première étape du diagnostic. Elle consiste à faire un état des lieux visant à mettre à plat le système de traçabilité afin de comprendre sa structure et son fonctionnement. Dans ce cadre, nous avons eu plusieurs échanges avec les trois catégories des acteurs intervenant sur le système de traçabilité, à savoir les utilisateurs amont, les utilisateurs aval et les agents de support (Cf. chapitre II – § 3.3). Nous avons également passé plusieurs jours dans les ateliers de fabrication des différents sites de la société dans le but de suivre les flux de produits et de constater la manière dont ils sont réellement tracés. Par ailleurs, avec l'assistance du service GP, un temps considérable a été consacré à la découverte et la compréhension des principales fonctionnalités du système de GPAO qui impactent la traçabilité. L'accent a été particulièrement mis sur le module de restitution des données de traçabilité qui est devenu au bout de quelques semaines notre principal outil de travail. C'est par son biais que nous avons pu mettre en évidence plusieurs dysfonctionnements du système de traçabilité Arrivé comme nous allons l'illustrer plus loin à travers plusieurs copies d'écran.

Les résultats de cette étape ont été restitués au cours du premier chapitre sous forme d'une description du système de traçabilité Arrivé suivant plusieurs angles de vue.

Analyser : La deuxième étape se fait sur la base des résultats de la première. Elle consiste en une analyse critique des informations collectées pendant la première étape afin d'en tirer des conclusions sur la capacité du système à permettre à l'entreprise de tracer convenablement ses produits. Dans ce contexte, nous nous sommes par exemple interrogés sur la pertinence de certaines procédures sensées améliorer la traçabilité ou encore sur le fait qu'on n'ait pas prévu de tracer certains flux de produits (ex. écarts d'inventaire) au même titre que les opérations de fabrication. Lecomte et al., qui ont rapporté dans leur ouvrage [Lecomte et al., 2006] plusieurs cas de diagnostic de systèmes de traçabilité, parlent, eux, d'un audit statique par opposition à un audit dynamique qui équivaut à la troisième étape de notre approche (tester).

Tester : Cette étape consiste à mettre le système de traçabilité à l'épreuve en le soumettant à des tests visant à apprécier sa capacité à répondre aux attentes de l'entreprise en termes de restitution de données. Typiquement, cela passe par la simulation de rappels ou retraits de produits pour vérifier s'il est possible d'accéder assez rapidement aux informations permettant de gérer au mieux de telles crises. Par exemple, partant de l'identifiant d'un lot d'un produit fini supposé contaminé, on réalise une traçabilité ascendante pour identifier les autres produits avec lesquels il était en contact et qui seraient également contaminés. Après avoir déterminé l'ensemble des lots contaminés ou susceptibles de l'être, on fait une traçabilité descendante pour connaître leurs localisations afin de pouvoir en cesser la commercialisation ou l'utilisation. Ces simulations ont été d'une grande importance en ce sens qu'elles permettent de mettre en évidence des anomalies qui n'auraient pas été relevées pendant la phase précédente (analyse de l'existant). C'est par ce biais, en effet, que nous avons pu mettre en évidence plusieurs dysfonctionnements tels que les ruptures de traçabilité sur lesquelles nous allons revenir bientôt.

Evaluer : Cette étape constitue le bilan global du diagnostic et consiste à établir, à partir des données issues des étapes précédentes, une évaluation de la performance du système de traçabilité. Au niveau des chapitres VI et VII, nous allons proposer un ensemble de critères de performance quantifiables et qui nous semblent pertinents pour cerner les différentes facettes de cette performance. En attendant, nous avons choisi de présenter les résultats du diagnostic du système de traçabilité Arrivé selon une logique fonctionnelle. C'est-à-dire du point de vue d'un utilisateur aval qui constitue, comme nous l'avons montré dans le chapitre précédent, le bénéficiaire des données de traçabilité.

2. Synthèse des résultats du diagnostic

Après avoir discuté brièvement ce qui nous semble être les principaux points forts du système de traçabilité de la société Arrivé, nous allons passer en revue les différents points de vulnérabilité qui ont pu être relevés lors de ce diagnostic.

2.1. Points forts du système de traçabilité Arrivé

Par rapport aux entreprises agroalimentaires de la même taille, Arrivé dispose d'une longueur d'avance consistant en sa capacité à collecter les données à travers les différentes étapes du process. Au cours du chapitre précédent, nous avons souligné qu'il y a plus de 60 000 enregistrements de données qui sont envoyés quotidiennement dans la base de données dédiée à la traçabilité. Pour atteindre cette capacité d'acquisition des données, des investissements considérables ont été réalisés en terme de GPAO dans l'objectif de pouvoir suivre les différents flux de produits. Chaque atelier est équipé d'au moins deux postes informatiques, deux imprimantes d'étiquettes code-barres et deux lecteurs optiques de ces codes. Les ateliers de préparation de commandes client étant les plus équipés à raison de plusieurs postes par ligne.

Les saisies manuelles de données sont limitées grâce notamment à la lecture optique des codes-barres, ce qui réduit considérablement le risque d'avoir des données incorrectes à causes des erreurs de frappe.

.. Il va dans la chambre froide chercher le premier chariot qu'il pousse jusqu'à proximité de son poste informatique. Sur la liste des OF affichés sur son écran, il sélectionne l'OF en question puis lui affecte les 45 poulets contenus dans le chariot par simple lecture optique (scanning) de son étiquette d'identification. Dans le jargon de Paul cette opération s'appelle le déstockage des entrants de l'OF. Informatiquement, cela se traduit par la création d'un lien de traçabilité entre l'OF de découpe et le lot des 3060 poulets abattus la veille par l'équipe de Michel.

En effet, d'après Sharp et Wray [Sharp, 1990; Wray, 2007], les personnes réalisant des saisies manuelles commettent approximativement une erreur tous les 300 caractères. Ces erreurs sont quasiment éliminées quand on utilise des outils de collecte automatique de données.

Un autre point fort du système de traçabilité Arrivé réside dans la nature des entités organisationnelles chargées de son pilotage et son évolution. Dans la plupart des PME agroalimentaires ayant une traçabilité informatisée, ce système est généralement géré conjointement par le service qualité et le service informatique. Le premier en tant que prescripteur de règles et de fonctionnalités et le second en tant que chargé de sa mise en place. Cette configuration engendre un handicap de taille, à savoir celui de la communication entre deux services dont le langage et les missions sont complètement différents. Chez Arrivé, il existe une entité intermédiaire qui connaît parfaitement l'environnement de la production et les exigences associées en terme de qualité tout en étant chargé de la définition fonctionnelle des outils informatiques en place. Il s'agit du service GP. Si le service qualité souhaite ajouter une nouvelle fonctionnalité au niveau du système de traçabilité, le service GP analyse ce besoin, le complète éventuellement et vérifie s'il n'aurait pas d'impact sur d'autres fonctionnalités de la GPAO. C'est seulement après cette étape que le besoin exprimé sous forme d'un cahier des charges fonctionnel est transmis au service informatique. Mais le service GP n'attend pas toujours qu'un besoin lui soit communiqué par la qualité ou les chefs d'ateliers. Il a aussi un rôle d'initiateur faisant évoluer le système de traçabilité en coordination avec les autres parties prenantes. Nous avons d'ailleurs signalé dans le chapitre précédent (Cf. chapitre II- section 5) que plusieurs évolutions du système de traçabilité étaient à l'initiative de ce service. Nous allons voir dans le chapitre suivant que notre rattachement au service GP nous a permis de bénéficier d'une position d'observation privilégiée avec, à la fois, une vision fonctionnelle et une vision technique.

Nous nous sommes contentés à travers les paragraphes ci-dessus de ne citer que les principaux points forts qui font que la société Arrivé dispose d'une longueur d'avance sur ses homologues agroalimentaires de tailles comparables. Bien entendu, nous n'avons pas pu effectuer une comparaison en bonne et due forme de tous les systèmes de traçabilité existants. En revanche, depuis la publication du règlement CE 178/2002, nous avons pu assister à beaucoup de manifestations professionnelles (salons, congrès, conférences, assises, séminaires...) et lu un grand nombre de publications faisant état d'étude de cas et de témoignage d'industriels sur les expériences des entreprises dans le domaine de la traçabilité. Avant même de

commencer nos travaux de thèse nous avons eu l'occasion de faire des études de cas chez des industriels dans le cadre d'un master recherche [Bendaoud, 2003] ainsi qu'un stage⁴² de sept mois ayant pour but d'améliorer le système de traçabilité sur un site appartenant à l'un des leaders agroalimentaires à l'échelle mondiale. C'est donc en référence à ce vécu, que nous affirmons que la société Arrivé dispose d'atouts importants en comparaison avec la moyenne du secteur. Cependant, son système de traçabilité est loin d'être parfait comme en témoignent les paragraphes suivants.

2.2. Points de vulnérabilité du système de traçabilité Arrivé

Avant de présenter les faiblesses du système de traçabilité Arrivé du point de vue de l'utilisateur aval que nous avons qualifié de bénéficiaire de données de traçabilité, nous discutons d'abord quelques aspects d'ordre général ne favorisant pas la pratique d'une traçabilité efficace. Rappelons que l'image que nous sommes en train de dessiner a pour but de refléter le contexte initial qui prévalait au début de nos travaux de thèse.

2.2.1. Remarques d'ordre général

Parmi les trois axes de diagnostic que nous avons définis à travers le Tableau 3.1, nous nous focalisons ici principalement sur l'axe procédural pour critiquer certains aspects du mode de fonctionnement préconisé pour assurer la traçabilité.

A. Identification des UVC

Tels qu'ils sont définis, les N° de lots associés à certaines UVC (unités de ventes aux consommateurs) ne permettent pas une traçabilité assez précise. En effet, composé du quantième du jour de conditionnement, ces identifiants font référence à une grande quantité de produits (toute la production d'une journée), ce qui aurait pour conséquence **d'élargir le périmètre d'un éventuel rappel** ou retrait de produits. En plus, ces N° de lot sont inconnus au système d'information et il faut les *déchiffrer* avant de s'en servir comme critères d'interrogation. La Figure 3.1 illustre la manière dont un sachet de Coq'Ailes est identifié.

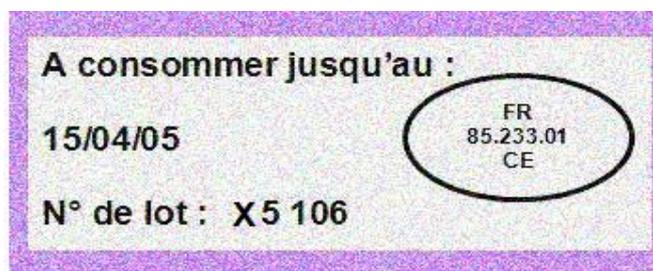


Figure 3.1– Identification d'un sachet de Coq'Ailes

L'identifiant W5106 signifie que le produit en question a été conditionné le 15 avril 2005 sur la ligne X. le numéro d'agrément sanitaire figurant sur la petite ellipse apporte un élément supplémentaire en précisant qu'il a été fabriqué sur le site de Sainte Hermine (85). Si nous jugeons ce mode d'identification inapproprié c'est pour deux raisons. D'abord dans le cas où le produit en question est concerné par un problème sanitaire, l'entreprise pourrait être obligée de rappeler **tous** les lots de Coq'Ailes ayant transité le 15 avril 2005 par la ligne de fabrication X même s'ils ne sont pas tous touchés. Si l'identifiant utilisé est un peu plus discriminant (en y ajoutant par exemple l'heure ou un N° d'OF), le rappel deviendra plus ciblé. L'autre problème relatif à de tels identifiants réside dans l'impossibilité de s'en servir comme critère de recherche au niveau de l'outil de restitution de la traçabilité. En effet, lors de la conception de cet outil, on n'avait pas prévu cet aspect-là. La Figure 3.2 montre les résultats d'une recherche s'appuyant sur ce critère.

⁴² Ce stage rentre dans le cadre d'une formation de master professionnel à l'Institut Supérieur de l'Agroalimentaire (ISAA) dont les membres sont des grandes écoles relevant du Ministère de l'Agriculture situées en Ile de France et dont certaines ont fusionné pour former AgroParisTech.

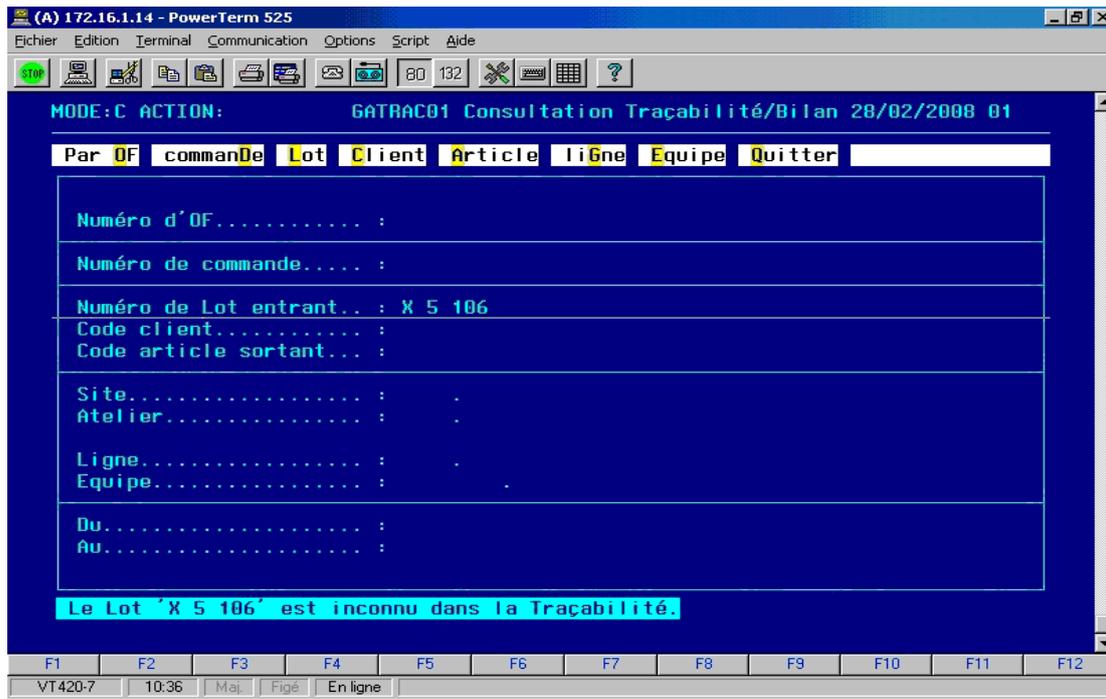


Figure 3.2 – Les identifiants de certaines UVC sont inconnus dans l’outil de restitution de la traçabilité

Pour que cette recherche soit fructueuse, il faut décrypter l’identifiant en question afin de déterminer la date, le code de la ligne et le code du site où la fabrication a été réalisée. C’est ce que montre la copie d’écran présentée dans la Figure 3.3.

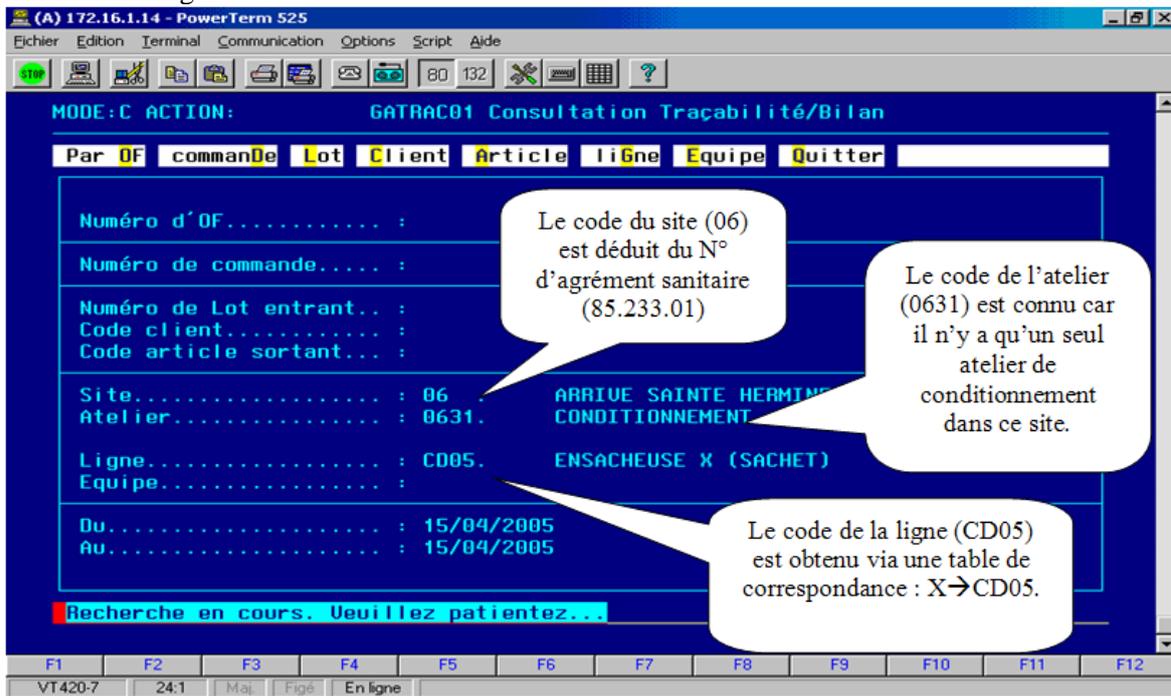


Figure 3.3 – Reformulation de la requête

Comme le montre la Figure 3.3, pour faire une recherche de traçabilité à partir des identifiants imprimés sur les sachets de Coq’Ailes, il faut passer par une étape intermédiaire pour convertir ces identifiants à des critères de recherche connus dans le système d’information. Ce mode de fonctionnement prolonge le délai entre le moment où le besoin de faire une recherche de traçabilité est ressenti et le moment d’accéder aux résultats de cette recherche. Le résultat la requête reformulée (Cf. Figure 3.3) est une liste de plusieurs OF

de conditionnement de Coq'Ailes répondant aux critères saisis. Comme l'identifiant à l'origine de cette recherche n'est pas assez discriminant (donc imprécis), si un rappel de produits s'imposait, tous les Coq'Ailes issus de ces OF seront concernés.

B. Mélange de lots

Nous avons expliqué auparavant (Cf. chapitre II – section 3) qu'un déstockage est l'opération à travers laquelle les opérateurs de fabrication affectent un ou plusieurs lots d'intrants à un OF. A chaque article susceptible d'être utilisé dans un atelier de fabrication est associée une règle dite de déstockage. Le but est d'indiquer aux opérateurs quel lot ils doivent utiliser en priorité si l'on en a plusieurs en stock. Par exemple, une règle de type *P* stipule que si le stock contient plusieurs lots d'un même produit, on doit d'abord utiliser le lot ayant la plus petite DLU⁴³. Mais, comme il est possible de fabriquer plusieurs lots d'un produit donné le même jour, on risque de se retrouver avec la même DLU pour différents lots. Et dans ce genre de situations, les règles de déstockage **ne pourront pas empêcher des mélanges de lots**. Une illustration est présentée dans la Figure 3.4.

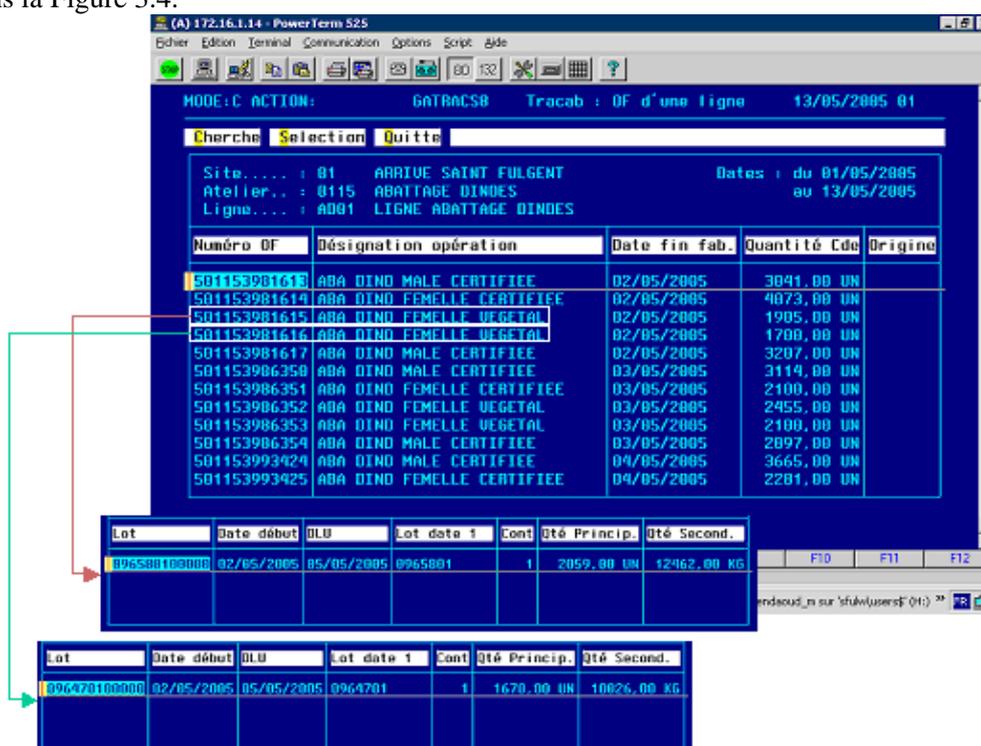


Figure 3.4 – Exemple illustrant deux lots d'un même produit ayant la même DLU

La Figure 3.4 montre qu'on a abattu le 2 mai 2005 deux lots de dindes appartenant à deux bandes différentes (0965801 et 0964701). Avant qu'ils soient utilisés dans d'autres opérations, les produits issus de ces deux lots s'étaient trouvés en même moment dans un stock **et avec la même DLU**. Par conséquent, il se pourrait que ces lots aient été mélangés au cours de certains OF de découpes ou de conditionnement conformément à la règle de déstockage de type *P*. Rappelons que l'un des principes de base de la traçabilité est de limiter au maximum les mélanges de lots pour minimiser la quantité des produits à rappeler le cas échéant.

C. Accès à la traçabilité de certaines opérations

Un autre point perfectible relevant de l'axe procédural concerne certaines opérations effectuées dans les ateliers de fabrication mais dont on n'a pas prévu l'accès, pour consultation, au niveau de l'outil de restitution de la traçabilité. Il s'agit notamment des écarts d'inventaire auxquels tous les industriels ont

⁴³ DLU signifie « Date Limite d'Utilisation ». C'est un critère utilisé en interne chez Arrivé pour désigner le délai au bout duquel un produit semi-fini ne peut plus être utilisé car la fin de sa durée de vie est proche.

recours régulièrement afin de rectifier le stock informatique quand celui-ci est en décalage avec le stock physique. Prenons un exemple :

A l'issue d'un OF de conditionnement, un lot *L* de 1000 poulets a été déclaré et rentré en stock. Une traçabilité descendante à partir de cet OF doit permettre de déterminer le devenir de ces 1000 pièces, ce qui est, dans un cas normal, possible grâce l'outil de restitution de la traçabilité. En revanche, si le gérant du stock se rend compte, suite à l'inventaire de la fin de journée, que le lot *L* comporte en réalité 1010 poulets⁴⁴, il doit effectuer une opération d'écart d'inventaire en rectifiant la quantité associée à ce lot. Le hic c'est qu'un utilisateur effectuant une recherche à travers l'outil de restitution de la traçabilité ne verra pas cette mise à jour. Pire, il va croire que les 10 poulets supplémentaires provenaient d'un autre lot sans savoir lequel, ce qui peut être perçu par un auditeur de la traçabilité comme un grave dysfonctionnement. Personnellement, nous étions à maintes reprises confrontés à ce problème dans le cadre d'audits effectués soit par des clients ou par la DDSV.

Le problème dont il est question ici n'est pas une absence de traçabilité, mais seulement de la capacité de l'outil sensé restituer tout l'historique des flux de produits à tracer les opérations de type écarts d'inventaire. En effet, l'information existe bel et bien, mais dans une autre base de données qui n'est pas accessible aux « consommateurs » des données de traçabilité.

D. Traçabilité des emballages

En 2004, la Commission européenne a publié le règlement CE 1831/2003 qui prolonge l'obligation de traçabilité aux matériaux en contact avec les denrées alimentaires depuis la production jusqu'à la commercialisation. Ce règlement, en vigueur depuis le 27 octobre 2006, vise particulièrement les matériaux d'emballage et conditionnement. Au niveau des sites de production Arrivé, la traçabilité de ces matériaux n'est pas aussi rigoureuse que celles des produits alimentaires. Les quelques *traces* que l'on en a sont enregistrées dans des documents papiers sans lien direct et précis avec les produits fabriqués dont la traçabilité est gérée informatiquement via le système de GPAO. A titre d'illustration, voici un extrait de la conclusion que nous avons faite au niveau du rapport d'audit de la traçabilité sur le site des Essarts (85) :

...ce mode de gestion ne permet qu'une traçabilité approximative des emballages. En effet, comme il n'y a pas de lien direct entre un lot de produits finis (ou un OF) et le lot duquel sont issus les produits d'emballage correspondant. Donc, si nous sommes obligés d'effectuer un rappel de produits en raison d'une non-conformité liés à l'emballage⁴⁵, le périmètre de rappel sera forcément élargi. Il correspondra à l'ensemble des produits intégrant l'emballage en question et qui ont été fabriqués pendant la période allant de la première à la dernière sortie de stock du lot incriminé.

Même si la traçabilité des emballages n'est pas encore informatisée, nous sommes, a priori, capables de répondre aux exigences du règlement CE 1831/2003. Toutefois, il est judicieux et souhaitable de l'intégrer dans la GPAO pour en faciliter le suivi, l'archivage et la consultation. Cette mesure est d'autant plus intéressante qu'elle permettra davantage de productivité en économisant le temps consacré chaque jour à des saisies manuelles au niveau des différentes fiches de suivi.

E. Ergonomie et convivialité de l'outil de restitution de la traçabilité

L'outil informatique de restitution des données de traçabilité n'est pas très ergonomique en raison de son interface de type caractères qui entrave sa convivialité et sa facilité d'utilisation. L'une des limites de ce genre d'interfaces est la difficulté de naviguer entre les différentes fenêtres lors d'une recherche. Si l'on part, par exemple, d'un OF d'abattage, on peut parcourir la chaîne de traçabilité jusqu'aux OF de conditionnement correspondants, ce qui se traduit, parfois, par le défilement de plus d'une dizaine d'écrans. Mais lorsque l'utilisateur a besoin de faire le chemin inverse, il est automatiquement renvoyé au premier écran et il est obligé de recommencer sa requête.

Malgré ce problème de navigation, l'outil permet de faire une consultation des données répondant à la requête spécifiée par l'utilisateur. En revanche, ce dernier n'a aucun moyen lui permettant d'extraire ces données ou de les exporter dans un tableur de type MS Excel afin d'en faire d'éventuelles synthèses ou

⁴⁴ Ce type d'écart s'explique principalement par des erreurs de saisie au moment de la déclaration des sortants d'un OF.

⁴⁵ Exemple : films ou barquettes contaminés par des traces de produits chimiques.

analyses. Si, par exemple, l'assistant qualité d'un site a besoin de faire un bilan matière sur un OF donné, il est obligé de saisir manuellement toutes les valeurs sur sa feuille de calcul. Un autre point perfectible de la praticité de l'application de restitution des données, se situe au niveau de la fenêtre d'interrogation (Cf. Figure 13.29 – Annexe 5). En effet, le nombre de critères de recherche est limité et l'utilisateur n'a pas non plus la possibilité de combiner les critères existants comme il le souhaite.

F. Implication des utilisateurs amont

Si les cinq premiers points s'inscrivent dans l'axe procédural (Cf. Tableau 3.1), celui-ci relève plutôt de l'axe opérationnel dans la mesure où il traduit le fait que les opérateurs de fabrication, considérés comme utilisateurs amont du système de traçabilité, ne respectent pas toujours le mode de fonctionnement et les procédures en place. Ce qui a pour conséquence un certain nombre d'incohérences et de lacunes au niveau des données restituées. Nous allons y revenir plus loin dans ce chapitre. Un exemple typique concerne la déclaration des sortants des OF, c'est-à-dire l'enregistrement des données qui les décrivent. Selon la procédure, chaque produit fabriqué doit être déclaré sur l'OF dont il est issu. Mais pour gagner du temps, il n'est pas rare de voir des opérateurs déclarer des produits provenant de plusieurs OF sur le dernier OF qu'ils ont traité. Cette pratique concerne particulièrement des coproduits et sous-produits issus de la découpe. Dans le même contexte, nous avons aussi remarqué que le FIFO⁴⁶ n'est pas toujours respecté dans les ateliers où on s'en sert comme outil de traçabilité. Par exemple, certains ateliers de préparation de commandes ne sont pas équipés de lecteurs codes - barres pour scanner (donc enregistrer) les produits qu'ils manipulent. La traçabilité y est donc basée sur le FIFO. Or ce dernier n'est pas toujours respecté, ce qui fait que les lots enregistrés automatiquement **ne correspondent pas forcément à ceux réellement utilisés**. Cela concerne particulièrement un atelier au niveau de la plate-forme logistique Saint Fulgent (85) et un autre au niveau de la plate-forme de Mornant (69).

G. Niveau de formation des utilisateurs

Les premières discussions que nous avons eues avec des utilisateurs du système de traçabilité ont révélé qu'un certain nombre d'eux ne disposent pas d'un minimum de connaissances sur les principes de gestion de la production chez Arrivé. Cette connaissance est indispensable pour bien maîtriser l'outil de restitution et surtout pour être capable de comprendre et d'analyser les données qu'il fournit. A titre d'exemple, plusieurs assistants qualité sur les sites de production sont incapables de déchiffrer le code utilisé pour identifier les OF ou encore de choisir les critères les plus pertinents pour faire une recherche. Ceci est d'ailleurs perceptible en lisant la partie consacrée à la traçabilité dans les procédures rédigées par le service Qualité dans le cadre de la certification ISO 9001. En effet, le peu d'éléments qu'on y trouve ne suffisent même pas pour comprendre comment faire une recherche de traçabilité.

Ce constat dénote un faible niveau d'appropriation de l'outil pour les utilisateurs n'ayant pas une « culture GP », ce qui est le cas notamment du personnel du service Qualité et de celui du service commercial. C'est probablement un effet pervers des initiatives « unilatérales » prises par le service GP dans le cadre des évolutions de l'outil de restitution de la traçabilité (Cf. § 2.1). Une implication plus importante des utilisateurs pourrait aider à l'appropriation de l'outil.

H. Pilotage du système de traçabilité

Comme il en a été question précédemment (Cf. Chapitre II – Section 4), à l'exception de tests de recherche de données de traçabilité et des bilans matière sur les OF réalisés de temps en temps par le service Qualité, il n'existe aucun indicateur permettant suivre régulièrement la performance de ce système. La Figure 3.5 représente un extrait d'une enquête que nous avons menée auprès des utilisateurs et qui corrobore ce constat. En l'absence d'indicateurs pertinents couvrant les différentes dimensions du système de traçabilité, il est difficile de bien piloter celui-ci et d'évaluer objectivement l'impact d'éventuelles évolutions et mesures d'amélioration mises en place. C'est l'un des principaux objectifs de notre travail de recherche.

⁴⁶ *First In First Out*, premier entré, premier sorti.

3- Aviez-vous un outil ou des indicateurs de suivi de la performance du système de traçabilité avant 2005 ?

- Non
 Oui , Lesquels ?

et aujourd'hui ?

- Non
 Oui , Lesquels ? exercices de rappel, tests de comptabilité matière

Figure 3.5 – Extrait d'un questionnaire destiné aux utilisateurs du système de traçabilité

2.2.2. Dysfonctionnements vus par un utilisateur aval

Au cours des paragraphes précédents nous avons présenté très succinctement quelques remarques d'ordre général dont la plupart s'interrogent sur la pertinence du mode de fonctionnement mis en place. Dans ce qui va suivre, nous allons adopter une vision plus fonctionnelle en nous mettant à la place d'un utilisateur aval dont le but se limite à l'utilisation des données de traçabilité sans se soucier de ce qui se passe en amont. Pendant les trois ans que nous avons passés chez Arrivé, nous étions régulièrement amené à nous mettre à la place de ce type d'utilisateur aval et, en particulier, lorsque l'entreprise doit effectuer un retrait de produit ou répondre à un audit de traçabilité. Cette position nous a permis d'identifier une liste de dysfonctionnements typiques auxquels un système de traçabilité peut être sujet. Dans l'ordre décroissant de gravité, il s'agit de données erronées, données incomplètes, ruptures de traçabilité, données imprécises et lenteur de restitution. Avant d'expliquer leur signification et de voir ce qu'il en est chez Arrivé, décrivons d'abord la manière dont ces dysfonctionnements vont être présentés. Pour rendre compte de ces dysfonctionnements, nous avons adopté une trame nous permettant de donner suffisamment d'information sur chacun d'eux tout en restant synthétique. C'est ce qui est schématisé à travers la Figure 3.6.

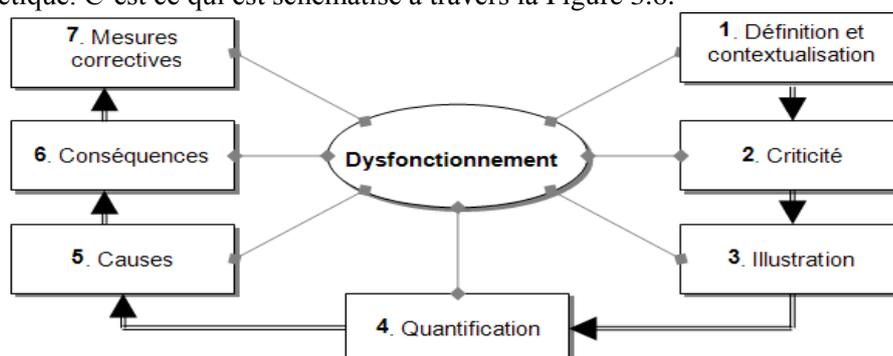


Figure 3.6 – Trame de description des points de vulnérabilité du système de traçabilité

Après avoir défini chaque dysfonctionnement et décrit son contexte, nous donnons une idée sur sa criticité relative, sur une échelle qualitative allant de 1 à 10, avant de l'illustrer par des exemples réels et de quantifier son occurrence. Pour ne pas nous limiter à une simple mise en évidence des problèmes, nous complétons notre diagnostic par l'explication des causes et des conséquences associées ainsi que quelques mesures correctives que nous avons proposées à l'entreprise.

A. Données erronées

Dans le cadre d'une recherche, il vaut mieux que le système de traçabilité ne fournisse aucune donnée que restituer à l'utilisateur des données incorrectes. Dans le cas d'une crise alimentaire, cela peut conduire l'entreprise à retirer du marché des produits sains et y laisser ceux qui risquent de nuire à la santé du consommateur. Il vaut mieux ne restituer aucune donnée plutôt que des données erronées. Certes, dans ce cas, l'entreprise verra son coût de rappel augmenter (périmètre plus élargi), mais elle peut être sûre que tous les produits susceptibles d'être nuisibles aux consommateurs sont retirés du marché. Les données restituées par le système de traçabilité sont celles que les opérateurs saisissent, manuellement ou automatiquement, au niveau des différents ateliers de fabrication. Pour avoir une idée sur l'exactitude de ces données, l'idéal serait

d'aller voir les opérateurs travailler et vérifier s'ils saisissent bien ce qu'il faut (le bon N° de lot, le bon poids...). Or ceci n'est pas possible pour la simple raison que toute personne se sentant sous surveillance a tendance à changer son comportement habituel de manière à agir comme elle devrait. C'est ce qui est connu en psychologie par *l'effet Hawthorne*⁴⁷. Pour contrer ce problème, la parade que nous avons trouvée consiste à faire un grand nombre de recherches de traçabilité puis d'analyser les données restituées afin d'y découvrir d'éventuelles incohérences qui révèlent la présence de données erronées. Pour ce faire, l'un des moyens sur lesquels nous nous sommes beaucoup appuyé est le *bilan matière* (appelé aussi comptabilité matière). Le principe est de comparer la quantité entrant d'un OF avec la quantité qui en sort. Si l'écart est trop important, cela signifie que les données saisies au moment de déstocker les entrants et/ou celles qui sont saisies au moment de déclaration des sortants sont fausses. En complément aux bilans matière visant à vérifier l'exactitude des données quantitatives, nous avons effectué d'autres contrôles comme sur les DLC ou les N° de lots. Dans le Tableau 3.4, nous présentons trois anomalies rentrant dans le cadre de données erronées.

B. Données incomplètes

Ce dysfonctionnement se produit dans le cas où le système de traçabilité est incapable de restituer à l'utilisateur toutes les données dont celui-ci a besoin. Par exemple, en effectuant une traçabilité aval sur un lot d'un produit fini, le système de traçabilité nous indique la liste des clients ayant reçu ce produit mais sans préciser ni les quantités ni les dates d'expédition. Durant notre diagnostic du système de traçabilité Arrivé, nous avons constaté des cas de figure plus ou moins récurrents où nous n'avons pas pu obtenir tous les données sensées répondre à notre besoin. Dans certains cas, ces données existent bien quelque part⁴⁸ bien qu'elles ne soient pas accessibles via l'outil de restitution, mais l'utilisateur ne sait pas toujours où et comment les chercher. Un exemple concret est l'adresse des fournisseurs des ingrédients qui est pourtant l'une des données de traçabilité à suivre obligatoirement dans le cadre du règlement CE 178/2002 (Cf. chapitre I - § 9.5). Dans d'autres cas, plus rares, certaines données de traçabilité sont complètement inexistantes. Le Tableau 3.2 présente davantage d'éléments explicatifs du problème de données incomplètes. Nous nous limitons ici au cas de l'absence de la DLC (Date Limite de Consommation).

Anomalies	Données de traçabilité incomplètes : cas de l'absence de la DLC
Caractérisation	
Explication	Au niveau de l'historique restitué par le système de traçabilité, il manque certaines données.
Criticité	Elle dépend de la nature des données qui manquent. Ici, l'absence de la DLC n'est pas un obstacle grave dans les situations de rappel, mais c'est tout de même une donnée importante. On peut par exemple en avoir besoin pour vérifier si les produits expédiés à un client ne sont pas périmés. Donc, on lui accorde une criticité de 6/10.
Illustration	Voir Annexe 6
Quantification	Parmi tous les OF de préparation de commandes réalisés au cours des 2 premiers mois de l'année 2007, plus de 36 000 sont concernés. Soit environ 10%.
Causes possibles	Bugs informatiques au niveau du progiciel de préparation de commandes.
Conséquences	Inaccessibilité des données en question.
Mesures correctives	Correction des bugs responsables de cette anomalie.

Tableau 3.2 – Caractérisation du problème des données manquantes

⁴⁷En psychologie, l'effet Hawthorne décrit la situation dans laquelle les résultats d'une expérience ne sont pas dus aux facteurs expérimentaux mais au fait que les sujets ont conscience de participer à une expérience dans laquelle ils sont testés, ce qui se traduit généralement par une plus grande motivation (Source : <http://fr.wikipedia.org> – consulté le 12 avril 2007).

⁴⁸Exemple : Documents papiers, tableurs Excel ou dans d'autres bases de données, etc.

C. Ruptures de traçabilité

Une rupture de traçabilité se produit lorsqu'il est impossible de remonter ou de descendre la chaîne de traçabilité. Autrement dit, l'absence de liens entre un lot composé et ses lots composants. Cela n'est pas forcément dû à des données manquantes, mais à l'absence de ce fameux ciment (Cf. chapitre II- § 3.1.4) qui permet de relier les OF pères aux OF fils et vice versa. La Figure 3.7 illustre une rupture de traçabilité.

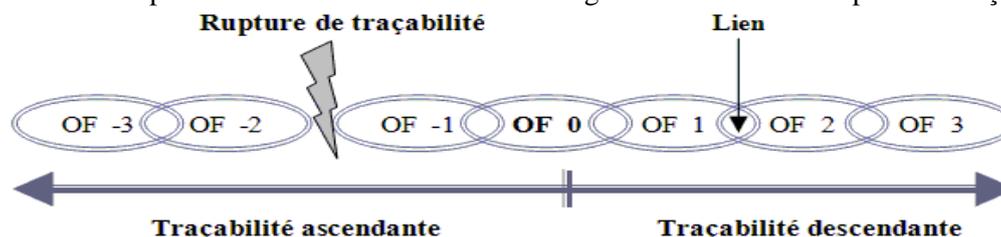


Figure 3.7 – Schéma illustrant une rupture de traçabilité

Dans l'exemple de cette figure, la rupture de traçabilité entre l'OF -1 et l'OF -2 empêche de connaître, par exemple, l'origine des produits utilisés dans l'OF-1 ou la destination des produits issus de l'OF-2. La caractérisation de ce problème est présentée à travers le Tableau 3.3.

Anomalies	Ruptures de traçabilité																												
Caractérisation																													
Explication	Comme expliqué auparavant, une rupture de traçabilité est un problème qui survient lorsque les données restituées par le système de traçabilité ne permettent pas d'établir une liaison entre les lots entrants et les lots sortants d'une opération donnée.																												
Criticité	Compte tenu des conséquences qu'elle engendre, on estime à 9 la criticité relative liée aux ruptures de traçabilité.																												
Illustration	Voir Annexe 11																												
Quantification	<p>Sur le premier semestre 2005, nous avons relevé plus de 70 000 OF présentant des ruptures de traçabilité. Soit à peu près 5% des OF traités pendant cette période. Voici leur répartition par site :</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Site de production</th> <th>Nombre Total d'OF</th> <th>Nombre d'OF avec rupture</th> <th>% OF avec rupture</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Saint Fulgent</td> <td>795 029</td> <td>67 575</td> <td>8,50%</td> </tr> <tr> <td>Les Essarts</td> <td>49 601</td> <td>1 517</td> <td>3,06%</td> </tr> <tr> <td>Chavagnes</td> <td>50 394</td> <td>338</td> <td>0,67%</td> </tr> <tr> <td>Mornant</td> <td>233 143</td> <td>595</td> <td>0,26%</td> </tr> <tr> <td>Sainte Hermine</td> <td>46 941</td> <td>68</td> <td>0,14%</td> </tr> <tr> <td>Auvergne</td> <td>128 024</td> <td>0</td> <td>0,00%</td> </tr> </tbody> </table>	Site de production	Nombre Total d'OF	Nombre d'OF avec rupture	% OF avec rupture	Saint Fulgent	795 029	67 575	8,50%	Les Essarts	49 601	1 517	3,06%	Chavagnes	50 394	338	0,67%	Mornant	233 143	595	0,26%	Sainte Hermine	46 941	68	0,14%	Auvergne	128 024	0	0,00%
Site de production	Nombre Total d'OF	Nombre d'OF avec rupture	% OF avec rupture																										
Saint Fulgent	795 029	67 575	8,50%																										
Les Essarts	49 601	1 517	3,06%																										
Chavagnes	50 394	338	0,67%																										
Mornant	233 143	595	0,26%																										
Sainte Hermine	46 941	68	0,14%																										
Auvergne	128 024	0	0,00%																										
Causes possibles	A partir de lots existants, les opérateurs ont la possibilité de créer d'autres lots auxquels ils affectent des identifiants qui sont parfois inconnus par le système de traçabilité. C'est ce qui arrive, par exemple, quand on trouve dans un dépôt une palette de produits ayant perdu son étiquette d'identification. Quand on parcourt la chaîne de traçabilité et que le système rencontre l'un de ces lots, la recherche s'interrompt car il « ne sait pas » d'où ils proviennent.																												
Conséquences	Les ruptures de traçabilité empêchent de remonter et de descendre l'historique des OF et des lots de produits. Ainsi, partant d'un lot de matière première il ne sera pas possible de déterminer les produits finis qui en sont issus. Idem dans le sens inverse.																												
Mesures correctives	Réduire, voire éradiquer, tous les facteurs poussant les opérateurs à recréer des lots en dehors des OF. Cela passe notamment par plus de rigueur dans la gestion des flux et l'utilisation de plusieurs étiquettes pour identifier une palette ou un bac de produits.																												

Tableau 3.3 – Caractérisation des ruptures de traçabilité

Anomalies Caractérisation	Quantités erronées	Incohérence dans les dates des OF	OF « en boucle »	Dates erronées
Explication	Ecart très important entre la quantité des entrants et la quantité des sortants d'un OF donné.	En consultant la traçabilité de certains OF, on constate que la date de début est postérieure à la date de fin.	En voulant remonter ou défendre l'historique d'un OF, via l'outil de restitution de la traçabilité, on retombe toujours sur ce même OF.	Certaines dates affichées par l'outil de restitution de la traçabilité sont complètement irréelles.
Criticité	8	2	7	8
Illustration	Voir Annexe 7	Voir Annexe 10	Voir Annexe 8	Voir Annexe 9
Quantification	Sur les 6 derniers mois de 2005, 2434 OF ayant pour sortants des produits Label Rouge présentent des bilans matière incohérents. Soit plus de 1 %.	Sur le premier semestre 2006, on dénombre 1384 OF concernés par cette anomalie. Soit 0,25 %.	390 OF sont concernés sur les 6 derniers mois de 2005. Soit 0,02 %.	Sur les 6 dernier mois de 2005, 37841 OF sont concernés par cette anomalie. Soit environ 2 %.
Causes possibles	Erreurs de saisie, déclaration des sortants d'un OF sur d'autres OF, non déclaration d'une partie des sortants (ex. sous-produits).	Des bugs informatiques	Des bugs informatiques	Des bugs informatiques
Conséquences	Décalage entre les quantités restituées par le système et la réalité.	Données erronées	Impossibilité de remonter ou descendre les OF concernés.	Données illogiques, donc qui ne reflètent pas la réalité et qui ne sont pas exploitables.
Mesures correctives	Ajouter des fonctions d'alerte dans les interfaces GPAO pour prévenir les opérateurs en cas d'écart.	Réparation des bugs responsables de l'anomalie.	Réparation des bugs responsables de l'anomalie.	Réparation des bugs responsables de l'anomalie.

Tableau 3.4 – Caractérisation des anomalies liées aux données erronées

D. Données imprécises

Comme nous allons le voir dans le cinquième et le sixième chapitre, la précision est probablement le critère le plus employé pour juger de la performance d'un système de traçabilité. Pour faire simple, supposons que nous sommes amenés à interroger le système de traçabilité pour savoir à quel lot appartiennent les produits expédiés à un client donné. Si la réponse nous renvoie vers plusieurs lots potentiels sans possibilité de trancher (ex. tous les lots fabriqués le 12/07/05), alors nous avons affaire à des données de traçabilité imprécises. En revanche, si la réponse est précise, sans équivoque, le lot effectivement concerné, nous parlons d'une traçabilité précise.

Chez Arrivé, ce problème se manifeste à travers deux cas. Le premier concerne le mode d'identification de certains produits finis qui ne permet pas de faire une recherche de traçabilité ciblée. Ce point a été suffisamment expliqué au début de cette section (Cf. § 2.1). Le deuxième cas concerne certains OF de préparation de commandes clients dans lesquels on utilise plusieurs lots de produits. Voici comment cela fonctionne :

Les commandes provenant de différents clients de la société sont regroupées en fonction des produits correspondants. Pour préparer chaque groupe de commandes, on lance un OF en suivant la procédure évoquée auparavant, à savoir le déstockage des entrants puis la déclaration des sortants qui, elle, se fait d'une façon automatique étant donné que les produits ne subissent aucune transformation. Imaginons que, parmi les commandes passées par les clients, deux concernent du poulet *Saint Sever* et proviennent respectivement des clients A et B. Si le client A a commandé 40 poulets et le client B en a commandé 140, on va déstocker logiquement 180 poulets pour honorer ces commandes. L'idéal serait que ces 180 poulets appartiennent au même lot, mais ceci n'est pas toujours le cas. Comme illustré dans la Figure 3.8, pour atteindre nos 180 unités, il a fallu prendre les 50 dernières unités d'un lot (1), et comme cela ne suffit pas, on a pris les 70 unités composant un deuxième lot (2) et ensuite 60 poulets d'un troisième lot (3).

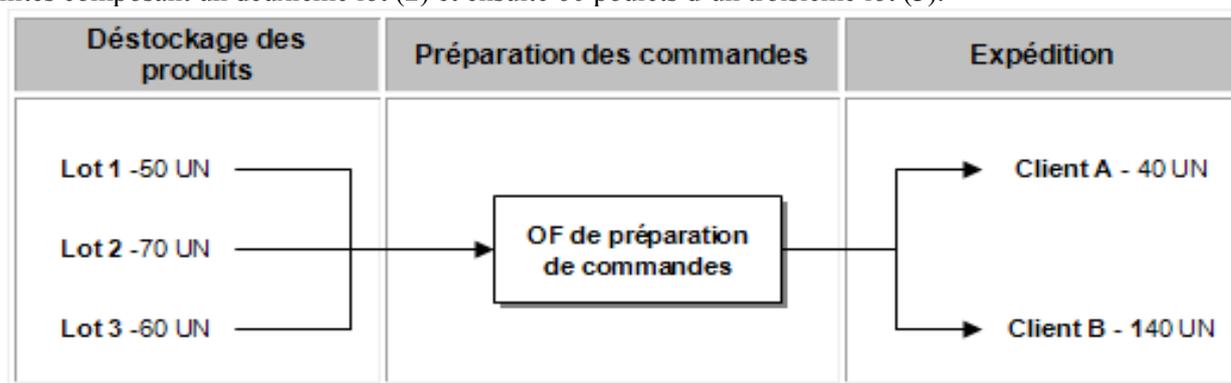


Figure 3.8 – Impossible de savoir avec précision de quel lot proviennent les produits expédiés au client A

Une fois les produits expédiés, si nous voulons savoir, pour une raison ou une autre, à quel lot appartiennent les 40 poulets destinés au client A, nous ne pourrions pas répondre avec précision. Tout ce dont nous sommes sûrs, c'est que les poulets en question appartiennent potentiellement aux trois lots déstockés. C'est pour cette raison que nous parlons de données de traçabilité imprécises. Le Tableau 3.5 fournit davantage d'information sur ce problème au sein de la société Arrivé.

E. Lenteur de restitution des données

Le temps nécessaire à la restitution des données de traçabilité est un élément crucial en particulier dans des situations de crise où l'entreprise est contrainte de réagir vite en retirant du marché des produits dangereux. Chez Arrivé, le directeur Qualité s'est fixé comme objectif d'être capable de restituer toutes les données de traçabilité dont la société a besoin en un temps ne dépassant pas 2 heures. Quand il y a besoin de faire une recherche très simple, par exemple la date d'abattage d'un lot de poulets, la réponse est obtenue très rapidement. En effet, il suffit de taper le N° du lot en question pour voir s'afficher toutes les OF qu'il a subies, il ne reste plus alors qu'à sélectionner l'OF d'abattage pour voir apparaître la date correspondante. En revanche, en cas de recherches plus complexes, le temps nécessaire à la restitution des données peut durer plusieurs heures.

Anomalies	Imprécision de la traçabilité des expéditions
Caractérisation	
Explication	Voir les explications fournies au cours des paragraphes précédents.
Criticité	3
Illustration	Voir Annexe 12
Quantification	Parmi tous les OF de préparation de commandes réalisés au cours des 2 premiers mois de l'année 2007, plus de 123 000 sont concernés. Soit environ 33%.
Causes possibles	Le regroupement des commandes clients qui répond à une contrainte de productivité car l'entreprise ne peut pas se permettre de lancer à chaque fois un OF par commande. Ceci est d'autant compréhensible qu'il existe des commandes comportant uniquement 2 ou 3 pièces !
Conséquences	En cas de problème, l'entreprise verra son périmètre de rappel s'élargir. Dans l'exemple de la Figure 3.8, si les 50 poulets du lot 1 s'avèrent impropres à la consommation, c'est l'ensemble des 180 poulets expédiés qui sera rappelé.
Mesures correctives	Modifier le mode de fonctionnement des ateliers de préparation de commandes de manière à pouvoir déterminer avec plus de précision les lots expédiés à chaque client.

Tableau 3.5 – Caractérisation des ruptures de traçabilité

Un exemple classique est quand on part d'un produit fini non-conforme et que l'on remonte son historique (traçabilité ascendante) pour identifier l'origine du problème ainsi que tous les lots susceptibles d'être touchés. Une fois ces lots identifiés, il faut faire une traçabilité descendante pour déterminer leurs localisations. La multitude des opérations d'assemblages et des opérations de désassemblage (Cf. Chapitre II – § 2.2) ne facilite pas la recherche.

*...Christelle a toujours en tête la **simulation de rappel** orchestrée par le directeur Qualité de la société quelques semaines plus tôt et durant laquelle on lui a fait croire qu'il s'agissait d'une crise réelle et qu'il lui fallait remettre la liste des clients ayant reçu des produits issus du lot supposé contaminé. Vu le fait que l'outil Coq Trace (qui est en mode caractères) n'est pas très performant, **il lui a fallu une journée et demi** de copier-coller pour constituer la liste des 176 clients concernés ainsi que les quantités qu'ils ont reçues. Pour Christelle, comme pour d'autres utilisateurs, une **interface graphique conviviale** et permettant de **générer rapidement** de telles listes serait un point fort du système de traçabilité actuel.*

Cet extrait constitue l'un des passages véridiques (mis à part le prénom *Christelle* et le nom *Coq Trace*) de l'anecdote que nous avons racontée dans le deuxième chapitre. Il met en évidence l'incapacité de l'outil de restitution de la traçabilité à générer des tableaux de type MS Excel que l'on peut analyser ou communiquer à d'autres personnes. C'est ce qui a obligé Christelle à passer plusieurs heures à faire *des copier-coller* pour constituer la liste des clients qu'elle doit envoyer au directeur Qualité.

A l'instar des autres dysfonctionnements abordés jusqu'à présent, nous allons achever la caractérisation du problème de lenteur de restitution de la traçabilité via le Tableau 3.6.

Anomalie	Lenteur de restitution des données de traçabilité
Caractérisation	
Explication	Le temps nécessaire pour effectuer certaines recherches de traçabilité est trop long.
Criticité	6
Illustration	Voir l'extrait ci-dessus
Quantification	Comme nous l'avant expliqué ci-dessus, la cible des 2 heures est respectée dans le cas de recherches simples. En revanche dès qu'on a affaire à des recherches dans les deux sens qui impliquent beaucoup de produits, ce délai est dépassé.
Causes possibles	La principale cause relève de l'ergonomie de l'outil mis à la disposition des utilisateurs pour restituer les données de traçabilité.
Conséquences	Manque de réactivité lors d'une crise nécessitant un rappel de produits.
Mesures correctives	Amélioration de l'outil de restitution des données ou son remplacement avec un outil plus performant sur ce point.

Tableau 3.6 – Caractérisation de la lenteur de restitution des données de traçabilité

Après avoir donné une image synthétique des points forts et des points faibles du système de traçabilité de la société Arrivé, nous enchaînons dans la section suivante sur la reformulation du besoin initialement exprimé par l'entreprise (Cf. Chapitre II – Section 4), et ce à la lumière des résultats de notre diagnostic.

3. Bilan du diagnostic et reformulation du besoin de l'entreprise

A travers la première section de ce chapitre, nous avons présenté et décrit l'approche que nous avons adoptée dans le cadre du diagnostic du système de traçabilité Arrivé. Au fur et à mesure du déroulement de ce diagnostic sur les différents sites de la société, notre approche se peaufinait petit à petit. Comme nous l'avons décrit, elle consiste, d'un point de vue conceptuel, à distinguer trois axes d'analyse, à savoir, l'axe procédural, l'axe opérationnel et l'axe informationnel (Cf. Tableau 3.1) Sur cette base, nous avons montré que l'évaluation ou le diagnostic d'un système de traçabilité peut se résumer à un travail de vérification de trois hypothèses qui sont :

- ❑ H1 : Les procédures, consignes et mode de fonctionnement définis permettent d'assurer un niveau convenable de traçabilité compte tenu du contexte de l'entreprise,
- ❑ H2: Ce qui se passe réellement sur le terrain est conforme aux procédures, consignes et mode de fonctionnement définis.
- ❑ H3 : L'image restituée par le système d'information traduit fidèlement ce qui se passe réellement sur le terrain.

Sur un plan plus pratique, cette approche se traduit par une démarche que nous avons désignée sous le sigle CATE en référence aux quatre étapes qui la composent, à savoir : Comprendre, Analyser, Tester et Evaluer. Dans la première section, l'objectif et le mode de mise en œuvre de chaque étape sont suffisamment expliqués. En vertu du principe d'induction⁴⁹, cette approche empirique, testée et validée sur le cas d'étude Arrivé, peut être généralisée pour être applicable dans d'autres contextes industriels. A ce titre, et avant même d'avoir défini notre problématique de recherche qui fait l'objet du prochain chapitre, nous pouvons d'ores et déjà la considérer comme un des premiers livrables de notre thèse.

La deuxième section a pour but de restituer les principaux résultats issus du diagnostic du système de traçabilité Arrivé. Comme point fort, nous avons souligné notamment une grande capacité d'acquisition des données grâce à une bonne implantation du système d'information dans les ateliers. Les points faibles de ce système ont été présentés en deux temps. D'abord quelques remarques d'ordre général s'inscrivant, pour la

⁴⁹ Opération intellectuelle consistant à générer des lois à partir des faits ou, plus généralement, à passer du particulier au général.

plupart, dans ce que nous avons appelé l'axe procédural dans la mesure où elles concernent la manière dont le système de traçabilité a été « pensé » et conçu. Dans ce cadre, nous avons évoqué, entre autres, la praticité très limitée de l'outil de restitution des données ainsi que l'absence d'indicateurs dédiés au pilotage de la performance du système de traçabilité. Dans un deuxième temps, nous avons essayé de rendre compte des dysfonctionnements auxquels ce système est sujet en nous mettant à la place d'un utilisateur aval qui, rappelons-le, désigne toute personne à laquelle les données sont destinées. Conformément à cette vision fonctionnelle, nous avons identifié cinq dysfonctionnements typiques pouvant empêcher l'utilisateur d'exploiter convenablement le système. Il s'agit de la restitution de données erronées, de la restitution de données incomplètes, des ruptures de traçabilité, de la restitution de données imprécises et de la lenteur de restitution. Pour chaque dysfonctionnement, nous avons essayé d'être assez exhaustifs notamment à travers l'évaluation de sa criticité, sa quantification, ses causes et ses conséquences (Cf. Figure 3.6). Sans prétention aucune, nous estimons que cette classification de dysfonctionnements peut également être généralisable à d'autres contextes industriels. En effet, bien qu'elle soit issue d'un travail empirique, sa confrontation à des études de cas rapportées dans la littérature nous a convaincu de son caractère générique.

A noter que ce qui vient d'être présenté, dans la deuxième section de ce chapitre, n'est qu'une petite synthèse du diagnostic que nous avons effectué sur le terrain. Pour chaque site diagnostiqué, nous avons rédigé un rapport faisant entre 90 et 130 pages dans lesquels les différents points relevés sont expliqués et analysés. Bien que les dysfonctionnements évoqués dans ce chapitre concernent l'ensemble des sites de production, il convient de signaler que certains des sept sites audités sont plus en avance que d'autres en matière de maîtrise de la traçabilité. Cette disparité s'explique notamment par la culture et l'histoire de chaque site. Sur les sites construits récemment, le processus de fabrication a été conçu en prenant en compte la composante *traçabilité*, ce qui se manifeste, par exemple, à travers des locaux mieux adaptés à la séparation des lots. Au niveau des sites anciens, en plus des locaux qui ne sont pas totalement prédisposés à la traçabilité, il y a un certain héritage d'une « culture de productivité » qui n'est pas toujours facile à bousculer en imposant un mode de fonctionnement favorisant la traçabilité. Dans chaque rapport de diagnostic, des actions correctives sont systématiquement proposées. A titre d'exemple, nous reprenons en Annexe 13 la conclusion générale du rapport d'audit adressé au directeur d'un site de fabrication de produits élaborés.

Ce diagnostic du terrain a mis en exergue des constats et des éléments supplémentaires nous ayant permis d'avoir une idée plus précise sur le contexte industriel au sein duquel nous menons notre recherche. Rappelons que le besoin initial qui a motivé l'entreprise à nous recruter dans le cadre d'un contrat CIFRE consiste à effectuer un diagnostic approfondi de son système de traçabilité afin de mettre en évidence ses points de vulnérabilité puis proposer des mesures d'amélioration permettant d'y remédier (Cf. Chapitre II – Section 4). Durant les premiers mois de notre thèse, nous avons pu proposer un ensemble d'actions d'amélioration notamment à travers les rapports d'audit et des échanges réguliers avec les services chargés de l'évolution du système de traçabilité (agents de support). Parmi les mesures correctives mises en œuvre, nous pouvons citer, par exemple, des actions de sensibilisation effectuées auprès des opérateurs de production pour leur expliquer la nécessité de respecter les procédures de traçabilité en place. Au niveau du système d'information, une grande partie des bugs que nous avons évoqués dans ce chapitre ont été réparés. Par exemple, le problème de dates erronées évoqué dans le Tableau 3.4 n'est plus d'actualité une fois que le bug qui en est responsable a été identifié puis réparé par le service informatique de l'entreprise. En parallèle, s'est posée la question de la façon dont l'efficacité de ces mesures peut être évaluée. Et par extension, **le pilotage et le suivi de la performance du système de traçabilité**.

En ce qui concerne une alternative à l'outil de restitution de la traçabilité, des recherches ont été engagées pour trouver une autre solution sur le marché. Dans ce cadre nous avons, personnellement, en charge l'analyse d'adéquation d'un progiciel édité par une société informatique très présente dans le secteur alimentaire. Parmi les points que nous avons relevés lors de cette analyse, figure le fait que cet outil est basé sur une approche de *mouvements de stocks* qui est complètement différente de l'approche de *production* que l'on trouve dans le système de GPAO Arrivé. Comme nous l'avons vu dans le deuxième chapitre (Cf. Figure 2.8), une approche de production consiste à raisonner sur la base des opérations (OF) qui consomment des entrants pour produire des sortants. Sans rentrer dans les détails techniques, l'approche de mouvements de stock considère, à l'inverse, ces entrants comme des **sortants**, car on les **sort** du stock pour les transformer. De même, les sortants des OF sont considérés comme des **entrants**, car ce sont des produits qui **entrent** en stock. Ce changement de manière de voir les flux de produits est donc assez perturbant pour les utilisateurs. Par ailleurs, la démonstration que nous avons faite avec les utilisateurs ont révélé un manque de convivialité et d'ergonomie au niveau de certains écrans de ce progiciel. Les résultats de ces recherches d'autres

alternatives n'ayant pas été concluants, l'entreprise s'interrogeait sur l'opportunité et la faisabilité de **développer, en interne, un outil de restitution de la traçabilité qui est plus performant et plus convivial** que celui qui existe déjà.

Sur ces bases, le besoin de l'entreprise s'est enrichi de deux composantes supplémentaires et peut être désormais reformulé comme suit :

- ❑ **Effectuer un diagnostic approfondi du système de traçabilité afin de mettre en évidence ses points de vulnérabilité et proposer des mesures d'amélioration permettant d'y remédier.**
- ❑ **Mettre en place un tableau de bord composé d'indicateurs pertinents pour suivre et piloter la performance du système de traçabilité.**
- ❑ **Développer un outil informatique permettant de restituer les données de traçabilité d'une façon plus pratique, plus conviviale, plus exhaustive et plus rapide.**

C'est à partir de ce besoin opérationnel que nous allons formuler, au cours du chapitre suivant, une problématique de recherche présentant, à la fois un intérêt sur le plan industriel et sur le plan scientifique. La société Arrivé nous sert, bien évidemment, de terrain pour tester et valider nos résultats.

4. Synthèse et conclusion

Le présent chapitre constitue une suite logique du chapitre précédent dont l'objectif était de présenter et décrire d'une manière factuelle le contexte industriel de notre thèse. Nous y avons formulé un jugement de valeur sur différentes facettes de la performance du système de traçabilité de la société Arrivé suite à son diagnostic. Ainsi, après avoir expliqué, au niveau de la première section, l'approche de diagnostic employée, nous avons passé en revue les principaux résultats sur lesquels elle a débouché. En guise d'illustration, nous nous sommes appuyés particulièrement sur un nombre important de copies d'écrans qui montrent des dysfonctionnements entravant la performance de ce système. Dans la troisième section, nous avons montré comment ce diagnostic a permis d'avoir une image plus complète du système de traçabilité Arrivé fournissant ainsi des éléments supplémentaires ayant conduit à compléter et à reformuler le besoin exprimé initialement par l'entreprise. C'est sur la base de ce besoin que nous allons élaborer notre problématique de recherche au cours du chapitre suivant.

Accessoirement, ce chapitre était une occasion pour présenter les premiers livrables de la thèse, à savoir l'approche de diagnostic et la classification des dysfonctionnements typiques d'un système de traçabilité.

CHAPITRE QUATRIEME

Formalisation de l'Objet de Recherche : D'un besoin opérationnel à une problématique de recherche

Vous savez ce que c'est que la recherche : on part sur une question et on trouve en cours de route des faits qui vous en posent une autre.

Philippe Meyer - Sociologue et journaliste français

Les trois premiers chapitres de cette thèse nous ont permis de donner une image de différentes facettes de la thématique de la traçabilité en agroalimentaire et plus particulièrement au niveau de la société Arrivé qui est notre terrain de recherche. Le but du présent chapitre est de nous appuyer sur les résultats issus de ce travail exploratoire afin de formaliser notre problématique de recherche. A près un bref rappel du contexte (section 1), nous allons voir comment, à partir du besoin opérationnel de notre partenaire industriel, nous avons construit une problématique traduite à travers quatre questions de recherche (section 2). La troisième section est consacrée à décrire davantage cette problématique en expliquant notamment que la démarche suivie s'inscrit plutôt dans un paradigme constructiviste employant la recherche-action comme méthodologie d'accès au réel.

1. Rappel du contexte de la thèse

Jusqu'à présent, le contenu de ce mémoire s'est focalisé sur la description du contexte général dans lequel se déroulent nos travaux de thèse. Au cours du premier chapitre, nous avons essayé de fournir au lecteur un ensemble d'informations destinées à cerner la thématique de la traçabilité notamment dans le secteur agroalimentaire. Dans ce cadre nous avons vu que les produits manipulés sont sujets à un ensemble de caractéristiques et d'attributs qualitatifs dont le suivi et la garantie passent par la traçabilité. Ceci est particulièrement le cas des fameux attributs de confiance (*credence attributes*) dont l'authenticité ne peut être prouvée que via un système de traçabilité efficace. Mais ce qui a vraiment propulsé la traçabilité au centre des préoccupations des entreprises sont les nouvelles lois notamment le règlement CE 178/2002, en vigueur depuis 2005, qui stipule l'obligation de traçabilité à tous les maillons de la chaîne et la responsabilisation des opérateurs quant à l'innocuité des denrées qu'ils mettent sur le marché. L'objectif visé étant de faire face aux crises alimentaires récentes telles que l'ESB, la dioxine ou la grippe aviaire (Cf. Tableau 1.2). Conscients de cette responsabilité juridique, les distributeurs ont, à leur tour, renforcé les exigences envers leurs fournisseurs en terme de traçabilité et de sécurité alimentaire notamment à travers le développement de standards privés (Cf. Tableau 1.5). Du coup, les entreprises agroalimentaires, composées très majoritairement de PME, se sont trouvées face à deux types de contraintes (réglementaires et normatives) auxquelles s'ajoutent d'autres exigences de clients qui n'adhèrent pas aux standards en place. Si l'on prend en considération le fait que les exigences en vigueur stipulent une obligation de résultats mais sans préciser les moyens d'y arriver, on comprend facilement le désarroi de certaines entreprises. Bien qu'une certaine pratique de la traçabilité a toujours existé (Cf. chapitre I – section 3), il n'y quasiment pas de références scientifiques analysant finement ce sujet et qui proposent aux entreprises des outils méthodologiques pour mettre en place des systèmes de traçabilité efficaces. C'est probablement ce qui explique une véritable éruption sémantique à laquelle nous assistons depuis la publication du règlement CE 178/2002 et qui est perceptible en lisant notamment les nombreux articles publiés dans la presse professionnelle. A titre d'illustration, nous avons cité dans le premier chapitre plus d'une quarantaine de types de traçabilité traduisant des visions et des préoccupations diverses et variées. Comment les entreprises, surtout des PME, peuvent-elles s'y retrouver ?

En lien avec ce constat, nous avons consacré la 9^{ième} section du premier chapitre à nous interroger sur un certain nombre d'aspects corroborant le caractère problématique de la traçabilité. Il en ressort notamment l'absence d'un cadre conceptuel et méthodologique solide pour traiter ce sujet aussi bien sur le plan scientifique que sur le plan pratique. La nécessité d'élaborer, sur des bases scientifiques rigoureuses, des critères de performance pertinents pour évaluer les systèmes de traçabilité en fait aussi partie. C'est d'ailleurs l'une des attentes ayant motivé notre partenaire industriel à s'engager avec nous dans cette démarche de recherche-action. Nous argumentons dans la section suivante, comment, à partir du besoin opérationnel de cet industriel, nous avons pu construire une problématique de recherche.

2. D'un besoin opérationnel à une problématique de recherche

A travers le deuxième chapitre, nous avons dressé une image assez complète de la traçabilité telle qu'elle est pratiquée dans la société Arrivé qui est notre terrain de recherche dans le cadre de cette thèse. Après une brève présentation de cette société et son processus de production, nous avons décrit selon une logique multidimensionnelle la structure et le fonctionnement de son système de traçabilité. Par la suite, nous avons dévoilé le besoin initial auquel l'entreprise cherchait à répondre en faisant appel à un doctorant dans le cadre d'une convention CIFRE. Ce besoin consiste à **effectuer un diagnostic approfondi de son système de**

traçabilité afin de mettre en évidence ses points de vulnérabilité puis proposer des mesures d'amélioration permettant d'y remédier. Par souci de généralisation des résultats sur lesquels notre travail aura débouché, nous avons conclu ce deuxième chapitre par la mise en exergue de la représentativité du contexte Arrivé par rapport au paysage agroalimentaire vu sous l'angle de la traçabilité.

La description factuelle apportée dans le deuxième chapitre a été complétée par une vision plus critique qui a fait l'objet du troisième chapitre. Ce dernier constitue une restitution des principaux résultats issus des diagnostics que nous avons réalisés afin de rendre compte des points forts et des points faibles du système de traçabilité de la société Arrivé. Bien que ce système dispose indéniablement d'un ensemble d'atouts comme, par exemple, sa capacité à collecter un important volume de données à travers les différents ateliers, il souffre, toutefois, de plusieurs lacunes et dysfonctionnements qui ont été abordés en deux temps. Après nous être interrogés sur la pertinence de certains aspects du mode de fonctionnement en place, nous avons listé, discuté et illustré cinq catégories de dysfonctionnements typiques d'un système de traçabilité tels qu'ils sont perçus par l'utilisateur aval qui, rappelons-le, est toute personne à laquelle les données de traçabilité sont destinées. Au fil de ce diagnostic, le besoin s'est vite fait sentir de disposer d'un système de pilotage permettant d'évaluer l'efficacité des mesures correctives proposées et, plus généralement, de suivre la performance du système de traçabilité. Un autre point qui préoccupe particulièrement l'entreprise Arrivé consiste à trouver une alternative à son outil actuel de restitution des données de traçabilité dont les fonctionnalités et l'ergonomie empêchent d'exploiter pleinement la quantité conséquente des informations acquises au niveau des ateliers de fabrication (Cf. chapitre III- § 2.1). A partir de là, le besoin exprimé initialement par l'entreprise a été reformulé en trois points :

- ❑ **Effectuer un diagnostic approfondi du système de traçabilité afin de mettre en évidence ses points de vulnérabilité et proposer des mesures d'amélioration permettant d'y remédier.**
- ❑ **Mettre en place un tableau de bord composé d'indicateurs pertinents pour suivre et piloter la performance du système de traçabilité.**
- ❑ **Développer un outil informatique permettant de restituer les données de traçabilité d'une façon plus pratique et plus conviviale, plus exhaustive et plus rapide.**

Une première revue de littérature a révélé que la thématique de traçabilité des produits alimentaires est un champ de recherche quasiment vierge en ce sens qu'il y a très peu de travaux et de références scientifiques la traitant d'une manière approfondie. Comme l'a déjà constaté Törylä en 1999 [Törylä, 1999], la plupart des références existantes sont de nature anecdotique et écrites par des praticiens. Plus récemment, Viruega [Viruega, 2005] explique le peu de références scientifiques sur la traçabilité par le fait qu'il s'agit d'une thématique qui a d'abord été portée par les professionnels avant que les chercheurs commencent à s'y intéresser, ce qui est atypique en comparaison avec d'autres sujets.

Donc, d'une part, nous avons une demande sociale traduite par le besoin de la société Arrivé, qui est certainement valable pour d'autres entreprises agroalimentaires, et d'autre part, un grand manque en termes de références scientifiques fournissant des réponses satisfaisantes comme nous en avons parlé auparavant (Cf. chapitre I – section 9). De l'association de ces deux ingrédients naît une problématique de recherche en génie industriel qui se traduit par l'ambition d'apporter notre pierre à l'édifice à travers **des contributions méthodologiques et conceptuelles à la conception, la gestion et l'amélioration des systèmes de traçabilité de produits alimentaires**. Dans la suite du présent chapitre, nous allons détailler davantage cette problématique en commençant par les questions de recherche sous-jacentes.

2.1. Formulation et légitimation des questions de recherche

En examinant de près les deux premiers points à travers lesquels nous avons reformulé, à l'issue du travail de diagnostic, le besoin exprimé par notre partenaire industriel (voir ci-dessus), nous pouvons identifier plusieurs termes qui tournent autour du concept de la **performance**. Il s'agit en l'occurrence des termes : *diagnostic, points de vulnérabilité, amélioration, remédier, tableau de bord, indicateurs* et *piloter la performance*. Il est donc tout à fait naturel, logique et prévisible que ce concept se trouve au centre de notre problématique. Ainsi, une première question de recherche à laquelle nous allons tenter de répondre dans ce mémoire est la suivante :

A travers quels critères peut-on évaluer la performance d'un système de traçabilité ? Et comment quantifier ces critères d'une manière pratique et objective?

Bien sûr, parler d'évaluation de la performance d'un artefact quelconque suppose l'existence d'une attente ou d'un besoin, exprimé ou implicite, qui peut être plus ou moins satisfait en fonction du résultat de cette évaluation. Par exemple, si l'on résume la performance d'un ordinateur à sa mémoire vive (RAM), le besoin d'*exécuter rapidement les programmes* n'est pas satisfait de la même manière selon qu'on ait 512 Mo ou 1Go de RAM. Dans le même ordre d'idée, un besoin n'existe pas indépendamment d'une entité, physique ou morale, qui l'exprime ou qui le ressent. Autrement dit, d'un bénéficiaire. Donc, avant de se poser la question de l'évaluation de la performance du système de traçabilité, nous estimons qu'il convient d'abord de s'interroger sur l'identité de ses bénéficiaires et de leurs attentes en termes de traçabilité. D'où une deuxième question de recherche :

Quels sont les services attendus d'un (bon) système de traçabilité de produits alimentaires? Et à qui ces services sont-ils rendus ?

Depuis le début de mémoire, nous avons fait référence, explicitement ou implicitement, à ces services dont les composants de base (ou les briques) ne sont autres que les données que le système de traçabilité restitue à ses bénéficiaires. Sans en préciser la nature exacte, nous avons montré au niveau du Tableau 1.6 du premier chapitre quelques exemples de scénarii d'exploitation de ces données. Dans la section 9 du même chapitre, l'un des points problématiques qui ont été soulevés concerne justement la difficulté pour les entreprises de cerner la nature de ces données notamment dans le cadre de l'application du règlement CE 178/2002. Nous avons vu que le guide publié par la Commission européenne [CE, 2004], dans le but de clarifier les points de ce type, n'apporte pas suffisamment de précision. En effet, parmi les informations dont le suivi est fortement recommandé dans ce guide, on peut lire « *description plus détaillée du produit* ». Sur quels aspects du produit cette description doit-elle porter ? Jusqu'à quel niveau de détail faut-il aller ?

Ce constat nous conduit à envisager une réflexion non seulement sur la nature des données de traçabilité dans un contexte agroalimentaire, mais aussi sur leur structure. Pour employer un jargon plus technique, il s'agit, ici, du *modèle de données (data model)* qui répondra le mieux aux exigences d'une bonne traçabilité des produits alimentaires. Au cœur de ce genre de modèle se trouve la notion de *liens* entre les différentes entités (données) dont il est constitué. Rappelons que c'est aussi grâce à ces liens qu'il est possible de parcourir l'historique (la traçabilité) d'un produit d'une façon ascendante ou descendante. Son absence conduit, inévitablement, à des ruptures de traçabilité et/ou à l'incapacité d'accéder à l'intégralité des informations désirées. Un exemple concret que nous avons souligné dans le cadre du diagnostic du système de traçabilité Arrivé (Cf. chapitre III – § 2.2.1) concerne son inaptitude à établir un lien entre certaines opérations (comme les écarts d'inventaires) et le reste des événements subis par les produits. Enfin, pour répondre au troisième composant du besoin exprimé par notre partenaire industriel, qui est le développement d'un outil informatique pour la restitution de la traçabilité (voir ci-dessus), la construction d'un modèle de données est une étape incontournable. Donc, tous ces éléments justifient la pertinence d'une troisième question de recherche que voici :

Dans un contexte de production alimentaire, quelle est la nature des données à gérer dans le cadre d'un système de traçabilité et comment ces données sont-elles reliées les unes aux autres ?

Jusqu'à présent, il a été question de la performance du système de traçabilité, de ses bénéficiaires, des services qu'il leur rend et ensuite de la structure des données qu'il manipule. Mais, au fait, d'où viennent ces données ? Et comment sont-elles obtenues ?

Face à des exigences réglementaires stipulant une obligation de résultat sans définir les moyens d'y parvenir, il n'est pas facile pour une PME agroalimentaire d'identifier et de choisir des solutions pertinentes dans le cadre de la mise en place d'un système de traçabilité. Ceci est d'autant plus valable en l'absence d'outils méthodologiques fondés sur des bases scientifiques rigoureuses. Les quatre fonctions de base que nous avons retenues dans le premier chapitre (Cf. Tableau 1.7) pour décrire le fonctionnement d'un système de traçabilité restent très conceptuelles et la description qui en est faite ne suffit pas pour la conception et la mise en place d'un tel système. Il y a donc un intérêt certain à détailler l'intérieur de cette boîte noire qu'est le système de traçabilité, non seulement pour rendre compte de son fonctionnement mais surtout pour orienter les entreprises vers les solutions techniques à adopter tout en leur fournissant un cadre d'évaluation de ces solutions. C'est l'objet de notre quatrième question de recherche formulée ainsi :

Sur un plan technique, comment un système de traçabilité de produits fonctionne-t-il ? Et comment évaluer la pertinence des solutions mises en place dans le cadre de son fonctionnement ?

Nous sommes partis d'un besoin opérationnel émanant de notre partenaire industriel mais qui est aussi partagé par d'autres entreprises évoluant dans le même contexte caractérisé par de plus en plus d'exigences en matière de traçabilité. Si ce besoin est tout à fait légitime et sa satisfaction est, sans aucun doute,

synonyme de valeur pour le monde industriel, le manque frappant de références scientifiques tentant d'y répondre en fait une problématique de recherche. Une analyse de ce besoin tel qu'il est exprimé nous a permis de pointer, d'une manière logique et progressive, différents aspects et interrogations qui fournissent déjà une idée sur les orientations que nous souhaitons donner à notre thèse. Donc, sur ces bases, nous avons pu formuler quatre questions de recherche tout en justifiant leur pertinence aussi bien sur un plan scientifique que sur un plan pratique. A travers le Tableau 4.1, nous donnons un aperçu général sur l'intérêt que représente notre problématique sur ces deux plans.

	Sur le plan industriel	Sur le plan scientifique
Constats de départ	<ul style="list-style-type: none"> ❑ Forte demande sociale imposée par le contexte actuel du secteur agroalimentaire. ❑ Très peu de références pouvant orienter les entreprises pour répondre aux exigences auxquelles elles sont soumises en termes de traçabilité. 	<ul style="list-style-type: none"> ❑ Problématique longtemps ignorée par la littérature scientifique [Moe, 1998]. ❑ Absence d'un cadre théorique pour la traiter car la plupart des références existantes sont rédigées par des praticiens ([Töyrylä, 1999], [Viruega, 2005]).
Intérêt de la problématique	<p>Proposer un cadre méthodologique rigoureux permettant de guider les entreprises dans leurs démarches de conception, d'exploitation et optimisation de leurs systèmes de traçabilité.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ❑ Analyse critique des travaux existants. ❑ Contribuer à asseoir un cadre théorique et conceptuel pour l'étude de cette thématique.

Tableau 4.1 - Légitimation de notre problématique de recherche

Ce tableau montre l'intérêt de notre problématique compte tenu des constats de départ qui sont à l'origine des questions de recherche formulées. Une grande partie de ce mémoire sera, bien entendu, consacrée à y apporter des éléments de réponse mais pas forcément dans l'ordre dans lequel elles ont été exprimées ici. Toutefois, avant d'en arriver là, il y a encore quelques étapes à franchir. Ainsi, dans le chapitre suivant, dédié à l'état de l'art, nous allons analyser la manière dont ces questions ont été abordées dans la littérature avant de présenter notre propre plan d'action dans le sixième chapitre. Mais, d'abord, continuons la description de notre problématique en montrant comment elle est positionnée.

2.2. Positionnement de la problématique

Comme illustré dans la Figure 4.1, la thématique de la traçabilité des produits alimentaires peut être située à l'interface de trois champs de recherche en fonction de l'angle selon lequel elle est abordée.

Du point de vue du management de la qualité, la traçabilité est généralement abordée en tant que moyen de garantie de certains attributs qualitatifs des produits et d'identification (à des fins de retrait et de rappel) de ceux dont la qualité est mise en cause [Lehu, 2000; Althoff, 2003]. L'aspect « gestion des procédés et des flux » de la traçabilité est perceptible à travers l'étude de certains paramètres tels que la taille des lots [Lecomte et al., 2006], leur dispersion [Dupuy, 2004; Dupuy et al., 2005] ou tout simplement le suivi de l'itinéraire des produits à des fins logistiques [Fabbe-Costes et Lemaire, 2001]. D'autres travaux se limitent aux aspects purement informationnels de la traçabilité comme [Houston, 2001; Terzi, 2005].



Figure 4.1 - Positionnement de la thématique de traçabilité des produits alimentaires

Comme nous allons le voir au fil des chapitres de ce mémoire, la dimension « systèmes d'information » est particulièrement prédominante dans notre approche. Rowe [Rowe, 2002] dresse une classification en trois axes des domaines de recherche en systèmes d'information. A savoir, leur impact, leur utilisation et leur développement. De par sa problématique, notre projet de recherche s'inscrit plutôt dans une perspective se situant à l'interface des deux derniers axes. A travers les paragraphes qui suivent nous allons en décrire le positionnement épistémologique, théorique et empirique.

2.2.1. L'axe épistémologique

Traditionnellement, on distingue deux grands courants épistémologiques qui traduisent deux façons différentes ou deux paradigmes de perception de la science et de la connaissance. D'une part, nous avons le positivisme, dont le père fondateur est le philosophe Auguste Comte (1718-1857), qui part du principe que la réalité a une existence propre indépendamment du chercheur. La connaissance se présente alors comme quelque chose d'objectif et d'axontextuel. D'autre part, nous trouvons le paradigme constructiviste, dont l'un des adeptes les plus connus est le psychologue suisse Piaget (1896-1980), qui stipule que la réalité est un construit qui dépend du contexte et de la perception de l'observateur. Selon ce point de vue, la connaissance que l'on a de la réalité prend son sens à travers l'interaction entre le chercheur et les objets étudiés.

La manière dont nous approchons notre problématique de recherche s'inscrit dans une perspective plutôt constructiviste. En effet, au cours de ce travail de thèse nous avons fourni un ensemble de modèles et outils méthodologiques pour appréhender la réalité d'un système de traçabilité, mais tout en étant conscients que cette même réalité peut être décrite (construite) via d'autres modèles permettant de répondre aux mêmes objectifs avec la même efficacité. Dans le neuvième chapitre, par exemple, un modèle de données (*data model*) sera construit pour rendre compte de la structure des données de traçabilité dans un contexte de production alimentaire. Par définition, ce genre de modèle, largement utilisé dans le domaine du génie logiciel, ne constitue pas *une science exacte* en ce sens qu'à partir de modèles différents, on peut développer des systèmes d'information répondant au même besoin et avec la même satisfaction du bénéficiaire.

2.2.2. L'axe théorique

Bien que ce travail appartienne au champ des recherches appliquées (génie industriel), il est fondamental de disposer d'un bagage théorique suffisant afin de dépasser le sens commun et la vision immédiate des choses et aboutir à des conclusions qui transcendent le sens commun. Comme dans tout travail scientifique, nous sommes amenés à mobiliser un certain nombre d'outils théoriques. Selon Wacheux [Wacheux, 1996], la

théorie revêt une importance capitale qui se manifeste à travers les trois rôles qu'elle remplit en tant que langage, en tant que moyen et en tant que finalité. Nous en expliquons la portée dans ce qui suit.

A. La théorie en tant que langage

La théorie constitue une convention et un langage universel qui permet d'exprimer des idées et des faits tout en transcendant les contextes particuliers leur ayant donné naissance. Ainsi, raisonner en termes théoriques nous permet de confronter nos conclusions et les résultats de notre recherche à d'autres situations et d'autres types d'industries alimentaires. Par ailleurs, c'est en adoptant ce langage universel, qui est la théorie, que nous pouvons nous inspirer des travaux existants et valoriser les concepts et théories qui en sont issus.

B. La théorie en tant que moyen

D'après Wacheux, en permettant de représenter la réalité d'une manière structurée et organisée, les développements théoriques constituent la seule façon de dépasser une accumulation anarchique des faits [Wacheux, 1996]. Comme nous aurons l'occasion de le voir dans la suite de ce mémoire, pour apporter des éléments de réponses à nos questions de recherche, nous nous sommes appuyés sur plusieurs « moyens théoriques » tels que la théorie des ensembles, la théorie de la communication de Shannon ou encore les modèles de qualité des données développés par des chercheurs comme [Wang et Strong, 1996] et [Ballou et al., 1998].

C. La théorie en tant que finalité

L'un des objectifs qui a été explicitement avancé dans ce projet de recherche consiste à apporter une modeste contribution pour essayer de combler certaines lacunes théoriques et conceptuelles dont souffre la thématique de la traçabilité des produits alimentaires. Le traitement des quatre questions de recherches que nous avons annoncées précédemment (Cf. § 2.1) débouche non seulement sur des outils méthodologiques destinés aux entreprises, mais aussi sur des livrables théoriques et des concepts qui pourraient s'inscrire dans le cadre d'une « théorie de la traçabilité » qui, espérons-le, naîtra un jour. Dans le dernier chapitre de ce mémoire, nous aurons l'occasion de faire un bilan où seront évoqués, entres autres, les apports théoriques de notre travail.

2.2.3. L'axe empirique

Le présent travail repose sur une méthodologie de recherche-action définie par Hugon et Seibel [Hugon et Seibel, 1988] (cités par [Allard-Poesi et Perret, 2004]) comme étant une recherche dans laquelle « *il y a une action délibérée de transformation de la réalité ; recherche[s] ayant un double objectif : transformer la réalité et produire des connaissances concernant ces transformations* ». Comme il en a été question ci-dessus, nous sommes partis de l'identification d'un besoin opérationnel traduisant un problème concret auquel nous allons tenter d'apporter des réponses pratiques tout en générant une connaissance scientifique sous forme de modèles, théories et concepts utiles pour l'étude de problématiques similaires. En d'autres termes, le but étant, selon [Rapoport, 1970] (cité par [Jouison, 2007]), de « *contribuer à la fois aux préoccupations des gens dans une situation problématique immédiate et aux objectifs de la science sociale par une collaboration conjointe dans un cadre éthique mutuellement accepté* ».

Dans le cadre de cette recherche-action menée au sein de la société Arrivé qui a été présentée au cours du deuxième chapitre, nous avons été rattachés au service de *Gestion de la Production et Informatique Industrielle* dont la mission peut être résumée par la mise en place et la maintenance des outils de gestion de la production (GPAO) et de l'informatique industrielle. Avec un effectif d'une dizaine de personnes, ce service est composé de trois équipes chargées respectivement de :

- ❑ La gestion des données techniques de la production consistant en la création, la suppression et la modification des codes des articles et des opérations ainsi que les attributs qui y sont rattachés. Par exemple, quand le service Qualité exprime le besoin de pouvoir suivre (tracer) un nouvel attribut qualitatif (ex. état sanitaire des lots), les techniciens des données techniques créent un nouveau champ correspondant à cet attribut.
- ❑ La définition, la mise en place et la maintenance des fonctionnalités du système de gestion de la production par ordinateurs (GPAO). Pour reprendre l'exemple précédent, une fois le nouvel attribut demandé par le service Qualité intégré dans la base de données techniques, les techniciens de la gestion de la production font ajouter

dans les interfaces de GPAO une nouvelle fonctionnalité permettant aux opérateurs de saisir la valeur de l'attribut en question.

- La mise en place des outils de l'informatique industrielle comme les postes informatiques, les imprimantes des étiquettes code-barres et les lecteurs de ces étiquettes.

C'est principalement à travers le système de GPAO que ce service est aussi le garant de la mise en place des outils et procédures destinées à assurer la traçabilité des produits au niveau des différents sites de l'entreprise. Nous en avons parlé dans le deuxième chapitre. Ainsi, notre appartenance à cette structure d'accueil nous a été d'une grande utilité en nous plaçant au cœur de la problématique de la traçabilité telle qu'elle est vécue par l'entreprise. Par ailleurs, en travaillant au sein d'un environnement caractérisé à la fois par une approche fonctionnelle de la traçabilité (*le quoi*) et par une forte culture technique (*le comment*), nous avons pu avoir une vision large de la problématique. Ceci n'aurait pas été le cas si nous étions rattachés au service de la qualité qui n'a qu'une vision fonctionnelle ou au service informatique qui ne s'occupe que du côté technique.

En plus de nos collègues du service GP, nous avons eu aussi d'autres interlocuteurs avec qui nous avons travaillé régulièrement. Le Tableau 4.2 donne une idée sur la nature de ces interlocuteurs et des échanges que nous avons eus avec eux.

Interlocuteurs	Nature des échanges entretenus
Membres du comité de direction de l'entreprise	Recueillir leurs attentes en matière de traçabilité et rendre compte de sa place au niveau de la stratégie de l'entreprise
Gestion de la production et informatique industrielle (notre structure d'accueil)	Discussion des dysfonctionnements que nous mettons en évidence et définition conjointe et suivi des actions correctives mises en place
Service informatique	Analyse et résolution des bugs informatiques détectés et validation technique de certaines solutions que nous proposons
Service central de la qualité	Recueillir les problèmes qu'ils rencontrent en rapport avec la traçabilité, les assister occasionnellement lors d'audits clients par exemple, les former aux outils mis en place et recueillir leurs appréciations sur ces outils.
Assistants chargés de la gestion de la qualité sur les sites de production	
Personnels de la production	Echanges sur la manière dont ils utilisent le système de traçabilité et les difficultés rencontrées, propositions de mesures d'amélioration et d'indicateurs pour le suivi de l'efficacité de ces mesures.

Tableau 4.2 - Principaux acteurs impliqués dans notre recherche-action

Comme le montre ce tableau, notre action sur le terrain va bien au-delà de la simple observation en nous impliquant fortement dans le fonctionnement et la gestion du système de traçabilité mais **tout en gardant le recul et la vision critique qu'exige notre premier rôle qui est celui d'un chercheur**. Au début de notre thèse, nous avons commencé en tant que simple observateur du terrain, mais au fil des mois notre rôle a évolué vers celui d'un acteur directement impliqué à plusieurs niveaux de la problématique. Plus précisément, mise à part la casquette de chercheur qui est permanente, nous étions également observateur neutre, prescripteur, utilisateur aval et agent de support. Une distribution approximative de ces rôles durant les trois ans de la thèse est présentée dans la Figure 4.2.

Rôles	Description	Répartition approximative sur les trois ans de thèse		
Observateur Neutre	Observer et collecter des données sur le terrain pour bien comprendre le fonctionnement du système de traçabilité et les processus de production.			
Utilisateur Aval	Utiliser du logiciel de restitution de la traçabilité pour l'analyse, le traitement et la communication des données restituées notamment quand l'entreprise doit rappeler des produits ou en cas d'audit par des clients ou par la DDSV.			
Agent de Support	Assister les utilisateurs rencontrant des problèmes de traçabilité et participer à l'amélioration des fonctionnalités de restitution et de traitement des données.			
Prescripteur	Proposer à l'entreprise des mesures d'amélioration de son système de traçabilité sur la base des lacunes mises en évidence suite aux diagnostics effectués.			
		1 ^o Année	2 ^o Année	3 ^o Année

Figure 4.2 – Répartition approximative des nos rôles sur le terrain de recherche

Le rôle d'observateur neutre s'est limité principalement aux premiers mois de la thèse pendant lesquels il a fallu bien comprendre le terrain. En tant que prescripteur, notre travail consiste à proposer des mesures d'amélioration faisant suite à la mise en évidence d'anomalies ou de dysfonctionnements au niveau du système de traçabilité. Des exemples de mesures d'améliorations proposées ont été évoqués à travers le troisième chapitre. Les deux autres rôles sont issus, rappelons-le, de la classification que nous avons faite des différents acteurs en relation avec le système de traçabilité Arrivé (Cf. Chapitre II - § 3.3). Un utilisateur aval est une personne qui interroge le système de traçabilité et qui exploite les données qu'il lui restitue. Dans ce cadre, nous avons été sollicités considérablement en particulier quand l'entreprise doit faire face à un rappel de produits ou lors des audits réalisés par la DDSV ou par des clients pour tester la performance du système de traçabilité. Cette tâche, a priori opérationnelle, nous a été d'une grande utilité pour mieux sentir les difficultés des utilisateurs « officiels ». Au delà des aspects techniques, tels que l'ergonomie de l'outil de restitution et des ruptures de traçabilité, ce rôle nous a fait vivre parfois des situations de stress que les utilisateurs éprouvent quand le système de traçabilité ne permet pas d'apporter des réponses satisfaisantes dans des délais requis. Ce type de situation n'aurait pas été aussi bien cerné si nous nous étions contentés d'observer de loin et d'interroger les acteurs concernés. Le rôle d'agent de support consiste, comme nous l'avons expliqué, à faire évoluer le système de traçabilité pour répondre à de nouveaux besoins ou à participer à la définition et la mise en place d'actions permettant de remédier aux problèmes constatés lors des phases de diagnostic. Comme le montre la Figure 4.2, c'est surtout au niveau de la troisième année de thèse que nous avons incarné ce rôle notamment à travers le développement de la plate-forme informatique *Star Trace* sur la base des résultats théoriques de notre recherche.

Il aurait été encore plus bénéfique d'avoir une immersion aussi profonde au sein d'autres entités organisationnelles et, plus particulièrement, pour vivre concrètement la manière dont les utilisateurs amont, chargés de l'alimentation du système par les données à partir des ateliers, vivent la problématique de traçabilité au jour le jour. Bien que nous ayons eu de nombreux échanges avec cette catégorie d'acteurs à travers notamment le diagnostic du terrain et la proposition de mesures d'amélioration, il aurait été beaucoup plus intéressant d'être carrément à leur place pendant une période significative. Ce faisant, nous aurions vécu concrètement leur perception de la problématique à l'instar de ce que nous avons fait pour les utilisateurs aval et les agents de support.

Rappelons, encore une fois, que les quatre rôles qui viennent d'être décrits ne constituent que des actions, plus ou moins ponctuelles, en dehors du travail classique de chercheur (bibliographie, réflexion, analyse des données collectées, modélisation, etc.) auxquelles nous avons consacré, bien évidemment, la majeure partie de notre temps. Parfois, nous avons ressenti la nécessité de nous déconnecter complètement du terrain pour prendre un peu de hauteur et pouvoir ainsi raisonner d'une manière générique en vue d'aboutir à des modèles qui soient valables en dehors du contexte Arrivé.

A travers cette recherche-action, nous avons opérationnalisé un ensemble de concepts de telle sorte qu'ils puissent être testés et confrontés à la réalité du terrain. La généralisation des résultats obtenus est faite selon un processus *top down/bottom up* que nous entreprenons par rapport au terrain :

- Nous partons du terrain pour effectuer un état des lieux et identifier la problématique. C'est le *bottom up*,

- ❑ après identification (via la littérature) des concepts et théories à mobiliser, nous retournons sur le terrain pour les y opérationnaliser et les tester. C'est le *top down*,
- ❑ cette opérationnalisation débouchera sur d'autres observations que nous essayons d'expliquer à travers des théories. C'est encore le *bottom up*, et ainsi de suite.

Une autre composante empirique du présent travail se situe en dehors de notre principal terrain de recherche. Il s'agit, en fait, d'une veille que nous avons exercée sur l'environnement externe de la société Arrivé en vue d'être au courant des évolutions que connaît le monde de la traçabilité. Dans ce contexte, une attention a été portée à l'actualité professionnelle à travers la presse spécialisée, les salons et manifestations consacrés à cette thématique.

3. Synthèse et conclusion

Ce chapitre constitue une suite logique au travail exploratoire dont les résultats ont été restitués au cours des trois derniers chapitres de ce mémoire. Ainsi, à partir de l'analyse de la demande qui nous a été soumise par la société Arrivé, nous avons construit une problématique de recherche dont l'intérêt va au-delà du besoin opérationnel de cette société. En effet, en lien avec les chapitres précédents, nous avons montré que les résultats qui vont en découler sont intéressants aussi bien pour d'autres entreprises que pour le monde scientifique dont les contributions sont encore rares par rapport à la thématique abordée. Notre problématique s'est traduite sous forme de quatre questions de recherche que nous rappelons ci-dessous selon l'ordre avec lequel elles sont traitées dans la suite de ce mémoire :

1. Quels sont les services attendus d'un (bon) système de traçabilité de produits alimentaires ? Et à qui ces services sont-ils rendus ?
2. A travers quels critères peut-on évaluer la performance d'un système de traçabilité ? Et comment quantifier ces critères d'une manière pratique et objective ?
3. Sur un plan technique, comment un système de traçabilité de produits fonctionne-t-il ? Et comment évaluer la pertinence des solutions mises en place dans le cadre de son fonctionnement ?
4. Dans un contexte de production alimentaire, quelle est la nature des données à gérer dans le cadre d'un système de traçabilité et comment ces données sont-elles reliées les unes aux autres ?

Dans la suite de ce chapitre, nous avons essayé de positionner notre problématique qui se situe à l'interface de trois champs de recherche qui sont le management de la qualité, les systèmes d'information et la gestion des procédés et des flux. Sur le plan épistémologique, nous avons expliqué en quoi nous nous inscrivons dans un paradigme plutôt constructiviste. Ensuite, sur le plan théorique, il a été question de la manière dont nous appréhendons les trois dimensions de la théorie dans le cadre d'un travail de recherche (la théorie en tant que langage, en tant que moyen et en tant que finalité). Enfin, les derniers paragraphes de ce chapitre ont été consacrés à décrire notre rapport au terrain de recherche en expliquant que les différents rôles que nous y avons joués nous ont permis de **vivre** la problématique suivant plusieurs angles de vue complémentaires.

Dans le prochain chapitre, nous allons dresser un état de l'art pour étudier et analyser la façon dans notre problématique a été approchée par d'autres auteurs et dans d'autres travaux de recherche. C'est en fonction du degré de satisfaction des réponses qui y sont fournies que nous allons formuler notre plan d'action qui fait l'objet du sixième chapitre.

CHAPITRE CINQUIEME

Etat de l'Art :

*Quels Modèles et Quels Critères de Performance
pour les Systèmes de Traçabilité des Produits ?*

*L'homme n'est pas entièrement coupable : il n'a pas commencé
l'histoire; ni tout à fait innocent, puisqu'il la continue.*

Albert Camus – Ecrivain français (1913-1960)

Au cours du chapitre précédent, nous avons présenté notre problématique en la déclinant en quatre questions de recherche qui traduisent l'ambition de cette thèse. A l'instar de tout travail scientifique, il importe de commencer par faire un état de l'art en vue vérifier dans quelle mesure ces questions ont été élucidées, ou non, à travers la littérature. Ainsi, dans la première section, nous allons revenir sur nos quatre questions de recherche afin de délimiter le périmètre couvert par cet état de l'art. Nous essayons par la suite de proposer une cartographie des références traitant de la traçabilité des produits (section 2). Après avoir discuté la manière dont le concept même de la traçabilité est défini par de nombreux auteurs (section 3), nous allons rendre compte d'un ensemble de modèles et représentations destinés à décrire le fonctionnement et/ou la structure d'un système de traçabilité (section 4). Enfin, la cinquième section porte sur une analyse des approches et indicateurs proposés dans la littérature au regard de l'évaluation de la performance de tels systèmes. En guise de conclusion, un regard critique sur les résultats de cet état de l'art va nous permettre de statuer tant sur la suffisance que sur la pertinence des éléments de réponse apportés à nos questions de recherche.

1. Retour sur la problématique

Le dernier chapitre de ce mémoire a porté sur la formulation de la problématique à laquelle nous projetons d'apporter des éléments de réponse dans le cadre de notre démarche de recherche-action. Le processus de construction de cette problématique commence par l'exploration du contexte de la recherche qui a abouti à l'identification d'une demande sociale traduite par un besoin opérationnel d'outils méthodologiques pour la gestion et l'amélioration des systèmes de traçabilité des produits alimentaires. L'analyse de ce besoin a débouché sur l'énoncé de quatre questions de recherche que nous rappelons ci-après :

1. Quels sont les services attendus d'un (bon) système de traçabilité de produits alimentaires ? Et à qui ces services sont-ils rendus ?
2. A travers quels critères peut-on évaluer la performance d'un système de traçabilité ? Et comment quantifier ces critères d'une manière pratique et objective ?
3. Sur un plan technique, comment un système de traçabilité de produits fonctionne-t-il ? Et comment évaluer la pertinence des solutions mises en place dans le cadre de son fonctionnement ?
4. Dans un contexte de production alimentaire, quelles est la nature des données à gérer dans le cadre d'un système de traçabilité et comment ces données sont-elles reliées les unes aux autres ?

En regardant chacune de ces questions de très près, on se rend compte qu'elles couvrent deux grands aspects des systèmes de traçabilité. Le premier concerne leur performance que l'on retrouve dans question N° 2 et la deuxième partie de la question N° 3. Le second aspect porte sur la représentation ou la modélisation, au sens large, de ces systèmes. Dans ce cadre, on peut distinguer une modélisation fonctionnelle (*le quoi*) renvoyant aux services rendus par le système à ces bénéficiaires sans se préoccuper de la manière (*le comment*) dont ils sont réalisés (question N° 1). Nous avons aussi une modélisation technique qui s'intéresse plus au fonctionnement interne (*le comment*) du système de traçabilité. C'est ce que traduit la question No 3. Il y a enfin ce que nous qualifierons d'une modélisation informationnelle (question No 4) qui cherche à décrire la nature et la structure des données manipulées (modèle de données) dans le cadre d'un système de traçabilité de produits alimentaires.

Sur cette base, le fil conducteur de notre état de l'art consiste donc à nous interroger sur **la manière dont les systèmes de traçabilité des produits sont représentés (modélisés) et leur performance appréhendée**. Le but, bien entendu, étant de vérifier s'il existe des propositions répondant à nos questions de recherche. A défaut d'identifier des réponses satisfaisantes, cet état de l'art nous aura permis d'identifier des concepts qui nous seront utiles dans le cadre de notre recherche-action et qui permettront, par là même, d'inscrire nos apports dans la continuité de travaux antérieurs. Mais avant d'y arriver, il nous paraît opportun de commencer par proposer, dans la section suivante, une classification des références traitant de la traçabilité des produits.

2. Essai de cartographie des références sur la traçabilité des produits

L'entrée en vigueur du règlement CE 178/2002 constitue un catalyseur pour de nombreuses publications qui se sont données comme objectif d'apporter une aide aux entreprises concernées. Abstraction faite de la

nature et de la qualité de leur contenu, il existe aujourd'hui⁵⁰ beaucoup plus de références sur la thématique de la traçabilité qu'en 2003, l'année à laquelle nous avons commencé à nous y intéresser. Une très grande partie de ces références porte sur des descriptions d'ordre général visant à expliquer brièvement quelques aspects de la traçabilité tels que des définitions de concepts de base, les outils ou l'intérêt. A travers la Figure 5.1, nous avons essayé de donner une idée sur la part approximative de chacun des types de références parmi les quelques 300 **dont nous disposons à ce jour**.

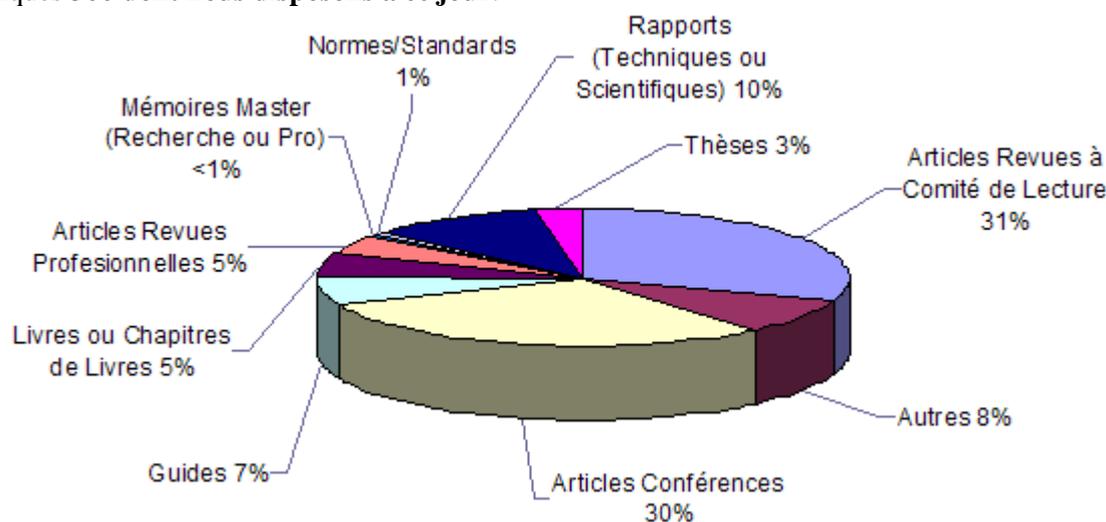


Figure 5.1 - Répartition des références par type de publication

Comme le montre cette figure, les articles publiés dans le cadre de conférences⁵¹ ou dans des revues à comité de lecture⁵² représentent environ 60% des publications. Viennent ensuite des rapports techniques et scientifiques (10%) puis des guides destinés aux entreprises (7%). Les articles publiés dans les revues professionnelles représentent environ 5% qui est également la part que représentent les (chapitres d') ouvrages. Les thèses, quant à elles, ne dépassent pas 3%, ce qui confirme nos propos précédents quant au retard enregistré par la communauté scientifique dans ce domaine. Le reste est composé de normes (1%), de mémoires de master (1%) et de références diverses (8%) telles que des livres blancs ou des textes réglementaires.

Notons qu'il ne faut en aucun cas considérer cette répartition comme d'une extrême représentativité de l'état de l'art actuel sur la traçabilité. Elle n'est faite que sur la base des références dont nous disposons personnellement et dont nous ne garantissons pas l'exhaustivité. En effet, il y a d'abord la contrainte linguistique qui nous empêche de nous procurer des publications autres que francophones (27%) et anglophones (73%), puis un faible intérêt pour les références publiées dans la presse professionnelle et les guides à destination des industriels. La raison derrière cela est le caractère, parfois, trop générique et redondant du contenu de ces deux types de références. De ce fait, les pourcentages qui leur sont accordés sont certainement inférieurs à ce qu'il aurait pu être obtenu en faisant un recensement en bonne et due forme de tout ce qui est publié sur la traçabilité. Notre objectif n'est autre que de donner au lecteur une idée approximative sur les différentes catégories de références dont est composée la littérature disponible sur ce sujet.

Pour aller un peu plus loin, nous allons tenter de redistribuer ces références en fonction, cette fois-ci, des aspects qu'elles couvrent. Ainsi, nous avons pu en identifier huit catégories qui sont présentées à travers le Tableau 5.1.

⁵⁰ Février 2008

⁵¹ Annual World Food & Agribusiness Symposium, IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing, International Seminar on political consumerism, International Conference on Data Engineering, etc.

⁵² American Journal of Agricultural Economics, Journal of Food Engineering, Computers and Electronics in Agriculture, Trends in Food Science & Technology, International Journal of Information Management, etc.

Aspects couverts	Commentaires	Exemples de références
Références d'ordre général sur la traçabilité	Références abondant, plus ou moins profondément, plusieurs aspects à la fois de la traçabilité. C'est le cas, par exemple, des guides, livres blancs et articles sur l'état de l'art.	[Liu, 2002; Clemens, 2003; Opara, 2003; Schwagele, 2005; Viruega, 2005; ACTA et ACTIA, 2006; Jensen et Hayes, 2006; Smith et Furness, 2006]
Modélisation des systèmes de traçabilité	Références proposant des modèles plus ou moins formalisés qui décrivent le fonctionnement et/ou la structure des systèmes de traçabilité.	[van Dorp, 2003a; Främling et al., 2004; Bello et al., 2005b; Terzi, 2005; Bendaoud et al., 2007b]
Outils pour la traçabilité	Références traitant des différents outils utilisés dans le cadre d'un système de traçabilité.	[Houston, 2001; De Castro Neto et al., 2003; Hannus et al., 2003; Pillonel, 2004; Vaidyanathan, 2005; Lehtonen et al., 2006]
Conception et mise en place des systèmes de traçabilité	Références sur les démarches de conception et mise en place des systèmes de traçabilité.	[Gencod, 2001; AFNOR, 2002a; Ta, 2002; Shingu et Nakasha, 2003; TRACE, 2007]
Aspects légaux et normatifs de la traçabilité	Références qui expliquent et/ou analysent des aspects réglementaires, juridiques et normatifs de la traçabilité.	[Byrne, 2004; EC, 2004; DGAL, 2005; GS1, 2005; Piet, 2005; Martin, 2006; Bonnin et Ngo, 2007]
Valorisation et impacts de la traçabilité	Références qui portent sur la manière dont la traçabilité est valorisée et sur les différents impacts de sa mise en place.	[Töyrylä, 1999; Vitiello et Thaler, 2001; Green et Hy, 2002; Bantham et Duval, 2004; Golan et al., 2004a; Thomson et al., 2004; Alfaro et Rábade, 2006; Garcia et al., 2006]
Evaluation et amélioration des systèmes de traçabilité	Références proposant des indicateurs et/ou démarches pour l'évaluation et l'amélioration de la performance des systèmes de traçabilité.	[Sahin et al., 2002; METI-Japan, 2003; Bertolini et al., 2006; Lecomte et al., 2006; Bendaoud et al., 2007a; Skoglund et Dejmek, 2007]
Autres Références	Références, moins nombreuses, traitant d'autres points particuliers de la traçabilité comme la perception des consommateurs par exemple.	[Trienekens et Beulens, 2001; Dickinson et Bailey, 2002; Coff, 2003; Hobbs, 2003; van Dorp, 2003b; Lecomte et al., 2004; Gracia et Zeballos, 2005; Marouseau, 2007]

Tableau 5.1 - Essai de catégorisation des références selon les aspects couverts

Il est important de noter que le choix des références citées dans le Tableau 5.1, en guise d'illustration, n'est basé sur aucun jugement de valeur. Autrement dit, celles-ci ne sont pas forcément les plus pertinentes dans leur catégorie. Si nous prenons, par exemple, la sixième catégorie (valorisation et impacts de la traçabilité), nous allons y trouver un article publié dans une revue professionnelle qui ne fait que 8 pages ([Golan et al., 2004a]) mais aussi un mémoire de thèse de 211 pages ([Töyrylä, 1999]).

Pour compléter cette classification qualitative, nous nous sommes livrés à une quantification visant à donner une idée approximative sur la part que représente chaque classe de références parmi celles que nous avons pu consulter. C'est que montre la Figure 5.2. Mais, encore une fois, nous tenons à mettre le lecteur en garde quant à la représentativité de cette répartition qui n'a pas la prétention ni la vocation d'être la plus précise et la plus exhaustive qui soit. Globalement, ces différentes références ont été recensées en nous appuyant sur les mots-clés *traçabilité*, *traceability*, *tracing*, *tracking*, *qualité des produits alimentaires* et *système d'information produit*.

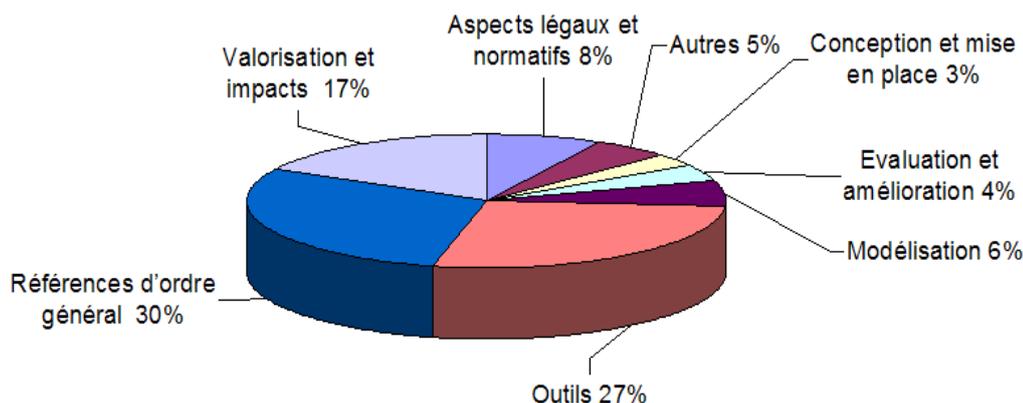


Figure 5.2 - Répartition des références en fonction des aspects couverts

Comme nous pouvons le constater à travers cette figure, les références d'ordre général et celles qui sont consacrées aux outils et à la valorisation et impacts de la traçabilité représentent les trois quarts. Celles qui nous intéressent prioritairement dans le cadre de cette thèse, modélisation et évaluation, sont beaucoup moins nombreuses. Nous allons, à partir de la quatrième section de ce chapitre, en étudier le contenu compte-tenu de nos questions de recherche qui, rappelons le, s'intéressent à **la manière dont les systèmes de traçabilité des produits sont représentés (modélisés) et leur performance appréhendée**. Mais, avant cela, nous allons commencer cet état de l'art par analyser quelques définitions du concept même de traçabilité que nous rencontrons dans la littérature. C'est l'objet de la prochaine section.

3. A chacun sa définition de la traçabilité

Au début de ce mémoire (Cf. Chapitre I - § 2.2), nous avons fourni une seule définition générique du concept de traçabilité, celle de la norme ISO 9000, tout en insistant sur la diversité des déclinaisons qui en sont faites à travers la littérature. Au total, 43 types de traçabilité ont été mis en évidence. L'objectif de cette section est d'apporter davantage de définitions, qui se veulent génériques de ce concept, et surtout d'analyser les éléments à l'origine de leurs différences. « Mais quel lien avec nos questions de recherche ? » peut-on se demander légitimement. La réponse est simple. En effet, l'une des finalités explicitement annoncées pour cet état de l'art est de rendre compte des représentations et modèles destinés à décrire un système de traçabilité. Ainsi, montrer comment un auteur définit la traçabilité, peut aussi donner quelques indications sur la conception dudit système de traçabilité.

Compte tenu des finalités et des contextes des uns et des autres, trouver une définition unanime de la traçabilité est peine perdue. Depuis sa première définition officielle par la norme ISO 8402⁵³, la traçabilité n'a cessé de se voir attribuer des définitions diverses et variées. Cette diversité s'explique notamment par le caractère trop générique des définitions officielles qui ne permettent pas de rendre suffisamment compte de toutes les réalités du terrain. Ainsi, à travers la revue de littérature, nous avons constaté que les définitions proposées diffèrent en fonction de trois éléments, à savoir :

- ❑ La **source** ou la référence qui rapporte la définition en question : les textes réglementaires et normatifs font état de définitions génériques pour qu'elles soient transposables à l'ensemble du domaine concerné. Dans les publications scientifiques, nous trouvons généralement des définitions plus conceptuelles. Quant aux publications professionnelles, le concept de traçabilité est souvent adapté aux particularités de la filière à laquelle appartient l'organisme éditeur.
- ❑ Les **objectifs** ou missions assignés à la traçabilité : comme l'affirme [Golan et al., 2004b], un système de traçabilité ne peut pas être défini indépendamment de ses objectifs. Selon que nous visons la sécurité alimentaire, l'optimisation des flux logistiques ou des objectifs d'ordre commercial, nous aurons affaire à des définitions différentes.

⁵³ Aptitude à retrouver l'historique, l'utilisation ou la localisation d'un article ou d'une activité, ou d'articles ou d'activités semblables, au moyen d'une identification enregistrée.

- **Spécificité** de la filière ou du secteur d'activité: la diversité des contextes et des particularités des filières agroalimentaires implique des définitions diverses de la traçabilité [Lecomte et al., 2004]. Ainsi, une définition appliquée à une exploitation agricole n'est pas forcément la plus convenable dans le cas d'un processus de fabrication en mode assemblage.

Plutôt que d'exposer d'une façon linéaire les différentes définitions citées dans la littérature, nous jugeons plus opportun d'en donner un aperçu structuré suivant la classification évoquée ci-dessus. Ainsi, à travers le Tableau 5.2, nous présentons une sélection de définitions tout en précisant leurs sources, les finalités qu'elles associent à la traçabilité et le domaine couvert. Bien sûr, la traçabilité dont il est question ici est celle des produits. La traçabilité des exigences en conception, la traçabilité des activités hospitalières [Fabbe-Costes et Romeyer, 2003] ou la traçabilité des mesures en métrologie ne sont pas concernées.

Sans être exhaustif, à travers le Tableau 5.2 nous avons exposé un ensemble de définitions qui traduisent la diversité des perceptions du concept de traçabilité. Aujourd'hui, la définition la plus citée est celle des normes ISO 9000 (2000) même si elle présente l'inconvénient d'être trop générale. Comme le souligne Van Dorp [Van Dorp, 2004], tout l'enjeu, pour les scientifiques notamment, est d'élaborer une définition qui puisse satisfaire toutes les parties prenantes.

D'un point de vue sémantique, le terme *traçabilité* semble mal approprié compte tenu des fonctionnalités que nous pouvons attendre d'un système de traçabilité. Comme mentionné dans le premier chapitre, il se compose du radical « *trace* » qui vient du verbe *tracer* (suivre à la trace) et du suffixe « *abilité* » qui indique la notion de **possibilité** ou d'**aptitude**. Cela sous-entend que, dans le cadre d'un système de traçabilité, les informations ne doivent pas être nécessairement toujours disponibles, mais seulement quand cela est nécessaire. Il s'agit, en l'occurrence, de situations de crises alimentaires où l'entreprise doit effectuer un retrait ou un rappel des produits. C'est aussi le constat que font Denton [Denton, 2003] (cité par [Roos et Dulstrud, 2004]) et Viruega [Viruega, 2005]. Or, compte tenu de tout ce qu'on peut faire avec les données de traçabilité (Cf. Tableau 1.6), ce serait un manque à gagner de ne pas valoriser ces systèmes d'une façon permanente. Par conséquent, nous pensons que le terme anglais « *tracing* » semble plus pertinent dans la mesure où il revêt un caractère catégorique et ne comporte pas de notion de possibilité. Le nouveau standard GS1 [GS1, 2005] le définit comme la possibilité d'identifier l'origine, les attributs ou l'historique d'un article particulier au sein de la chaîne d'approvisionnement, au moyen d'enregistrements⁵⁴.

Après avoir donné cet aperçu sur les définitions associées au concept de traçabilité, nous consacrons la prochaine section à étudier différentes représentations et modèles utilisés pour décrire le fonctionnement et/ou la structure d'un système de traçabilité.

⁵⁴ Traduction libre de "Tracing is defined as the ability to identify the origin, attributes, or history of a particular traceable item located within the supply chain by reference to records held".

Définitions de la traçabilité ⁵⁵	Sources des définitions	Objectif / mission assignés à la traçabilité	Domaines de mise en œuvre
Aptitude à retrouver l'historique, la mise en œuvre ou l'emplacement de ce qui est examiné.	Norme ISO 9000 - version 2000	Générique	Multi- filières
La capacité à 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.	Le règlement CE N°178/2002	Dans l'esprit de ce règlement, l'objectif ciblé est l'assurance de la sécurité alimentaire.	Filières agroalimentaires
L'aptitude à suivre (en temps réel) ou à reconstruire (en temps différé) l'itinéraire logistique de produits simples ou composés à travers toutes les étapes de production, transformation et distribution.	[van der Heijden et Vernède, 2004]	Définition orientée logistique	Filières agroalimentaires
L'aptitude à suivre en temps réel (<i>track</i>) et/ou reconstruire l'historique (<i>trace</i>) des flux de produits au sein d'une chaîne de production et de distribution.	[Vernède et al., 2003]	Définition orientée logistique	Multi- filières
Transmission de toutes les informations, concernant les caractéristiques du produit et son processus d'élaboration à travers la chaîne de valeur, qui peuvent être pertinentes pour les consommateurs et leur décision d'achat au niveau des points de vente.	[Peupert et Theuvsen, 2003]	Définition orientée marketing	Multi- filières
Aptitude à identifier un animal, retracer ses mouvements tout au long de sa vie et ensuite la tracer viande qui en est issue jusqu'au consommateur final.	[Gellynck et Verbeke, 2001] (cités dans [Roos et Dulsrud, 2004])	Définition orientée sécurité alimentaire	Filières animales
Une procédure qui commence par l'identification d'un individu (animal) ou d'un groupe d'individus infectés, et qui trace toutes les infections possibles dans les deux directions; en amont vers la source et en aval vers les contacts.	[Elbers et al., 2001]	Sécurité sanitaire des animaux	Filières animales
Aptitude à tracer l'historique d'un produit (agricole) y compris l'identité des exploitations agricoles et les entreprises de commercialisation tout au long de la chaîne logistique.	[Sumner et Pouliot, 2006]	Définition orientée sécurité alimentaire	Filières agricoles
L'aptitude à préserver et accéder à l'identité et les attributs des objets physiques d'une chaîne d'approvisionnement.	[Töyrylä, 1999]	Définition orientée logistique	Multi- filières
L'ensemble des relations entre des entités entre elles et entre des entités et les process dont elles sont issues.	[Viruega, 2005]	Générique	Multi- filières

Tableau 5.2 - Compilation d'un ensemble de définitions proposées à travers la littérature

⁵⁵ Les définitions issues de références anglophones son traduites librement.

4. Représentations et modèles des systèmes de traçabilité

Après avoir exprimé, au cours de la section précédente, un ensemble de définitions du concept de la traçabilité tel qu'il est perçu par certains auteurs, nous consacrons la présente section à étudier la façon dont un système de traçabilité de produits est représenté dans la littérature. Au cours du premier chapitre, nous avons décrit ce système comme étant un ensemble d'outils, de méthodes et d'acteurs organisés de manière à assurer la traçabilité des objets concernés (Cf. Chapitre I - § 1.1). Rappelons que le but de cet état de l'art est de vérifier dans quelle mesure les références bibliographiques consultées apportent des éléments de réponses à nos questions de recherche. Cette section, dont une synthèse a été présentée au 7^{ième} Congrès International de Génie Industriel [Bendaoud et al., 2007b], porte sur l'étude des représentations visant à rendre compte de la structure et/ou du fonctionnement d'un système de traçabilité.

En parcourant la littérature, on peut rencontrer un ensemble de publications qui tentent de représenter (modéliser) d'une manière plus ou moins formalisée un système de traçabilité que nous désignons désormais sous le sigle **ST**. Dans ce cadre, nous retenons la définition proposée par Vernadat [Vernadat, 1999] et selon laquelle un modèle est décrit comme *une représentation d'une abstraction d'une partie du monde réel, exprimée dans un langage de représentation*. Mais avant d'aborder des modèles proprement dits, nous consacrons la première partie de cette section à des représentations moins élaborées mais qui rendent compte, tout même, de la manière dont certaines références bibliographiques décrivent un ST.

4.1. Quelles représentations pour un système de traçabilité ?

Sans qu'il s'agisse de modèles basés sur des formalismes connus et fournissant suffisamment de détails, on peut rencontrer, à travers la littérature, différentes manières de décrire un ST. Les représentations les plus basiques découlent des définitions rattachées au concept de traçabilité. A titre d'exemple, la définition proposée par les normes ISO 8402⁵⁶, donne déjà, implicitement, une idée sur le fonctionnement du ST en mettant en évidence une fonction de service (*retrouver*) et deux fonctions techniques (*identifier* et *enregistrer*). D'autres représentations plus explicites sont issues du développement du concept de traçabilité. Nous allons en faire un tour d'horizon dans les paragraphes qui suivent.

4.1.1. Le système de traçabilité vu par GS1 [Gencod, 2001]

Selon GS1⁵⁷ [Gencod, 2001], un ST se représente à travers les quatre fonctions suivantes :

- ❑ Identifier les produits à tracer,
- ❑ Enregistrer les données de traçabilité,
- ❑ Gérer les liens entre les différents lots de produits et
- ❑ Communiquer la traçabilité entre les maillons d'une chaîne.

Dans cette représentation, nous constatons une certaine redondance entre la 2^e et la 3^e fonction. En effet, un lien entre deux lots est un type de données de traçabilité qui doit être enregistré et géré au même titre que les autres. En ce qui concerne le périmètre couvert, la 4^e fonction est orientée vers la traçabilité externe, alors que les autres concernent, à la fois, la traçabilité interne et externe.

4.1.2. Le système de traçabilité vu par Steele [Steele, 1995]

Après avoir signalé l'absence d'une formalisation suffisante des éléments nécessaires à la mise en place d'un ST, Töyrylä expose, dans sa thèse [Töyrylä, 1999], les grandes lignes d'un modèle établi par Steele [Steele, 1995] à l'issue d'un travail empirique. Ce modèle comporte quatre éléments :

⁵⁶ Aptitude à retrouver l'historique, l'utilisation ou la localisation d'un article ou d'une activité, ou d'articles ou d'activités semblables, au moyen d'une identification enregistrée.

⁵⁷ Gencod (devenu GS1 depuis 2005) est un organisme international dédié à la définition et l'implémentation des standards et des solutions (code-barres, EDI, etc.) pour améliorer la traçabilité et la visibilité au niveau des chaînes d'approvisionnement.

- ❑ Intégrité physique des lots : un ST doit permettre de garantir l'intégrité physique des lots en évitant, par exemple, de perdre la trace d'une partie d'un lot de produits,
- ❑ Collection des données : deux types de données sont distingués. Le premier porte sur les lots et le second concerne les opérations subies par ces lots,
- ❑ Maintien du lien entre les lots et les process : le ST doit permettre de garder systématiquement des liens entre un lot, ses composants et le process à travers lequel ils sont traités,
- ❑ Restitution des données (*reporting*) : mise à disposition des données de traçabilité en cas de besoin.

A la différence de la représentation proposée par GS1 basée exclusivement sur une approche informationnelle, le modèle proposé de Steele intègre le concept d'intégrité des lots qui relève plutôt de l'organisation du process de production.

4.1.3. Le système de traçabilité vu par Verdenius [Verdenius, 2006]

Selon Verdenius [Verdenius, 2006], un ST est composé de fonctions d'identification des produits, d'enregistrements des données décrivant ces produits et de traitement de ces données. En fonction des objectifs poursuivis, il identifie trois orientations possibles d'un système de traçabilité qui impliquent de faire appel à des outils différents. La première orientation consiste à se focaliser sur les aspects logistiques des flux de produits en permettant de les **localiser** à tout moment. La deuxième s'intéresse aux **conditions** dans lesquelles les produits ont été fabriqués, tandis que la troisième porte sur le suivi des attributs **qualitatifs** des produits tout au long de la chaîne logistique. Comme décrit dans le Tableau 5.3, pour chaque couple fonction/orientation du ST, l'auteur propose des exemples d'outils.

Orientations Fonctions	Localisation	Conditions	Qualité
Identification	Etiquette alphanumérique, code-barres, puces RFID passives	Data logger ⁵⁸ , puces RFID actives, bases de données de production	La métabolomique ⁵⁹ , la génomique et la biochimie
Enregistrement	Scanners de code-barres, lecteur de puces RFID	Lecteurs de puces RFID, lecteurs de data logger, outils de capture des mesures comme les TTI ⁶⁰	Mesures manuelles ou automatiques, puces à ADN ⁶¹
Traitement des données	Progiciel ERP ou MES, systèmes dédiés à la traçabilité ou la qualité	Systèmes de supervision du process, système de gestion de la qualité du process	Système de gestion de la qualité des produits

Tableau 5.3 - Fonctions et orientations d'un ST (Adapté d'après [Verdenius, 2006])

Sur le principe, cette façon de voir un ST en croisant ses fonctions avec ses finalités est assez intéressante. Cependant, l'auteur ne donne pas suffisamment de détails sur les outils qu'il associe à chaque couple fonction/orientation et ne justifie pas, non plus, le choix de ces outils. A titre d'exemple, il cite les puces RFID passives (sans batterie) et active (avec batterie) pour identifier, respectivement, la localisation et les conditions de fabrication d'un produit. Pourquoi cette distinction? Une autre remarque est à propos de la troisième fonction définie par l'auteur, traitement des données, qui n'est pas très claire. Qu'entend-on exactement par traitement ? Intervient-il avant ou après la restitution de données à l'utilisateur ?

⁵⁸ Appareil électronique permettant de collecter des données au niveau d'un processus de fabrication par exemple.

⁵⁹ La métabolomique est une discipline assez récente qui étudie les métabolites (sucres, acides gras ...) présents dans une cellule ou un organisme. C'est l'équivalent de la génomique pour l'ADN (d'après Wikipedia).

⁶⁰ *Time-Temperature Indicators* : Ppastes apposées sur le produit frais et qui changent de couleur si la chaîne de froid est interrompue.

⁶¹ Technologie utilisée pour générer l'image génomique d'un organisme.

Dans le même ouvrage, Verdenius présente une approche, appelée FoodPrint, citée également dans [Vernède et al., 2003], dont le principe consiste à partir des objectifs stratégiques de l'entreprise et s'en servir comme guide au cours de la mise en place d'un système de traçabilité. Le but étant de répondre aux exigences réglementaires et commerciales en matière de traçabilité tout en valorisant les outils mis en place à d'autres fins. La Figure 5.3 illustre cette approche.

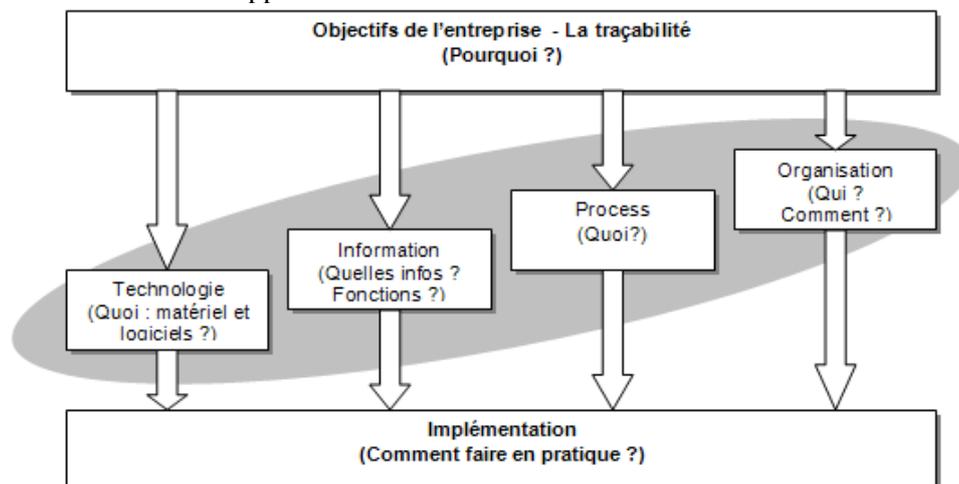


Figure 5.3 - Illustration de l'approche FoodPrint (D'après [Verdenius, 2006])

Dans le cadre de cette approche, le ST est représenté comme l'agencement de quatre éléments :

- ❑ La technologie qui traduit les outils nécessaires à la réalisation de quatre types de fonctions : l'identification des produits, l'enregistrement, le traitement et la visualisation des données,
- ❑ Les informations qui sont classées en trois types : informations sur les produits (identité, caractéristiques...), informations sur les flux de produits (poids, nombre, volume) et informations sur le process,
- ❑ Le process : Selon qu'il soit discret, continu, convergent ou divergent, le process de fabrication a une incidence considérable sur la manière de gérer la traçabilité,
- ❑ L'organisation qui traduit le cadre général de gestion et de contrôle du ST. C'est un aspect crucial particulièrement au niveau de la traçabilité interentreprises où plusieurs opérateurs sont amenés à utiliser le même ST.

Cette représentation macroscopique est trop générale pour décrire la structure et le fonctionnement concret du ST. Toutefois, elle est assez intéressante dans la mesure où elle pointe un ensemble d'éléments à prendre en compte dans toute démarche de modélisation. L'aspect organisationnel, par exemple, est un élément rarement mis en avant dans la littérature.

4.1.4. Le système de traçabilité vu par Viruega [Viruega, 2005]

Viruega [Viruega, 2005] décrit le ST comme une structure bidimensionnelle comportant des éléments dynamiques (actions) et des éléments statiques (composants). Les actions traduisent la dynamique du ST et sont classées en trois catégories : les actions d'identification, les actions d'enregistrement et les actions de contrôle. Cette dernière consiste à comparer les caractéristiques d'un produit avec les données restituées par le ST. Les composants représentent la dimension statique du ST et sont classés en quatre catégories :

- ❑ *Le système d'information* qui permet l'enregistrement et la restitution des données de traçabilité,
- ❑ *Le système d'identification* qui permet d'apporter les informations ou de les restituer sur les entités tracées. L'exemple le plus connu est l'étiquette d'identification,
- ❑ *L'organisation dans le process* que l'auteur définit comme étant *l'ensemble des actions du ST qui sont organisées durant le déroulement de la production à l'intérieur même du process et souvent par des opérateurs effectuant à la fois les étapes de transformation et les étapes du ST,*

- ❑ *Le process et le secteur* qui constituent l'environnement du ST. Avant la mise en place de la traçabilité, le process doit être prédisposé en le modifiant éventuellement. Les caractéristiques du secteur (clients, fournisseurs, réglementation...) constituent des éléments auxquels le ST doit être adapté.

Cette distinction entre les aspects statiques et les aspects dynamiques du ST est intéressante. En revanche, la frontière entre le système d'information et le système d'identification n'est pas assez claire.

4.1.5. Le système de traçabilité vu par Fabbe-Costes et Lemaire [Fabbe-Costes et Lemaire, 2001]

Fabbe-Costes et Lemaire [Fabbe-Costes et Lemaire, 2001] décrivent le fonctionnement et la mise en œuvre d'un ST au niveau d'une chaîne logistique à travers un ensemble d'opérations qui sont :

- ❑ L'identification des actions constitutives du processus et leur enchaînement,
- ❑ L'identification/codification des objets constituant le flux physique ainsi que leur environnement (acteurs, machines, documents...),
- ❑ Le marquage des unités logistiques pour leur associer les identifiants correspondants,
- ❑ La lecture électronique de ces « marques » à différents points de la chaîne,
- ❑ Le traitement et mémorisation des informations pour suivre et gérer le flux physique,
- ❑ La communication des données de traçabilité entre les acteurs de la chaîne.

Cette description orientée traçabilité interentreprises est focalisée sur la notion d'identification. Elle ne montre pas des étapes d'enregistrement des données au niveau du processus.

4.1.6. Le système de traçabilité vu par la NZTE [NZTE, 2006]

Dans une étude très intéressante réalisée par l'agence *New Zealand Trade and Enterprise*⁶² [NZTE, 2006] le système de traçabilité est décrit comme étant un système d'enregistrements permettant de parcourir le cheminement d'un produit depuis les fournisseurs jusqu'aux consommateurs en passant par les maillons intermédiaires. Dans cette étude, deux niveaux de traçabilité sont distingués : d'un côté, on a la *traçabilité basique*⁶³ se limitant à connaître l'origine et la destination de l'objet suivi. De l'autre côté, on a la *connaissance du produit* (*product knowledge*) qui porte sur d'autres informations telles que les attributs qualitatifs et les conditions de production. La Figure 5.4 illustre ces deux niveaux de traçabilité.



Figure 5.4 – Les deux niveaux de traçabilité définis par la NZTE [NZTE, 2006]

Les auteurs de cette étude insistent sur la valeur plus élevée que procure la mise en place d'une véritable démarche qui va au-delà de ce qu'ils qualifient de traçabilité basique. Ils illustrent cela à travers la pyramide de l'information présentée dans la Figure 5.5.

⁶² Organisme gouvernemental dont la mission est d'aider au développement des entreprises de la Nouvelle Zélande (<http://www.nzte.govt.nz/>)

⁶³ C'est le 44^{ème} type de traçabilité que nous citons dans ce mémoire.

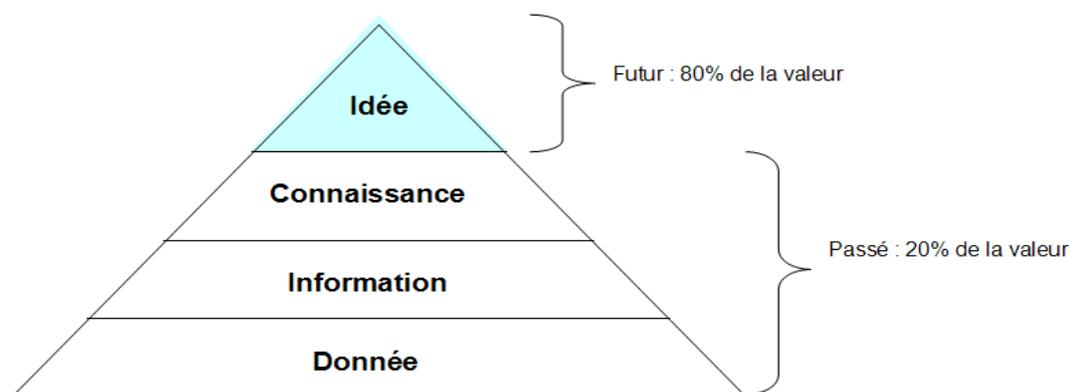


Figure 5.5 – La pyramides des informations selon la NZTE [NZTE, 2006]

Ils considèrent que le rapport traditionnel aux données est de les examiner à travers le prisme du passé, ce qui correspond aux trois premiers niveaux de la pyramide ci-dessus qui signifient que les données fournissent de l'information qui, à son tour, fournit de la connaissance. Cette dernière porte généralement sur des activités du passé. Le niveau supérieur correspond aux idées (*insights*) qui sont construites à partir de la connaissance. C'est sur la base de ces idées que l'on peut découvrir des attributs de traçabilité qui permettent d'apporter de la valeur dans le futur. C'est le cas, par exemple, d'attributs dont la connaissance permet de prévenir des rappels de produits ou de fidéliser le client.

La conception qui est faite d'un ST dans cette étude nous paraît, malgré sa simplicité, assez intéressante notamment à travers la distinction entre la *traçabilité basique* et la *connaissance du produit*. La pyramide des informations de la Figure 5.5 présente aussi un certain intérêt même si les parts de la valeur accordées aux différentes couches (donnée, information, connaissance et idée) peuvent être discutables.

4.1.7. Le système de traçabilité vu par Regattieri et al. [Regattieri et al., 2007]

Dans un article publié dans le *Journal of Food Engineering*, Regattieri et al. [Regattieri et al., 2007] présentent un cadre général de la traçabilité des produits dans lequel ils définissent quatre piliers nécessaires au fonctionnement d'un ST : l'identification des produits, les données à tracer, l'itinéraire des produits et les outils de traçabilité (voir la Figure 5.6).

Pour ces auteurs, l'identification des produits va au-delà d'associer des identifiants uniques aux lots pour les distinguer les uns des autres. Comme illustré via la Figure 5.6, elle consiste aussi à enregistrer certains attributs caractérisant le produit en question. Le deuxième pilier traduit des aspects à prendre en compte par rapport aux données tracées (type, niveau de détail, confidentialité...). En plus des caractéristiques intrinsèques des produits, le troisième pilier monte qu'il faut également suivre leur cheminement et les opérations qu'ils subissent. Enfin le dernier pilier concerne les outils à mettre en place dans le cadre d'un ST. Dans cette représentation, on retrouve encore une fois la fonction d'identification des produits qui constitue la base de tout ST. Mais de par la façon dont cette fonction est décrite par les auteurs, elle est plus proche d'une fonction d'enregistrement de données que d'une simple identification.

A travers ce tour d'horizons, nous avons montré quelques exemples de la manière dont le ST est décrit dans la littérature. Certains éléments comme l'identification et l'enregistrement sont assez récurrents au niveau des publications. Bien qu'elles décrivent un ensemble d'éléments relatifs à l'organisation et au fonctionnement des ST, ces représentations ne peuvent pas être considérées comme des modèles capables de décrire finement les constituants d'un ST ainsi que leurs interrelations. C'est pour cette raison que nous allons nous intéresser dans la section suivante à des modèles mieux formalisés en ce sens.

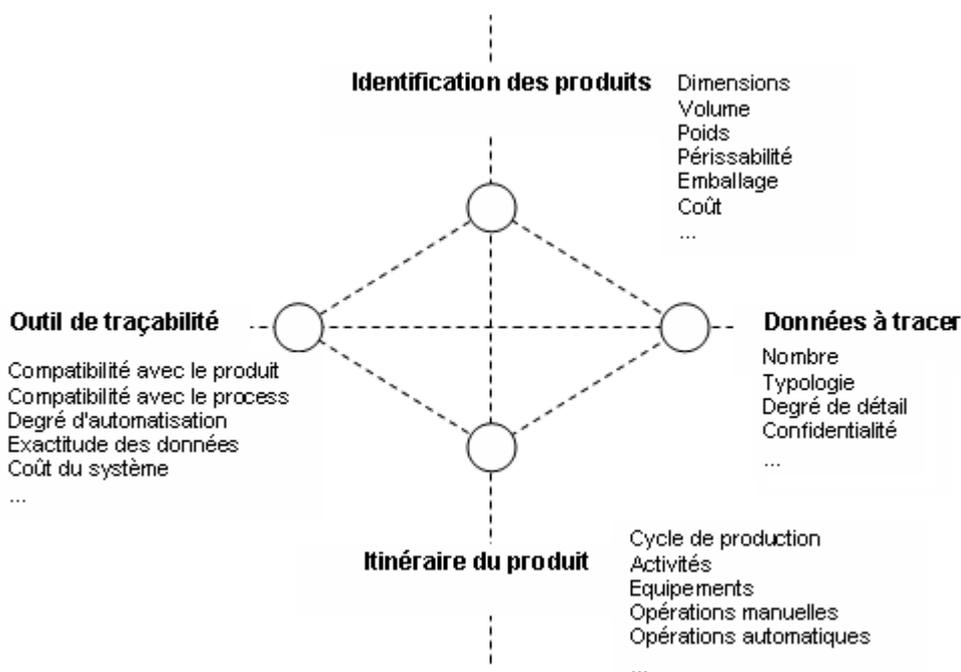


Figure 5.6 – Les quatre piliers du ST (Adapté de [Regattieri et al., 2007])

4.2. Quels modèles pour un système de traçabilité ?

Pour analyser les différents modèles de ST rencontrés dans la littérature, nous allons nous appuyer sur un ensemble de critères utilisés dans le domaine d'évaluation des ontologies. Car, comme le soulignent Ben Ahmed et al. [Ben Ahmed et al., 2008], *un modèle n'est autre qu'une ontologie (idées, expressions, règles) qui est ouverte à son environnement et qui interagit avec lui à travers un fonctionnement donné*. Bien évidemment, nous n'allons pas utiliser la totalité des critères proposés dans la littérature, mais seulement ceux qui nous semblent les plus pertinents et les plus objectifs par rapport à notre problématique.

Les quelques modèles de ST que l'on retrouve dans la littérature se veulent génériques et sont de nature descriptive ou prescriptive, d'où un nombre relativement faible de paramètres à analyser. Ainsi, suite à l'analyse d'un ensemble de références telles que [Fox et al., 1993; Gruber, 1993; Fox et Gruninger, 1998; Angele et Sure, 2002; Ben Ahmed et al., 2008], nous avons pu identifier une série de quatre critères, à savoir :

- ❑ La **clarté** qui traduit la capacité du modèle à communiquer clairement l'intention de son concepteur et à être compris sans ambiguïté. C'est aussi son aptitude à *s'auto-décrire* (*self-descriptiveness*) [Ben Ahmed et al., 2008]. D'après Gruber [Gruber, 1993], l'utilisation d'un formalisme est un moyen permettant d'atteindre cette finalité.
- ❑ La **compétence** qui représente l'étendue des questions auxquelles le modèle peut répondre, ou celle des tâches qu'il peut décrire [Fox et al., 1993]. L'incomplétude des éléments ontologiques sous-jacents est un paramètre qui affecte négativement la compétence du modèle [Ben Ahmed et al., 2008]. Dans notre cas, la compétence d'un modèle est appréciée à travers les éléments fonctionnels, informationnels et/ou physiques qu'il couvre.
- ❑ La **granularité** qui est la capacité du modèle à décrire différents niveaux d'abstraction et de détails [Fox et al., 1993].
- ❑ La **flexibilité** qui traduit la facilité de modification du modèle et de son utilisation dans des environnements autres que ceux pour lesquels il a été conçu [Ben Ahmed et al., 2008]. Ce critère est apprécié en fonction de l'étendue du périmètre de mise en œuvre du modèle en question (traçabilité interne ou interentreprises, type d'entreprises et de produits, etc.).

A travers les recherches bibliographiques, nous avons trouvé quelques travaux intéressants qui portent sur des modèles destinés à décrire le fonctionnement et les éléments constitutifs d'un ST. Nous en avons retenu six qui sont étudiés par la suite.

4.2.1. Le modèle de Moe [Moe, 1998] : Le triptyque *entités, attributs* et *sous-attributs*

En s'inspirant de [Kim et al., 1995], qu'il considère comme le travail théorique le plus avancé dans le domaine de la traçabilité, Moe [Moe, 1998] estime qu'un ST doit suivre non seulement les produits mais aussi les activités qui les transforment (cuisson, conditionnement, déplacement...). Ces deux éléments sont appelés les *entités centrales* (traduction libre de *core entities*) du ST. Une entité étant tout ce qui peut être décrit et considéré individuellement. Comme indiqué dans la Figure 5.7, le modèle qu'il propose consiste à associer à chaque entité un ensemble d'*attributs* et *sous-attributs*.

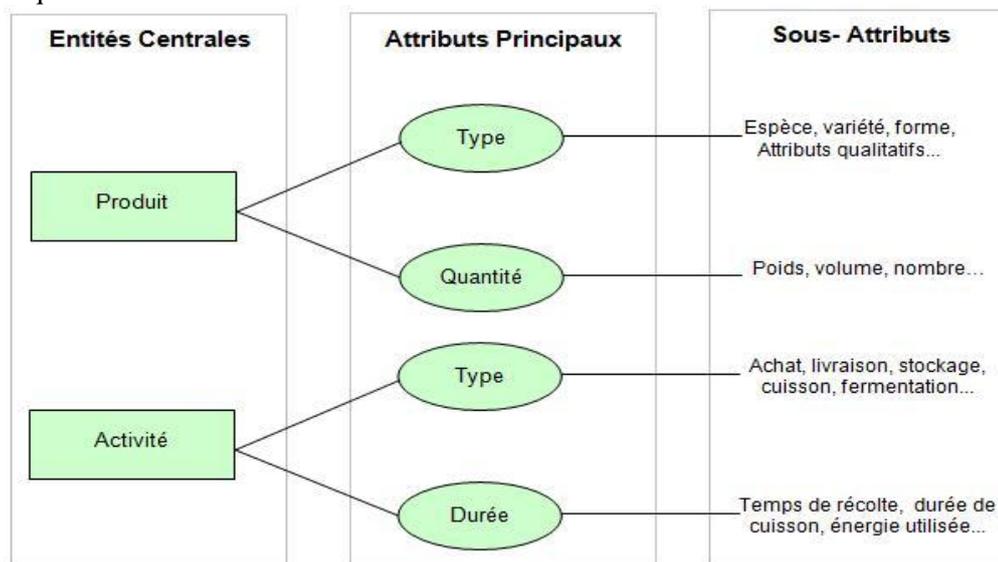


Figure 5.7 – Structure fondamentale d'un ST selon Moe [Moe, 1998]

De par son caractère rudimentaire, ce modèle est très facile à comprendre (*clarté*), mais il ne donne qu'une vision très sommaire d'un ST (*compétence*) bien que l'article où il est décrit soit l'une des références les plus citées dans le domaine. En ce qui concerne sa *granularité*, deux niveaux d'abstraction sont distingués dans le modèle : le niveau produit/activité et le niveau attribut/sous-attribut. Pour ce qui est de la *flexibilité*, le modèle est applicable à différents contextes vu sa simplicité.

4.2.2. Le modèle de Kim [Kim, 1999] : Règles de traçabilité via la logique du 1^{er} ordre

La thèse de Kim [Kim, 1999] fait partie du projet TOVE (TOronto Virtual Enterprise) qui vise à développer des représentations formelles basées sur la logique du 1^{er} ordre afin de définir et d'explicitier les différents concepts, axiomes et relations associés aux domaines de la qualité. Dans le cadre de l'ontologie de la traçabilité, qui constitue l'un de ces domaines, deux concept-clés ont été introduits : l'*Activité Élémentaire* (*Primitive Activity - PA*), et l'*Unité de Ressource Traçable* (*Traceable Resource Unit - TRU*). Une activité élémentaire (PA) est une opération de base qui est indivisible en sous-opérations. Une unité de ressource traçable (TRU) représente un ensemble homogène de ressources utilisées/consommées/produites/libérées par une activité élémentaire dans une quantité non nulle et finie.

Le développement du modèle de Kim est réalisé en quatre étapes principales qui sont :

- ❑ Définition d'un ensemble de **concept-clés** qui correspondent à des règles qui doivent être observées afin d'assurer la traçabilité. Par exemple :
 - Si une partie ou la totalité d'une TRU est consommée pour produire une autre TRU, ces deux TRUs doivent être identifiées individuellement, et le lien entre elles doit être enregistré.
- ❑ A partir de ces concept-clés, un certain nombre de **principes** ont été formalisés. Ainsi, le concept-clé évoqué ci-dessus a été traduit en deux principes:
 - L'identification unique doit être définie, et les conditions permettant d'assurer l'identification unique d'un ensemble d'entités doivent être représentées,

- La relation entre un ensemble d'entités consommées et l'ensemble d'entités produites qui en résultent doit être représenté.
- En rapport avec les principes définis, un ensemble de **questions de compétence** (*competency questions*) ont été dressées afin d'évaluer la pertinence des éléments du modèle. Par exemple :
 - Est-ce une entité individuellement identifiée qui peut être tracée ?
 - Une activité donnée est-elle une activité d'assemblage / désassemblage ?
 - A partir de quel moment l'existence d'un lot donné est-elle reconnue ?
- Analyse, définition et formalisation de la **terminologie** et des **axiomes**. Après une explication en langage naturel, les concepts et les axiomes sont exprimés en **logique du premier ordre**. En voici quelques exemples :
 - Le point de ressource (Rp) pour une TRU (Rt) est sa quantité (Qu) à un moment donné (Tp), exprimée en U unités de mesure. Ce qui se traduit par : $Rp_tru(Rt, Qu, Tp, U)$
 - Une TRU est produite une et une seule fois :

$$\forall A \forall St_1 \forall Rt \forall s [holds(produce(St_1, A), s) \wedge holds(produces(St_1, Rt), s) \supset \neg \exists St_2 \{ holds(produce(St_2, A), s) \wedge holds(produces(St_2, Rt), s) \wedge St_1 \neq St_2 \}]$$

Rt : a tru
 St_1, St_2 : the same state describing the production of Rt
 A : an activity which produces Rt
 s : an extant situation
 - Si une TRU est subdivisée à travers une activité de désassemblage, donc tous les TRU qui en sont issues doivent être identifiées différemment de la TRU d'origine :

$$\forall A \forall s \forall Rt \forall (Rt_1, \dots, Rt_n) [holds(split_trace(A, Rt, \{Rt_1, Rt_2, \dots, Rt_n\}), s) \supset \bigcap_{i=1, \dots, n} Rt \neq Rt_i]$$

A : a split activity
 Rt : the original tru that is split
 Rt_i : the trus that are split from Rt
 s : extant or hypothetical situation

L'utilisation de la logique du 1^{er} ordre présente l'avantage de permettre une interprétation unique (*clarté*), chose qui n'est pas toujours évidente avec l'utilisation du langage naturel. Le périmètre du modèle (*compétence*) est limité principalement à la définition des règles de gestion à observer dans une démarche de traçabilité. Le critère de *granularité* n'est pas applicable à ce type de modèle dans la mesure où l'on ne peut pas isoler différents niveaux d'abstraction. Cependant, le niveau de détails est important. De par son contenu, ce modèle peut couvrir aussi bien la traçabilité interne que la traçabilité inter-entreprises indépendamment du contexte. D'où une *flexibilité* très élevée.

4.2.3. Le modèle de Van Dorp [Van Dorp, 2004] : Un modèle entité-relation des données de traçabilité

Dans son mémoire de thèse, van Dorp [Van Dorp, 2004] présente un modèle de données de référence (*reference data model*) destiné à décrire les entités gérées par un ST ainsi que leurs attributs et leurs interactions. L'objectif étant de contribuer à la mise au point d'outils pour la traçabilité informatisée dans le secteur alimentaire. La question de recherche était de savoir comment améliorer la traçabilité (à l'aide des nouvelles technologies de l'information) afin que la sécurité alimentaire soit mieux assurée (par rapport à 2003). En s'appuyant sur quatre études de cas, l'auteur a procédé de la manière suivante :

- Décrire le diagramme de fabrication de chaque entreprise (étude de cas),
- Décrire le fonctionnement de son ST,
- Lister en langage naturel les spécifications (*requirements*) du système de traçabilité. Certaines spécifications sont existantes au niveau des cas étudiés, d'autres sont plutôt « souhaitables » pour palier aux lacunes constatées.

Sur la base de ces études de cas, Van Dorp a défini les éléments clés de son modèle, à savoir :

- ❑ **Six entités** : le lot de produit, lien entre lots (*production relation*), unité de capacité (ex. atelier, machine...), opération de production réelle, variable d'une opération réelle de production⁶⁴ (ex. température, quantité en stock...) et la valeur de cette variable,
- ❑ **Deux types d'attributs** : attributs de la qualité des produits (*material quality attributes*) et anomalies de la qualité des produits (*material quality anomalies*),
- ❑ **Quatre spécifications** : enregistrement des liens entre lots, enregistrement des opérations effectuées sur les lots, enregistrement des variables et les valeurs associés à ces opérations, enregistrement des unités de capacité où les opérations sont effectuées.

Avant de formaliser son modèle de données, qu'il identifie comme une représentation cohérente des objets et relations d'une partie de la réalité, l'auteur a introduit la notion de *nomenclature de lot* (*bill of lots*) qu'il définit comme un ensemble de relations parent-composant où la relation est une entité en soi. Il a aussi introduit deux entités supplémentaires qui sont l'*article* et l'*ordre de production*. Une fois les liens entre les différents concepts expliqués, il a formalisé les différentes parties de son modèle avant de les agencer selon le formalisme *Entité-Association* comme le montre la Figure 5.8.

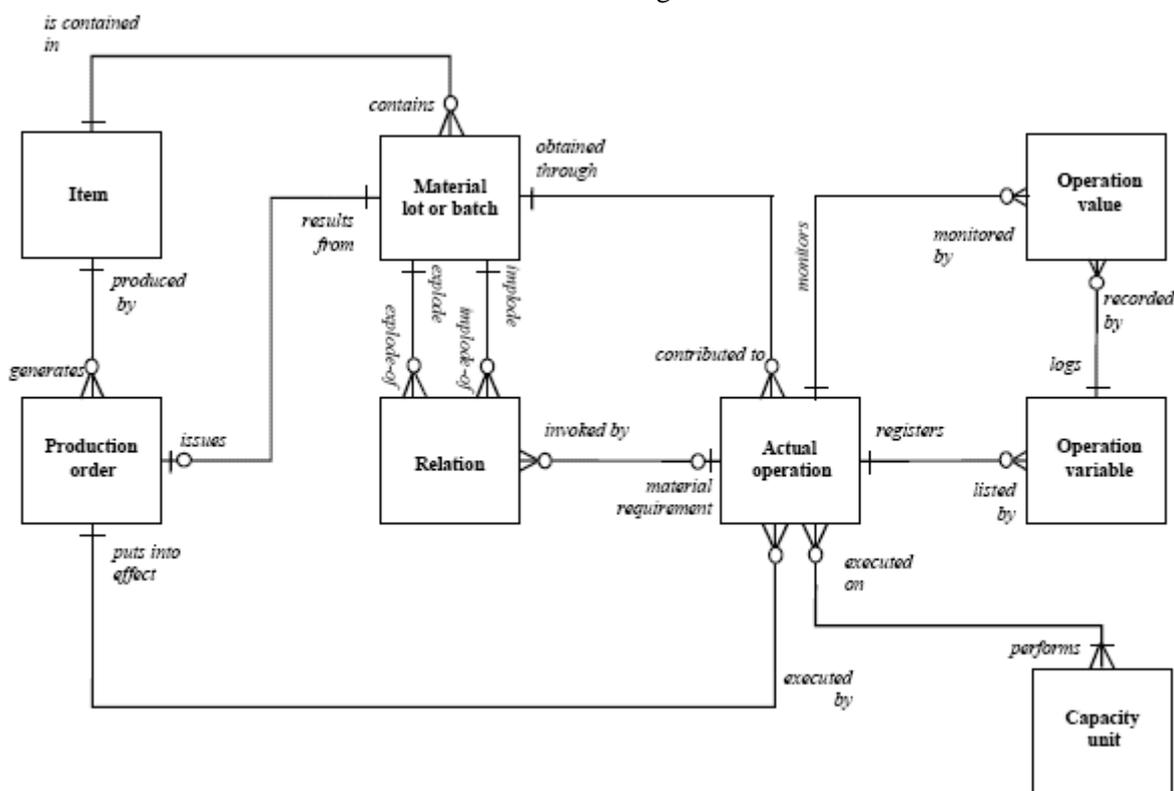


Figure 5.8 – Le modèle du ST proposé par Van Dorp [Van Dorp, 2004]

L'adoption du formalisme *Entité-Association* a permis de rendre le modèle globalement clair et compréhensible (*clarté*) même sans se référer aux explications correspondantes (capacité du modèle à *s'auto-décrire*). Pour ce qui est du critère de *compétence*, de par sa nature, ce modèle conceptuel de données porte uniquement sur les aspects informationnels du ST. Il ne décrit pas, par exemple, les fonctions d'enregistrement et de restitution des données, ni les ressources à mobiliser pour le faire. La *flexibilité* y est également limitée car il ne couvre que la traçabilité interne au sein des unités de production. La traçabilité interentreprises n'est pas prise en compte. Même au sein d'une même unité de fabrication, il y a des cas de figure auxquels le modèle proposé ne peut pas s'appliquer. Dans le cas d'une opération de désassemblage, un ordre de fabrication produit plusieurs articles (au lieu d'un seul comme présenté dans le modèle). De même, un lot peut contenir plusieurs articles étant donné qu'ils sont issus du même ordre de fabrication. Au niveau de la *granularité* du modèle, on peut distinguer un premier niveau d'abstraction composé des entités *article*

⁶⁴Traduction libre de « An actual production operation variable ».

et *ordre de production* et un deuxième niveau plus fin composé, notamment, des entités *lot* et *opération réelle*. Ce dernier constitue un minimum puisque le premier n'a pas d'intérêt par rapport à la problématique de la traçabilité. Un troisième niveau d'abstraction qui fait défaut dans ce modèle concerne la définition des attributs des différentes entités retenues.

4.2.4. Le modèle de Dupuy [Dupuy, 2004] : Modélisation modulaire d'un ST

Pour modéliser le fonctionnement d'un ST déployé à l'échelle d'une chaîne logistique, Dupuy [Dupuy, 2004] a procédé par une approche modulaire consistant à élaborer des briques génériques qui peuvent être enchaînées pour couvrir l'ensemble de la chaîne. Pour ce faire, le formalisme ARIS, qui est basé sur les concepts d'*événement* et de *fonction*⁶⁵, est utilisé.

L'auteur part de trois fonctions de base qui se déroulent au sein des différents maillons de la chaîne logistique : la réception, la fabrication et l'expédition. Pour chaque fonction, un modèle (brique) de traçabilité est élaboré pour traduire l'agencement de cinq types d'actions de traçabilité :

- ❑ Ouverture (création) du lot,
- ❑ Création de l'identifiant,
- ❑ Enregistrement des consommations et des liens père/fils,
- ❑ Enregistrement des informations du lot,
- ❑ Clôture du lot.

A titre d'exemple, la Figure 5.9 ci-dessous montre le modèle associé à la fonction *Réceptionner*.

A partir de l'enchaînement des modèles génériques, nous obtenons un modèle qui couvre l'ensemble de la chaîne logistique.

Grâce à l'utilisation d'un formalisme (ARIS) simple et très connu, le modèle proposé par Dupuy est facilement compréhensible (*clarté*) d'autant plus que le texte qui lui est associé est marqué en toutes lettres. Du point de vue de la *compétence*, le modèle est purement fonctionnel et ne décrit pas les types de données à gérer ni les ressources requises. Son caractère très générique lui confère une grande *flexibilité* mais aussi un niveau d'abstraction (*granularité*) trop élevé. En effet, l'absence d'un minimum de détails sur les événements et les fonctions décrites rend difficile une éventuelle implémentation du modèle sur le terrain.

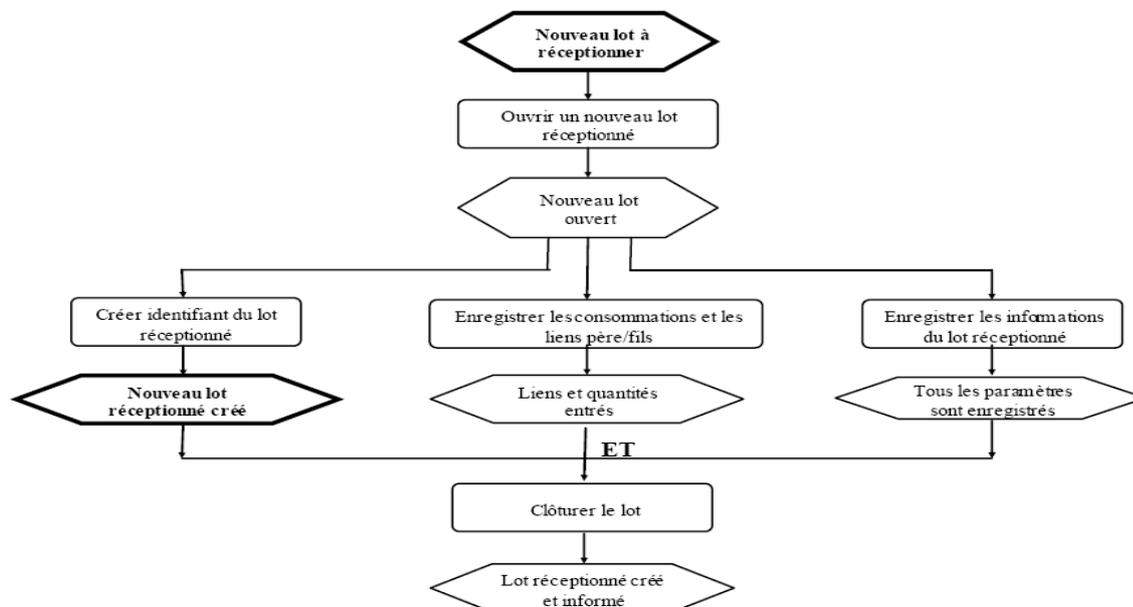


Figure 5.9 – Exemple d'une brique générique du modèle du ST proposé par Dupuy [Dupuy, 2004]

⁶⁵ Une fonction est déclenchée par un événement et engendre un événement.

4.2.5. Le modèle de Terza [Terzi, 2005] : Un méta-modèle pour la gestion de traçabilité

Dans son travail de thèse où il s'intéresse aux outils PLM (*Product Lifecycle Management*), Terzi [Terzi, 2005], propose un méta- modèle destiné à la gestion de la traçabilité des produits tout au long de leur cycle de vie. Pour ce faire, il s'appuie sur le concept de *Holon* (inventé par le philosophe Koestler selon Baïna [Baïna, 2006]) qui représente une entité comportant à la fois une partie physique et une partie informationnelle (voir la Figure 5.10). La traçabilité d'un produit est alors conditionnée par son caractère *holonique*. Si ce caractère est perdu, la traçabilité l'est aussi.

A partir de la revue de littérature, différentes spécifications du ST ont été identifiées, analysées et complétées. Parmi elles on trouve, par exemple, la *puissance descriptive* du ST; c'est-à-dire sa capacité à décrire différents types de produits, et son indépendance vis-à-vis du support technique.

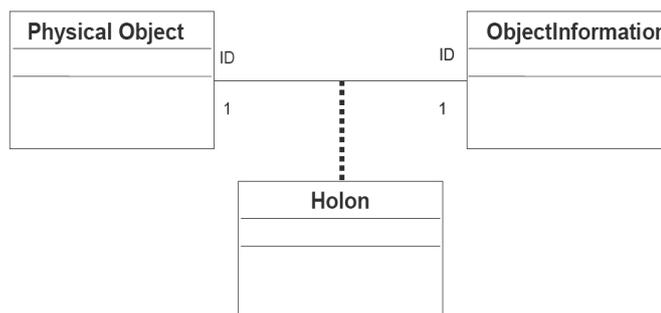


Figure 5.10 – Le modèle du *Holon* d'après Terzi [Terzi, 2005]

L'*Objet-Information* (*ObjectInformation*) constitue la composante (classe) fondamentale du modèle conceptuel UML⁶⁶ proposé par l'auteur. Il regroupe l'ensemble des informations nécessaires durant le cycle de vie du produit (développement, production, utilisation et destruction). Comme le montre la figure 5.11, cette classe entretient des associations d'agrégation ou de composition (au sens de l'UML) avec d'autres classes telles que la classe *Where* qui comporte des informations permettant de suivre les mouvements du produit et la classe *ObjectLot* qui décrit le lot auquel appartient le produit.

⁶⁶ UML (*Unified Modeling Language* - langage de modélisation unifié) est un langage de modélisation graphique utilisé notamment en génie pour décrire les différents objets informationnels d'un système.

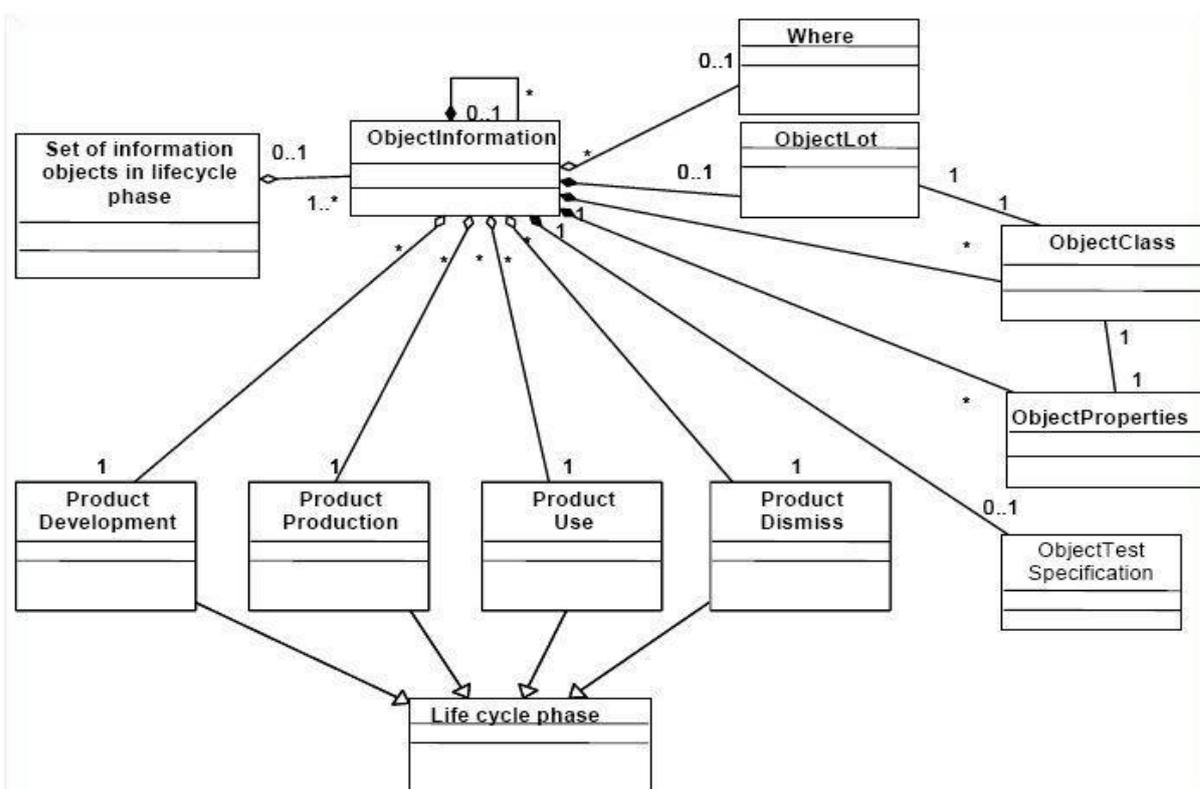


figure 5.11 – Le modèle du ST proposé par Terzi [Terzi, 2005]

Le modèle *ObjectInformation* est créé en même temps que le produit, puis il est enrichi avec d'autres informations tout au long du cycle de vie de ce dernier. Il est ainsi possible de remonter ou de descendre sa traçabilité à partir d'un point donné. Pour le déploiement de son modèle, l'auteur a opté pour le langage XML (*eXtensible Markup Language*) étant données sa simplicité et son indépendance vis-à-vis du support logiciel.

En confrontant le modèle de Terzi [Terzi, 2005] aux quatre critères d'analyse que nous avons retenus, nous avons remarqué qu'il n'est pas très facile à comprendre sans se référer aux explications de l'auteur; d'où une *clarté* limitée. Au niveau *compétence*, le modèle est très orienté système d'information et il y a très peu d'éléments sur les aspects fonctionnels (activités réalisées par le ST), ni sur les aspects physiques (ressources matérielles et immatérielles utilisées). Le niveau d'abstraction (*granularité*) se limite aux classes d'entités. Les attributs des différentes classes ne sont pas spécifiés. C'est pour cette raison qu'il reste très générique et peut être mis en œuvre dans différents contextes (*flexibilité*). Sur certains points, le modèle va même au-delà des préoccupations relatives à la traçabilité des produits alimentaires (qui nous intéresse ici). C'est le cas, par exemple, de la classe *Product Use* (dédiée à l'enregistrement des données sur des événements relatifs à l'utilisation du produit comme la maintenance ou le changement de propriétaire) qui ne s'applique pas aux produits alimentaires qui sont généralement achetés puis consommés en une seule fois.

4.2.6. Le modèle de [Hulzebos et Koenderink, 2006] : La démarche *FoodPrint*

Dans le cadre de la démarche *FoodPrint* (Cf. § 4.1.3), Hulzebos et Koenderink [Hulzebos et Koenderink, 2006] présentent un modèle destiné à décrire le processus d'enregistrement des données de traçabilité au sein d'une unité de production. Plusieurs symboles graphiques sont utilisés pour rendre compte des différents éléments composant le modèle. Il s'agit principalement de *points d'enregistrement*, de *relations* entre les données enregistrées et des *instances d'information*. La Figure 5.12 illustre l'application de ce modèle à une usine de production de tomates épluchées. A l'instar de la proposition de Dupuy (Cf. § 4.2.4), ce modèle peut être classé parmi les approches BPM (*Business Process Modelling*) dont le but est de décrire et modéliser les processus métiers d'une entreprise.

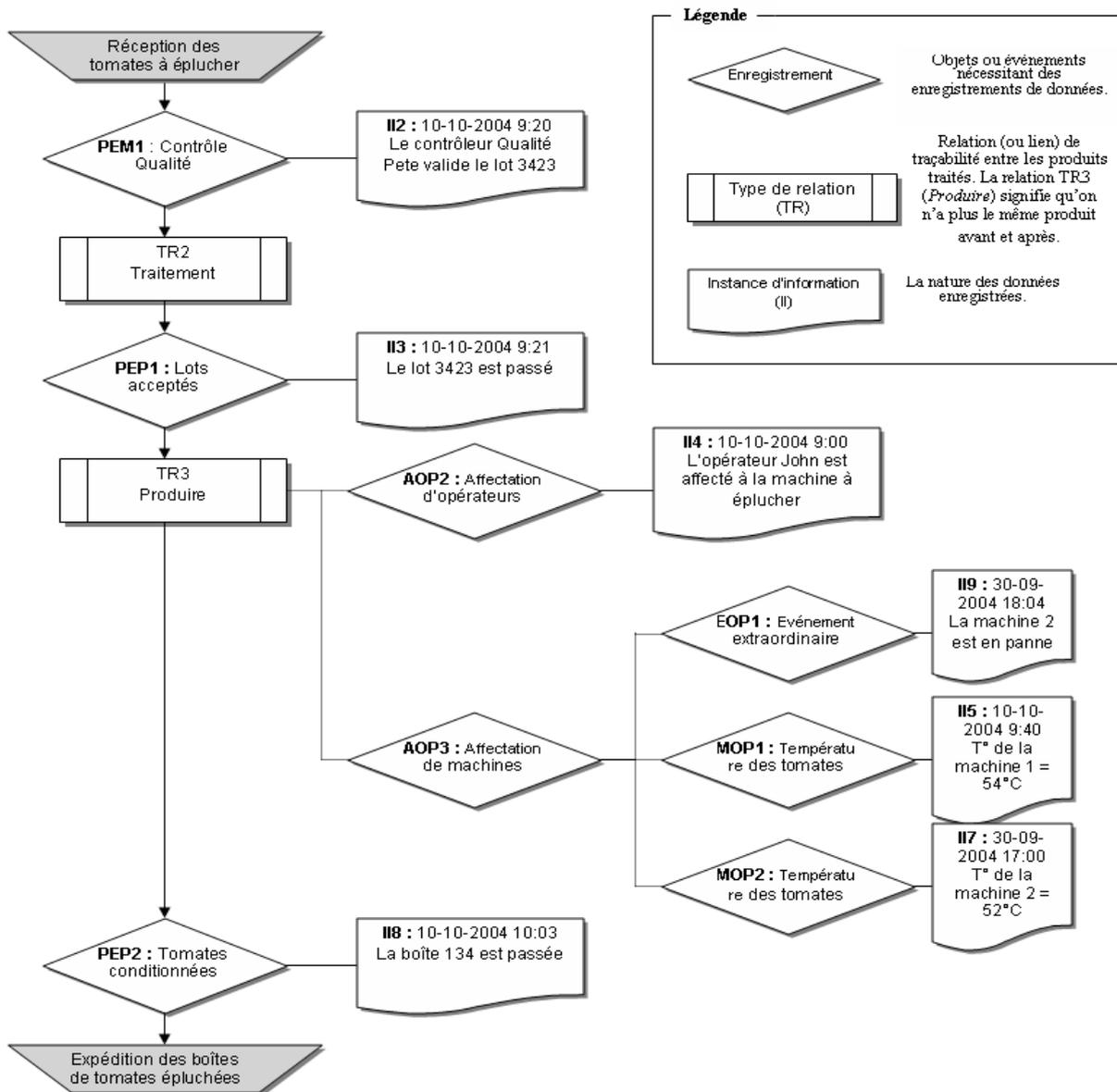


Figure 5.12 - Le modèle du système de traçabilité d'une unité de production de tomates épluchées (D'après [Hulzebos et Koenderink, 2006])

Comme le montre le modèle, les points d'enregistrement des données de traçabilité, représentés par des losanges, sont de cinq types :

- ❑ PEM : Point d'Enregistrement de Mesures (*Measurement Registration Point - MRP*). Par exemple, les mesures dont il est question au niveau du PEM1 seraient à propos du calibre et de l'acidité des tomates réceptionnées.
- ❑ PEP : Point d'Enregistrement des Produits (*Product Registration Point - PRP*). Dans notre cas, le PEP1 correspondrait, par exemple, à l'enregistrement du N° de lot des tomates à éplucher.
- ❑ AOP : Affectation d'un Objet au Process (*Process Object Assignment - POA*) comme, par exemple la désignation de l'opérateur John pour s'occuper de la machine à éplucher (AOP2).
- ❑ EOP : Événement sur un Objet du Process (*Process Object Event - POE*). Dans l'exemple de la Figure 5.12, EOP1 représente un événement extraordinaire qui correspond à la panne d'une machine.
- ❑ MOP : Mesure sur un Objet du Process (*Process Object Measurement - POM*) comme la température des tomates par exemple (MOP1 et MOP2).

Les trapèzes gris représentent la frontière du process concerné par le ST, à savoir la réception de la matière première et l'expédition du produit fini. Un des aspects particulièrement importants dans ce modèle est

l'entité *Type de Relation (Relation Type)* qui est destinée à décrire des liens entre les produits entrants et les produits sortants d'une étape donnée du process. Une relation de type *produire* (RT3) signifie, selon les auteurs, que l'entrant (tomates crues) a subi une transformation pour le sortant (tomates épluchées et conditionnées). En revanche, une relation de type *traitement* (RT2) correspond au cas où l'entrant d'une étape (tomates crues) est le même que le sortant (tomates contrôlées) dans la mesure où il n'y a pas de transformation. Quelque soit le type de relation, le système de traçabilité doit être capable de remonter ou de descendre la généalogie d'un lot de produits donné.

Au regard de nos critères d'évaluation, nous constatons que ce modèle est, dans son ensemble, facile à comprendre (*clarté*) une fois assimilée la signification des symboles utilisés. Bien qu'il propose des concepts intéressants, comme les cinq points d'enregistrement et les types de relations entre les produits, ce modèle reste, à notre avis, très conceptuel et ne couvre que les fonctions d'enregistrement des données, d'où une *compétence* limitée. En ce qui concerne sa *granularité*, il semble assez ouvert pour prendre en compte différents niveaux de détails. Par contre, il n'est pas très flexible dans la mesure où il se limite à la traçabilité interne au sein d'une unité de production.

4.2.7. Zoom sur les modèles de données de traçabilité évoqués

Pour conclure cette section, nous proposons de revenir sur certains modèles présentés précédemment afin de les comparer selon d'autres points de vue. Il s'agit, en l'occurrence des modèles de Moe, de Van Dorp et de Terzi qui ont comme point commun d'être des modèles de données (*data models*). Pour ce faire, nous nous appuyons sur un cadre d'évaluation très intéressant proposé par Moody [Moody, 1998; Moody, 2003] qui propose huit *facteurs de qualité* des modèles de données. Dans le Tableau 9.3, nous présentons une comparaison qualitative de ces trois modèles.

Facteurs de qualité	Signification	Le modèle de [Moe, 1998]	Le modèle de [Van Dorp, 2004]	Le modèle de [Terzi, 2005]
Bien-fondé (<i>correctness</i>)	Conformité du modèle aux règles et convention de modélisation en vigueur	Non applicable à ce modèle ne s'appuyant sur aucun formalisme connu	+++	+++
Complétude (<i>completeness</i>)	Le modèle contient-il toutes les informations requises ?	-	+	+
Intégrité	Le modèle définit-il toutes les règles de gestion applicables aux données en question ?	-	+	+
Simplicité	Un modèle est qualifié de simple s'il ne comporte que le minimum possible d'entités et relations	+++	++	+
Flexibilité	Facilité avec laquelle le modèle peut s'adapter à un changement de contexte	+++	+	++
Intelligibilité (<i>understandability</i>)	Facilité de compréhension des concepts et de la structure du modèle	+++	++	+

Tableau 5.4 - Comparaison des trois modèles de données selon les critères de Moody [Moody, 1998; Moody, 2003]

Comme indiqué dans le tableau ci-dessus, les modèles de données que nous avons comparés présentent deux limites principales selon les critères de qualité proposés par Moody. La première relève de leur *complétude* qui est très limitée du fait, notamment, qu'ils ne précisent pas un minimum d'attributs pour les entités modélisées. La deuxième réside dans leur *intégrité* perfectible dans la mesure où leurs auteurs ne décrivent pas en détail toutes les règles de gestion sous-jacentes. Au niveau du modèle de Van Dorp, nous avons vu la

limite d'une des règles de gestion qu'il propose et qui stipule qu'un ordre de production produit un et un seul article; ce qui n'est pas valable pour les opérations de désassemblage.

En plus de ces six critères que nous pouvons qualifier d'absolus en ce sens qu'ils sont indépendants du contexte de mise en œuvre du modèle, Moody [Moody, 1998; Moody, 2003] en propose deux autres qui sont contextuels. Le premier est l'*intégration* qui traduit la cohérence du modèle de données avec le reste de données de l'entreprise. Le second est l'*implémentabilité* du modèle qui correspond à la facilité avec laquelle il peut être mis en œuvre compte tenu des contraintes temporelles et budgétaires du projet en question.

Après avoir consacré cette section à fournir une idée sur la façon dont les systèmes de traçabilité sont modélisés (ou simplement décrits) à travers la littérature, nous allons aborder dans la section suivante le deuxième volet de notre problématique et qui concerne la manière dont la performance de ces systèmes est évaluée.

5. Evaluation de la performance des systèmes de traçabilité

Comme annoncé, la seconde partie de cet état de l'art a pour objectif d'essayer de rendre compte de la façon dont la performance des ST est appréhendée à travers la littérature scientifique et technique. Dans ce cadre, nous avons identifié deux catégories de références. D'un côté, il y a celles qui décrivent des démarches plus ou moins structurées de diagnostic s'appuyant sur des critères de performance. De l'autre côté, nous trouvons des références qui se limitent à proposer quelques critères de performance mais sans expliquer d'une manière assez précise comment s'y prendre pour les évaluer quantitativement ou même qualitativement.

5.1. Démarches d'évaluation des systèmes de traçabilité

Parmi les démarches d'évaluation de la performance des ST rapportées dans les références bibliographiques que nous avons consultées, nous avons choisi d'en présenter six qui nous semblent être les plus pertinentes.

5.1.1. L'approche de Fabbe-Costes et Lemaire [Fabbe-Costes et Lemaire, 2001] : Diagnostic par questionnaire

Dans un article consacré à la traçabilité à l'échelle d'une chaîne logistique (traçabilité inter-entreprises), Fabbe-Costes et Lemaire [Fabbe-Costes et Lemaire, 2001] proposent une approche assez simple visant à évaluer *la capacité à tracer sur l'ensemble de la supply chain*. Le principe consiste à modéliser le ST à travers les *points-clés* que nous avons évoqués dans la section précédente (Cf. § 4.1.5) puis de se poser un ensemble de *questions techniques* sur chacun d'eux. A travers le Tableau 5.5, nous présentons un extrait concernant les étapes d'identification, de marquage et de lecture.

Points- clés de la traçabilité	Éléments du processus concernés	Questions techniques
Identification / codification	Des produits, des emballages, des unités logistiques, des documents, des engins, des acteurs.	Niveau d'identification (pièce, UC, lot de production, etc.) ? Nature des codes, signification Utilisation de standards? Origine des codes ? Qui définit les codes ?
Marquage	Des produits, des emballages, des unités logistiques, des documents, des engins, des acteurs.	Techniques utilisées, nature des supports Utilisation des normes ? Marquage à la source ? Qui « marque » ?
Lecture	Sites : localisation des systèmes de lecture Acteurs : qui capte l'information ?	Techniques utilisées Niveau d'automatisation Connexion avec le système d'information ? En temps réel ?

Tableau 5.5 - Extrait de l'approche de diagnostic proposée par Fabbe-Costes et Lemaire [Fabbe-Costes et Lemaire, 2001]

Ces auteurs accordent une importance cruciale aux interfaces (entre les maillons de la chaîne) car elles conditionnent la continuité de la traçabilité. C'est pour cette raison qu'elles proposent une autre série de questions visant à diagnostiquer la continuité de la traçabilité au niveau de ces interfaces. A titre d'exemple, par rapport à l'identification, les questions à se poser portent sur :

- ❑ Le changement de codes (entre acteurs),
- ❑ Les niveaux d'identification (palettes, cartons...),
- ❑ Le changement de standards,
- ❑ La possibilité de lien entre les codes successifs.

Comme on peut le constater, l'approche proposée par Fabbe-Costes et Lemaire peut se résumer à une grille de questions devant être posées par rapport à certains aspects du ST. Les auteurs ne montrent pas le type de conclusions à tirer en fonction du type de réponse apportée à chaque question. Elles n'utilisent pas, non plus, de notion d'indicateurs de performance.

5.1.2. L'approche de Ta [Ta, 2002] : Diagnostic par les 5M

Le principe d'audit de la traçabilité globale proposé par Chi-Dung Ta [Ta, 2002] est basé sur la méthode des 5M (main-d'œuvre, milieu, méthode, moyen, matière) très utilisée dans les démarches de management de la qualité. D'ailleurs, les limites entre la qualité et la traçabilité sont à peine visibles dans son approche. A la différence de Fabbe-Costes et Lemaire [Fabbe-Costes et Lemaire, 2001], Ta ne liste pas des questions types à se poser pour évaluer la traçabilité au niveau de chaque élément des 5M, mais il expose carrément des recommandations à suivre pour y assurer la qualité et la traçabilité. Au niveau des opérations de fabrication, par exemple, l'auteur préconise un ensemble de recommandations telles que :

- ❑ Vérification de la conformité des matières premières mises en œuvre,
- ❑ Etablissement des documents relatifs aux opérations de fabrication,
- ❑ Enregistrement de documents justifiant la conformité du lot fabriqué à un ensemble d'exigences listées par l'auteur.

Même s'il ne s'agit pas d'une démarche de diagnostic en bonne et due forme, Ta pointe un certain nombre de points qui doivent être pris en compte aussi bien pour modéliser que pour évaluer la performance d'un ST.

5.1.3. L'approche de [Dupuy, 2004] : La dispersion des lots de produits

Dans sa thèse, Dupuy [Dupuy, 2004] propose une méthode d'évaluation et d'optimisation de la traçabilité interne basée sur la quantification de la dispersion des lots. Pour ce faire, il s'est appuyé sur Van Dorp [van Dorp, 2003a] pour modéliser les liens entre les unités de ressources traçables (TRU) via des *graphes de Gozinto* [Loos, 2001]. Les graphes de *Gozinto* représentent un ensemble de relations « parent composant » où la relation est une entité en soi. Cette modélisation traduit le concept de nomenclature de lots précédemment évoquée (Cf. § 4.2.3).

L'auteur propose d'évaluer la précision du ST à travers trois indicateurs principaux qui sont définis comme suit :

- ❑ La *dispersion descendante* d'un lot de matière première : le nombre de lots de produits finis qui contiennent une partie de ce lot,
- ❑ La *dispersion ascendante* d'un lot de produits finis : le nombre de différents lots de matières premières utilisées dans ce lot,
- ❑ La *dispersion globale* d'un système qui est égale à la somme des dispersions descendantes de tous les lots de matières premières et des dispersions ascendantes de tous les produits finis.

Soit A une matière première et B un produit fini au niveau d'un processus de fabrication donné. Leurs liens sont modélisés via les graphes de *Gozinto* présentés dans la Figure 5.13 et qui montrent que la dispersion descendante du TRU A est de 4, et la dispersion ascendante du TRU B vaut 3.

La démarche d'optimisation de la précision du ST consiste alors en quatre étapes :

- ❑ Modéliser l'ensemble du flux physique pour obtenir le *graphe de dispersion initial*,
- ❑ Un *graphe de dispersion optimal* est défini en réduisant les dispersions constatées au niveau du graphe initial,
- ❑ A partir des étapes précédentes, un *graphe de dispersion objectif* est défini. Il correspond à un juste milieu entre la situation actuelle et le graphe optimal compte tenu des objectifs et des contraintes de l'entreprise,
- ❑ Le process de fabrication est ensuite modifié de manière à être en conformité avec le graphe de dispersion objectif.

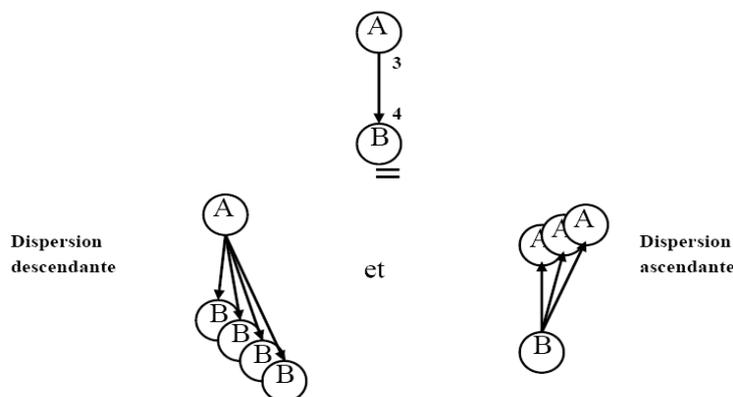


Figure 5.13 - Modélisation de la dispersion des lots d'après Dupuy [Dupuy, 2004]

Bien qu'elle soit difficile à mettre en œuvre sur le terrain comme le reconnaît l'auteur lui-même, cette méthode est très intéressante. Mais il faut noter qu'il ne suffit pas de réduire la dispersion des lots pour que le ST soit performant. Par exemple, si la taille des lots est trop grande, ou si les données enregistrées ne reflètent pas la réalité, il est inutile de chercher à optimiser les dispersions.

En plus des concepts de dispersion des lots, Dupuy propose également un ensemble d'indicateurs destinés à évaluer la performance de la traçabilité au niveau d'une chaîne logistique. Nous en parlons dans la deuxième partie de cette section.

5.1.4. L'approche de Koenderink et Hulzebos [Koenderink et Hulzebos, 2006] : Les goulets d'étranglement du ST

Dans le cadre de la démarche FoodPrint évoquée précédemment (Cf. § 4.1.3), Koenderink et Hulzebos [Koenderink et Hulzebos, 2006] présentent une approche de diagnostic du ST consistant en l'identification de quatre types de goulets d'étranglement (*bottlenecks*) qui peuvent en entraver la performance. Le Tableau 5.6 en donne un aperçu.

Origines des goulets d'étranglement	Exemples de conséquences
Enregistrement insuffisant de données sur les produits	Ne pas enregistrer les lots de produits utilisés dans une opération peut conduire à des ruptures de traçabilité en cas montée ou de descente du cycle de vie du produit fabriqué.
Enregistrement insuffisant de données sur le process	L'absence de certains paramètres du processus de fabrication, comme la durée d'une opération par exemple, empêche de savoir si un produit est fabriqué dans des conditions conformes.
Enregistrement insuffisant des mesures effectuées sur les produits	A défaut d'enregistrer les résultats de certaines analyses microbiologiques effectuées sur un lot de produit, il serait impossible de savoir s'il est conforme aux exigences sanitaires ou non.
Enregistrement insuffisant de données sur les événements liés au process	L'absence de suivi d'événements exceptionnels, comme les arrêts et les pannes, rend difficile l'identification a posteriori des causes d'un problème constaté sur les produits.

Tableau 5.6 - Goulets d'étranglement définis par Koenderink et Hulzebos [Koenderink et Hulzebos, 2006]

La principale remarque que nous pouvons émettre à propos de cette approche est l'absence d'indicateurs précis permettant de quantifier concrètement les contre-performances engendrées par les goulets d'étranglement identifiés.

5.1.5. L'approche de Lecomte et al. [Lecomte et al., 2006] : Diagnostic statique versus diagnostic dynamique

Dans un ouvrage consacré à la traçabilité des produits alimentaires, Lecomte et al. [Lecomte et al., 2006] proposent une méthodologie de diagnostic composée de deux phases. Une phase statique visant à comprendre le fonctionnement du ST et une phase dynamique qui consiste à mettre le ST à l'épreuve en effectuant des tests de traçabilité. A noter que cette approche a été appliquée sur plusieurs cas d'études dans des PME agroalimentaires. Chaque diagnostic dure une journée environ.

A. La phase statique

Cette phase a pour objectif d'identifier et de recenser les opérations de base du ST et de comprendre la manière avec laquelle elles sont gérées. Le modèle de Fabbe-Costes et Lemaire (Cf. § 4.1.5) leur a servi de trame de diagnostic. Concrètement, cela consiste à suivre le processus de fabrication en collectant toute information relative à l'identification des produits et l'enregistrement des données de traçabilité.

B. La phase dynamique

Cette phase vise à tester la capacité du ST à restituer en un temps raisonnable des informations portant sur la traçabilité ascendante et descendante des produits. En simulant, par exemple, une réclamation client ou une situation de rappel, les liens entre les matières premières, les produits semi- finis et les produits finis sont *activés*. Les auteurs proposent un ensemble d'indicateurs de performance qu'ils ont empruntés à GSI [Gencod, 2001]. Il s'agit en l'occurrence de la fiabilité, la rapidité, la précision et de la cohérence. Nous reviendrons sur leurs significations dans la seconde partie de cette section.

L'approche proposée par Lecomte et al. est intéressante notamment parce qu'elle a été testée sur le terrain. Sa principale limite, à notre sens, concerne l'absence d'un cadre précis de quantification des indicateurs de performances évoqués.

5.1.6. Approche de Bertolini et al. [Bertolini et al., 2006] : L'AMDEC appliquée au ST

A travers un article publié dans la revue *Food Control*, Bertolini et al. [Bertolini et al., 2006] proposent d'appliquer la méthode AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et leurs Criticités) à un process alimentaire afin d'y détecter des points critiques susceptibles d'entraver le bon fonctionnement de son système de traçabilité et de proposer des mesures d'amélioration. L'AMDEC, est une méthode basée sur une approche *bottom-up*, consistant à décomposer le système ou l'objet étudié afin de détecter ses défaillances potentielles et en analyser les modes et les impacts.

Pour évaluer la performance du ST, les auteurs ont défini deux indicateurs. Le premier est l'*efficacité* qu'ils décrivent comme la capacité du système à collecter les informations nécessaires. Le deuxième indicateur est l'*efficacité* qui traduit l'aptitude à restituer rapidement et à utiliser les informations collectées. Il est donc considéré comme défaillance, tout élément du processus de fabrication pouvant avoir un impact négatif sur ces deux indicateurs. La mise en œuvre de cette méthode se déroule en deux phases consistant, respectivement, à identifier les principales causes de perte d'efficacité et d'efficacité du ST puis d'évaluer leur criticité. Celle-ci étant la combinaison de la fréquence d'une défaillance et de sa gravité. Comme le stipule l'AMDEC, qui est une méthode de travail en groupe, l'évaluation est confiée à un panel d'experts (scientifiques, responsables de production, responsables de la qualité...) afin de réduire les biais dus aux opinions individuelles.

Afin d'appliquer leur approche à un processus de fabrication de pâtes alimentaires, les auteurs ont introduit les notions de *zone (area)* et de *barrière (barrier)*. Une zone est un endroit où une matière première subit une opération donnée tandis qu'une barrière se réfère à l'endroit où un produit quitte l'usine. C'est au niveau de ces endroits que les données de traçabilité sont enregistrées. En fonction des défaillances qu'ils comportent, les zones et barrières analysées se sont vues attribuer quatre niveaux de criticité qui sont : *inacceptable*,

indésirable, acceptable avec révision et acceptable sans révision. Sur cette base, des mesures d'amélioration sont proposées.

Le principal point fort de l'approche proposée par ces auteurs réside, à notre avis, dans le fait qu'elle est basée sur l'AMDEC qui est une méthode rigoureuse et reconnue aussi bien dans le milieu industriel qu'au niveau de la communauté scientifique. En revanche, nous pensons que les deux indicateurs (efficacité et efficience) sur lesquels ils se sont appuyés sont trop généraux et insuffisants pour cerner toutes les facettes de la performance d'un système de traçabilité. Sur le plan pratique, cette démarche pourrait être assez fastidieuse à mettre en place pour des petites PME (donc pour la majorité des entreprises agroalimentaires) qui ne peuvent pas se permettre de faire appel, à chaque fois, à un panel d'experts composés, entre autres, de scientifiques pour s'assurer d'avoir une évaluation suffisamment objective. Un autre point qui mérite d'être signalé est lié au fait que la démarche de Bertolini et al. n'est pas appliquée directement au ST, mais au processus de production dans lequel il est implanté, ce qui s'est traduit notamment par la distinction que les auteurs ont faite entre les zones et les barrières. Par conséquent, certaines défaillances du ST risquent de passer inaperçues. Nous pensons particulièrement aux ruptures de traçabilité (Cf. Chapitre III - § 2.2.2) qui empêchent de remonter ou de descendre l'historique d'un produit en raison de l'absence de liens entre les données relatives aux différentes phases de son cycle de vie. Ainsi, l'application de cette approche sur différents ateliers (zones) de l'usine peut révéler une efficacité maximale (toutes les données sont saisies), mais cela n'est pas le gage d'une traçabilité performante si le système de traçabilité est incapable de relier ces données les unes aux autres.

5.2. Critères de performance des systèmes de traçabilité

En complément aux démarches de diagnostic exposées ci-dessus, nous avons fait une compilation des indicateurs de performance des ST qui sont proposés à travers la littérature. Comme le montre le Tableau 5.7, pour chaque critère, nous montrons la définition et la référence dont il est issu.

Références	Critères	Signification et/ou commentaires
[Golan et al., 2004b]	Largeur (<i>Breadth</i>)	Décrit la quantité des informations de traçabilité que le système enregistre.
	Profondeur (<i>Depth</i>)	Elle renseigne sur le niveau auquel le ST peut arriver lors d'une recherche de traçabilité ascendante ou descendante. Autrement dit, le périmètre qu'il peut ratisser.
	Precision	Reflète le degré d'assurance avec laquelle le ST peut pointer les mouvements ou les caractéristiques d'un produit alimentaire particulier.
[Bertolini et al., 2006]	Efficacité	L'aptitude à collecter les informations nécessaires.
	Efficience	L'aptitude à restituer et réutiliser les informations.
[Gencod, 2001]	Fiabilité	Décrit la confiance que l'on peut avoir dans les résultats d'une recherche d'information ou de produit
	Rapidité	Elle est évaluée par le chronométrage d'une recherche d'information, en comparaison avec une durée de référence. Sa mesure s'estime comparativement aux besoins formulés.
	Précision	Mesure la maille de suivi des produits (...) et peut être appréhendée par l'analyse de la constitution des liens entre les flux physiques et les informations les concernant.
	Cohérence	Ce critère s'apprécie en fonction de l'adéquation du ST au contexte et aux besoins de l'entreprise ainsi qu'aux ST de ses partenaires amont et aval.
[Bendaoud, 2003]	Souplesse	C'est la capacité du ST à s'adapter à de nouveaux contextes (exemple : élargissement de la gamme de produits), et à retrouver l'information de différentes manières
	Efficacité	Ce critère est inversement proportionnel au niveau de risques et points critiques au sens de [Gencod, 2001], à savoir : Rupture de traçabilité, perte de l'information et informations erronées.

Références	Critères	Signification et/ou commentaires
	Concision	C'est un paramètre qui traduit la finesse du ST. Elle dépend notamment de la taille des identifiants utilisés et de la redondance dans l'acquisition et l'enregistrement des données.
[Dupuy, 2004]	Dispersion physique des lots	Tout au long de la chaîne logistique et des processus de fabrication, différentes opérations peuvent provoquer la dispersion physique des lots (...). Plus la dispersion est élevée, moins le système de traçabilité est performant dans le rappel des produits.
	Dispersion de l'information	C'est quand l'information enregistrée dans le système n'est pas cohérente avec la réalité physique de composition des lots. (NB : A ne pas confondre avec la dispersion des lots)
	Fiabilité du système de traçabilité	Mesure le taux de véracité des informations enregistrées et restituées par le système
	Nombre d'articles tracés	Cet indicateur mesure le périmètre couvert par les systèmes de traçabilité.
	Rapidité à retrouver les lots correspondant à une requête	Le temps de réponse à une requête peut varier de quelques secondes de recherche dans la base de données à plusieurs jours de lecture et de recoupement des feuilles d'enregistrement des lots.
[Töyrylä, 1999]	Complétude (<i>Comprehensiveness</i>)	Mesure l'exhaustivité des données restituées par le ST.
	Justesse (<i>Accuracy</i>)	L'exactitude des données. C'est à dire leur capacité à traduire la réalité.
	Temps d'accès (<i>Timeliness</i>)	Traduit le temps d'accès aux données. C'est l'équivalent du critère « rapidité » de GS1 [Gencod, 2001].
	Facilité de disponibilité (<i>Easy availability</i>)	La facilité d'accéder aux données qui est inversement proportionnelle à l'effort nécessaire pour trouver l'information recherchée.
	Sécurité	Ce critère est intéressant dans le cas des ST inter- entreprises où l'accès aux données doit être protégé par des droits d'accès.
[Moe, 1998]	Etendue (<i>Extent</i>)	Traduit l'ampleur ou l'étendue du ST qui est appréciée en fonction du nombre d'attributs et sous attributs tracés (voir le modèle de Moe décrit dans la section précédente).
[McGrann et Wiseman, 2001]	Exactitude de l'information	D'après McGrann et Wiseman [McGrann et Wiseman, 2001], ces critères traduisent des exigences que doit satisfaire un ST de traçabilité des animaux dans l'Union Européenne.
	Exhaustivité de l'information	
	Utilisation des normes	
	Rapidité des réponses	
[Sahin et al., 2002]	Niveau de détail de l'information de traçabilité	Ces deux critères ont été proposés dans le cadre d'une étude se focalisant sur l'utilisation de la technologie RFID dans le domaine de la traçabilité.
	Niveau d'automatisation de l'identification et de collecte des données	

Tableau 5.7- Quelques critères de performance du ST définis dans la littérature

A travers ce tour d'horizon, nous avons exposé environ une trentaine de critères de performance des ST qui sont les plus cités dans la littérature. Suite à leur analyse, nous avons relevé deux constats principaux. Le premier concerne l'expression de certains critères qui nous semble assez vague à l'image de l'*efficacité* [Bertolini et al., 2006] ou de *la dispersion de l'information* [Dupuy, 2004]. Le deuxième constat est l'absence

d'un cadre ou contexte précis permettant l'évaluation et la quantification de ces indicateurs proposés, ce qui les rend très subjectifs et sujets à interprétation.

6. Synthèse et conclusion

Au cours de ce chapitre, nous avons effectué un état de l'art visant à rendre compte de la manière dont les ST sont représentés et leur performance évaluée. Pour délimiter le périmètre de cet état de l'art, nous avons commencé par faire un rappel des questions sous-jacentes à notre problématique de recherche (Section 2). Ensuite, afin de donner au lecteur une idée approximative sur la nature et les aspects couverts par la littérature disponible dans le domaine de la traçabilité, nous avons essayé, dans la deuxième section, de présenter une cartographie des références que nous avons consultées. Ainsi, en fonction du type de publication, nous avons constaté qu'environ 60% des références sont constituées d'articles publiés dans des conférences ou dans des revues à comité de lecture (Cf. Figure 5.1). Sur le plan du contenu, la Figure 5.2 montre une prédominance des publications d'ordre général (30%) et celles qui portent sur les outils de traçabilité (27%).

Dans la troisième section de ce chapitre, nous avons essayé de mettre en évidence la diversité des définitions que les auteurs associent au concept de la traçabilité en montrant que celles-ci diffèrent en fonction de trois éléments. Le premier est la source de la définition (normes, presse professionnelle...). Le deuxième correspond aux missions ou finalités assignées à la traçabilité (sécurité alimentaire, logistique...) et le troisième élément porte sur les spécificités des filières où la traçabilité est mise en œuvre (filières animales, filières végétales...).

Au niveau de la quatrième section, nous avons voulu donner une image sur la manière dont les ST sont appréhendés à travers la littérature. Pour ce faire, nous avons fait le choix de distinguer les **représentations**, qui correspondent à des descriptions très simples faites souvent en langage naturel et des **modèles** qui sont plus structurés et s'appuient sur un formalisme de représentation donné. Parmi les différentes représentations que nous avons rencontrées à travers la revue de la littérature, nous en avons retenu sept qui nous semblent relativement pertinentes et qui reflètent bien l'état de l'art en la matière. Chacune de ces représentations a été décrite puis commentée. La deuxième partie de cette section a eu pour but de présenter et étudier quelques modèles destinés à décrire la structure et/ou le fonctionnement des ST. Pour en faire une analyse critique, nous nous sommes appuyés sur quatre critères (clarté, compétence, granularité et flexibilité) que nous avons empruntés au domaine d'évaluation des ontologies. Trois des sept modèles retenus ont pour point commun d'être des modèles de données (*data models*). Pour conclure cette section, nous les avons soumis à huit autres critères d'évaluation dédiés à ce type de modèles (Cf. Tableau 5.4). Ce que nous pouvons retenir de cette première partie de l'état de l'art est que, de par les lacunes que nous avons signalées, les éléments fournis dans la littérature ne permettent pas de rendre compte d'une manière précise et exhaustive des fonctions et de la structure d'un ST. Quand ils sont explicitement évoqués, les seuls bénéficiaires des ST qui sont mis en avant sont les entreprises propriétaires et parfois le consommateur, ce qui est très réducteur comme nous le verrons dans le septième chapitre.

La cinquième section de ce chapitre a été consacrée à la deuxième composante de notre problématique qui concerne l'évaluation de la performance des ST. Là également, nous avons procédé en deux étapes consistant, respectivement, à étudier quelques approches de diagnostic des ST et à lister des critères de performance relevés suite à la revue de la littérature. Ainsi nous avons commencé par passer en revue une demi-dizaine d'approches plus ou moins structurées à travers lesquelles leurs auteurs tentent d'appréhender certains aspects, voire l'intégralité, de la performance des ST. La présentation de chacune de ces approches est suivie par un ou plusieurs commentaires visant à mettre en évidence leurs points forts et/ou leurs points faibles. Dans la deuxième partie de cette section, nous avons listé à peu près une trentaine de critères (Cf. Tableau 5.7) destinés à évaluer la performance des ST. Si la littérature fait état d'un certain nombre de tentatives de formalisation d'approches de diagnostic, celles-ci sont très génériques et ne répondent pas aux critères de la rigueur scientifique. Par ailleurs, les indicateurs de performance proposés sont souvent vagues et dépourvus de cadres de quantification objectifs et précis.

Sur la base de nos questions de recherche et compte tenu de l'insuffisance des réponses proposées dans la littérature, nous allons consacrer le prochain à la description de la démarche que nous avons adoptée dans le cadre de ce travail de recherche-action.

CHAPITRE SIXIEME

Démarche Suivie : Orientations de la thèse et Plan d'Action

Qu'importe que nous empruntions des itinéraires différents pourvu que nous arrivions au même but.

Gandhi

Suite à la formalisation de notre problématique de recherche au niveau du quatrième chapitre, un état de l'art ciblé a fait l'objet du chapitre précédent dans le but de se faire une idée sur la manière dont les questions sous-jacentes ont été appréhendées dans la littérature. A la conclusion de ce chapitre, nous avons confirmé le caractère insuffisant des modèles et approches proposés. Le présent chapitre a donc pour objectif de présenter la démarche que nous nous sommes définie dans la perspective d'apporter des éléments de réponse à ces questions. Ainsi, après avoir commencé par un petit rappel de ladite problématique (Section 1), nous décrivons les différentes étapes dont elle est composée (Section 2).

1. Rappel de la problématique de recherche

Nous avons commencé ce mémoire (Cf. Chapitre I) par une présentation générale de la thématique de la traçabilité des produits tout en nous focalisant sur le secteur agroalimentaire. Dans ce cadre, nous avons pointé un ensemble de caractéristiques et de considérations justifiant l'importance de la traçabilité pour les entreprises de ce secteur. Nous avons mis l'accent notamment sur son rôle de garant d'un ensemble d'attributs dits de confiance. C'est à dire des propriétés intrinsèques à certains produits dont la présence est difficile, voire impossible, à prouver sans remonter la chaîne de traçabilité (ex. produits AOC). Nous avons évoqué également les crises alimentaires que subit ce secteur de plein fouet et qui ont des conséquences parfois catastrophiques en termes de santé publique et en termes socio-économiques. L'une des plus médiatisées ces dernières années est la crise de l'ESB, connue sous le nom de la *maladie de la vache folle*, qui était à l'origine de la montée en puissance et d'une certaine *démocratisation* du concept de la traçabilité. En effet, l'un des moyens dont disposent les entreprises et les autorités pour faire face à ce type de crises, est de retirer du marché les denrées susceptibles de nuire à la santé des consommateurs. Pour y arriver, il faut d'abord être capable d'identifier l'ensemble des produits concernés et surtout de pouvoir déterminer leur localisation sur la chaîne logistique, d'où le rôle de la traçabilité. A l'échelle de l'Union Européenne, la mise en place de systèmes de traçabilité a longtemps relevé de démarches volontaristes de la part des entreprises opérant dans le secteur agroalimentaire. Mais, depuis le premier janvier 2005, la donne a changé. Conformément au règlement CE 178/2002, la traçabilité est devenue obligatoire pour tous les opérateurs intervenant dans la production, la transformation ou la commercialisation de denrées alimentaires. Dans le même contexte, les distributeurs ont renforcé, à leur tour, leurs exigences en matière de traçabilité vis-à-vis de leurs fournisseurs, ce qui s'est traduit notamment par l'émergence de standards de type IFS et BRC. Ainsi, les entreprises agroalimentaires, dont la plupart sont des PME, se sont trouvées face à une double contrainte qu'elles doivent satisfaire en se dotant de systèmes de traçabilité efficaces. Or, de par le retard enregistré par la communauté scientifique dans ce domaine, il ne leur est pas facile de s'y retrouver faute d'outils méthodologiques pertinents.

C'est dans un tel contexte que la société Arrivé, le partenaire industriel de cette thèse, a souhaité évaluer la performance de son système de traçabilité et le mettre à niveau afin de répondre pleinement aux exigences évoquées ci-dessus. Dans ce cadre, le besoin initial qui nous a été soumis se limitait à effectuer un diagnostic approfondi de son système de traçabilité afin de mettre en évidence ses points de vulnérabilité puis à proposer des mesures d'amélioration permettant d'y remédier. Mais suite à une analyse critique du terrain, dont les résultats sont rapportés dans le chapitre III, d'autres éléments ont été mis en évidence et sont donc venus s'ajouter au besoin initial de la société Arrivé qui consiste désormais à :

- ❑ Effectuer un diagnostic approfondi du système de traçabilité afin de mettre en évidence ses points de vulnérabilité et proposer des mesures d'amélioration permettant d'y remédier.
- ❑ Mettre en place un tableau de bord composé d'indicateurs pertinents pour suivre et piloter la performance du système de traçabilité.
- ❑ Développer un outil informatique permettant de restituer les données de traçabilité d'une façon plus pratique, plus conviviale, plus exhaustive et plus rapide.

Dans le quatrième chapitre, chacune des composantes de ce besoin opérationnel a été finement analysée pour aboutir à une problématique de recherche présentant un intérêt aussi bien pour les entreprises que pour la communauté scientifique. Cette problématique est conçue autour des quatre questions de recherche que nous avons présentées précédemment (Cf. Chapitre IV – Section 2).

Le cinquième chapitre a été consacré à faire un état de l'art dont l'objectif est d'étudier de quelle façon les références bibliographiques disponibles appréhendent notre problématique. La conclusion générale que nous

en avons tirée peut se résumer en l'existence d'un ensemble de modèles, d'approches de diagnostic et de critères de performances des systèmes de traçabilité mais qui présentent de nombreuses lacunes qui en limitent l'exploitation.

Maintenant que nous avons fait un rappel de notre problématique de recherche, nous allons consacrer la prochaine section à présenter la feuille de route que nous avons suivie pour y répondre.

2. Démarche adoptée

Avant de présenter chacune des étapes de notre démarche et d'en expliquer le contenu, précisons un point important. Au cours du premier chapitre, nous avons montré la distinction entre la traçabilité interne et la traçabilité externe ou inter-entreprises (Cf. Chapitre I - § 2.2.2). La première concerne le suivi des produits au sein d'une entreprise donnée de la chaîne logistique, c'est-à-dire entre la réception des intrants (ex. matières premières) et l'expédition des sortants (ex. produits finis). La seconde porte sur la mutualisation des données de traçabilité entre plusieurs partenaires d'une chaîne logistique. Cela passe généralement par la mise en place d'une base de données centralisée accessible via un portail Internet et alimentée à partir des systèmes de traçabilité internes des entreprises impliquées. De par notre terrain de recherche, qui est une entreprise particulière et non pas une chaîne logistique, **nous nous focalisons implicitement sur les systèmes de traçabilité interne** même si la plupart des résultats de cette thèse sont aussi valables pour des systèmes de traçabilité inter-entreprises. Par ailleurs, le fait de privilégier la traçabilité interne se justifie par plusieurs autres considérations :

- ❑ De par la réglementation, la mise en place d'un ST interne est une obligation qui s'impose à l'ensemble des opérateurs des filières agroalimentaires.
- ❑ La traçabilité interne constitue un pré-requis sans lequel les acteurs d'une chaîne logistique ou d'une filière ne pourront pas disposer d'un ST inter-entreprises. En effet, ce dernier n'est autre qu'un système d'information consistant en la mise en réseau des données acquises et archivées à l'aide des ST internes respectifs pour les entreprises concernées.
- ❑ La mise en place et la maîtrise d'un ST interne est beaucoup plus complexe. En effet, à la différence d'un ST inter-entreprises, il ne s'agit pas d'un simple partage de données existantes mais il comporte un ensemble de fonctions permettant, entre autres, d'acquérir ces données, de les structurer et de les mémoriser. D'un autre côté, compte tenu de leur caractère communautaire, les (types de) données gérées par un ST inter-entreprises sont moins nombreuses. Il s'agit généralement des identifiants des lots de produits échangés, de leurs origines/destinations, de leurs quantités et des dates de transactions. Dans le cadre d'un ST interne, il y a beaucoup d'autres données privées à manipuler en plus de celles qui sont communicables à des tiers.

Pour répondre aux questions de recherche listées ci-dessus, nous avons adopté une démarche inspirée de [Allard-Poesi et Maréchal, 1999] composée de plusieurs étapes interdépendantes. Au terme de chaque étape, un ensemble de résultats théoriques, méthodologiques et/ou empiriques sont développés. Chaque étape peut être conçue comme un processus transformant des éléments entrants en éléments sortants (ou livrables) comme l'illustre la Figure 6.1.

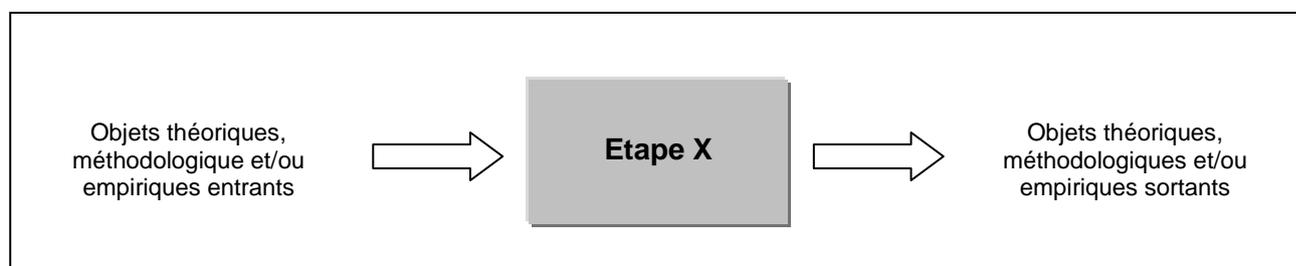


Figure 6.1 - Schéma représentant une étape type de la démarche

La valeur ajoutée de notre travail se situe donc au niveau du processus de *transformation* représentée par la boîte noire. Ce processus est composé d'actions telles que l'analyse, la synthèse, la modélisation, etc.

L'interdépendance entre les différentes étapes est liée au fait que les sortants d'une étape sont repris par d'autres étapes pour les traiter et les *transformer* en d'autres livrables.

Comme nous l'avons schématisé à travers la Figure 6.2, la démarche que nous avons suivie comporte six étapes principales que nous allons décrire dans les paragraphes suivants en précisant les objectifs, les éléments entrants, les éléments sortants (résultats) ainsi que les outils méthodologiques, théoriques et informatiques mobilisés. Nous allons aussi faire le lien avec les quatre questions de recherche en pointant les éléments de réponses apportées à l'issue de chaque étape.

2.1. Exploration du sujet : Etat des lieux et état de l'art

Cette étape, dont les résultats ont été restitués au cours des premiers chapitres, a pour objectif de comprendre finement le contexte dans lequel notre travail de thèse se déroule. Ainsi, le premier chapitre a été consacré à présenter la thématique de la traçabilité sous différents angles de vue en mettant l'accent sur son importance pour les entreprises du secteur agroalimentaire. Dans le deuxième chapitre, nous avons présenté la société Arrivé, qui constitue notre terrain de recherche, et décrit d'une manière factuelle les différentes dimensions de son ST. Au cours du chapitre suivant, nous avons apporté un regard critique sur ce système en mettant en évidence ses points forts et ses points faibles ce qui nous a permis de cerner précisément les besoins opérationnels de l'entreprise.

Ce travail exploratoire a débouché sur la formulation de la problématique de recherche présentée au niveau du quatrième chapitre.

2.2. Analyse fonctionnelle du besoin et spécification fonctionnelle d'un ST

Cette étape consiste à appliquer certains principes de l'analyse fonctionnelle du besoin à un système de traçabilité de produits alimentaires. L'analyse fonctionnelle du besoin, appelée aussi analyse fonctionnelle externe, est une démarche rationnelle très pertinente pour la définition et la caractérisation des attentes auxquelles doit répondre le système ou l'objet étudié. Selon Yannou [Yannou, 1998], elle permet d'identifier et de caractériser les fonctions de service d'un produit/système, c'est-à-dire *les fonctions attendues d'un produit (ou réalisées par lui) pour répondre à des éléments du besoin d'un utilisateur donné*. Le Tableau 6.1 présente davantage d'éléments descriptifs de cette deuxième étape de notre démarche.

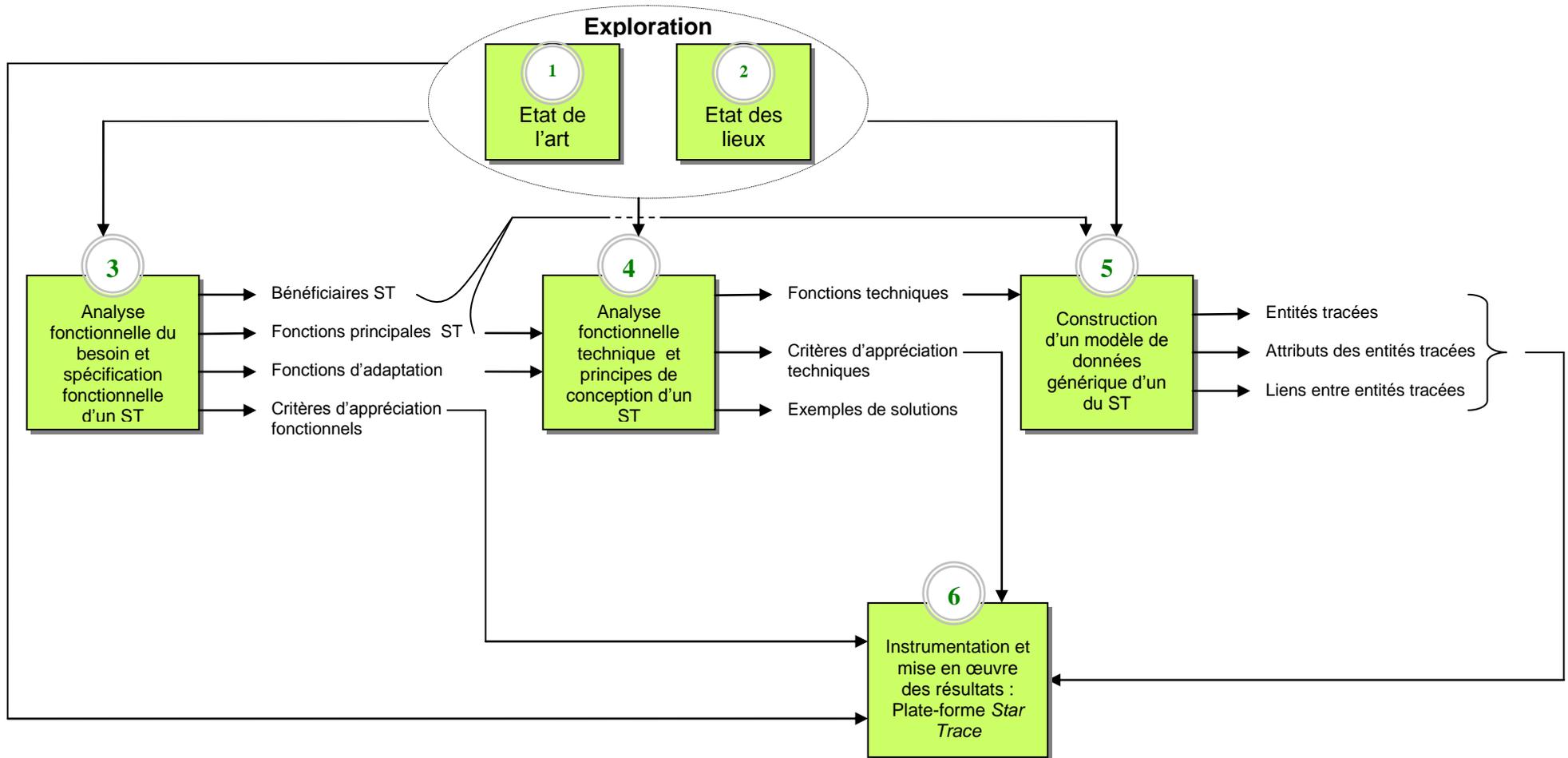


Figure 6.2 - Schéma illustrant les principales étapes de la démarche adoptée

Objet entrants	Outils mobilisés	Objets sortants
<ul style="list-style-type: none"> ❑ Textes réglementaires en matière de traçabilité ❑ Normes et standards en matière de traçabilité ❑ Références bibliographiques portant sur la traçabilité ❑ Résultats de l'exploration du terrain de recherche 	<ul style="list-style-type: none"> ❑ Méthode des <i>milieux extérieurs</i> [Yannou, 1998; Bretesche, 2000] pour circonscrire le ST et identifier ses milieux environnants ❑ Diagramme <i>pieuvre</i> de APTE® [Bretesche, 2000] pour schématiser les interactions du ST avec ses milieux extérieurs ❑ Le dictionnaire <i>Trésor de la Langue Française (TLF)</i> pour le choix de termes précis à utiliser pour la définition des critères d'appréciation des fonctions de service du ST ❑ Concepts liés à la <i>dispersion de lots</i> [Dupuy, 2004; Dupuy et al., 2005] évoqués dans le chapitre précédent ❑ Méthodes de <i>comparaisons par paires</i> pour agréger les paramètres utilisés dans les cadres de mesures de certains critères d'appréciation ❑ Principe d'<i>induction</i> qui consiste à élaborer des lois générales à partir des faits constatés sur le terrain ❑ <i>Etudes de cas</i> pour tester et illustrer les modèles et outils proposés 	<ul style="list-style-type: none"> ❑ Circonscription du ST et identification de ses milieux environnants ❑ Identification des bénéficiaires du ST ❑ Identification des fonctions de service du ST ❑ Définition des critères d'appréciation des fonctions de service ainsi que les cadres de mesure correspondants

Tableau 6.1 - Caractérisation de la troisième étape de notre approche sur l'analyse fonctionnelle du besoin

Une synthèse des résultats de cette étape a fait l'objet d'un article publié dans les actes de la conférence ICED 2007 *International Conference on Engineering Design* (voir [Bendaoud et al., 2007a]). De par leur nature, les résultats issus de cette étape sont destinés principalement à répondre aux deux premières questions de recherche.

2.3. Analyse fonctionnelle technique et principes de conception d'un ST

A travers l'étape précédente le ST est appréhendé comme une boîte noire dans la mesure où nous nous intéressons uniquement à ce qu'il fait (*Quoi*) et non pas à *comment il le fait*. Au cours de la présente étape, nous pénétrons dans cette boîte noire pour décrire et analyser son fonctionnement interne. Pour ce faire, nous employons une autre méthode, largement utilisée dans le domaine de la conception, qui est l'*analyse fonctionnelle technique*. Le but étant de définir et caractériser les fonctions techniques qu'un ST doit pouvoir réaliser afin de répondre aux besoins de ses bénéficiaires et des fonctions de service énoncées. Une fonction technique est définie, selon la norme NF X50-150, comme *étant l'action interne au produit (entre ses constituants) définie par le concepteur réalisateur, dans le cadre d'une solution, pour assurer les fonctions de service*. Le Tableau 6.2 présente les entrants, et sortants de cette étape ainsi que les principaux outils qui y sont mobilisés.

Objet entrants	Outils mobilisés	Objets sortants
<ul style="list-style-type: none"> ❑ Fonctions de service du ST issues de l'étape précédente ❑ Références bibliographiques portant sur la traçabilité ❑ Résultats de l'exploration du terrain de recherche 	<ul style="list-style-type: none"> ❑ Méthode FAST (<i>Function Analysis System Technique</i>) qui permet de passer des fonctions de service aux fonctions techniques ❑ Principe d'<i>induction</i> qui consiste à élaborer des lois générales à partir des faits constatés sur le terrain ❑ Théorie des ensembles ❑ Théorie de communication de Losee [Losee, 1999] ❑ Modèles de qualité des données développés par des chercheurs comme [Wang et Strong, 1996] et [Ballou et al., 1998] ❑ <i>Etudes de cas</i> pour tester et illustrer les modèles et outils proposés 	<ul style="list-style-type: none"> ❑ Définition des fonctions techniques du ST ❑ Définition des critères d'appréciation des fonctions techniques du ST ainsi que de leurs cadres d'évaluation

Tableau 6.2 - Caractérisation de la quatrième étape de notre approche sur l'analyse fonctionnelle technique

Comme on peut le constater à travers ses sortants, cette quatrième étape de notre approche vise particulièrement à apporter des éléments de réponse à la troisième question de recherche, à savoir : *Sur un plan technique, comment un système de traçabilité de produits fonctionne-t-il ? Et comment évaluer la pertinence des solutions mises en place dans le cadre de son fonctionnement ?*

2.4. Proposition d'un modèle de données générique d'un ST

Comme le montre le Tableau 6.2, l'étape précédente débouche sur la définition d'un ensemble de fonctions techniques dont la plupart, nous le verrons au chapitre VIII, portent sur la manipulation des données de traçabilité. Au cours de cette cinquième étape, l'accent est mis, justement, sur ces données afin d'en étudier la nature et la structure. L'objectif étant de construire un modèle de données (*data model*) générique qui peut servir de base pour la conception et la mise en place d'un système d'information dédié à la traçabilité. Le Tableau 6.3 présente d'autres éléments décrivant cette étape.

Objet entrants	Outils mobilisés	Objets sortants
<ul style="list-style-type: none"> ❑ Fonctions de service du ST ❑ Fonctions techniques du ST ❑ Références bibliographiques portant sur la traçabilité ❑ Références bibliographiques portant sur les systèmes d'informations ❑ Résultats de l'exploration du terrain de recherche 	<ul style="list-style-type: none"> ❑ Langage de modélisation UML (<i>Unified Modeling Language</i>) ❑ Logiciel de modélisation <i>PowerAMC</i> ❑ Principe d'<i>induction</i> qui consiste à élaborer des lois générales à partir des faits constatés sur le terrain ❑ Le concept des <i>Unités de Ressources Traceables</i> (TRU) proposé par [Kim, 1999] ❑ <i>Etudes de cas</i> pour tester et illustrer les modèles et outils proposés 	<p>Modèle conceptuel décrivant la nature, la structure et les liens entre les données qu'un ST doit pouvoir gérer</p>

Tableau 6.3 - Caractérisation de la cinquième étape de notre approche de proposition d'un modèle de données générique d'un ST

Le modèle de données construit à l'issue de cette étape constitue la réponse que nous apportons à notre quatrième et dernière question de recherche : *Dans un contexte de production alimentaire, quelle est la*

nature des données à gérer dans le cadre d'un système de traçabilité et comment ces données sont-elles reliées les unes aux autres ?

2.5. Instrumentation et mise en œuvre des résultats : La plate-forme *Star Trace*

Le travail effectué dans cette étape consiste à développer, à partir des résultats des étapes précédentes, une plate-forme informatique, appelée *Star Trace*, destinée à la gestion des données de traçabilité et au pilotage de la performance du ST. Très brièvement, nous partons du modèle conceptuel de données évoqué lors de l'étape précédente pour construire une base de données de traçabilité consultable via un portail de type Internet. En plus de servir à la restitution des données de traçabilité, cette plate-forme comporte aussi d'autres modules servant notamment à suivre l'évolution d'un ensemble d'indicateurs de performance du ST. A l'instar des autres étapes, nous présentons dans le Tableau 6.4 les entrants, sortants de cette étape et les outils que nous avons employés à cet effet.

Objet entrants	Outils mobilisés	Objets sortants
<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Critères d'appréciation des fonctions de service du ST <input type="checkbox"/> Critères d'appréciation des fonctions techniques du ST <input type="checkbox"/> Références bibliographiques portant sur la conception des bases de données et des applications informatiques <input type="checkbox"/> Le modèle conceptuel de données issu de la cinquième étape 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Logiciel de modélisation <i>PowerAMC</i> (pour concevoir le schéma de la base de données) <input type="checkbox"/> Langage de manipulation des bases de données : SQL <input type="checkbox"/> Langages de programmation web : HTML, JavaScript et PHP <input type="checkbox"/> <i>Etude de cas</i> (prototype) pour tester les fonctionnalités de l'application 	<p>Une plate-forme informatique pour la gestion des données de traçabilité et le pilotage de la performance du ST</p>

Tableau 6.4 - Caractérisation de la sixième étape de notre approche portant sur la plate-forme *Star Trace*

Cette plate-forme que nous avons conçue et développée personnellement a été validée sur le plan fonctionnel ainsi que sur le plan technique par les acteurs concernés au sein de la société Arrivé. Sa mise en place est planifiée pour le deuxième semestre de l'année 2008. Nous évoquons dans le neuvième chapitre les apports attendus de cette plate-forme pour la société Arrivé en comparaison avec l'existant.

3. Synthèse et conclusion

Le présent chapitre a pour objectif de présenter le plan d'action que nous avons suivi en vue de fournir des éléments de réponse aux questions de recherche formulées dans le cadre de notre problématique. Dans la première section, nous avons rappelé le contexte général qui a fait émerger cette problématique ainsi que les questions de recherche correspondantes. Dans la seconde section, nous avons expliqué la philosophie de notre démarche qui consiste à assimiler chaque étape parcourue à un processus transformant des objets entrants en objets sortants. Par la suite, chaque étape a été décrite en montrant notamment les outils théoriques, méthodologiques et logiciels mobilisés et en faisant le lien avec les questions de recherche.

Dans le prochain chapitre, nous abordons l'étape consacrée à l'analyse fonctionnelle du besoin menant aux spécifications fonctionnelles des systèmes de traçabilité.

CHAPITRE SEPTIEME

Analyse fonctionnelle du besoin et spécification fonctionnelle d'un Système de traçabilité

Du jour où nous oublions que nous fabriquons des objets qui ont une finalité de service, nous faisons une erreur qui peut être mortelle.

François Michelin - Gérant du groupe Michelin de 1955 à 1999

Conformément à la démarche de que nous avons présentée au cours du chapitre précédent, le présent chapitre est consacré à analyser les ST d'un point de vue fonctionnel. Dans ce cadre, nous allons nous intéresser aux services que ces systèmes doivent rendre à leurs bénéficiaires sans nous préoccuper, pour le moment, de la manière dont ces services sont réalisés. Après avoir expliqué succinctement les principes de l'analyse fonctionnelle du besoin, qui est la méthode adoptée (Section 1), nous définissons les principaux concepts manipulés dans ce chapitre (Section 2). Au niveau de la troisième section, nous allons circonscrire le système objet de l'étude (le ST) en identifiant les autres systèmes avec lesquels il est en interaction. La quatrième section porte sur les présentations des (fonctions de) services attendus d'un ST qui sont, ensuite, décrits et caractérisés via des critères d'appréciation au niveau de la sixième et de la septième section. Mais avant cette étape, nous allons faire un aparté consacré à préciser, via un travail sémantique, quelques concepts-clés utilisés tout au long de ce chapitre (Section 5).

1. Présentation de l'approche suivie

A travers ce chapitre, nous allons appliquer quelques principes de l'analyse fonctionnelle du besoin à un système de traçabilité de produits alimentaires. L'objectif étant de circonscrire ce système dans son environnement, d'identifier ses bénéficiaires et de définir et caractériser les services qui leurs sont rendus par ce système ainsi que les contraintes auxquelles il doit répondre. L'**analyse fonctionnelle du besoin** (AFB), appelée aussi analyse fonctionnelle externe, est une démarche rationnelle très pertinente pour la définition et la caractérisation des attentes auxquelles doit répondre le système ou l'objet étudiés. Selon Yannou [Yannou, 1998], elle permet d'identifier et de caractériser les **fonctions de service** d'un produit, c'est-à-dire « *les fonctions attendues d'un produit (ou réalisées par lui) pour répondre à des éléments du besoin d'un utilisateur donné* ». On peut distinguer dans ces fonctions de service des fonctions **principales** et des fonctions d'**adaptation** qui vont être définies au cours de la prochaine section.

La mise en œuvre d'une analyse fonctionnelle du besoin se déroule généralement selon la méthode des **milieux extérieurs** [Yannou, 1998; Bretesche, 2000] qui consiste à délimiter les frontières du système étudié, puis de définir les différents systèmes environnants avec lesquels il entretient des interactions lors des différentes phases de son cycle de vie. Ces interactions ne sont autres que les fonctions principales et les fonctions d'adaptation qu'il faudra identifier, ordonner et caractériser via des **critères d'appréciation**.

En complément d'une connaissance empirique que nous avons développée en contact avec le terrain (principe d'induction), nous allons également nous appuyer sur des références publiées par d'autres auteurs. A titre de rappel, nous reprenons dans le Tableau 7.1, les éléments à travers lesquels nous avons caractérisé ce travail d'analyse fonctionnelle du besoin.

Objet entrants	Outils mobilisés	Objets sortants
<ul style="list-style-type: none"> ❑ Textes réglementaires en matière de traçabilité ❑ Normes et standards en matière de traçabilité ❑ Références bibliographiques portant sur la traçabilité ❑ Résultats de l'exploration du terrain de recherche 	<ul style="list-style-type: none"> ❑ Méthode des <i>milieux extérieurs</i> [Yannou, 1998; Bretesche, 2000] pour circonscrire le ST et identifier ses milieux environnants ❑ Diagramme <i>pieuvre</i> de APTE® [Bretesche, 2000] pour schématiser les interactions du ST avec ses milieux extérieurs ❑ Le dictionnaire <i>Trésor de la Langue Française (TLF)</i> pour le choix de termes précis à utiliser pour la définition des critères d'appréciation des fonctions de service du ST ❑ Concepts liés à la <i>dispersion de lots</i> [Dupuy, 2004; Dupuy et al., 2005] évoqués dans le chapitre précédent ❑ Méthodes de <i>comparaisons par paires</i> pour agréger les paramètres utilisés dans les cadres de mesures de certains critères d'appréciation [Yannou et Limayem, 2002] ❑ Principe d'<i>induction</i> qui consiste à élaborer des lois générales à partir des faits constatés sur le terrain ❑ <i>Etudes de cas</i> pour tester et illustrer les modèles et outils proposés 	<ul style="list-style-type: none"> ❑ Circonscription du ST et identification de ses milieux environnants ❑ Identification des bénéficiaires du ST ❑ Identification des fonctions de service du ST ❑ Définition des critères d'appréciation des fonctions de service ainsi que les cadres de mesure correspondants

Tableau 7.1 - Caractérisation de la démarche suivie dans ce chapitre

Nous obtenons ainsi un cahier des charges fonctionnel élaboré sur la base d'une compilation structurée et rationnelle des savoirs empiriques et théoriques en lien plus ou moins direct avec la traçabilité des produits alimentaires. Ce cahier des charges pourra alors servir de référence et de cadre méthodologique que l'on peut valoriser dans toute démarche allant de la conception à la re-ingénierie d'un ST de denrées alimentaires.

A l'instar de tout artefact, le ST traverse, au cours de son cycle de vie, plusieurs phases allant de la spécification à la destruction en passant par la conception, le développement. Dans le cadre du présent chapitre, il n'est question que de la **phase d'exploitation** au cours de laquelle le ST est valorisé par ses bénéficiaires.

Comme nous l'avons annoncé à l'introduction de ce chapitre, nous consacrons la prochaine section à définir les principaux concepts mobilisés afin de prévenir toute ambiguïté par la suite. Il s'agit aussi bien de concepts relatifs à l'analyse fonctionnelle que de concepts propres à la problématique de traçabilité.

2. Définition des principaux concepts mobilisés

Ce travail consiste à appliquer à la traçabilité, qui est une problématique spécifique à l'agroalimentaire, les principes de l'analyse fonctionnelle qui est une approche très peu répandue dans ce secteur. A ce titre, nous estimons qu'il est intéressant de commencer par définir les concepts fondamentaux utilisés dans ce chapitre afin de fournir des éclaircissements aux lecteurs non habitués à la traçabilité et/ou à l'analyse fonctionnelle. C'est le but du Tableau 7.2 où sont recensées des définitions classiques. Nous verrons par la suite que notre utilisation de l'analyse fonctionnelle a eu pour conséquences de préciser et élargir tout à la fois ces définitions.

Concepts	Définitions
Fonction	Actions d'un produit (ici, le ST) ou de l'un de ses constituants exprimées exclusivement en termes de finalité (Norme NF X50-150).
Fonction de service	Action attendue d'un produit (ou réalisée par lui) pour répondre au besoin d'un utilisateur donné (Norme NF X50-150).
Fonction principale	C'est une fonction de service destinée à satisfaire les besoins de l'utilisateur. Par extension, il ne s'agit pas uniquement de l'utilisateur final mais de tout bénéficiaire du produit durant son cycle de vie.
Fonction d'adaptation	Selon Prudhomme et al. [Prudhomme et al., 2003], c'est une fonction qui <i>reflète les réactions, les résistances ou les adaptations aux éléments de l'environnement extérieur</i> .
Milieu extérieur (ou environnant)	C'est tout système se situant à l'interface de l'objet (ou système) étudié et entretenant des échanges avec lui.
Critère d'appréciation	Caractère retenu pour apprécier la manière dont une fonction est remplie ou une contrainte respectée (Norme NF X50-150).
Traçabilité	La définition la plus répandue est celle des normes ISO 9000 - version 2000 qui définit la traçabilité <i>comme l'aptitude à retrouver l'historique, la mise en œuvre ou l'emplacement de ce qui est examiné</i> .
Traçabilité amont	Par rapport à une entité de référence (un maillon de la chaîne logistique), la traçabilité amont consiste à retrouver l'origine des produits entrants (ex : matières premières, emballages, etc.). Selon GS1 [Gencod, 2001], elle désigne les procédures et outils mis en place pour pouvoir retrouver ce qui est advenu avant que cet acteur devienne responsable légalement ou physiquement des produits.
Traçabilité interne	La traçabilité interne porte sur les attributs et les opérations subies par les objets au sein du maillon en question. Selon GS1 [Gencod, 2001], elle désigne la traçabilité mise en place tout au long de la transformation effectuée par l'acteur sur ses produits. Elle est indépendante des partenaires commerciaux.
Traçabilité aval	Par rapport à une entité de référence (un maillon de la chaîne logistique), la traçabilité aval consiste à déterminer la localisation des produits sortants (ex: produits finis, co- produits, etc.). Selon GS1 [Gencod, 2001], elle désigne les procédures et outils mis en place pour pouvoir retrouver ce qui est advenu après le transfert de propriété ou après le transfert physique des produits de l'acteur vers un tiers.

Tableau 7.2 – Définition des principaux concepts utilisés

Davantage de définitions seront évoquées plus loin dans le cadre de la formalisation des milieux environnants du système de traçabilité.

3. Délimitation du système et identification de ses milieux extérieurs

Après avoir proposé notre propre définition d'un système de traçabilité (§ 3.1), nous identifions les différents milieux environnants avec lesquels il est en interaction (§ 3.2). Parmi ces milieux, certains sont qualifiés de *bénéficiaires* du ST dans la mesure où l'existence de ce système se justifie par les services qu'il leur apporte (§ 3.3).

3.1. Notre définition du système de traçabilité

Toutes les définitions de la traçabilité que nous avons vues au fil de ce mémoire⁶⁷ portent, explicitement ou implicitement, sur le suivi d'un ensemble d'informations caractérisant les objets tracés : attributs qualitatifs, origine, destination, opérations subies, etc. Parmi, les situations où l'entreprise a besoin de ces informations, nous avons évoqué, à plusieurs reprises, des rappels de produits impropres à la consommation. Dans ce type de circonstances, une recherche typique de traçabilité consiste à remonter l'historique du produit en question (traçabilité ascendante) pour déterminer la cause du problème et identifier les autres produits qui seraient concernés, puis de descendre leur historique (traçabilité descendante) pour pouvoir les localiser sur la chaîne alimentaire. En quelque sorte, cela revient à parcourir le **cycle de vie** des produits concernés dans les deux sens. Cette notion de cycle de vie est à prendre au sens large en y intégrant, à la fois, les opérations subies par le produit (transformation, transport, stockage...) et aussi tous les attributs le caractérisant à un moment donné de son existence. Nous pouvons ainsi définir la traçabilité comme étant *l'aptitude à reconstituer, totalement ou partiellement⁶⁸, le cycle de vie de l'objet considéré.*

Nous pouvons ainsi définir un système de traçabilité (ST) comme suit :

Un système de traçabilité est un dispositif dont la finalité est de pouvoir reconstituer totalement ou partiellement le cycle de vie de l'objet considéré.

Comme nous pouvons le constater, cette définition est en accord avec le principe de l'Analyse Fonctionnelle du Besoin dans la mesure où elle ne préfigure d'aucune solution. C'est d'ailleurs pour cette raison que nous n'avons retenu aucune des définitions proposées dans la littérature.

3.2. Milieux environnants du système de traçabilité

Dans le premier chapitre de ce document, nous avons décrit la problématique de la traçabilité dans le secteur agroalimentaire de plusieurs points de vue en mettant en évidence les principales caractéristiques de ce secteur. Sur cette base, et conformément à la méthode des milieux extérieurs, nous pouvons identifier, à travers la Figure 7.1, un ensemble de « systèmes » avec lesquels le ST d'une entreprise donnée est interfacé et qui constitue, au sens de l'AFB, ses **milieux environnants**. La nature des interactions qu'il entretient avec eux sera développée plus tard (Cf. Section 4) à travers la définition des fonctions principales et des fonctions d'adaptation du ST.

⁶⁷ Voir notamment le Tableau 5.2

⁶⁸ Selon le type et quantité d'informations recherchées, la reconstitution du cycle de vie du produit peut être totale ou partielle.

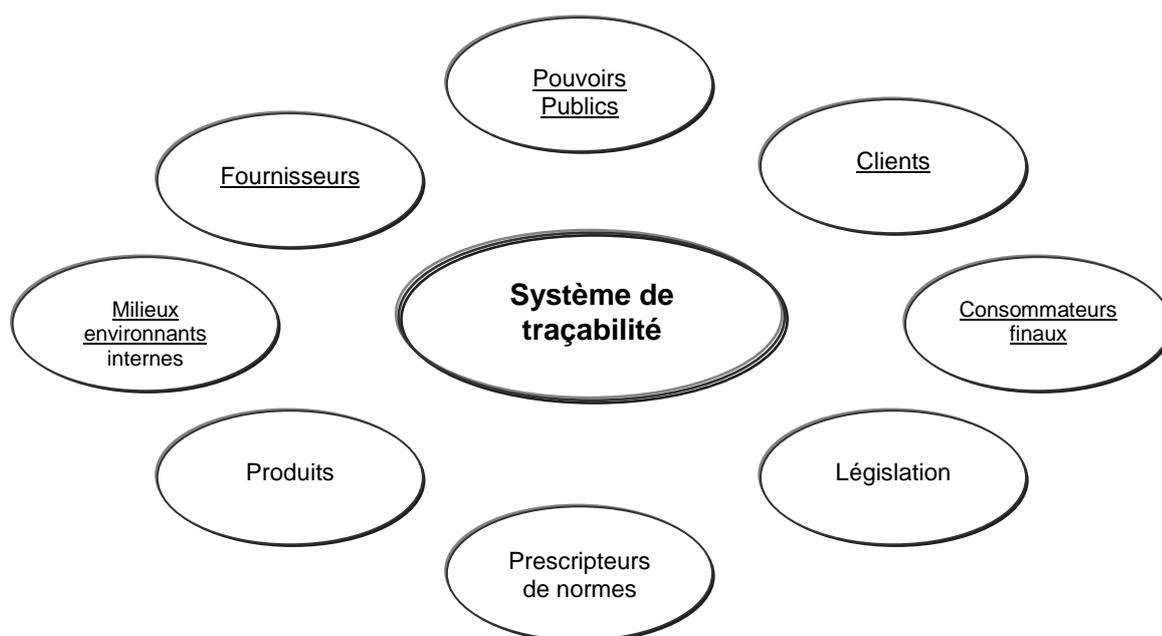


Figure 7.1 - Le ST et ses milieux environnants

Les milieux environnants dont l'intitulé est souligné ont la particularité de constituer les **bénéficiaires** du ST. Avant de donner une idée sur leurs besoins respectifs en termes de traçabilité à travers le Tableau 7.3, définissons d'abord l'ensemble des huit milieux environnants de la Figure 7.1.

Clients⁶⁹ : Organismes auxquels sont destinés des produits transitant par l'entreprise : produits finis, semi-finis ou sous-produits. Dans le contexte agroalimentaire, on peut distinguer plusieurs catégories de clients notamment :

- ❑ Les grandes et moyennes surfaces de distribution (GMS),
- ❑ La restauration hors domicile (RHD),
- ❑ Les circuits CHR (Cafés, Hôtels et Restaurants),
- ❑ Canaux alternatifs (stations services, distributeurs automatiques...),
- ❑ D'autres industriels qui transforment des produits semi-finis ou qui valorisent des sous-produits en fabriquant des aliments pour animaux,
- ❑ Eleveurs professionnels qui achètent des aliments pour animaux.

Pouvoirs publics : Tout organisme ayant une autorité en matière de sécurité alimentaire et de loyauté des transactions commerciales. En France, il s'agit essentiellement des instances exécutives de la DGCCRF⁷⁰ et la DGAL⁷¹ (à travers les DDSV⁷²) qui veillent au contrôle de l'application de la réglementation et réalisent des enquêtes à la demande de l'administration centrale ou des préfets.

Consommateurs finaux : Ce sont des personnes physiques qui se procurent une denrée alimentaire ou un aliment pour animaux à des fins excluant tout caractère professionnel. Les consommateurs finaux sont, à ce titre, considérés comme des bénéficiaires du ST. En effet, la traçabilité leur permet de disposer d'informations précises et ciblées des produits qu'ils se procurent. Ceci est particulièrement important dans les cas où le consommateur accepte de payer plus cher une denrée pour laquelle on peut lui garantir qu'elle est fabriquée ou qu'elle provient d'une origine particulière [Sarig, 2003].

Milieux environnants internes : Ces milieux environnants représentent, en fait, l'entreprise même qui est propriétaire du ST en question. Dans la suite de ce document, nous parlons de **bénéficiaires internes** pour y

⁶⁹ Adaptation de la définition proposée par les normes ISO 9001 (2000)

⁷⁰ Direction Générale de la Concurrence, de la Consommation et de la Répression des Fraudes

⁷¹ La Direction Générale de l'Alimentation a pour mission de veiller à la qualité et à la sécurité des aliments à chacun des maillons de la chaîne alimentaire en s'appuyant notamment sur les DDSV.

⁷² Directions Départementales des Services Vétérinaires

faire référence. Ceux-ci représentent les différents services de l'entreprise qui s'intéressent à la traçabilité des produits : qualité, logistique, production, informatique, etc.

Fournisseurs⁷³ : Organismes ou personnes qui procurent un produit entrant dans la composition ou servant à la fabrication ou à l'emballage des denrées alimentaires. Exemples : matières premières, ingrédients, matériaux de conditionnement ou autres auxiliaires de fabrication.

Législation : C'est l'ensemble des textes de loi élaborés par des instances compétentes à l'échelle nationale, régionale ou internationale et qui spécifient des exigences en matière de traçabilité des produits alimentaires. Exemples : la loi d'orientation agricole de 1999, le règlement CE 178/2002, la directive 2003/89CE, le BTA⁷⁴ (Voir le Tableau 1.4 pour plus de détails).

Prescripteurs de normes de traçabilité : Ce sont des organismes qui élaborent et prescrivent des normes et des standards en matière de traçabilité. Il s'agit aussi bien d'organismes *classiques* de normalisation comme l'Iso ou l'AFNOR que de groupements de distributeurs qui ont mis en place des systèmes de certification tels que l'IFS et le BRC (Cf. Tableau 1.5). Dans ce milieu environnant, sont incluses également les tierce parties de certification qui effectuent les audits et attribuent les certificats de conformité.

Produits : Ce sont les substances destinées à l'alimentation (humaine ou animale) sous leurs différents états d'élaboration (matières premières, produits semi-finis ou finis) ainsi que leurs composants (ingrédients) ou des matériaux servant à leur conditionnement et emballage. Comme nous l'avons vu, l'une des finalités d'un ST est de repérer, au niveau d'une chaîne logistique, les produits non-conformes. C'est-à-dire, ne répondant pas aux exigences de qualité en vigueur.

3.3. Bénéficiaires du système de traçabilité

Dans la plupart des références que nous avons pu consulter, les seuls bénéficiaires généralement mis en avant sont les entreprises propriétaires des ST en question et parfois le consommateur final, ce qui est très réducteur à notre sens. Parmi les différents milieux extérieurs que nous venons de définir, les cinq premiers ont des attentes particulières vis-à-vis du ST. De ce fait, ils en constituent des bénéficiaires car la raison d'être de ce système est de leur rendre service. Sinon, il n'a aucune valeur et son existence ne se justifie pas. Comme le montre le Tableau 7.3, l'identification de ces bénéficiaires s'est fait via un processus d'*expression du besoin fondamental* [Yannou, 1998] consistant à répondre respectivement à la question « à qui le ST rend-il service ? » puis à la question « dans quel but ? ».

A qui le ST rend-il Service ?	Dans quel but ?
Les clients de l'entreprise (GMS, RHD, autres industriels...)	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Identifier (repérer) les produits non-conformes et en cesser la commercialisation, la consommation et/ou l'utilisation, <input type="checkbox"/> S'assurer que les produits qui leur sont expédiés respectent les cahiers de charges en vigueur (qualité, origine, etc.).
Les Pouvoirs publics (Représentés par les DDSV et la DGCCRF ou leurs homologues dans d'autres pays)	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Protéger la santé publique en repérant et retirant du marché les produits pouvant porter atteinte à la santé des consommateurs, <input type="checkbox"/> Garantir la loyauté des transactions commerciales en s'assurant que les produits sont conformes aux attributs revendiqués (Bio, AOC...), <input type="checkbox"/> Identifier les acteurs responsables de la mise sur le marché de produits non-conformes.

⁷³ Adaptation de la définition proposée par les normes ISO 9001 (2000).

⁷⁴ *Bioterrorism Act's Notice Requirement for Food Imports*: Un ensemble d'exigences auxquelles doivent répondre les exportateurs de produits alimentaires vers les USA.

A qui le ST rend-il Service ?	Dans quel but ?
L'entreprise elle-même (nous parlerons de bénéficiaires internes)	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Se conformer à la réglementation, aux normes et aux exigences des clients, <input type="checkbox"/> Optimiser les coûts des rappels/retraits de produits en ne ciblant que ceux qui sont réellement concernés, <input type="checkbox"/> Assurer un meilleur suivi des flux et de la qualité des produits, <input type="checkbox"/> Autres (Cf. Tableau 1.6).
Les fournisseurs	Localiser, au niveau des maillons aval de la chaîne logistique, des produits non-conformes et dont la responsabilité leur incombe.
Les consommateurs finaux	Les informer et les rassurer quant à la qualité, la composition, l'origine et les conditions d'élaboration des produits mis à leur disposition.

Tableau 7.3 – Bénéficiaires du système de traçabilité et les services qu'il leur rend

Après avoir défini le ST, cerné ses milieux environnants et identifié ses bénéficiaires, nous nous intéressons dans la prochaine section aux interactions qu'il entretient avec eux et qui se traduisent à travers ses fonctions principales et ses fonctions d'adaptation.

4. Identification des fonctions de service du système de traçabilité

Partant de la définition que nous en avons faite précédemment (Cf. § 3.1), un ST est mis en place afin de répondre aux besoins exprimés ou implicites de ses bénéficiaires. Comme l'illustre bien le Tableau 7.3, la réponse à ces besoins passe par la mise à disposition d'un ensemble de données décrivant totalement ou partiellement le cycle de vie des produits tracés. Comme on peut le constater, tout au long de ce document, nous ne faisons pas de distinction entre *donnée* et *information*. Il est généralement admis qu'une information est la combinaison d'une ou plusieurs données et d'un contexte. Par exemple, *1540 Kg* est une donnée qui n'a pas de valeur en l'état. Mais une fois associée à un contexte, elle devient une information : *1540 Kg est le poids des produits à rappeler*. Lorsqu'un bénéficiaire fait appel au ST, ce dernier lui répond en lui fournissant des données qui sont, par la suite, interprétées et transformées en informations compte tenu du contexte à l'origine de la requête du bénéficiaire. De là, les livrables réels du ST sont des données et non pas des informations.

Par rapport à un maillon de référence au niveau de la chaîne logistique, ces données peuvent porter sur l'amont, l'aval ou l'intérieur du maillon en question. On distingue donc trois dimensions de la traçabilité, à savoir la traçabilité amont, la traçabilité interne et la traçabilité aval comme illustré dans la Figure 7.2.

Selon que nous avons affaire à la traçabilité amont, interne ou aval, les données recherchées sont différentes et n'ont pas forcément la même valeur. Par exemple, en cas d'une crise alimentaire résultant de la mise sur le marché d'un lot de produits infectés, il est plus important de pouvoir identifier les magasins où ils sont mis en vente (traçabilité aval) afin de les y retirer que de connaître leur température à l'issue de la cuisson (traçabilité interne) ou encore le nom du fournisseur de leur emballage (traçabilité amont). De même, si l'authenticité d'un produit AOC est mise en cause lors d'un litige commercial, le plus important, c'est la traçabilité amont qui permet d'infirmer ou de confirmer le caractère AOC de ce produit. Un autre exemple concerne le cas des produits rituels (Halal, Casher...) où la traçabilité interne est indispensable pour prouver que ces produits ont été préparés dans le respect du rituel en question.

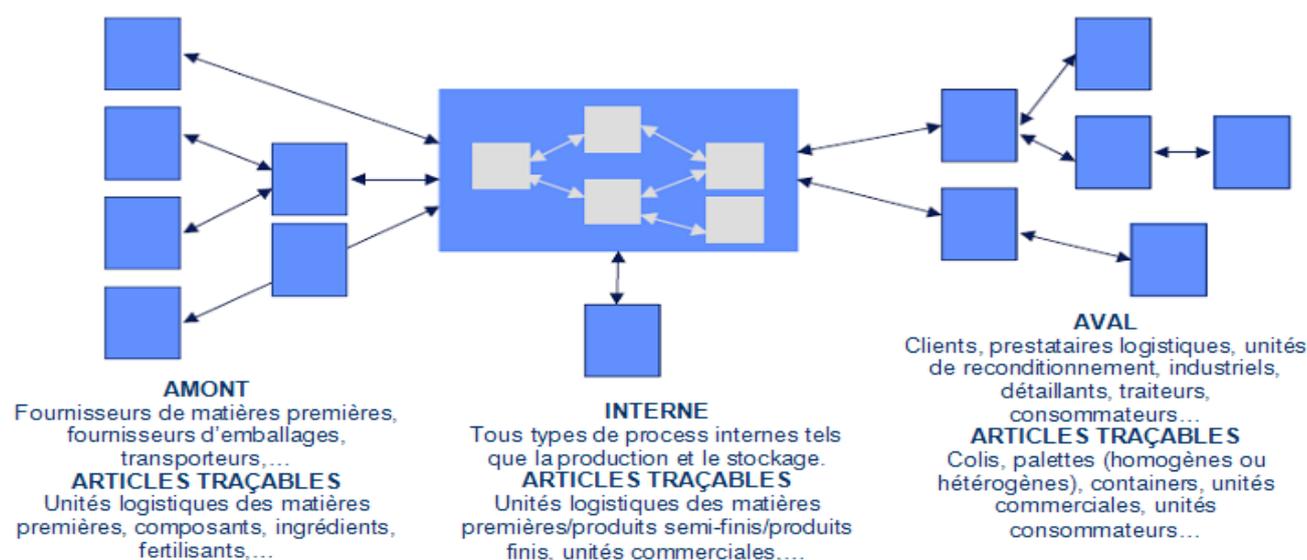


Figure 7.2 – Les trois dimensions de la traçabilité (traduit et adapté de [EAN, 2003])

A noter aussi que les différents bénéficiaires du ST n'ont pas les mêmes besoins en termes de traçabilité amont, interne et aval. Par exemple, si les Pouvoirs publics s'intéressent à ces trois dimensions, le consommateur, lui, ne cherche généralement qu'à connaître l'origine (traçabilité amont) et les conditions de production (traçabilité interne) des denrées qu'il se procure.

Donc, d'une part nous avons identifié cinq bénéficiaires auxquels le ST rend service, et d'autre part, trois dimensions de la traçabilité. A partir de la combinaison de ces deux éléments, douze fonctions principales, au sens de l'AFB, du ST ont été mises en évidence à travers le Tableau 7.4.

Code	Intitulés des Fonctions Principales
FP 1	Mettre les données de traçabilité amont des produits à la disposition des Pouvoirs Publics
FP 2	Mettre les données de traçabilité interne des produits à la disposition des Pouvoirs Publics
FP 3	Mettre les données de traçabilité aval des produits à la disposition des Pouvoirs Publics
FP 4	Mettre les données de traçabilité amont des produits à la disposition des clients
FP 5	Mettre les données de traçabilité interne des produits à la disposition des clients
FP 6	Mettre les données de traçabilité aval des produits à la disposition des clients
FP 7	Mettre les données de traçabilité aval des produits à la disposition des fournisseurs
FP 8	Mettre les données de traçabilité amont des produits à la disposition des bénéficiaires internes
FP 9	Mettre les données de traçabilité interne des produits à la disposition des bénéficiaires internes
FP 10	Mettre les données de traçabilité aval des produits à la disposition des bénéficiaires internes
FP 11	Mettre les données de traçabilité amont des produits à la disposition du consommateur final
FP 12	Mettre les données de traçabilité interne des produits à la disposition du consommateur final

Tableau 7.4 – Expression des fonctions principales du ST

Comme le montre le Tableau 7.5, ces différentes fonctions principales peuvent être représentées sous forme matricielle en fonction des bénéficiaires concernés et des trois dimensions de la traçabilité.

Bénéficiaires \ Dimensions	Amont	Interne	Aval
Pouvoirs Publics	FP 1	FP 2	FP 3
Clients	FP 4	FP 5	FP 6
Fournisseurs			FP 7
Bénéficiaires internes	FP 8	FP 9	FP 10
Consommateurs finaux	FP 11	FP 12	

Tableau 7.5 – Présentation matricielle des fonctions principales du ST

Les cases vides au niveau du Tableau 7.5 correspondent à des combinaisons ne traduisant pas un besoin réel. En effet, cela n'a pas de sens qu'un fournisseur fasse appel au ST de son client pour savoir d'où viennent les produits qu'il lui a fournis (case *Fournisseurs – Amont*). De même, ce fournisseur n'a pas à exiger de son client de lui dire ce qu'il fait des produits qu'il lui fournit (case *Fournisseurs – Interne*). Enfin, comme nous l'avons déjà évoqué, ce qui intéresse le consommateur en termes de traçabilité, c'est surtout de connaître l'origine des produits qu'il achète (traçabilité amont) et éventuellement les conditions dans lesquelles ils ont été fabriqués (traçabilité interne). En revanche, sauf cas exceptionnels, il n'exige pas qu'on l'informe de la destination de ces produits (case *Consommateurs finaux – Aval*).

Tout en répondant aux besoins de ses bénéficiaires, le ST doit également s'intégrer à son environnement en s'adaptant à certaines contraintes que celui-ci lui impose. Il s'agit, principalement des **exigences réglementaires** (Cf. Tableau 1.4) et **normatives** (Cf. Tableau 1.5) mises en place par des organismes compétents. La conformité à ces exigences se fait à travers deux **fonctions d'adaptation** présentées dans le Tableau 7.6.

Code	Intitulés des Fonctions Contraintes
FA 1	Répondre aux exigences réglementaires en matière de traçabilité
FA 2	Répondre aux exigences normatives en matière de traçabilité

Tableau 7.6 – Expression des fonctions d'adaptation du ST

Au total nous avons quatorze fonctions de service que nous représentons d'une manière graphique, dans la Figure 7.3, en utilisant un diagramme *pieuvre* au sens de Bretesche [Bretesche, 2000] appelé aussi *diagramme de l'environnement de l'objet* selon Lasnier [Lasnier, 2006]. Sur cette figure, chaque fonction principale relie le ST avec deux de ses milieux environnants. La fonction FP1, par exemple, est symbolisée par une ligne qui relie le milieu environnant *Fournisseurs* avec le milieu environnant *Pouvoirs publics* en passant par le ST. Comme l'indique l'intitulé de cette fonction, le milieu environnant *Pouvoirs publics* représente, sur ce diagramme, le bénéficiaire du ST alors que le milieu environnant *Fournisseurs* y traduit la traçabilité amont. De la même façon, le milieu environnant *Produits* traduit la traçabilité interne au niveau de la ligne symbolisant la fonction FP2, et ainsi de suite. La fonction principale FP6 constitue un cas particulier dans la mesure où l'entité *Clients* représente le bénéficiaire du ST tout en faisant référence à la traçabilité aval.

Pour leur part, les deux fonctions d'adaptation FA1 et FA2 sont représentées par deux lignes reliant le ST respectivement avec les deux milieux environnants qui lui imposent des contraintes. Bien entendu, nous convenons que cette représentation peut paraître ambiguë, mais ce qui compte ce sont les définitions associées aux différentes fonctions de service. Nous reviendrons plus tard sur ces fonctions afin de les caractériser et définir des critères d'appréciation permettant d'en évaluer la réalisation. Ces critères sont élaborés sur la base d'un ensemble de concepts dont nous allons préciser le sens exact à travers la section suivante.

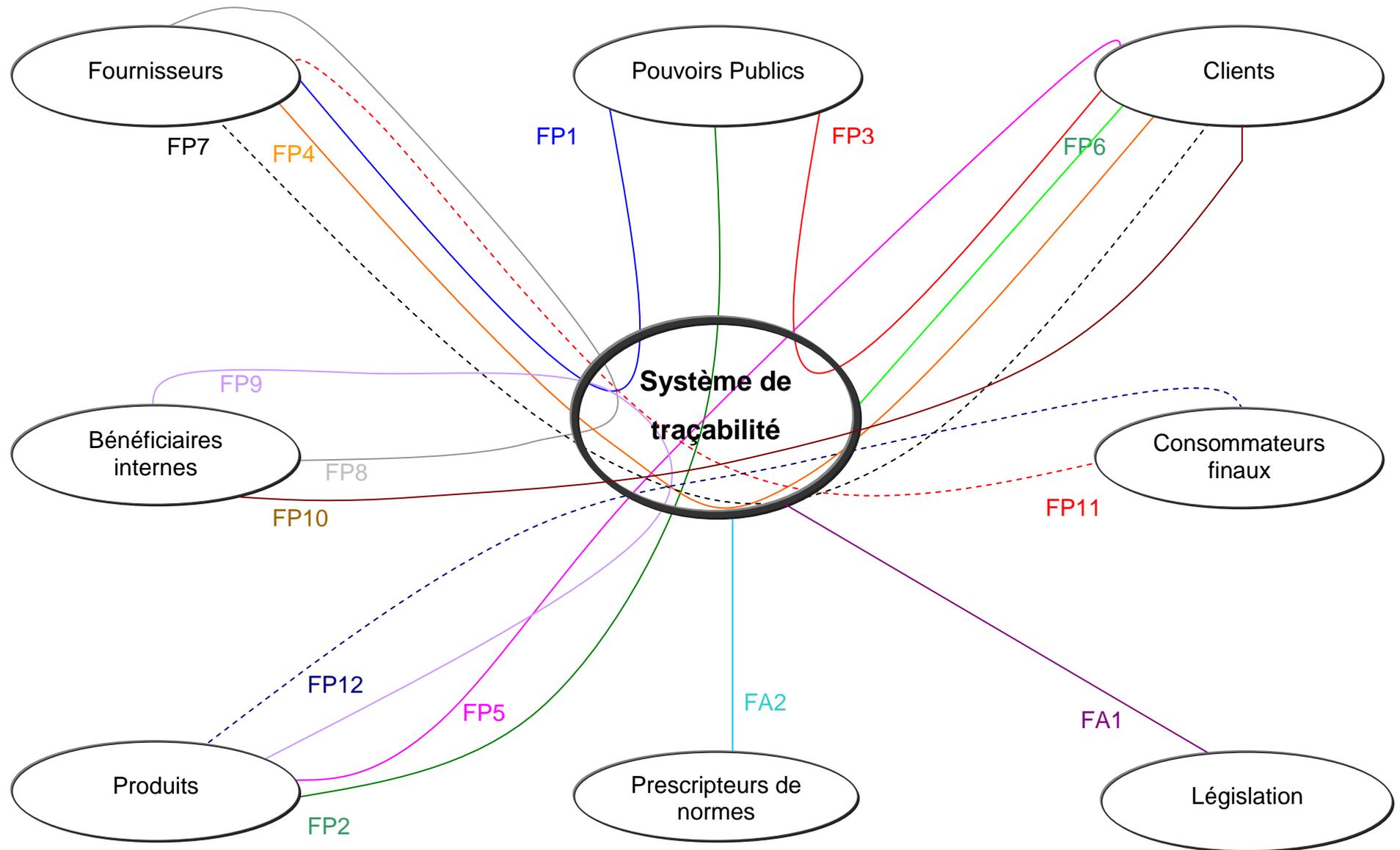


Figure 7.3 – Diagramme *pieuvre* du système de traçabilité

5. Un Cadre sémantique pour caractériser les fonctions de service du ST

Comme nous l'avons montré au cours du cinquième chapitre (notamment dans le Tableau 5.7), la littérature propose un certain nombre d'indicateurs assez intéressants sur le principe. Malheureusement, leurs auteurs n'expliquent pas les démarches à suivre pour les quantifier. Par conséquent, ces indicateurs ne sont pas assez opérationnels pour nous servir de critères d'appréciation des fonctions de service du ST. C'est pour cette raison que nous allons essayer d'être le plus précis possible que ce soit au niveau du choix des termes utilisés ou des procédures d'évaluation proposées. Dans ce cadre, nous allons nous appuyer sur certains critères exposés dans le Tableau 5.7 tels que la dispersion des lots [Dupuy, 2004] ou la rapidité de la traçabilité [Töyrylä, 1999; Gencod, 2001]. Mais avant de commencer la caractérisation de nos fonctions de service, et pour éviter toute ambiguïté dans la suite du document, nous nous sommes livrés à un petit travail de sémantique au cours duquel nous avons défini quatre **concepts-clés** qui constituent les fondements des critères d'appréciation proposés.

Authenticité

Selon le dictionnaire Trésor de la Langue Française (TLF), l'authenticité est définie comme étant la *qualité de ce qui ne peut être controversé* ou encore la *qualité de ce qui est intrinsèquement et éminemment vrai, pur*. Les dictionnaires des synonymes en montrent une trentaine de termes équivalents comme le bien-fondé, la concordance, la justesse, la rigueur, la véracité, etc.

Ainsi, par rapport à la traçabilité, on dit qu'une donnée est authentique lorsqu'elle traduit fidèlement la réalité.

L'authenticité d'un ST est donc son aptitude à reconstituer d'une manière exacte (c'est-à-dire sans risque d'erreurs) une partie ou l'intégralité du cycle de vie de l'objet considéré.

Rapidité

Le TLF définit la rapidité comme le caractère d'un processus, d'une action qui s'accomplit dans un court laps de temps (...). Caractère d'une chose concrète/abstraite qui permet d'**atteindre un objectif dans de courts délais**. Le terme rapidité admet plusieurs synonymes tels que l'agilité, la brièveté, la vitesse et la vivacité.

On retient donc que la rapidité d'un ST est son aptitude à répondre aux requêtes de ses bénéficiaires dans de brefs délais. Elle est inversement proportionnelle au temps écoulé entre le début de recherche et l'obtention du résultat. Au niveau réglementaire, ce délai n'est pas précisé. Tout ce qui est signalé est que les informations *doivent être mises à disposition dans les plus brefs délais raisonnablement envisageables, avec des dates butoirs adaptées aux circonstances* [CE, 2004]. Selon [Lecomte et al., 2006], les distributeurs exigent souvent un temps de réponse qui soit inférieur à 4 heures (voire à 2 heures) pour obtenir toutes les données requises.

Exhaustivité

L'exhaustivité, est selon le TLF, le caractère de ce qui est exhaustif. C'est-à-dire qui épuise une matière, une question; qui traite un sujet d'étude à fond et **sans rien omettre**. Parmi les synonymes associés à l'adjectif exhaustif, on trouve : complet, achevé ou total.

Ainsi, on parle d'une traçabilité exhaustive lorsque le ST est capable de restituer à ses bénéficiaires l'ensemble des informations répondant à leur besoin sans en omettre aucune.

Précision

La précision est définie dans le TLF comme la qualité d'une personne qui s'exprime de manière nette et concise, sans omettre les détails importants. En parlant du geste, elle correspond à ce qui est **exactement approprié à l'action**. Plusieurs synonymes lui sont donnés comme l'adresse, la concision, le détail, l'exactitude, la finesse, la netteté ou encore la spécification.

Nous retenons donc que la précision d'un ST est **sa capacité à identifier (au sens de repérer), sans excès ni défaut, les objets répondant à un ou plusieurs critères donnés**. C'est-à-dire qui ont en commun une ou plusieurs propriétés données. On peut également parler de **pouvoir discriminant** du ST ou encore de sa **résolution** [Jansen-Vullers et al., 2003] qui est un terme emprunté à l'optique et qui signifie, selon le TLF, *la plus petite valeur absolue pouvant être distinguée ou identifiée par un système de mesure*.

D'après la littérature, cette précision est déterminée par la taille de lot en vigueur qui correspond à la maille de suivi des produits [Lecomte et al., 2006] ou encore à l'unité tracée⁷⁵ [Golan et al., 2004b]. Mais allons voir plus loin que d'autres paramètres entrent en jeu. Ce critère est particulièrement utile au niveau de la traçabilité aval en ce sens qu'il conditionne le coût⁷⁶ d'un éventuel retrait ou rappel de produits.

Les quatre concepts-clés que nous venons de définir dans cette section vont être repris plus loin et croisés avec les trois dimensions de la traçabilité (amont, interne et aval) pour définir des critères d'appréciation nous permettant de caractériser les fonctions du ST.

Remarque importante

A travers l'analyse fonctionnelle du besoin qui fait l'objet de ce chapitre, notre objectif est de proposer, entre autres, des indicateurs permettant d'évaluer la performance d'un ST répondant ainsi, à notre deuxième question de recherche⁷⁷. S'agissant d'un travail de recherche-action, la pertinence des apports qui en découlent se juge, à notre sens, à travers leur utilité pour les entreprises. Le fait que la grande majorité des entreprises agroalimentaires soit composée de PME dont les moyens sont limités, nous pousse à favoriser des indicateurs de performance simples et dont le déploiement est facile. Donc à défaut d'être d'une extrême précision, les mots d'ordre dans ce chapitre sont la simplicité et la praticité.

Après ces précisions, nous allons décrire plus finement, dans les deux prochaines sections, chacune des quatorze fonctions de service du ST tout en expliquant leurs contextes et en définissant les critères d'appréciation correspondants.

6. Caractérisation des fonctions principales du ST

Cette section est consacrée à une description plus détaillée des différentes fonctions principales qu'un ST est amené à assurer. Nous commençons par décrire les contextes dans lesquels chaque fonction est remplie avant de la caractériser à travers un ensemble de critères d'appréciation. Pour chacun de ces critères, on montrera le cadre de mesure ainsi que le niveau objectif correspondant.

6.1. FP1: Mettre les données de traçabilité amont des produits à la disposition des Pouvoirs Publics

6.1.1. Contextualisation de la fonction FP1

Selon le règlement CE 178-2002 [CE, 2002], les entreprises agroalimentaires *doivent être en mesure d'identifier toute personne leur ayant fourni une denrée (...)* et doivent disposer de *systèmes et de procédures permettant de mettre l'information en question à la disposition des Autorités compétentes (...)*.

La traçabilité amont correspond aux données qui décrivent l'origine ou la provenance des produits. A travers la fonction principale FP1, le ST rend cette information disponible pour les Pouvoirs Publics. Comme cela est schématisé dans la Figure 7.4, on peut distinguer trois contextes différents dans lesquels on peut faire appel à cette fonction :

Contexte 1 : Le cas d'une crise alimentaire où l'entreprise doit informer les Autorités compétentes des fournisseurs lui ayant livré des produits qui risquent de mettre la santé du consommateur en danger. Pour compléter ce contexte, il faut aussi préciser pour la fonction FP1 les points suivants :

- ❑ Son mode de déclenchement : Elle peut être déclenchée soit d'une manière proactive (à l'initiative de l'entreprise) ou d'une manière réactive (à la demande des Pouvoirs Publics). On va parler respectivement de *scénario proactif* ou *scénario réactif*.
- ❑ Le niveau d'urgence de la situation : Il est lié à la nature et à la criticité de la non-conformité à l'origine de la crise (Cf. Annexe 14). Notons que la fonction FP1 ne peut être déclenchée qu'en cas de non conformité pouvant mettre en danger la santé du consommateur. On peut distinguer trois niveaux d'urgence :

⁷⁵ Traduction libre de *Tracking Unit*

⁷⁶ On parle du coût au sens large : financier, en termes d'image...

⁷⁷ A travers quels critères peut-on évaluer la performance d'un système de traçabilité ? Et comment quantifier ces critères d'une manière pratique et objective ?

- Extrêmement urgent : quand le produit en question peut mettre la vie du consommateur en danger ou lui causer des séquelles chroniques. C'est le cas par exemple de viandes contaminées par le prion responsable de l'ESB et de la maladie du Creutzfeld-Jakob,
- Très urgent : répercussions nécessitant l'hospitalisation du consommateur. Il s'agit par exemple, d'une contamination des produits à base de volaille par des Salmonelles,
- Urgent : le produit ingéré peut avoir des effets qui ne nécessitent pas forcément l'hospitalisation du consommateur. C'est par exemple le cas d'infection par certains champignons comme *Candida albicans* responsable d'aphtes.

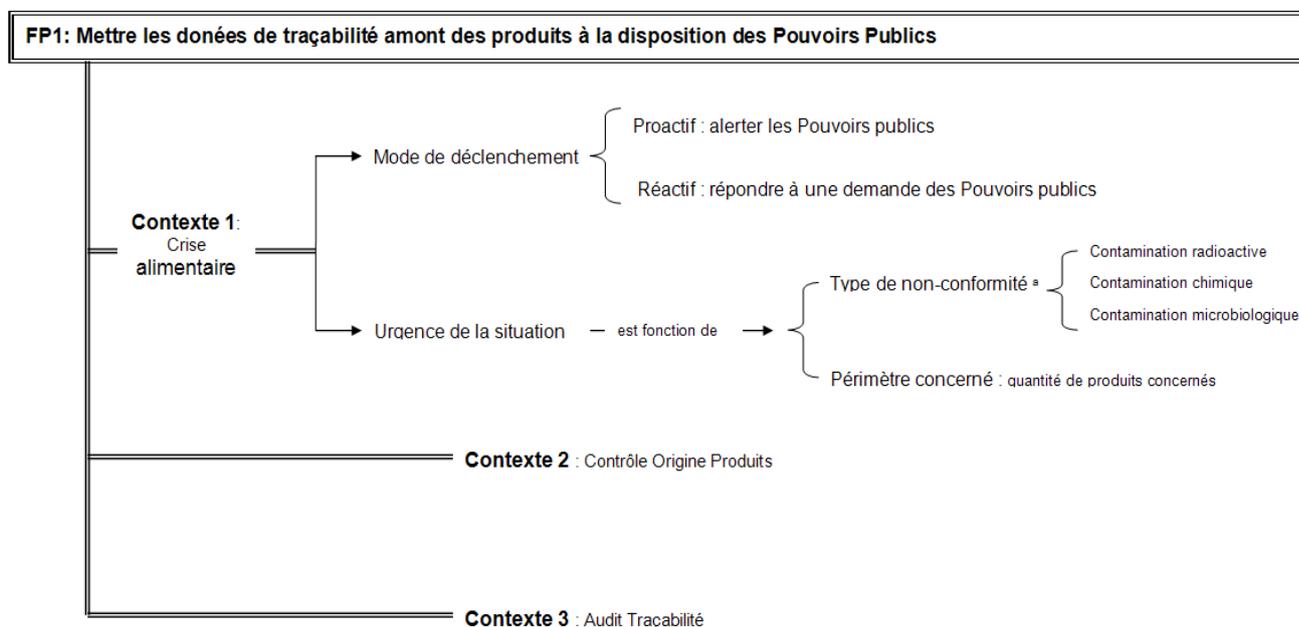


Figure 7.4 – Contextualisation de la fonction FP1

Contexte 2 : Contrôle de l'origine des produits

Dans certains cas, le ST peut servir d'outil permettant à l'entreprise d'apporter aux Pouvoirs publics des preuves quant à l'origine des produits qu'elle met sur le marché. Lors de la crise de la grippe aviaire de 2006, par exemple, plusieurs pays ont interdit à leurs entreprises de s'approvisionner dans des régions touchées. La traçabilité sert alors de moyen pour prouver le (non) respect de cette interdiction. Dans la pratique, ce contrôle consiste le plus souvent à prendre un N° de lot d'un produit donné et à demander à l'entreprise de fournir des preuves attestant de sa provenance.

Contexte 3 : Audit traçabilité

Par souci de protection de la santé publique et pour s'assurer du respect de la réglementation en vigueur, des instances relevant des Pouvoirs publics effectuent des audits auprès des opérateurs agroalimentaires en vue de s'assurer de la performance de leurs ST.

En fonction du contexte dans lequel la fonction principale FP1 est déclenchée, l'entreprise peut définir des niveaux objectifs (cibles) différents pour chacun des critères d'appréciation qui vont être décrits plus loin.

6.1.2. Critères d'appréciation de la fonction FP1

Partant des différents contextes décrits ci-dessus, quatre conditions doivent être réunies afin que les bénéficiaires de la fonction FP1 soient satisfaits : restituer une information **complète**, **non erronée**, d'une manière **rapide** et **précise**. Ces conditions traduisent quatre critères d'appréciation qui vont servir à la caractérisation de la fonction principale FP1, à savoir : l'exhaustivité de la traçabilité amont, l'authenticité de la traçabilité amont, la rapidité de la traçabilité amont et la précision de la traçabilité amont.

A. Exhaustivité de la traçabilité amont (C1)

L'exhaustivité de la traçabilité amont est la capacité du ST à restituer à ses bénéficiaires l'ensemble des données répondant à leur besoin en termes de traçabilité amont sans en omettre aucune.

Quantification du critère C1

Pour un produit donné, le règlement CE178/2002 ne spécifie pas la nature des données concernées. Mais selon un guide publié par la Commission européenne [CE, 2004], les informations de traçabilité à conserver sont classées en deux catégories selon leur degré de priorité. De la première catégorie relèvent toutes les informations dont les autorités compétentes doivent toujours pouvoir disposer. Dans la deuxième catégorie on trouve des informations supplémentaires dont la conservation est fortement recommandée. Par rapport à la traçabilité amont, les informations concernées sont présentées dans le Tableau 7.7.

Informations de première catégorie	Informations de deuxième catégorie
<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Le nom du fournisseur, <input type="checkbox"/> l'adresse du fournisseur, <input type="checkbox"/> la nature des produits fournis par ce dernier, <input type="checkbox"/> la date de transaction (réception). 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Volume ou quantité, <input type="checkbox"/> numéro de lot, s'il y a lieu, <input type="checkbox"/> description plus détaillée du produit.

Tableau 7.7 - Les deux catégories d'informations de traçabilité amont

Selon la Commission européenne, l'information à enregistrer doit être choisie à la lumière de l'activité de l'entreprise du secteur alimentaire (nature et taille de l'entreprise) et des caractéristiques du système de traçabilité [CE, 2004].

Partant de ces explications, nous pouvons associer plusieurs niveaux de satisfaction au critère d'appréciation C1 en fonction du nombre et de la nature des données de traçabilité amont qui sont restituées par le ST. Ainsi, comme le montre la Figure 7.5, l'évaluation de ce critère peut se faire à travers une échelle multi-niveaux. Le niveau 1 est atteint dès lors que le ST est capable de restituer tous les éléments de première catégorie. Et si, en plus, on peut accéder à n éléments supplémentaires de la deuxième catégorie, le niveau du critère C1 est égal à $n+1$.

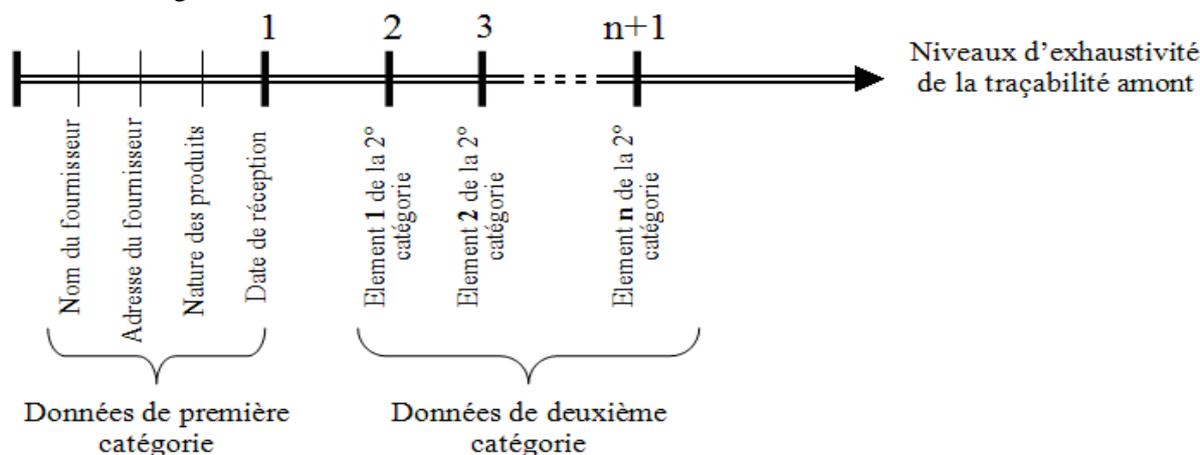


Figure 7.5 - Echelle d'évaluation de l'exhaustivité de la traçabilité amont

Deux remarques sont à signaler par rapport à l'échelle de quantification que nous proposons. La première est que les éléments de première catégorie sont considérés comme un **minimum indivisible** puisque leur restitution est obligatoire de par la réglementation. Si l'un d'eux fait défaut, le niveau du critère C1 est alors égal à 0. La deuxième remarque est que, pour être aussi générique que possible, nous n'avons spécifié ni le nombre ni la nature des éléments de deuxième catégorie. Ainsi, chaque entreprise peut adapter la présente échelle à son propre contexte.

Dans la pratique, il est très facile d'utiliser cette approche pour évaluer le critère C1 sur un produit donné. Pour cela, il suffit d'identifier les informations relatives à la traçabilité amont que le ST est capable de restituer par rapport à ce produit et de les disposer sur une échelle semblable à celle de la Figure 7.5. Les informations permettant d'effectuer cette évaluation peuvent être obtenues facilement en interviewant les responsables Qualité ou en consultant directement le ST. A titre d'exemple, si le ST restitue les quatre données de première catégorie plus deux données supplémentaires de seconde catégorie (ex. N° de lot et quantité), la valeur du critère C1 sera de 3.

En calculant la moyenne des niveaux correspondant à chaque produit entrant (matière première, ingrédients, etc.), on obtient une estimation de l'exhaustivité de la traçabilité amont pour le ST en question. Si le nombre de produits tracés est trop élevé, l'estimation de ce critère peut être réalisée sur la base d'un échantillon représentatif.

Echelle et niveau objectif du critère C1

Compte tenu de son mode d'expression, décrit dans le paragraphe précédent, l'exhaustivité de la traçabilité amont peut varier entre 0 et n. Ce dernier dépend très étroitement du contexte de l'entreprise et surtout de la nature des produits tracés. Par exemple, une entreprise qui s'approvisionne de matières premières microbiologiquement sensibles aura à suivre un ensemble de données de nature qualitative telles que la température et l'acidité. Dans le cas d'une matière première sèche, le nombre de données de traçabilité amont est généralement plus faible.

Le niveau minimal de ce critère d'appréciation est 1 et est atteint lorsque le ST permet de restituer les quatre éléments de première catégorie qui sont imposés par la réglementation. Le niveau objectif peut être défini par chaque entreprise notamment en fonction des trois contextes qui ont été évoqués précédemment : crise alimentaire, contrôle de l'origine des produits et audit traçabilité.

Cas d'étude 7.1

Nous avons appliqué l'approche décrite ci-dessus au ST de la société Arrivé pour les minerais⁷⁸ achetés à des fournisseurs externes. Le tableau suivant montre le type de données de traçabilité amont que le ST est capable de restituer sur ces produits :

Informations de première catégorie	Informations de deuxième catégorie
1. Le nom du fournisseur, 2. l'adresse du fournisseur, 3. la nature des produits fournis par ce dernier, 4. la date de réception.	5. la quantité réceptionnée, 6. le numéro de lot, 7. le n° de commande passée au fournisseur, 8. la DLU (date limite d'utilisation), 9. la date d'abattage, 10. l'état du lot ⁷⁹ .

Tableau 7.8 - Illustration de la quantification de l'exhaustivité de la traçabilité amont

En plus des 4 éléments de première catégorie qui sont obligatoires, le ST de la société Arrivé restitue également 6 éléments supplémentaires en termes de traçabilité amont. Ce qui correspond à une exhaustivité de la traçabilité amont de niveau 7.

B. Authenticité de la traçabilité amont (C2)

L'authenticité de la traçabilité amont est la capacité du ST à restituer fidèlement (c'est-à-dire sans risque d'erreur) les données relatives à la traçabilité amont des produits entrant dans l'entreprise.

Quantification du critère C2

Pour quantifier le critère C2, nous proposons un protocole de mesure en cinq étapes :

- ❑ Constituer un échantillon représentatif des produits entrants de l'entreprise (matières premières, ingrédients, emballages et autres auxiliaires de production). Cette étape doit aboutir à la constitution d'une liste contenant les codes et/ou les libellés des produits en question.
- ❑ Muni de cette liste, se rendre dans les locaux de réception et assister aux opérations de réception de chacune des références retenues. La personne réalisant cet exercice doit veiller que sa présence n'ait pas un impact sur le déroulement habituel de la réception. Car si les réceptionnaires se sentent *contrôlés*, ils risquent de manifester plus de rigueur que d'habitude; ce qui constituerait un biais (au sens statistique) pour l'évaluation. C'est l'effet *Hawthorne* évoqué dans le chapitre III.

⁷⁸ Le terme « minerai » est utilisé pour désigner des morceaux de viande qui seront transformés ou intégrés dans des recettes de produits élaborés.

⁷⁹ C'est un paramètre qui renseigne sur le statut du lot. Par exemple : normal, bloqué en cause de dépassement de DLU, en attente des résultats du contrôle sanitaire...

- Pour chaque élément de l'échantillon, choisir un N° de lot réceptionné (ou tout autre identifiant unique) et noter les données relatives à sa traçabilité amont (ex. nom du fournisseur, date réception, etc.). Le Tableau 7.9 peut servir de modèle.

Produits	Sources		Valeurs enregistrées sur le terrain	Valeurs restituées par le ST	Comparaison
	Données				
Matière première 1	Nom du fournisseur		Société A	Société A	1
	N° de lot		L25000	L26000	0
	Quantité		200 Kg	200 Kg	1
	Température		7°C	4°C	0
Matière première 2	Nom du fournisseur		Société B	Société F	0
	DLC		21 juillet 2008	21 juillet 2008	1
	N° de lot		L27500	L27500	1
	Quantité		1500 Kg	1500 Kg	1

Tableau 7.9 - Modèle de fiche d'évaluation de l'authenticité de la traçabilité amont

- Pour chaque lot, consulter le ST⁸⁰ et noter sur la fiche d'évaluation (Tableau 7.9) les données de traçabilité amont restituées par le ST.
- Ensuite, comparer les données « réelles » (renseignées au cours de l'exercice) avec celles qui sont restituées par le ST. Soit X le nombre total des données comparées et Y le nombre de cas où les valeurs restituées par le ST sont identiques à celles qui sont collectées sur le terrain. Le critère d'appréciation C2 peut donc être évalué comme suit :

Authenticité de la traçabilité amont = Y / X (exprimée en %)

Pour des raisons de simplification, le modèle ci-dessus ne contient que deux produits et 5 types de données de traçabilité amont. Dans la pratique, l'exercice peut être répété plusieurs fois ou réalisé à intervalles réguliers afin que l'évaluation soit la plus précise possible. Un tableur de type MS Excel peut s'avérer très pratique pour l'évaluation et le suivi du critère C2. Pour cela, il suffit de noter «1» dans la colonne «comparaison» chaque fois que les valeurs d'une même ligne sont identiques. Insérer ensuite une formule qui calcule le critère C2 automatiquement : $C2 = \text{Somme des valeurs de la 5}^{\text{e}} \text{ colonne} / \text{Nombre d'éléments de la 2}^{\text{e}} \text{ colonne}$.

Dans l'exemple présenté via le Tableau 7.9, le critère C2 a une valeur de 63 % qui est obtenue en divisant 5 (le nombre de données dont les valeurs sont identiques) sur 8 (le nombre total de données comparées).

Echelle et niveau objectif du critère C2

Compte tenu du protocole de mesure explicité ci-dessus, l'authenticité de la traçabilité amont varie entre 0 % (quand toute la traçabilité amont restituée est fautive) et 100 % qui est le niveau cible vers lequel tout ST doit tendre quel que soit le contexte dans lequel s'exécute la fonction FP1. En effet, l'authenticité de la traçabilité est un critère crucial et une valeur en dessous de 100% signifie que certaines données que le ST restitue sont incorrectes. Ce qui risque de conduire à la prise de mauvaises décisions. Il vaut mieux ne pas restituer de données que de restituer de fausses données !

C. Rapidité de la traçabilité amont (C3)

Conformément à la définition que nous avons proposée précédemment, la rapidité de la traçabilité amont traduit l'aptitude du ST à répondre, dans de brefs délais, aux requêtes portant sur la traçabilité amont des produits manipulés par l'entreprise.

Quantification du critère C3

⁸⁰ Qu'ils soient sur papier ou informatisés, les outils de traçabilité mis en place n'ont pas d'incidence sur le résultat du protocole de mesure.

Pour quantifier la rapidité de la traçabilité amont, nous proposons d'opter pour le mode opératoire suivant :

- ❑ Composer un échantillon représentatif des produits entrants de l'entreprise (matières premières, ingrédients, emballages et autres auxiliaires de production).
- ❑ Pour chacune des références composant l'échantillon, prendre un N° de lot (ou tout autre identifiant unique) et rechercher l'ensemble des éléments de traçabilité amont que le ST gère (ex. nom du fournisseur, date de réception, n° de lot, quantité, etc.).
- ❑ Mesurer par chronométrage le temps nécessaire pour restituer ces informations,
- ❑ Calculer, en minutes, le temps moyen nécessaire pour remonter la traçabilité amont de chacun des produits retenus dans l'échantillon. **La valeur obtenue traduit la rapidité de la traçabilité amont.** Plus cette valeur est faible, mieux sera la rapidité de la traçabilité amont.

Pour que l'évaluation soit fiable, il est recommandé de faire croire aux personnes impliquées dans ces tests qu'il ne s'agit pas d'un exercice fictif.

Echelle et niveau objectif du critère C3

La rapidité de la traçabilité amont évolue sur une échelle temporelle et peut aller de quelques minutes à plusieurs heures, voire plusieurs jours, et ce en fonction des moyens de traçabilité mis en place. Les textes réglementaires ne donnent aucune précision quant à ces délais, mais il semble que 2 heures constituent un délai communément acceptable dans le secteur agroalimentaire. Il appartient donc à chaque entreprise de définir un ou plusieurs niveaux objectifs en fonction :

- ❑ du contexte de déclenchement de la fonction FP1 : Au début de ce chapitre nous avons montré que cette fonction peut être activée dans différents contextes. On peut logiquement être plus exigeant dans le cas d'une crise alimentaire que s'il s'agit d'un simple audit de traçabilité,
- ❑ des données de traçabilité à restituer : pour les données de première catégorie, on peut, par exemple, définir un délai plus court que celui qui sera retenu pour les données de deuxième catégorie qui, elles, ne sont pas obligatoires,
- ❑ des bénéficiaires auxquels les données de traçabilité sont destinées: nous verrons par la suite que le critère C3 sert également à caractériser d'autres fonctions de service destinées à répondre au besoin d'autres bénéficiaires. Ainsi, selon qu'il s'agisse de Pouvoirs publics, de clients ou de fournisseurs, le niveau de rapidité cible que l'entreprise se fixe ne sera pas forcément le même.

On peut aussi définir des niveaux objectifs correspondant à des combinaisons de type : communiquer aux Pouvoirs publics les éléments de première catégorie dans le contexte d'une crise alimentaire.

D. Précision de la traçabilité amont (C4)

La précision de la traçabilité amont est définie comme étant **la capacité du ST à identifier, parmi plusieurs possibilités, l'origine exacte d'un lot de produits**. Il s'agit en l'occurrence de produits entrants que l'entreprise se procure de ses fournisseurs (ex. matières premières, ingrédients, emballages et autres auxiliaires de production).

Cette définition peut être formulée autrement en disant que la précision de la traçabilité amont est la capacité du ST à identifier (repérer), parmi plusieurs possibilités, les lots de produits issus d'une origine donnée. Ces deux définitions sont considérées comme équivalentes dans la mesure où l'une implique l'autre. En effet, les données qui permettent de construire la réponse sont identiques. Ce qui change ce sont les critères à travers lesquels on interroge le ST (N° de lot dans un cas et identité du fournisseur dans l'autre). Ainsi la question qui se pose est de type : *Quelle est l'origine du lot L du produit P ?*

Sous réserve de l'exhaustivité du ST⁸¹, on distingue deux cas de figure :

- ❑ Soit que le ST pointe directement⁸² une et une seule origine. On parle alors d'une traçabilité amont précise,

⁸¹ C'est-à-dire que le ST est capable de fournir une réponse.

⁸² C'est à dire sans besoin de faire des rapprochements ou des calculs approximatifs.

- Soit qu'il désigne plusieurs origines potentielles sans qu'il y ait possibilité de trancher. Ce cas de figure correspond à des contextes où l'on a affaire à une *traçabilité approchée* (Cf. Chapitre I – § 2.2.6) qui consiste à retrouver approximativement, en fonction de la date et de l'heure d'arrivée, ou de la durée d'une opération, l'origine d'un lot [ACTA et ACTIA, 1998; Gencod, 2001].

Quantification du critère C4

Par opposition à la notion de *traçabilité approchée*, nous introduisons la notion de *traçabilité formelle*⁸³ (ou explicite) pour décrire un ST qui est apte à pointer directement la réponse correspondant à la requête exprimée par l'utilisateur. Pour distinguer le caractère formel ou approché de la traçabilité, nous utiliserons un paramètre intitulé «**rigueur du ST**». Ce dernier est **proportionnel à la fréquence d'enregistrement des données de traçabilité dans les différentes étapes du process**. Selon qu'il s'agisse de la traçabilité amont, interne ou aval, nous parlerons respectivement de la **rigueur amont, interne ou aval du ST**. On peut constater une certaine analogie entre ce paramètre et les notions de *traçabilité directe/indirecte* proposées par Lecomte et al. [Lecomte et al., 2006]. D'après ces auteurs, on a affaire à une *traçabilité directe* lorsque les informations recherchées sont explicitement enregistrées et directement accessibles.

Ainsi, la précision de la traçabilité amont est évaluée en fonction de la rigueur avec laquelle les origines des produits sont tracées. Celle-ci est perceptible à travers **le pourcentage des produits entrants dont les origines sont systématiquement enregistrées à chaque réception**. En ce qui concerne la traçabilité interne, nous allons voir plus loin que deux paramètres supplémentaires entrent en jeu (la taille des lots et la dispersion des lots).

En principe, chaque entreprise est sensée connaître ses entrants dont la traçabilité est formelle et ceux qui sont tracés d'une manière approchée car cela est une composante fondamentale du cahier de charges du ST mis en place. Si ce n'est pas le cas, il est toujours possible de dresser une liste des matières premières, ingrédients et autres entrants et de se renseigner auprès des personnes qui gèrent les réceptions pour savoir lesquels sont explicitement tracés.

Echelle et niveau objectif du critère C4

Comme mentionné ci-dessus, la précision de la traçabilité amont est un critère qui peut varier entre 0 et 100% en fonction de la rigueur du ST. Chaque entreprise peut se définir différents niveaux objectifs notamment en fonction de la criticité des produits tracés. Par exemple, pour les matières premières microbiologiquement sensibles, il est fortement conseillé d'enregistrer systématiquement les origines des lots réceptionnés. Donc, une précision de 100%.

Cas d'étude 7.2

Pour tous les lots de produits réceptionnés dans les sites de la société Arrivé, il y a un enregistrement systématique de données permettant d'identifier d'une manière précise les origines des lots réceptionnés. La plupart de ces informations sont saisies à travers des interfaces informatiques.

Ce niveau de rigueur élevé, traduit donc une exhaustivité de la traçabilité amont à 100 %.

6.2. FP2: Mettre les données de traçabilité interne des produits à la disposition des Pouvoirs Publics

6.2.1. Contextualisation de la fonction FP2

Au niveau réglementaire, la traçabilité interne n'est pas obligatoire, mais sa mise en place est très fortement recommandée [CE, 2004]. Cependant, une entreprise opérant dans le secteur agroalimentaire peut également se trouver face à des situations où elle doit fournir aux Pouvoirs publics des éléments portant sur la traçabilité interne de ses produits. Le ST permet, dans ce cas, d'apporter des preuves quant au respect d'éventuelles exigences réglementaires liées au processus et aux méthodes de production.

⁸³ Selon le TLF, l'adjectif *formel* décrit un objet *qui existe de façon déterminée et, par extension, qui est énoncé de façon déterminée, claire, sans équivoque*.

6.2.2. Critères d'appréciation de la fonction FP2

Rappelons que la traçabilité interne est l'aptitude à reconstituer totalement ou partiellement le cycle de vie d'un produit au sein d'un maillon donné de la chaîne logistique. On parle également de la traçabilité des unités de production [Gencod, 2001] ou encore la traçabilité *usine* [Ta, 2002]. Dans la pratique, faire la traçabilité interne revient à restituer des données portant sur :

- ❑ Les lots entrants et les lots sortants d'une opération donnée. On parle de liens entre lots, de généalogie de lot ou encore de nomenclature de lot selon Van Dorp [Van Dorp, 2004].
- ❑ Des attributs caractérisant les produits entrants ou sortants d'une opération (quantité, DLC, propriétés physico-chimiques...).
- ❑ Des paramètres liés aux process⁸⁴ subis par les produits : température d'un stérilisateur, durée d'une opération, personne ayant validé une opération, etc.

Ainsi, on peut dire que l'on dispose d'une bonne traçabilité interne lorsque il est possible d'accéder, le plus **rapidement** possible, à des données **correctes** décrivant avec **précision**, les lots de produits manipulés en interne, leur généalogie et les paramètres opératoires du processus qu'ils ont subi. Pour caractériser la fonction FP2, nous allons nous appuyer de nouveau sur les concepts d'exhaustivité, authenticité, rapidité et précision pour définir quatre critères d'appréciation.

A. Exhaustivité de la traçabilité interne (C5)

L'exhaustivité de la traçabilité interne est la capacité du ST à restituer à ses bénéficiaires l'ensemble des informations répondant à leur besoin en termes de traçabilité interne sans en omettre aucune.

Quantification du critère C5

Aujourd'hui, il n'existe pas (encore) de texte réglementaire définissant des exigences qui précisent le type d'informations de traçabilité interne que les entreprises doivent mettre à la disposition des Autorités compétentes. Ceci rend difficile la formalisation d'un cadre d'évaluation générique pour évaluer l'exhaustivité de la traçabilité interne. Nous sommes donc dans une logique de cas par cas.

Ainsi, en fonction du contexte de son activité et des obligations légales ou commerciales auxquelles elle est soumise, l'entreprise doit déterminer les éléments (données) de traçabilité interne répondant à ses besoins. Dans le cas de la société Arrivé, par exemple, il y a généralement douze données de traçabilité interne qui sont gérées par le ST. Structurées autour de la notion d'ordre de fabrication (OF), ces données sont :

- ❑ Numéro d'OF,
- ❑ Date et heure de l'OF,
- ❑ Nature d'opération de fabrication,
- ❑ Atelier de fabrication,
- ❑ Ligne de fabrication,
- ❑ Produits entrants de l'OF,
- ❑ N° de lots des produits entrants de l'OF,
- ❑ Quantités des produits entrants de l'OF,
- ❑ Date limite d'utilisation des produits entrants de l'OF (DLU),
- ❑ Produits sortants de l'OF,
- ❑ N° de lots des produits sortants de l'OF,
- ❑ Quantités des produits sortants de l'OF.

⁸⁴ Exemples de process : Assemblage (comme le mélange de plusieurs produits), désassemblage (comme la découpe), transformation, transport, stockage, etc.

Ainsi, la restitution de la traçabilité interne d'un lot donné consiste à retrouver les informations citées ci-dessus pour chacune des opérations subies par ce lot. D'une manière générale, pour évaluer le critère d'appréciation C5, nous proposons de procéder comme suit :

- ❑ Composer un échantillon représentatif de lots de produits finis de l'entreprise,
- ❑ A l'aide du ST, remonter l'historique de chaque lot jusqu'au début du processus dont il est issu tout en restant à l'intérieur de l'entreprise concernée. L'ensemble des opérations subies par le lot en question doivent être parcourues (stockage, transformation, déplacement, assemblage, désassemblage, etc.).
- ❑ Pour chacune de ces opérations, vérifier si le ST est capable de restituer l'ensemble des données de traçabilité requises. Dans le cas d'Arrivé, par exemple, il s'agit des douze données citées ci-dessus.
- ❑ Soit X le nombre total des données requises et Y le nombre de données réellement restituées par le ST. **Une estimation de l'exhaustivité de traçabilité interne peut être obtenue en divisant Y par X.**

Echelle et niveau objectif du critère C5

Compte tenu de son mode de quantification, décrit dans le paragraphe précédent, l'exhaustivité de la traçabilité interne varie entre 0 % et 100 %. Le but de toute entreprise est de disposer de l'intégralité des informations dont elle a besoin. Donc un C5 maximum. Cependant, il est toujours possible de définir plusieurs niveaux objectifs notamment en fonction des produits tracés. Par exemple, pour des sous-produits, on peut être moins exigeant que lorsqu'il s'agit de produits nobles.

B. Authenticité de la traçabilité interne (C6)

L'authenticité de la traçabilité interne est la capacité du ST à restituer fidèlement (c'est-à-dire sans risque d'erreur) les données relatives à la traçabilité interne des produits.

Quantification du critère C6

L'objectif du critère d'appréciation C6 est d'évaluer l'exactitude des données de traçabilité interne que le ST restitue à ses bénéficiaires. Pour l'évaluer, nous proposons de procéder comme suit :

- ❑ Constituer un échantillon représentatif d'opérations de production effectuées à l'intérieur de l'entreprise concernée. Déterminer également la nature des données qui sont enregistrées à chaque étape (voir le critère C5). Selon l'activité de celles-ci, il peut s'agir d'opérations de fabrication, de déconditionnement, de stockage, etc.
- ❑ Sur le terrain, assister au déroulement de chacune de ses opérations et noter sur une fiche l'ensemble des données de traçabilité qui sont gérées par le ST tout en s'assurant de leur exactitude. Un exemple de fiche d'évaluation est présenté en Annexe 15.
- ❑ Après cet exercice de terrain, consulter le ST et noter sur la fiche d'évaluation les valeurs qu'il restitue par rapport aux mêmes opérations.
- ❑ Comme illustré et expliqué en Annexe 15, comparer les valeurs «réelles» (celles qui sont collectées sur le terrain) et les valeurs qui sont restituées par le ST. Si X est le nombre total de données à comparer et Y le nombre de cas ayant des valeurs identiques, **une évaluation du critère C6 est obtenue en divisant Y par X.**

A noter qu'il est très important de mener cet exercice de manière à ne pas influencer sur le déroulement habituel des opérations qui permettent d'alimenter le ST. Sinon, ses résultats seront biaisés.

Echelle et niveau objectif du critère C6

De par son mode de calcul, la valeur de l'authenticité de la traçabilité interne peut varier entre 0 et 100 %. Le niveau objectif que toute entreprise souhaite atteindre est 100 %. Car, dans le domaine de la traçabilité, rien n'est pire que de prendre des décisions sur des bases erronées. En cas de crise alimentaire par exemple, il vaut mieux *ratisser large* que de laisser sur le marché des produits nocifs pour le consommateur faute d'une traçabilité authentique.

Cas d'étude 7.3

Voir en Annexe 15.

C. Rapidité de la traçabilité interne (C7)

Conformément à la définition que nous avons proposée précédemment, la rapidité de la traçabilité amont traduit l'aptitude du ST à répondre, dans de brefs délais, aux requêtes des bénéficiaires en matière de traçabilité interne.

Quantification du critère C7

Par analogie avec la traçabilité amont, nous proposons de suivre la démarche ci-dessous afin d'estimer le critère d'appréciation C7 :

- ❑ Composer un échantillon représentatif des produits finis de l'entreprise.
- ❑ Pour chacune des références composant l'échantillon, prendre un numéro de lot (ou tout autre identifiant unique) et rechercher l'ensemble des informations de traçabilité interne accessibles via le ST.
- ❑ Mesurer par chronométrage le temps nécessaire pour restituer ces informations.
- ❑ Calculer, en minutes, le temps moyen nécessaire pour remonter la traçabilité interne d'un produit fini donnée. La valeur obtenue traduit la rapidité interne du ST. Plus cette valeur est faible, mieux sera la rapidité de la traçabilité interne.

Comme pour tous les autres critères définis dans ce document, la mise en œuvre du cadre de mesure ne doit pas influencer sur le fonctionnement habituel du ST. Autrement, les résultats obtenus ne refléteraient pas tout à fait la réalité.

Echelle et niveau objectif du critère C7

La rapidité de la traçabilité interne évolue sur une échelle temporelle et peut aller de quelques minutes à plusieurs heures, voire plusieurs jours; et ceci en fonction des moyens de traçabilité mis en place. Comme nous l'avons évoqué par rapport à la traçabilité amont, les textes réglementaires ne donnent aucune précision quant à ces délais. Chaque entreprise a donc la possibilité de définir un ou plusieurs niveaux objectifs en fonction du contexte (crise alimentaire, audit, etc.), des données à restituer ou encore du destinataire de ces données (Autorités, clients, etc.).

Cas d'étude 7.4

Au niveau de la société Arrivé, la restitution des données de traçabilité s'effectue principalement à travers un module du système GPAO qui est mis à la disposition du service qualité et des assistants qualité dans les différents sites. Cet outil constitue une interface via laquelle l'utilisateur peut interroger la base de données traçabilité. A travers des cas réels où l'on était sollicité pour répondre à des demandes relatives à la traçabilité, on a constaté que la durée moyenne pour parcourir l'historique interne d'un lot de produit fini est d'environ **25 minutes**.

D. Précision de la traçabilité interne (C8)

Que ce soit à travers la littérature scientifique ou les publications professionnelles, le terme précision est celui qui revient le plus souvent dans la caractérisation de la performance d'un ST. Par rapport à la traçabilité interne, nous définissons ce critère comme étant **la capacité du ST à identifier (repérer), sans excès ni défaut, les produits ayant en commun une ou plusieurs caractéristiques données**.

Par exemple, supposons qu'une contamination chimique est survenue au niveau d'une ligne de découpe d'ailles de poulets qui n'avait pas été proprement nettoyée. Il va donc falloir bloquer (voire rappeler) les sortants issus de cette découpe. A savoir les ailerons, les manchons et les fouets. Grâce à une traçabilité interne précise, l'entreprise est capable d'identifier exactement les produits qui sont concernés par cette contamination, **ni plus ni moins**. Si nous considérons qu'il y a 1000 Kg de manchons qui sont **effectivement** contaminés, le ST peut se comporter de différentes manières en fonction de sa précision :

- ❑ Si le ST indique qu'il y a 1500 Kg de contaminés, alors, son pouvoir discriminant (sa précision) est insuffisant. Par conséquent, l'entreprise sera obligée de rappeler ou de détruire un excès de 500 Kg.

- ❑ S'il pointe exactement les 1000 Kg qui sont effectivement concernés, alors nous avons affaire à une traçabilité précise.
- ❑ Dans le cas où il n'indique que 800 kg, nous sommes aussi face à un manque de précision qui peut conduire à la commercialisation de 200 Kg de produits pouvant mettre la santé (voir la vie) du consommateur en danger.

Pour revenir à notre définition, la caractéristique dont il est question dans l'exemple ci-dessus est «être contaminé» par le microbe en question. Le ST doit pouvoir identifier avec précision les produits qui ont en commun cette caractéristique. D'autres exemples de caractéristiques que les produits peuvent partager sont: *fabriqué sur telle ligne, intégrer tel ingrédient, manipulé par tel opérateur, séjourner dans tel dépôt*, etc.

Quantification du critère C8

Après avoir défini et illustré la notion de précision d'un ST, la question qui se pose est de savoir quels sont les paramètres qui conditionnent ce critère d'appréciation, et comment se manifestent leurs impacts. Afin d'y répondre, nous allons raisonner sur la base de l'exemple précédent.

Pour que le ST indique exactement les 1000 Kg qui sont effectivement contaminés, trois conditions doivent être réunies :

- ❑ Il faut d'abord que le ST puisse fournir une réponse non ambiguë. C'est-à-dire qu'il ne doit pas pointer un ensemble de produits potentiellement concernés sans qu'il y ait possibilité de trancher. Sinon, l'entreprise sera obligée de rappeler une quantité plus importante que celle qui devait réellement l'être. Nous retrouvons ici l'opposition «traçabilité *approchée* versus traçabilité *formelle*» évoquée précédemment et qui est caractérisée via le paramètre que nous avons intitulé « **rigueur interne du ST** ».
- ❑ Dans les entreprises agroalimentaires, on ne trace pas des produits individuels, mais des lots de produits. C'est-à-dire des ensembles d'unités d'une denrée alimentaire qui a été produite, fabriquée ou conditionnée dans des circonstances identiques⁸⁵. Si, dans notre exemple, un lot contient 400 Kg d'ailes, cela signifie que nous avons 2 lots et demi qui sont réellement contaminés. Or, comme la maille de suivi (ou taille de lot) est de 400 Kg, le minimum qu'un ST rigoureux peut indiquer est 3 lots. Soit un excès de 200 Kg. Donc, en plus de la rigueur du ST, nous avons un autre paramètre qui conditionne la précision de la traçabilité interne : **la taille de lot**. Plus elle est petite, meilleure est la précision de la traçabilité.
- ❑ Si nous réduisons la taille de lot à 200 Kg, cela peut certainement améliorer la précision de la traçabilité. Dans ce cas, si l'on interroge le ST, il va pointer les 5 lots qui correspondent aux 1000 Kg réellement concernés. Mais, supposons que les manchons issus de la découpe soient intervenus dans la fabrication de 3 lots de Coq'Ailes faisant chacun 2000 Kg. Dans ce cas, l'entreprise sera obligée de rappeler 6000 Kg de Coq'Ailes à cause d'une contamination ne touchant, à la base, qu'à 1000 Kg de produits. La cause, bien évidemment, est le fait de dispatcher un lot de produits semi-fini (manchons) sur plusieurs lots de produits finis (Coq'Ailes). Pour traiter ce problème, nous allons emprunter à Dupuy [Dupuy, 2004] le concept de **dispersion des lots**. C'est le troisième paramètre qui conditionne la précision de la traçabilité interne.

Dans ce qui suit, nous allons détailler davantage ces trois paramètres et montrer dans quelle mesure chacun d'eux contribue à la précision de la traçabilité interne.

La rigueur du ST

Par opposition à la notion de traçabilité *approchée* [ACTA et ACTIA, 1998; Gencod, 2001], nous avons suggéré d'utiliser la notion de traçabilité **formelle** (ou explicite) pour décrire un ST dans lequel toutes les données suivies sont systématiquement enregistrées. Pour distinguer le caractère formel ou approché d'un ST, nous utilisons le paramètre «**rigueur du ST**». Ce dernier est proportionnel à la fréquence d'enregistrement des données de traçabilité dans les différentes étapes du process.

L'une des pratiques courantes au sein des entreprises agroalimentaires est de s'appuyer sur le FIFO (first in first out) pour assurer une traçabilité approximative (ou *approchée*) avec un minimum d'enregistrements. Si

⁸⁵ Selon l'article R112-5 du code de la consommation (France)

l'on a plusieurs lots d'une matière première en stock, on commence toujours par le plus ancien et on continue à le consommer sans avoir à faire des enregistrements de données à chaque sortie. On se contente d'enregistrer la date correspondant à l'ouverture d'un nouveau lot. Cette manière de faire permet de déterminer sur une période donnée le(s) lot(s) ayant été potentiellement utilisé(s) par l'entreprise. On est donc face à un cas typique d'un ST manquant de rigueur dans la mesure où il est difficile, parfois, de s'assurer que le FIFO soit bien respecté.

Donc l'évaluation de la rigueur du ST peut être obtenue en calculant le pourcentage des données de traçabilité pour lesquelles on pratique une traçabilité formelle. C'est-à-dire, celles qui sont systématiquement enregistrées. Pour ce faire, il suffit d'interroger les responsables Qualité ou d'aller observer directement le mode de fonctionnement en place dans les différents ateliers. Le Tableau 7.10 peut servir de modèle afin d'évaluer la rigueur du système de traçabilité.

Opérations	Données tracées	Enregistrement systématique		Rigueur
		Oui	Non	
Opération 1	A	✓		1
	B	✓		1
	C	✓		1
Opération 2	D		✓	
	E		✓	
	F	✓		1

Tableau 7.10 - Modèle de fiche d'évaluation de la rigueur du ST

Un tableau de type MS Excel peut s'avérer très pratique pour l'estimation de la rigueur du ST. Après avoir identifié pour chaque opération les données qui sont tracées, cocher les cases correspondantes selon qu'elles sont enregistrées systématiquement ou non. Ensuite, pour chaque donnée dont l'enregistrement est systématique, marquer un «1» dans la colonne «rigueur». Enfin, la valeur de la rigueur du ST est obtenue en divisant la somme des éléments de cette colonne sur le nombre de données tracées. Dans une feuille Excel, cela se traduit par la formule suivante : somme [Colonne E] / Nombre [Colonne B]. Au niveau de l'exemple présenté dans le Tableau 7.10, nous avons 4 données sur 6 qui répondent aux critères d'une traçabilité formelle, soit une rigueur d'environ 67 %.

Cas d'étude 7.5

Au niveau de la société Arrivé, toutes les données tracées sont systématiquement enregistrées. Donc, telle que nous l'avons définie, nous avons une traçabilité formelle avec un niveau de rigueur de 100%.

Il faut noter que ces enregistrements systématiques ne pénalisent pas la productivité dans la mesure où beaucoup de données sont saisies automatiquement comme les dates et heures de début et fin de fabrication. La lecture optique des codes-barres facilite également la tâche des opérateurs en leur permettant d'enregistrer instantanément plusieurs types de données : N° de lot, DLU etc.

Taille de lot

Une taille de lot élevée constitue la cause d'imprécision qui est la plus citée dans la littérature ([Gencod, 2001; Golan et al., 2004b; Lecomte et al., 2006] entre autres). Comme le montre l'exemple précédant sur les ailes de poulets, la précision d'un ST est inversement proportionnelle à la taille des lots de produits manipulés par l'entreprise. Théoriquement, il faut opter pour une taille de lot qui soit la plus petite possible. Mais ce choix est très délicat et renvoie au fameux dilemme traçabilité/productivité dont il n'est pas question ici. Tout est donc une affaire d'optimisation qui doit être guidée par le niveau de risque accepté par l'entreprise ainsi que ses objectifs en termes de traçabilité.

Afin de pouvoir se prononcer sur une taille de lot donnée, nous choisissons comme référence la taille moyenne des *unités commerciales* (généralement des colis) que l'entreprise manipule. Ce choix se justifie par le fait que l'unité commerciale constitue un juste milieu entre l'*unité logistique* (palette, containers) qui

est trop grande et l'unité-consommateur⁸⁶ (trop petite). En plus, les entreprises qui fabriquent des PAI (produits alimentaires intermédiaires) n'utilisent pas toutes la notion d'unité-consommateur. Ainsi, pour quantifier le paramètre « taille de lot », nous proposons de calculer le rapport de la taille moyenne des unités commerciales de l'entreprise sur la taille moyenne d'un lot de production. Le résultat obtenu sera exprimé en pourcentage et nous l'appelons le **rapport de taille de lot**.

Cas d'étude 7.6

Dans le cas de la société Arrivé, un lot de produits est généré à l'issue de chaque ordre de fabrication (OF). A partir d'un échantillon de 510 000 OF, nous avons calculé la taille moyenne d'un lot de fabrication. Soit environ 265 Kg. De la même manière, nous avons calculé la taille moyenne d'une unité commerciale (colis) sur la base d'un échantillon de 262 000 commandes clients. Soit environ 4 Kg par colis. Ce qui correspond, ainsi, à un rapport de taille de lot égal à **1,51 %**.

Cela signifie que si Arrivé est confrontée à une situation de rappel, elle doit rappeler, en moyenne, 66 colis pour chaque lot de fabrication concerné.

Dispersion des lots

Opter pour un enregistrement systématique des données et de petites tailles de lots sont deux conditions nécessaires mais pas suffisantes à la précision de la traçabilité. En effet, il faut, en plus, que le process soit géré de manière à limiter les mélanges de lots d'un même produit. Pour en rendre compte, nous allons emprunter à Dupuy [Dupuy, 2004] les notions de dispersion des lots qu'il définit comme suit :

- ❑ La dispersion descendante d'un lot de matière première est le nombre de lots de produits finis qui contiennent une partie de ce lot de matière première.
- ❑ La dispersion ascendante d'un lot de produits finis est le nombre de différents lots de matières premières utilisées dans ce lot.

Si A est une matière première et B un produit fini au niveau d'un processus de fabrication donné, leurs liens peuvent être modélisés via les graphes de *Gozinto* [Loos, 2001] présentés dans la Figure 7.6.

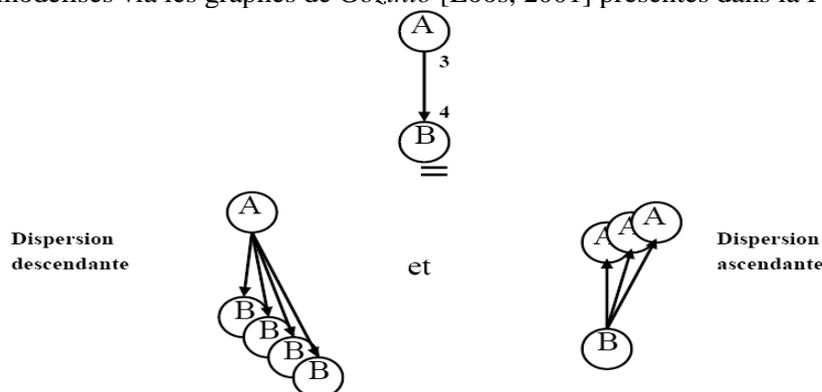


Figure 7.6 - Modélisation de la dispersion d'après Dupuy [Dupuy, 2004]

Les graphes de *Gozinto* représentent un ensemble de relations « parent composant » où la relation est une entité en soi. Comme le montre la Figure 7.6, la dispersion descendante du lot A est de 4 et la dispersion ascendante du lot B vaut 3.

Au lieu de se limiter aux matières premières et produits finis, nous allons généraliser les concepts proposés par Dupuy [Dupuy, 2004] aux entrants et sortants d'une opération donnée. Nous parlons ainsi de **la dispersion descendante d'un lot de produit entrant et de la dispersion ascendante d'un lot de produits sortant de l'opération en question**. Pour caractériser ce paramètre, nous nous appuyons sur la dispersion globale qui peut être quantifiée comme suit :

⁸⁶ Article destiné à la vente au consommateur dans un magasin de détail. L'unité-consommateur se définit comme l'unité la plus élémentaire étant ou pouvant être proposée au consommateur pour l'achat selon une présentation donnée. Cela implique, entre autres, que le produit comporte, sous forme clairement lisible, toutes les mentions imposées par la législation pour les produits proposés à la vente au public – Source : http://www.gs1.fr/gs1_fr/glossaire_1 - Consulté le 29 février 2008.

Pour chaque opération de production, chaque entrant et chaque sortant :

- ❑ Calculer la dispersion descendante moyenne des lots entrants. C'est à dire le nombre moyen de lots de produits entrants utilisés pour la fabrication d'un lot de produits sortants.
- ❑ Calculer la dispersion ascendante moyenne des lots sortants. C'est-à-dire le nombre moyen de lots de produits sortants qui sont issus d'un lot de produits entrants,
- ❑ La moyenne des deux correspond à la dispersion globale.

Les données servant au calcul des différentes dispersions peuvent être obtenues de plusieurs manières possibles :

- ❑ A partir de règles relatives aux liens entre lots qui sont définies par le service Qualité, le cas échéant.
- ❑ En consultant l'historique (traçabilité) des produits sur une période significative. Ceci est d'autant plus facile que la traçabilité est gérée d'une manière informatique.
- ❑ En effectuant le suivi du processus de production sur une période suffisante pour pouvoir collecter des données significatives.

L'évaluation des différentes dispersions peut être faite à travers des fiches comme celles qui sont présentées en Annexe 16 et en Annexe 17.

Logiquement, la situation idéale c'est lorsque nous avons une dispersion globale égale à 1. C'est-à-dire quand les lots entrants et/ou sortants d'un même produit ne sont pas mélangés. Le rapport entre cette valeur idéale de la dispersion (c'est-à-dire 1) sur sa valeur réelle constitue un indicateur très intéressant qui peut être exprimé en pourcentage. Par exemple, une valeur de 25 % correspond à une dispersion globale de 4.

Cas d'étude 7.7

Suite à l'analyse de l'historique d'un échantillon de 504 000 OF réalisés dans les différents sites de la société Arrivé au cours des deux premiers mois de l'année 2007, nous avons pu avoir une estimation des dispersions ascendantes et descendantes des lots mis en œuvre :

- La dispersion ascendante moyenne d'un lot de produits sortants est égale à 2,52. Cette valeur représente le nombre moyen de lots de produits entrants utilisés, dans une opération donnée, pour fabriquer un lot de produits sortants.
- la dispersion descendante moyenne d'un lot de produits entrants est égale à 22,16. C'est le nombre moyen de lots de produits sortants dans lesquels une partie d'un lot entrant est intégrée. Le sel est le produit dont la dispersion descendante est la plus élevée : Un lot de sel est utilisé en moyenne pour fabriquer 470 lots de produits élaborés.

Conformément à la procédure expliquée ci-dessus, nous avons une dispersion globale de **12,34**.

Récapitulation

Dans le cadre de la caractérisation de la fonction principale FP2, nous avons montré que la précision de la traçabilité interne dépend de trois paramètres qui sont la rigueur du ST, la taille de lot et la dispersion des lots. Le Tableau 7.11 en présente une récapitulation.

La précision de la traçabilité interne dépend de :			
	Rigueur de la traçabilité interne	Rapport de taille de lot	Dispersion globale des lots
Définition	Traduit le caractère approché ou formel de la traçabilité	Donne une idée sur la quantité de produits contenus dans un lot	Donne une idée sur les mélanges de lots dans un processus de fabrication
Quantification	Pourcentage des données de traçabilité qui sont systématiquement enregistrées	Taille moyenne de l'unité commerciale sur la taille moyenne du lot de production	A partir des dispersions ascendantes et descendantes, calculer la dispersion globale comme décrit auparavant.

Tableau 7.11 - Paramètres conditionnant la précision de la traçabilité interne

Après avoir expliqué les paramètres conditionnant la précision de la traçabilité interne ainsi que la manière de les évaluer, la question qui se pose est de savoir comment exprimer ce critère d’appréciation à travers une agrégation des trois paramètres. Pour ce faire, nous allons leur attribuer des coefficients d’importance traduisant leurs contributions respectives. Le Tableau 7.12 donne une idée sur l’influence de chaque paramètre.

Paramètres de précision de la traçabilité interne	Leurs rôles par rapport à la précision du ST
Rigueur de la traçabilité interne	Une traçabilité approchée est, par définition, imprécise abstraction faite des autres paramètres
Rapport de taille des lots	D’une manière générale, la précision du ST est inversement proportionnelle à la taille des lots comme en témoignent [Gencod, 2001; Golan et al., 2004b; Lecomte et al., 2006]
Dispersion des lots	Enregistrer systématiquement les produits consommés et avoir de petites tailles de lots ne suffit pas pour une traçabilité précise. Il faut surtout en limiter les mélanges.

Tableau 7.12 - Influence des trois paramètres sur la précision du ST

En tenant compte des rôles des différents paramètres de précision de la traçabilité interne exposés dans le Tableau 7.12, nous avons effectué une *comparaison par paires* visant à pondérer ces paramètres selon leurs importances relatives. Pour ce faire, nous avons constitué un groupe de travail composé de 7 utilisateurs du ST au sein de la société Arrivé. Pour chaque paire de paramètres (P_i, P_j), le groupe a évalué le rapport d’importance P_i/P_j . Nous obtenons ainsi la matrice de comparaison binaire suivante :

	P₁	P₂	P₃	
P₁	1	6/2	3/7	Avec : P ₁ : Rigueur de la traçabilité interne P ₂ : Rapport de taille des lots P ₃ : Dispersion des lots
P₂	2/6	1	1/7	
P₃	7/3	7/1	1	

Selon la méthode de la *Moyenne Arithmétique sur les Lignes* [Lootsma, 1980; Yannou et Limayem, 2002], les comparaisons de chaque ligne sont sommées puis normalisées. On obtient ainsi une estimation des coefficients d’importance des trois paramètres conditionnant la précision de la traçabilité interne. Soit **27 %** pour la rigueur de la traçabilité interne, **9 %** pour le rapport de taille des lots et **64 %** pour la dispersion des lots.

Une fois définis et leurs importances relatives déterminées, ces paramètres vont constituer les variables de la fonction qui va nous permettre enfin d’évaluer la précision de la traçabilité interne. Cette fonction n’est autre que la moyenne pondérée de la rigueur du ST, du rapport de taille de lot et de l’inverse de la dispersion des lots. Soit :

$$\text{Précision de la traçabilité interne} = \frac{(\text{Rigueur du ST} \times 27) + (\text{Rapport de taille de lot} \times 9) + ((1/\text{Dispersion globale des lot}) \times 64)}{100}$$

Echelle et niveau objectif du critère C8

De par son mode de quantification, la précision de la traçabilité amont est un critère qui peut varier entre 0 et 100% en fonction de la rigueur du ST, de la taille des lots et de leur dispersion. Chaque entreprise peut se fixer un ou plusieurs niveaux objectifs en fonction, par exemple, de la criticité ou de la valeur ajoutée des produits tracés.

Cas d'étude 7.8

Le Tableau 7.13 illustre la formule de quantification de la précision de la traçabilité interne que nous avons appliquée au ST de la société Arrivé.

Rigueur du ST	Rapport de Taille de Lot	Dispersion globale des lots	Précision du ST
100 %	1, 51 %	12,34	32 %

Tableau 7.13 - Quantification de la précision de la traçabilité interne chez Arrivé

Si cette précision est jugée insuffisante, elle peut être améliorée en réduisant la taille des lots de fabrication et /ou en limitant la dispersion des lots de produits. Ces mesures peuvent engendrer des modifications plus ou moins profondes du process de fabrication. Ce qui n'est pas neutre en termes de coût.

En résumé, la précision constitue un critère très intéressant pour évaluer la performance d'un ST. On le retrouve dans plusieurs références telles que [Golan et al., 2004b], [Lecomte et al., 2006] et [Gencod, 2001]. Cependant, aucune de ces références ne montre comment on peut concrètement le quantifier. Partant de ce constat, nous avons essayé de décortiquer ce critère en mettant en évidence les différents paramètres qui le conditionnent et en expliquant les procédures d'évaluation correspondantes. Ensuite, nous avons associé à chacun de ces paramètres un coefficient d'importance qui traduit sa contribution à la précision du ST. A partir de ces paramètres, une formule qui permet d'exprimer la précision du ST en fonction des trois paramètres évoqués ci-dessus a été proposée. La principale limite de notre approche réside dans l'affectation des coefficients d'importance aux trois paramètres mis en jeu. Bien que nous nous soyons appuyés sur une méthode reconnue (comparaison par paires), une part de subjectivité est inévitable mais ce modèle nous semble prendre en compte toutes les composantes désirées de la précision.

6.3. FP3: Mettre les données de traçabilité aval des produits à la disposition des Pouvoirs Publics

6.3.1. Contextualisation de la fonction FP3

Selon le règlement CE 178/2002, les entreprises agroalimentaires doivent se doter de systèmes et de procédures permettant d'identifier les entreprises auxquelles leurs produits ont été fournis. Cette information est mise à la disposition des Autorités compétentes (...).

A l'instar de la fonction principale FP2, la fonction FP3 a pour objectif de véhiculer des informations de l'entreprise propriétaire du ST vers les Pouvoirs publics. Elle peut être déclenchée dans deux contextes différents (Cf. Figure 7.7).

Contexte 1 : Le cas d'une crise alimentaire où l'entreprise doit informer les Autorités compétentes des clients auxquels elle a expédié des produits qui risquent de mettre la santé du consommateur en danger. Comme pour la fonction FP1, ce contexte peut être caractérisé par le mode de déclenchement de cette fonction qui peut être proactif ou réactif en fonction de la partie qui prend l'initiative (l'entreprise ou les Pouvoirs publics). Un autre élément à prendre en compte est le niveau d'urgence de la situation qui dépend de la nature de la non-conformité à l'origine du déclenchement de la fonction.

Contexte 2 : Audit traçabilité

Par souci de protection de la santé publique, des instances relevant des Pouvoirs publics, effectuent des audits auprès des opérateurs agroalimentaires en vue de s'assurer de la performance de leurs ST.

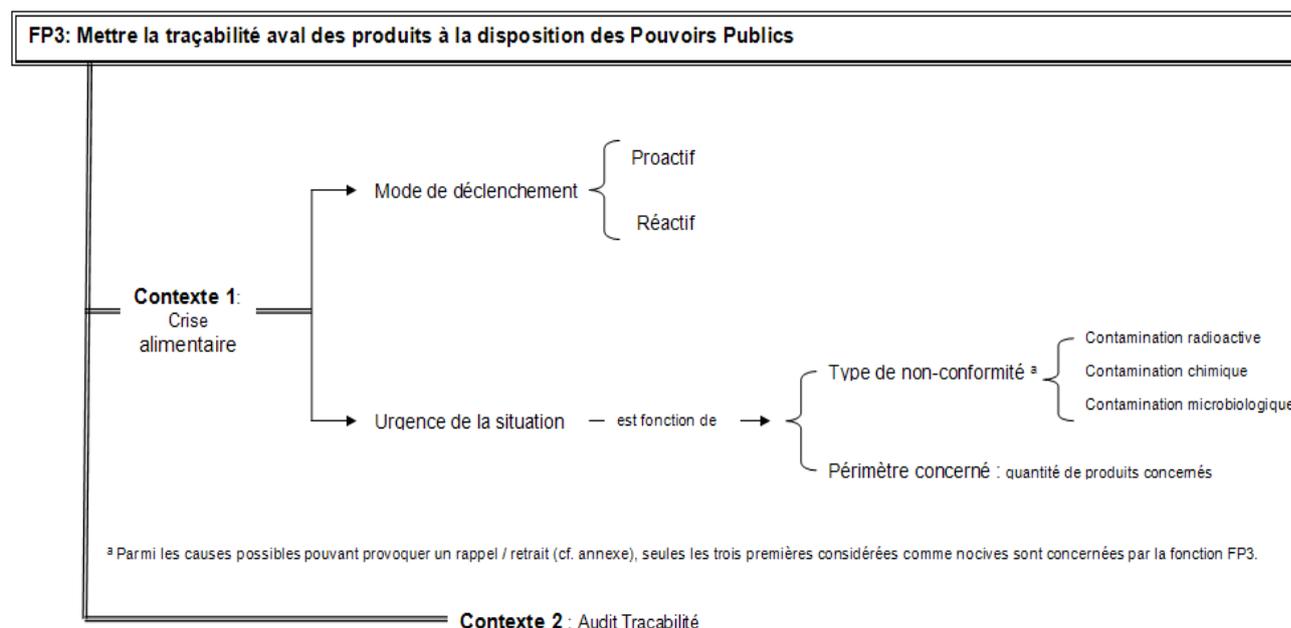


Figure 7.7 - Contextualisation de la fonction FP3

6.3.2. Critères d’appréciation de la fonction FP3

Par analogie avec la fonction principale FP1, un bon ST doit être capable de restituer une traçabilité aval **non erronée, complète, précise** et d’une manière **rapide**. On retrouve donc quatre critères d’appréciation qui sont élaborés respectivement à partir des concepts d’authenticité, exhaustivité, précision et rapidité.

A. Exhaustivité de la traçabilité aval (C9)

L’exhaustivité de la traçabilité aval est la capacité du ST à restituer à ses bénéficiaires l’ensemble des données répondant à leur besoin en termes de traçabilité aval sans en omettre aucune.

Quantification du critère C9

Par analogie avec la traçabilité amont (voir le critère C1), la Commission européenne classe les informations de traçabilité devant être conservées en deux catégories. La première catégorie comporte toutes les informations dont les autorités compétentes doivent toujours pouvoir disposer. Dans la deuxième catégorie on trouve des informations supplémentaires dont la conservation est fortement recommandée. Par rapport à la traçabilité aval, les informations concernées sont présentées dans le Tableau 7.14.

Informations de première catégorie	Informations de deuxième catégorie
<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Nom du client, <input type="checkbox"/> Adresse du client, <input type="checkbox"/> Nature des produits qui lui sont livrés, <input type="checkbox"/> Date de livraison. 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Volume ou quantité, <input type="checkbox"/> Numéro de lot, s’il y a lieu, <input type="checkbox"/> Description plus détaillée du produit.

Tableau 7.14 - Les deux catégories d’informations de traçabilité aval

Suivant la même approche adoptée pour la traçabilité amont, nous allons définir une échelle multi-niveaux pour évaluer l’exhaustivité de la traçabilité aval. Comme le montre la Figure 7.8, Le niveau **1** est atteint dès lors que le ST est capable de restituer tous les éléments de première catégorie. Et si, en plus, on peut accéder à **n** éléments supplémentaires de la deuxième catégorie, le niveau du critère C9 est égal à **n+1**.

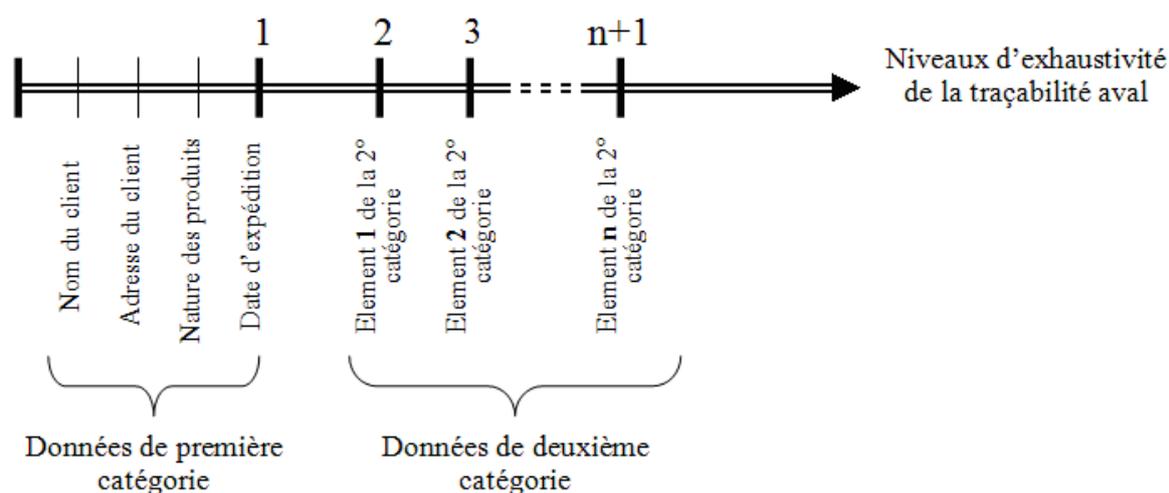


Figure 7.8 - Echelle d'évaluation de l'exhaustivité de la traçabilité aval

Les éléments de première catégorie sont considérés comme un minimum indivisible puisque leur restitution est obligatoire de par la réglementation. Si l'un d'eux fait défaut, le niveau du critère C9 est alors égal à 0. Pour être aussi générique que possible, nous n'avons spécifié ni le nombre ni la nature des éléments de deuxième catégorie. Ainsi, chaque entreprise peut adapter la présente échelle à son propre contexte.

Concrètement, l'évaluation du critère C9 pour un produit donné consiste à identifier les données de traçabilité aval que le ST est capable de restituer par rapport à ce produit, puis les disposer sur une échelle semblable à celle de la Figure 7.8. Les informations permettant d'effectuer cette évaluation peuvent être obtenues facilement en interviewant les responsables Qualité ou en consultant directement le ST. A titre d'exemple, si le ST restitue les quatre données de première catégorie plus deux données supplémentaires de seconde catégorie (ex. n° de lot et quantité expédiée), la valeur du critère C9 est égale à 3.

En calculant la moyenne des niveaux correspondant à chaque produit sortant de l'entreprise (produits finis, sous-produits, etc.), on obtient une estimation de l'exhaustivité de la traçabilité aval pour le ST en question. Si le nombre de produits tracés est trop élevé, l'estimation de ce critère peut être réalisée sur la base d'un échantillon représentatif.

Echelle et niveau objectif du critère C9

Compte tenu de son mode d'expression, décrit dans le paragraphe précédent, l'exhaustivité de la traçabilité aval peut varier entre 0 et n. Ce dernier dépend très étroitement du contexte de l'entreprise (exigences réglementaires et commerciales) et surtout de la nature des produits tracés. Le niveau minimal de ce critère d'appréciation est 1 et est atteint lorsque le ST permet de restituer les quatre éléments de première catégorie qui sont imposés par la réglementation. Le niveau objectif peut être défini par chaque entreprise notamment en fonction des deux contextes qui ont été évoqués précédemment (crise alimentaire et audit traçabilité).

B. Authenticité de la traçabilité aval (C10)

L'authenticité de la traçabilité aval est la capacité du ST à restituer fidèlement (c'est-à-dire sans risque d'erreur) les données relatives à la traçabilité aval des produits sortant de l'entreprise.

Quantification du critère C10

Afin d'évaluer le critère d'appréciation C10, nous adoptons une approche similaire à celle qui a été proposée dans le cadre de la caractérisation de la fonction FP1 :

- ❑ Constituer un échantillon représentatif des produits sortants de l'entreprise (produits finis, semi-finis ou sous-produits). Cette étape doit aboutir à la constitution d'une liste contenant les codes et/ou les libellés des produits en question.
- ❑ Muni de cette liste, se rendre dans les locaux d'expédition et assister aux opérations d'expédition de chacune des références retenues. La personne réalisant cet exercice doit veiller à ce que sa présence n'ait pas un impact sur le déroulement habituel des expéditions. Car si elles se sentent contrôlées, les

personnes chargées de ces opérations risquent de manifester plus de rigueur que d'habitude, ce qui constituerait un biais (au sens statistique) pour l'évaluation.

- ❑ Pour chaque élément de l'échantillon, choisir un numéro de lot réceptionné (ou tout autre identifiant unique) et noter les données relatives à sa traçabilité aval (ex. nom du client, date d'expédition, etc.). En l'adaptant à la traçabilité aval, le modèle présenté dans le Tableau 7.9 peut servir de fiche d'évaluation.
- ❑ Pour chaque lot, consulter le ST⁸⁷ et noter sur la fiche d'évaluation les données de traçabilité aval restituées par le ST.
- ❑ Comparer les valeurs *réelles* (renseignées au cours de l'exercice) avec celles qui sont restituées par le ST. Soit X le nombre total des données comparées et Y le nombre de données dont les valeurs restituées par le ST sont identiques à celles qui sont collectées sur le terrain. **Le critère d'appréciation C10 peut donc être évalué en divisant Y sur X.** Le résultat est exprimé en pourcentage.

Cet exercice peut être répété plusieurs fois ou réalisé à intervalles réguliers afin que l'évaluation soit la plus précise possible.

Echelle et niveau objectif du critère C10

Compte tenu du protocole de mesure explicité ci-dessus, l'authenticité de la traçabilité aval varie entre 0 % (quand toute la traçabilité amont restituée est fausse) et 100 % qui est le niveau cible vers lequel tout ST doit tendre quel que soit le contexte dans lequel s'exécute la fonction FP3. En effet, l'authenticité de la traçabilité est un critère crucial et une valeur en dessous de 100% signifie que certaines informations que le ST restitue sont incorrectes. Ce qui risque de conduire à la prise de mauvaises décisions. Il vaut mieux ne pas restituer de données que de restituer de fausses données.

C. Rapidité de la traçabilité aval (C11)

La rapidité de la traçabilité aval traduit l'aptitude du ST à répondre, dans de brefs délais, aux requêtes portant sur la traçabilité aval des produits manipulés par l'entreprise.

Quantification du critère C11

L'évaluation de la rapidité de la traçabilité aval se fait suivant le même principe déjà expliqué pour la traçabilité amont, à savoir :

- ❑ Composer un échantillon représentatif des produits sortants de l'entreprise (produits finis, semi-finis ou sous-produits).
- ❑ Pour chacune des références composant l'échantillon, prendre un numéro de lot (ou tout autre identifiant unique) et rechercher l'ensemble des éléments de traçabilité aval que le ST gère (ex. nom du client, date d'expédition, n° de lot, quantité, etc.).
- ❑ Mesurer par chronométrage le temps nécessaire pour restituer ces informations,
- ❑ Calculer, en minutes, le temps moyen nécessaire pour restituer la traçabilité aval de chacun des produits retenus dans l'échantillon. La valeur obtenue traduit la rapidité de la traçabilité aval. Plus cette valeur est faible, meilleure sera la rapidité de la traçabilité aval.

Comme précisé par ailleurs dans ce document, il est très important que ce genre de procédures soit réalisé dans des conditions qui reflètent le fonctionnement habituel du ST. Autrement dit, il faut éviter toute source de biais possible.

⁸⁷ Qu'ils soient sur papier ou informatisés, les outils de traçabilité mis en place n'ont pas d'incidence sur le résultat du protocole de mesure.

Echelle et niveau objectif du critère C11

La rapidité de la traçabilité aval évolue sur une échelle temporelle et peut aller de quelques minutes à plusieurs heures, voire plusieurs jours, et ce en fonction des moyens de traçabilité dont dispose l'entreprise. Les textes réglementaires ne donnent aucune précision quant à ces délais, mais il semble que 2 heures constituent un délai communément acceptable dans le secteur agroalimentaire. A l'instar de la traçabilité amont et interne, chaque entreprise doit définir un ou plusieurs niveaux objectifs en fonction des considérations expliquées auparavant : le contexte de déclenchement de la fonction, la nature des données à restituer et les bénéficiaires auxquels ces données sont destinées.

Cas d'étude 7.9

Dans le cas de la société Arrivé, la rapidité moyenne de restitution de la traçabilité aval d'un lot de produit fini est d'environ **10 minutes**.

Cette durée varie proportionnellement à la taille du lot en question.

D. Précision de la traçabilité aval (C12)

La précision de la traçabilité aval est définie comme étant **la capacité du ST à identifier, parmi plusieurs possibilités, la ou les destinations exactes d'un lot de produits**. Il s'agit en l'occurrence de produits sortants que l'entreprise expédie à ses clients (ex. produits finis, sous-produits ou coproduits).

D'une manière équivalente, la précision de la traçabilité traduit aussi la capacité du ST à identifier ou repérer, sans ambiguïté, le(s) produit(s) livré(s) à un client donné. Une situation typique où l'on a besoin d'une traçabilité aval précise est le cas d'une crise alimentaire nécessitant un rappel ou un retrait de produits. Si le lot incriminé est connu, la question qui se pose est du genre: *Quels sont les clients auxquels ont été livrés les produits issus de ce lot ?*

En fonction de la précision de la traçabilité aval, on distingue deux comportements possibles du ST:

- ❑ Soit qu'il pointe directement⁸⁸ un ou plusieurs clients sans équivoque. On a alors une traçabilité aval précise.
- ❑ Soit qu'il désigne plusieurs clients potentiels sans qu'il y ait possibilité de trancher. Dans ce cas de figure, l'entreprise verra son périmètre et ses coûts de retrait augmenter. Nous retrouvons ici une nouvelle illustration de la traçabilité approchée [ACTA et ACTIA, 1998] à laquelle nous avons opposé le concept de traçabilité formelle (ou explicite).

Quantification du critère C12

Pour quantifier ce critère d'appréciation, nous proposons d'appliquer la même démarche que nous avons expliquée par rapport à la précision de la traçabilité interne. Mais au lieu de considérer toutes les opérations subies par le produit, nous nous limitons uniquement aux opérations d'expédition pour calculer la *dispersion des lots* et la *rigueur du ST*. Ce faisant, nous obtenons la formule suivante :

$$\text{Précision de la traçabilité aval} = \frac{(\text{Rigueur du ST} \times 27) + (\text{Rapport de taille de lot} \times 9) + ((1 / \text{Dispersion globale des lots}) \times 64)}{100}$$

Echelle et niveau objectif du critère C12

Comme mentionné ci-dessus, la précision de la traçabilité aval est un critère qui peut varier entre 0 et 100% en fonction de la rigueur du ST. Même si l'on peut retrouver la destination (ou les destinations potentielles) d'un lot donné en pratiquant une traçabilité approchée, il est toujours conseillé d'opter pour un enregistrement systématique des destinations de chaque produits expédié. Donc un C12 de 100 %.

⁸⁸ C'est-à-dire sans besoin de faire des rapprochements ou des calculs approximatifs.

6.4. FP4: Mettre les données de traçabilité amont des produits à la disposition des clients

6.4.1. Contextualisation de la fonction FP4

Lorsque la santé des consommateurs est menacée, ce qui intéresse le plus les clients c'est la traçabilité aval des produits en cause afin d'en bloquer la commercialisation et/ou la consommation. Cependant, il est tout à fait possible qu'une entreprise soit amenée à communiquer à ses clients des informations portant sur la traçabilité amont de ses produits. C'est le rôle de la fonction principale FP4 qui peut alors être déclenchée suivant deux contextes différents :

- ❑ **Contexte 1** : Quand un client veut s'assurer que son fournisseur respecte bien des exigences relatives à l'origine géographique des produits qu'il lui livre. C'est le cas par exemple des produits AOC (Appellation d'Origine Contrôlée) ou des viandes labellisées « Origine France ».
- ❑ **Contexte 2** : C'est le cas d'audits effectués par les clients en vue d'évaluer la performance des systèmes de traçabilité de leurs fournisseurs. Dans la pratique, un audit de ce type consiste à communiquer à l'entreprise fournisseur le N° de lot d'un de ses produits et lui demander de restituer, dans un délai déterminé, un ensemble de données liées à sa traçabilité amont.

6.4.2. Critères d'appréciation de la fonction FP4

Pour évaluer cette fonction on utilise les critères d'appréciation C1, C2, C3 et C4 que l'on a déjà vus au niveau de la fonction FP1 :

- ❑ C1 : Exhaustivité de la traçabilité amont,
- ❑ C2 : Authenticité de la traçabilité amont,
- ❑ C3 : Rapidité de la traçabilité amont,
- ❑ C4 : Précision de la traçabilité amont.

Même si nous utilisons les mêmes critères d'appréciation pour caractériser différentes fonctions de service, les niveaux objectifs que l'entreprise leur attribue peuvent varier en fonction des bénéficiaires de chaque fonction ainsi que du contexte dans lequel elle est activée. A titre d'exemple, selon qu'il s'agisse des Pouvoirs publics ou des clients, la rapidité de la traçabilité amont (C3) n'aura pas forcément le même niveau cible.

6.5. FP5: Mettre les données de traçabilité interne des produits à la disposition des clients

6.5.1. Contextualisation de la fonction FP5

A l'instar de la traçabilité amont, on peut également rencontrer des situations dans lesquelles un client peut exiger de son fournisseur de lui fournir des informations qui relèvent de la traçabilité interne de ses produits. C'est le rôle de la fonction principale FP5 qui peut être activée dans deux contextes :

- ❑ **Contexte 1** : C'est le cas où le client veut s'assurer que les produits qui lui sont livrés sont fabriqués dans des conditions spécifiques (produits Hallal, Casher...) ou selon des normes particulières (Bio, Label Rouge...). La traçabilité sert alors de justificatif pour prouver la conformité du produit vis-à-vis des cahiers de charges en vigueur.
- ❑ **Contexte 2** : C'est le cas d'audits effectués par les clients en vue d'évaluer la performance des systèmes de traçabilité de leurs fournisseurs. Dans la pratique, un audit de ce type consiste à communiquer à l'entreprise fournisseur le N° de lot d'un de ses produits et lui demander de restituer, dans un délai déterminé, un ensemble de données liées à sa traçabilité interne.

6.5.2. Critères d'appréciation de la fonction FP5

Pour évaluer la fonction FP5, on va s'appuyer sur les critères d'appréciation C5, C6, C7 et C8 que l'on a déjà vus précédemment :

- ❑ C5 : Exhaustivité de la traçabilité interne,
- ❑ C6 : Authenticité de la traçabilité interne,
- ❑ C7 : Rapidité de la traçabilité interne,
- ❑ C8 : Précision de la traçabilité interne.

A noter que le niveau objectif de chacun de ces critères d'appréciation peut varier selon la fonction à laquelle il est appliqué. Dans le cas de la fonction FP2, les bénéficiaires sont les Pouvoirs publics. Dans le cas de la fonction PF5, il s'agit des clients de l'entreprise. On peut donc imaginer des niveaux cibles différents.

6.6. FP6: Mettre les données de traçabilité aval des produits à la disposition des clients

6.6.1. Contextualisation de la fonction FP6

Toute entreprise agroalimentaire est amenée à transmettre à ses clients des informations sur la traçabilité aval des produits qui leur ont été destinés. Le ST permet de remplir cette mission à travers sa fonction principale FP6 qui s'exécute suivant deux contextes :

Contexte 1

Ce contexte correspond à des situations de retrait ou de rappel suite à la mise sur le marché de produits non conformes. La fonction FP6 peut y être déclenchée soit à la demande du client ou à l'initiative de l'entreprise. On distingue ainsi deux cas scénarii possibles :

- ❑ **Scénario 1** : Quand la non-conformité est découverte par un client, le déclenchement de la fonction FP6 se fait à travers un processus en quatre étapes :
 1. Détection de la non-conformité suite à un contrôle ou une réclamation d'un consommateur.
 2. Le client bloque le lot en question et en avertit l'entreprise fournisseur.
 3. Après investigation, l'entreprise détermine l'ensemble des lots concernés (ou potentiellement concernés selon la précision de son ST),
 4. A travers le ST, l'entreprise identifie les destinations de ces lots (traçabilité aval) et en alerte les clients : c'est le déclenchement de la fonction FP6.
- ❑ **Scénario 2** : C'est le cas où c'est l'entreprise, elle-même, qui se rend compte d'avoir mis sur le marché des produits non-conformes. A travers le ST, elle restitue la traçabilité aval des produits concernés et en informe les clients destinataires.

Dans les deux scénarii, l'objectif étant de bloquer, au plus vite, tous les produits pouvant porter atteinte à la santé du consommateur en attendant leur retrait ou leur rappel, le cas échéant.

Contexte 2

Ce deuxième contexte correspond à des audits de traçabilité, de plus en plus fréquents, que les clients réalisent en vue d'évaluer la performance du ST de leurs fournisseurs. Concernant la traçabilité aval, la démarche consiste le plus souvent à prélever un N° de lot au hasard et à demander à l'entreprise fournisseur de restituer en un laps de temps donné un ensemble d'informations portant sur la traçabilité aval du lot en question.

6.6.2. Critères d'appréciation de la fonction FP6

Une bonne exécution de la fonction principale FP6 revient à restituer une traçabilité aval non erronée, complète, précise et dans un délai raisonnable. On retrouve ainsi les quatre critères d'appréciation expliqués précédemment :

- ❑ C9 : Exhaustivité de la traçabilité aval,

- ❑ C10 : Authenticité de la traçabilité aval,
- ❑ C11 : Rapidité de la traçabilité aval,
- ❑ C12 : Précision de la traçabilité aval.

Les niveaux objectifs de chacun de ces critères est à définir en fonction notamment des contextes expliqués ci-dessus.

6.7. FP7: Mettre les données de traçabilité aval des produits à la disposition des fournisseurs

6.7.1. Contextualisation de la fonction FP7

Cette fonction est activée moins fréquemment que les autres fonctions principales décrites à travers les pages précédentes. En effet, il est plutôt rare qu'un fournisseur soit amené à faire appel au ST de son client pour accéder à la traçabilité aval de ses propres produits. Cependant il y a des cas où le ST d'une entreprise peut être d'une grande utilité pour son fournisseur. Par exemple, quand une entreprise met sur le marché des produits pouvant être nocifs pour le consommateur en raison d'une non-conformité dont la responsabilité incombe à son fournisseur, celui-ci a tout intérêt à ce que le ST de son client soit performant afin de pouvoir cerner efficacement les conséquences engendrées.

Dans ce genre de situations, le rôle principal du ST consiste à indiquer au fournisseur la destination et/ou la localisation des lots de produits devant être bloqués, retirés ou rappelés.

6.7.2. Critères d'appréciation de la fonction FP7

Pour que le fournisseur puisse gérer au mieux les situations décrites ci-dessus, le ST de son client doit lui permettre d'accéder **rapidement** à des données **correctes, complètes** et **précises** sur la destination ou la localisation des produits mis en cause.

On retrouve, ainsi, les mêmes critères d'appréciation que l'on a déjà définis pour les fonctions principales FP3 et FP6. A savoir :

- ❑ C 9 : Exhaustivité de la traçabilité aval,
- ❑ C10 : Authenticité de la traçabilité aval,
- ❑ C11 : Rapidité de la traçabilité aval,
- ❑ C12 : Précision de la traçabilité aval.

Selon le contexte et la nature des produits concernés, l'entreprise propriétaire du ST peut définir différents niveaux objectifs pour chacun des critères d'appréciation ci-dessus.

6.8. FP8: Mettre les données de traçabilité amont des produits à la disposition des bénéficiaires internes

6.8.1. Contextualisation de la fonction FP8

Au delà de se conformer aux exigences législatives, normatives et commerciales et à la gestion des rappels des produits, le ST constitue également un outil de gestion et de suivi de la production en interne. Sans être exhaustif, le Tableau 7.15 montre quelques apports du ST pour les bénéficiaires internes.

Bénéficiaires internes	Service rendu par le ST
Responsables Qualité	Remonter l'historique des produits pour vérifier et prouver qu'ils ont été élaborés conformément aux exigences du référentiel qualité mis en place
Responsables Production	La variabilité des matières premières utilisées en agroalimentaire impose aux transformateurs d'avoir en permanence des informations sur l'origine et les caractéristiques intrinsèques de leurs produits. De plus, dans certains process on a besoin d'une traçabilité active qui fournit des informations permettant de valider une étape de production avant de passer à la suivante [Viruega, 2005]
Responsables Logistique	Disposer d'informations fiables pour contrôler la circulation physique des produits et vérifier que tout se passe comme prévu [Fabbe- Costes et Lemaire, 2001]

Tableau 7.15 - Quelques apports du ST aux bénéficiaires internes

Dans le premier chapitre, et plus précisément au niveau du Tableau 1.6, nous avons listé davantage de façons de tirer profit d'un ST.

A travers la fonction principale FP8, les bénéficiaires du ST à l'intérieur de l'entreprise peuvent accéder aux données relatives à la traçabilité amont des produits : fournisseur, N° de lot, quantité réceptionnée, etc.

6.8.2. Critères d'appréciation de la fonction FP8

Pour caractériser la fonction FP8, on retrouve les mêmes critères d'appréciation relatifs à la traçabilité amont :

- ❑ C1 : Exhaustivité de la traçabilité amont,
- ❑ C2 : Authenticité de la traçabilité amont,
- ❑ C3 : Rapidité de la traçabilité amont,
- ❑ C4 : Précision de la traçabilité amont.

L'entreprise peut définir un ou plusieurs niveaux objectifs pour chacun de ces critères. Pour ce faire, elle pourra s'appuyer par exemple sur la nature des produits réceptionnés.

6.9. FP9: Mettre les données de traçabilité interne des produits à la disposition des bénéficiaires internes

6.9.1. Contextualisation de la fonction FP9

La traçabilité interne (dite aussi de process) constitue un outil très intéressant de gestion de la qualité. En effet la qualité, basée sur des progrès continus, et la traçabilité sont deux notions indissociables : corriger une non-conformité implique de retrouver son origine et les paramètres correspondants. Selon Descamps [Descamps, 2000], le lien entre les produits et les enregistrements est un élément essentiel de la démarche qualité. La traçabilité constitue également un outil qui permet aux gestionnaires de la production de disposer d'informations pouvant leur donner une image sur le déroulement des processus de fabrication. Ce genre d'informations peut être valorisé pour l'élaboration d'indicateurs de performance ou pour analyser les écarts entre ce qui a été prévu et ce qui est réellement réalisé.

C'est à travers la fonction principale FP9 que le ST permet à ses bénéficiaires internes d'accéder aux données relatives à la traçabilité interne des produits manipulés par l'entreprise.

6.9.2. Critères d'appréciation de la fonction FP9

Pour caractériser la fonction principale FP9, nous faisons appel aux critères d'appréciations relatifs à la traçabilité interne, à savoir :

- ❑ C5 : Exhaustivité de la traçabilité interne,

- ❑ C6 : Authenticité de la traçabilité interne,
- ❑ C7 : Rapidité de la traçabilité interne,
- ❑ C8 : Précision de la traçabilité interne.

Les niveaux objectifs à associer à chacun de ces critères d'appréciation peuvent être définis à la lumière du contexte de l'entreprise et des besoins des utilisateurs du ST.

6.10. FP10: Mettre les données de traçabilité aval des produits à la disposition des bénéficiaires internes

6.10.1. Contextualisation de la fonction FP10

Que ce soit pour des raisons logistiques ou à des fins de retrait ou rappel, l'entreprise a besoin de connaître à un instant donné la localisation des produits qu'elle met sur le marché. Les informations relatives à la traçabilité aval constituent donc un élément fondamental pour les bénéficiaires internes du ST. Le ST permet accéder à ces informations via sa fonction principale FP10.

6.10.2. Critères d'appréciation de la fonction FP10

Pour caractériser la fonction FP10, nous retrouvons les mêmes critères d'appréciation qui ont été décrits précédemment pour la traçabilité aval :

- ❑ C9 : Exhaustivité de la traçabilité aval,
- ❑ C10 : Authenticité de la traçabilité aval,
- ❑ C11 : Rapidité de la traçabilité aval,
- ❑ C12 : Précision de la traçabilité aval.

Dans une situation de rappel, la réactivité de l'entreprise est conditionnée notamment par la rapidité de la traçabilité aval. D'où l'intérêt de bien choisir le niveau objectif de ce critère.

6.11. FP11: Mettre les données de traçabilité amont des produits à la disposition du consommateur final

6.11.1. Contextualisation de la fonction FP11

Le consommateur final constitue un bénéficiaire du ST dans la mesure où ce dernier permet de l'informer et l'assurer en lui fournissant des informations portant sur la qualité, la composition, l'origine et les conditions d'élaboration des aliments qu'il consomme. Ceci est particulièrement important dans les cas où le consommateur accepte de payer plus cher une denrée pour laquelle on peut lui garantir qu'elle est fabriquée selon des conditions spécifiques ou qu'elle provient d'une origine particulière [Sarig, 2003].

La traçabilité aval n'intéresse pas le consommateur final. Il n'a aucun intérêt à chercher à connaître la destination des produits fabriqués par une entreprise donnée⁸⁹. Par contre, ce qui l'intéresse c'est l'origine de ces produits (traçabilité amont) ainsi que les traitements qu'ils ont subis (traçabilité interne).

On peut distinguer deux contextes d'exécution de la fonction principale FP11 :

- ❑ **Contexte 1** : Les informations fournies sont associées directement au produit en les imprimant sur son emballage ou sur ses étiquettes d'identification. C'est le contexte le plus fréquent.
- ❑ **Contexte 2** : Le consommateur prend contact avec l'entreprise ayant mis le produit sur le marché pour se renseigner sur le produit qu'il a acheté. Dans ce contexte, de plus en plus d'entreprises agroalimentaires apposent sur leur produits des numéros de téléphone (vert ou indigo), des adresses

⁸⁹ On peut toutefois imaginer des cas très extrêmes où le consommateur aimerait savoir dans quels magasins il peut se procurer des produits issus d'un lot donné.

e-mail ou des portails internet afin de permettre aux consommateurs de se renseigner sur les produits mis à leur disposition.

6.11.2. Critères d'appréciation de la fonction FP11

S'agissant de la traçabilité amont, nous retrouvons les critères d'appréciation qui ont été définis à maintes reprises dans ce document :

- ❑ C1 : Exhaustivité de la traçabilité amont,
- ❑ C2 : Authenticité de la traçabilité amont,
- ❑ C3 : Rapidité de la traçabilité amont
- ❑ C4 : Précision de la traçabilité amont.

Remarque

Le critère C3 n'est intéressant que dans le cadre du deuxième contexte. Il conditionne ainsi le temps nécessaire pour répondre à la requête du consommateur final. En revanche, si l'information accompagne physiquement le produit (contexte 1), le critère C3 n'a plus de sens.

6.12. FP12: Mettre les données de traçabilité interne des produits à la disposition du consommateur final

6.12.1. Contextualisation de la fonction FP12

En plus de connaître l'origine des produits qu'ils se procurent, les consommateurs peuvent également avoir besoin d'informations décrivant le processus de fabrication de ces produits. Ce constat est illustré par un sondage publié le 15 juin 2006 par IPSOS et qui montre que 54% des français pensent manquer d'information sur les **méthodes** de culture, d'élevage et de transformation des aliments qu'ils achètent⁹⁰.

A l'instar de la fonction FP12, la mise à disposition du client de la traçabilité interne peut se faire suivant deux contextes différents :

- ❑ **Contexte 1** : Les informations fournies sont associées directement au produit.
- ❑ **Contexte 2** : C'est le cas où le consommateur prend contact avec l'entreprise ayant mis le produit sur le marché pour se renseigner sur le produit qu'il a acheté.

6.12.2. Critères d'appréciation de la fonction FP12

Pour évaluer l'exécution de la fonction principale FP12, nous nous appuyons une nouvelle fois sur les critères d'appréciation que nous avons associés à la traçabilité interne :

- ❑ C5 : Exhaustivité de la traçabilité interne,
- ❑ C6 : Authenticité de la traçabilité interne,
- ❑ C7 : Rapidité de la traçabilité interne,
- ❑ C8 : Précision de la traçabilité interne.

Là aussi, il faut noter que le critère C7 n'est intéressant que dans le cadre du deuxième contexte. Ce critère conditionne le temps nécessaire pour répondre à la requête du consommateur final. En revanche, si l'information accompagne physiquement le produit (contexte 1), le critère C7 n'a plus de sens.

⁹⁰ Source : www.tracenews.info

7. Caractérisation des fonctions d'adaptation du ST

Après avoir défini et caractérisé les fonctions principales du ST au cours de la section précédente, nous allons faire la même chose pour ses deux fonctions d'adaptation.

7.1. FA1: Répondre aux exigences réglementaires en matière de traçabilité

7.1.1. Contextualisation de la fonction FA1

Les premières exigences auxquelles tout ST doit répondre sont d'ordre réglementaire (Cf. Tableau 1.4). En Europe, c'est le règlement CE 178/2002 qui constitue le socle législatif en matière de traçabilité. Pour en assurer le respect, les Etats sont appelés à exercer des contrôles auprès des professionnels du secteur agroalimentaire. En France, selon une note de service de la DGAL⁹¹ et de la DGRCCRF⁹², les services déconcentrés de ces deux instances allaient intégrer *le contrôle des obligations nouvelles découlant du règlement (CE) 178/2002 dans leurs propres grilles d'inspection*⁹³. Et dans une autre note [DGAL, 2005] destinée aux DDSV⁹⁴, la DGAL précise les modalités de contrôle à suivre par les services vétérinaires.

A travers, la fonction d'adaptation FA1, le ST doit donc être capable d'apporter aux Pouvoirs publics des preuves quant au respect de la législation en vigueur. Ces preuves sont à apporter lors de contrôles traçabilité effectués par les Autorités compétentes.

7.1.2. Critère d'appréciation de la fonction FA1

En France, les contrôles du respect de la réglementation en termes de traçabilité consistent en [DGAL, 2005]:

- ❑ La vérification de l'existence de procédures et moyens permettant de gérer la traçabilité, les rappels/retrait de produits ainsi que l'information des Autorités compétentes.
- ❑ La réalisation de tests de traçabilité afin de vérifier l'aptitude du ST à restituer les informations requises.

Afin de caractériser la fonction d'adaptation FA1, nous définissons un critère d'appréciation que nous appelons le **niveau de respect de la réglementation** (C13). Ce critère est sensé traduire l'appréciation donnée suite à un contrôle de traçabilité effectué par les Autorités compétentes (la DDSV ou son équivalent dans un autre pays). En fonction des exigences définies par l'organisme public contrôleur, effectuer des contrôles en interne. Exprimer, ensuite, le résultat obtenu en % de conformité. Ce dernier correspond alors à la valeur du niveau de respect de la réglementation.

Il faut noter que la principale difficulté dans l'évaluation de ce critère C13 réside dans la conversion du résultat du contrôle en un pourcentage de conformité. En effet, vue l'entrée en vigueur globalement récente de la réglementation en matière de traçabilité à l'échelle mondiale, les procédures de contrôle ne sont pas assez formalisées, et encore moins standardisées.

S'agissant d'exigences réglementaires, le niveau objectif que chaque entreprise doit se fixer est de 100 %.

7.2. FA2: Répondre aux exigences normatives en matière traçabilité

7.2.1. Contextualisation de la fonction FA2

En plus des contrôles de l'application de la réglementation qui sont effectués par les Pouvoirs publics, les entreprises agroalimentaires sont également soumises à des audits réalisés par des prescripteurs de normes liées à la traçabilité. Le ST doit donc être capable de répondre à ces exigences. Et c'est l'objectif de sa

⁹¹ La Direction Générale de l'Alimentation a pour mission de veiller à la qualité et à la sécurité des aliments à chacun des maillons de la chaîne alimentaire en s'appuyant notamment sur les DDSV.

⁹² La Direction Générale de la Concurrence, de la Consommation et de la Répression des Fraudes a pour mission d'assurer le respect de la concurrence et de garantir la qualité des produits et des services et la loyauté des transactions.

⁹³ Note de Service DGAL/SDRCC/N2005-8026 du 20 janvier 2005

⁹⁴ Les Directions Départementales des Services Vétérinaires veillent au respect de la réglementation en matière de sécurité alimentaire en procédant à des inspections des entreprises.

fonction d'adaptation FA2. La contextualisation de cette fonction peut être appréhendée à travers les questions suivantes :

- ❑ Quelles sont les exigences des prescripteurs de normes en termes de traçabilité ?
- ❑ Comment y répondre ?
- ❑ Comment s'assurer que l'on y a bien répondu ?

Compte tenu du nombre important de référentiels que l'on peut rencontrer dans le domaine agroalimentaire, il est difficile d'apporter des réponses génériques à ces questions. Aujourd'hui, à l'exception du nouveau standard GS1 [GS1, 2005] et de la norme ISO 22005, il n'existe pas (encore) de normes dédiées exclusivement à la traçabilité des produits alimentaires; mais celle-ci est souvent abordée, d'une manière plus ou moins détaillée, dans le cadre de normes relatives à la qualité et la sécurité alimentaires. Nous avons présenté dans le Tableau 1.5, au premier chapitre, des extraits d'un ensemble de normes qui traitent de la traçabilité. La multitude de normes que nous y avons présentées implique des exigences différentes quantitativement et qualitativement.

Quel que soit le référentiel auquel on a affaire, le degré de conformité du ST se mesure au travers d'audits réguliers qui sont effectués souvent par le biais d'une tierce partie que l'on appelle des organismes certificateurs.

7.2.2. Critère d'appréciation de la fonction FA2

Devant la diversité et l'évolution permanente des référentiels ainsi que de leurs exigences, il n'est pas question ici d'énumérer l'intégralité de ces exigences et de mesurer leur satisfaction par le ST. En revanche, nous proposons un critère d'appréciation (C14) qui est indépendant du référentiel mis en place : le **taux de conformité aux normes X**. Le « X » fait référence à la norme en vigueur. On dira par exemple que le ST a un *taux de conformité aux normes IFS* de 75 %.

Comme son nom l'indique, l'objectif de cet indicateur est de savoir dans quelle mesure le ST répond aux normes traçabilité que l'entreprise a mises ou souhaite mettre en place. Pour le quantifier, nous suggérons de procéder par un audit blanc s'appuyant sur la procédure suivante :

- ❑ En fonction du référentiel concerné (ISO, IFP, BRC...), établir une liste des exigences auxquelles le ST doit satisfaire. Pour les normes les plus connues, ces exigences sont listées à travers le Tableau 1.5.
- ❑ Vérifier dans quelle mesure le ST permet de répondre à chacune de ces exigences,
- ❑ Exprimer les résultats de cet audit blanc en un pourcentage de conformité du ST au référentiel en question. La valeur obtenue correspond au critère d'appréciation C14.

La principale difficulté pour l'estimation de ce critère réside dans la traduction du résultat de l'audit en un pourcentage de conformité. Ceci est d'autant plus vrai que les différents référentiels d'audit n'ont pas le même système de notation. Par exemple, l'IFS adopte un *scoring* à quatre points (A, B, C ou D) selon le degré de conformité de l'entreprise tandis qu'au niveau des normes ISO 9001, on décompte le nombre d'*écarts majeurs* et d'*écarts mineurs*. Il faut donc veiller que l'évaluation soit menée de la manière la plus objective possible.

S'agissant d'une grandeur exprimée en pourcentage, le taux de conformité aux normes en vigueur varie entre 0 et 100 %. Le niveau objectif est bien évidemment est d'être en parfaite conformité avec les exigences imposées par le référentiel en question.

8. Synthèse et conclusion

A travers ce document, nous avons essayé d'appliquer certains principes de l'analyse fonctionnelle du besoin à un système de traçabilité de produits alimentaires. L'objectif étant d'identifier et de caractériser les besoins fonctionnels auxquels tout ST doit répondre. Après avoir circonscrit le système et cerné ses milieux environnants, nous avons identifié chacun de ses bénéficiaires ainsi que leurs besoins en termes de traçabilité. Les interactions entre le ST et son environnement ont été formalisées à travers 12 fonctions principales et 2 fonctions d'adaptation. Pour chacune de ces fonctions, nous avons expliqué les contextes

dans lesquels le ST est sollicité avant de proposer un ensemble de critères d'appréciation permettant de le caractériser ainsi que les procédures de quantification correspondantes.

L'originalité de notre démarche réside dans le fait d'appliquer l'analyse fonctionnelle du besoin à un service très particulier qui n'a pas été suffisamment étudié par la communauté scientifique. Ce faisant, nous avons pu réaliser une analyse du besoin en traçabilité beaucoup plus complète que ce que nous pouvons trouver aujourd'hui dans la plupart des références. Bien entendu, ce travail est toujours critiquable à travers, par exemple, le fait que nous n'ayons pas abordé des aspects liés à la flexibilité des critères d'appréciation proposés. Outre le caractère très particulier et multidimensionnel d'un ST, la plupart des limites de ce travail relèvent du manque de références et de l'ambiguïté au niveau des textes réglementaires et normatifs existants. A titre d'exemple, la réglementation européenne ne donne aucune précision sur les délais de mise à disposition des données de traçabilité. Par conséquent, nous n'étions pas en mesure de donner, par exemple, une valeur cible générique à la rapidité de la traçabilité amont (C3). Pour autant, nous préconisons d'utiliser les critères proposés dans cette analyse fonctionnelle du besoin pour définir des performances cibles au sein de l'entreprise qui permettent un pilotage de l'amélioration continue du ST.

Malgré ses imperfections, ce travail présente tout de même un double intérêt en comparaison avec les travaux traitant de la même thématique. D'un point de vue académique, nous avons essayé d'appliquer à une problématique encore sous explorée une méthode rationnelle et qui a fait ses preuves dans la communauté de conception. Il en résulte une compilation de savoirs théoriques et empiriques qui peut servir de cadre général et intégrateur aux chercheurs souhaitant étudier la problématique de la traçabilité en agroalimentaire. Sur le plan pratique et industriel, l'intérêt de notre démarche tient notamment aux différents critères d'appréciation que nous avons proposés. En effet, à la différence des indicateurs non précis et non quantifiables dont regorge la littérature destinée aux praticiens, nous avons essayé de montrer comment s'y prendre pour mesurer sur le terrain chacun des critères proposés.

Après avoir étudié et caractérisé les services que rend le système de traçabilité à ses différents bénéficiaires, la suite logique est d'étudier le fonctionnement interne de ce système qui lui permet de réaliser ses finalités. C'est ce que nous allons aborder dans le chapitre suivant.

CHAPITRE HUITIEME

Analyse Fonctionnelle Technique et Principes de Conception d'un Système Traçabilité

*Dans la vie il n'y a pas de solutions ; il y a des forces en marche : il faut
les créer et les solutions suivent.*

Antoine de Saint-Exupéry – Ecrivain et
aviateur français (1900-1944)

Suite à l'analyse fonctionnelle du besoin qui a fait l'objet du chapitre précédent, nous avons défini et caractérisé, via des critères d'appréciation, les différents services qu'un (bon) système de traçabilité doit rendre à ses bénéficiaires. Le ST y est donc considéré comme une boîte noire dans la mesure où nous nous sommes intéressés à ce qu'il fait sans nous soucier de comment il le fait. Pour aller au bout de la démarche, nous consacrons ce chapitre, justement, à élucider ce dernier point à travers une analyse fonctionnelle technique. Après avoir présenté la méthodologie suivie (Section 1), nous allons identifier progressivement (Section 2) puis ordonner (Section 3) les différentes fonctions techniques du ST. La troisième section porte sur la discussion d'un ensemble d'aspects liés à l'évaluation de la qualité des systèmes d'information et sur lesquels nous allons nous appuyer par la suite (Section 4) afin de caractériser les fonctions techniques identifiées.

1. Présentation de l'approche suivie

Au niveau de cette section, nous présentons l'approche que nous avons suivie afin d'apporter des éléments de réponse à notre troisième question de recherche⁹⁵. Après avoir introduit très brièvement cette approche (§ 1.1), nous expliquons la méthode FAST (*Function Analysis System Technique*) qui en constitue la pierre angulaire (§ 1.2).

1.1. Introduction

A l'issue de l'identification et de l'analyse des besoins des bénéficiaires du ST, nous avons élaboré un cahier des charges fonctionnel dans lesquels nous avons décrit et caractérisé les différentes fonctions de service traduisant ces besoins. Comme suite logique à cette étape, ce chapitre est consacré à une **analyse fonctionnelle technique (AFT)** dont l'objectif est de définir et caractériser les fonctions techniques devant être réalisées à travers les composants du ST afin de répondre aux besoins (fonctions de service) spécifiés précédemment. La norme NF X50-150 définit une fonction technique comme étant *l'action interne au produit (entre ses constituants) définie par le concepteur réalisateur, dans le cadre d'une solution, pour assurer les fonctions de service.*

Si nous raisonnons par rapport au modèle d'activités de conception proposé par Prudhomme et al. [Prudhomme et al., 2003] et présenté dans la Figure 8.1, nous nous situons au niveau de la deuxième étape.

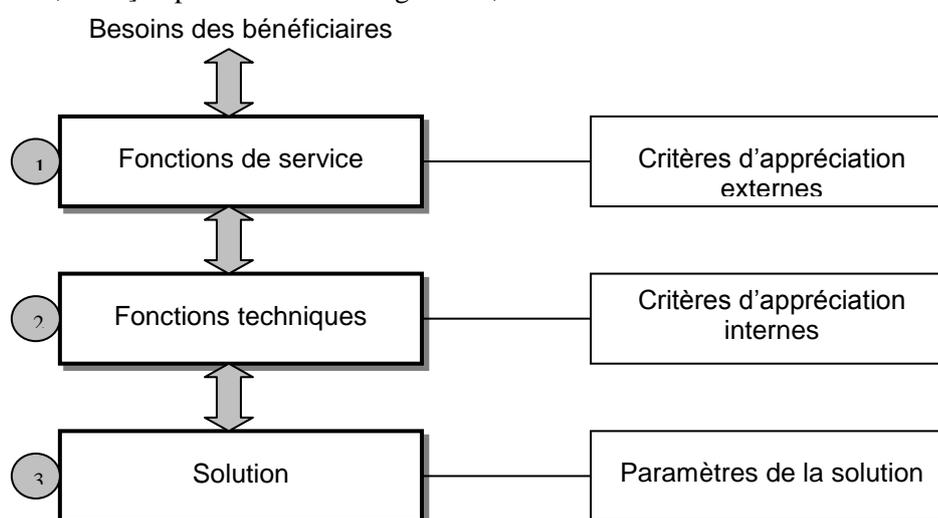


Figure 8.1 -Modèle d'organisation des activités de conception d'après [Prudhomme et al., 2003]

Comme le préconise l'AFAV⁹⁶ [AFAV, 1997], la définition des fonctions techniques du ST restera essentiellement de nature fonctionnelle. Nous sommes donc dans une logique de conception conceptuelle (*Conceptual Design*) qui consiste selon Pahl et Beitz [Pahl et Beitz, 1996] en l'identification de **principes de**

⁹⁵ Sur un plan technique, comment un système de traçabilité de produits fonctionne-t-il ? Et comment évaluer la pertinence des solutions mises en place dans le cadre de son fonctionnement ?

⁹⁶ Association Française pour l'Analyse de la Valeur

solution qui seront, dans des phases ultérieures, traduits en solutions. Cette précision était nécessaire pour signaler que nous ne sommes pas en train de concevoir un ST *clé en main* mais juste d'en proposer des principes de conception à travers la définition et la caractérisation des fonctions techniques qu'il doit assurer. Selon ses besoins et les moyens à sa disposition, l'entreprise désirant concevoir un ST n'aura qu'à instancier ces fonctions techniques en choisissant, éventuellement, parmi les différents exemples de solutions que nous allons évoquer à titre d'illustration.

Conformément à la démarche de recherche expliquée dans le chapitre VI, nous partons d'un ensemble d'objets entrants qui vont être soumis à certains outils théoriques et méthodologiques pour *produire* des objets qui constituent les résultats de l'AFT (Cf. Tableau 8.1).

Objet entrants	Outils mobilisés	Objets sortants
<ul style="list-style-type: none"> ❑ Fonctions de service du ST issues de l'étape précédente ❑ Références bibliographiques portant sur la traçabilité ❑ Résultats de l'exploration du terrain de recherche 	<ul style="list-style-type: none"> ❑ Méthode FAST (<i>Function Analysis System Technique</i>) qui permet de passer des fonctions de service aux fonctions techniques ❑ Principe d'<i>induction</i> qui consiste à élaborer des lois générales à partir des faits constatés sur le terrain ❑ Théorie des ensembles ❑ Théorie de communication de Losee [Losee, 1999] ❑ Modèles de qualité des données développés par des chercheurs comme [Wang et Strong, 1996] et [Ballou et al., 1998] ❑ <i>Etudes de cas</i> pour tester et illustrer les modèles et outils proposés 	<ul style="list-style-type: none"> ❑ Définition des fonctions techniques du ST ❑ Définition des critères d'appréciation des fonctions techniques du ST ainsi que de leurs cadres d'évaluation

Tableau 8.1 - Caractérisation de la quatrième étape de notre approche sur l'analyse fonctionnelle technique

Avant de commencer à identifier les fonctions techniques du ST, nous consacrons le reste de cette section à expliquer les principes de la méthode FAST qui va nous servir pour cette fin.

1.2. Présentation de la méthode FAST

Pour passer des besoins fonctionnels, caractérisés dans le chapitre précédent, aux fonctions techniques correspondantes, nous allons nous appuyer principalement sur la méthode **FAST** (Function Analysis System Technique) développée en 1963 par Charles W. Bytheway [AFAV, 1997], [Yannou, 1998], [Wixson, 1999], [Kaufman et al., 2003], [Bytheway, 2005] et [AFNOR, 2004]. Appelé parfois *diagramme fonctionnel logique*, FAST est une représentation des fonctions de service et des fonctions techniques d'une solution (existante ou en cours de développement) [AFNOR, 2004]. L'intérêt de cette méthode, selon Yannou [Yannou, 1998], est qu'elle *permet de visualiser progressivement et de manière explicite les liens de buts à moyens entre fonctions*. Comme le montre la Figure 8.2, le principe consiste à partir d'une fonction (de service ou technique) et de parcourir le diagramme vers la droite en se posant la question « *Comment ?* », ou vers la gauche en se posant la question « *Pour Quoi* » (ou « *Dans quel but ?* »). On peut aussi placer verticalement des fonctions liées par des contraintes causales ou temporelles avec la fonction considérée. Cet axe vertical est parcouru à travers des questions « *Quand ?* ».

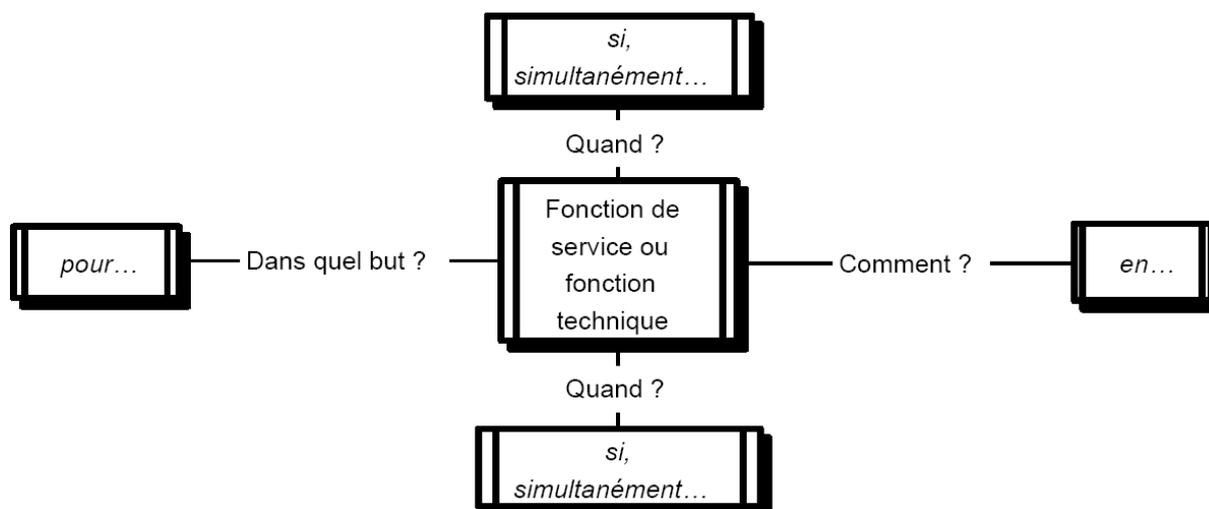
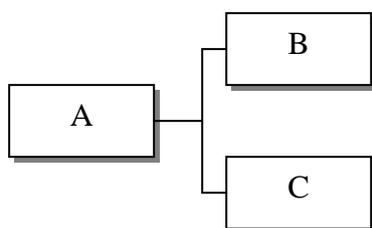


Figure 8.2 - Le principe d'extension d'un diagramme FAST d'après Yannou [Yannou, 1998]

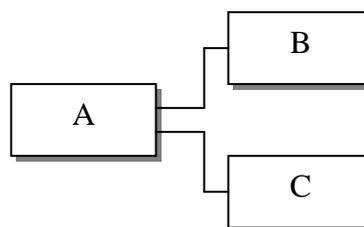
D'après la terminologie adoptée par SAVE International⁹⁷ et par la plupart des références consultées, un diagramme FAST typique comporte un ensemble de concepts dont les principaux sont décrits ci-dessous et illustrés dans la Figure 8.3.

- ❑ Domaine du problème étudié : délimité par deux lignes verticales, il représente, l'élément (ou les éléments) objet de l'analyse fonctionnelle. Dans notre cas, il s'agit du ST.
- ❑ Fonctions d'ordre supérieur : Dans notre cas, il s'agit des fonctions de service du ST, mais en général, toute fonction est considérée d'ordre supérieur par rapport aux fonctions se situant à sa droite.
- ❑ Fonctions de base : Sur le diagramme FAST, elles sont situées immédiatement à droite de la ligne gauche délimitant le système étudié.
- ❑ Fonctions dépendantes : A partir de la première fonction située directement à droite de la fonction de base, chaque fonction est *dépendante* de celle qui se situe immédiatement à sa gauche, pour son existence.
- ❑ Fonctions indépendantes (ou fonctions de support) : Ce sont des fonctions qui ne dépendent pas d'autres fonctions. Elles sont considérées comme fonctions secondaires et placées au dessus ou en dessous des fonctions dépendantes.
- ❑ Fonctions du chemin critique (*Critical path functions*) : Ce sont les fonctions (dépendantes ou indépendantes) portant sur les « *Comment* » ou les « *Pour Quoi* » d'une fonction donnée.

La méthode FAST permet également d'utiliser les opérateurs logique « ET » et « OU ». Ainsi, au long du chemin critique (c'est-à-dire horizontalement), la convention adoptée est la suivante :



Pour réaliser la fonction A, on réalise la fonction B **ET** la fonction C.



Pour réaliser la fonction A, on réalise la fonction B **OU** la fonction C.

⁹⁷ SAVE International est une association dédiée à la promotion et le développement de l'analyse de la valeur. C'est l'équivalent, aux USA, de l'Association Française pour l'Analyse de la Valeur (AFAV)

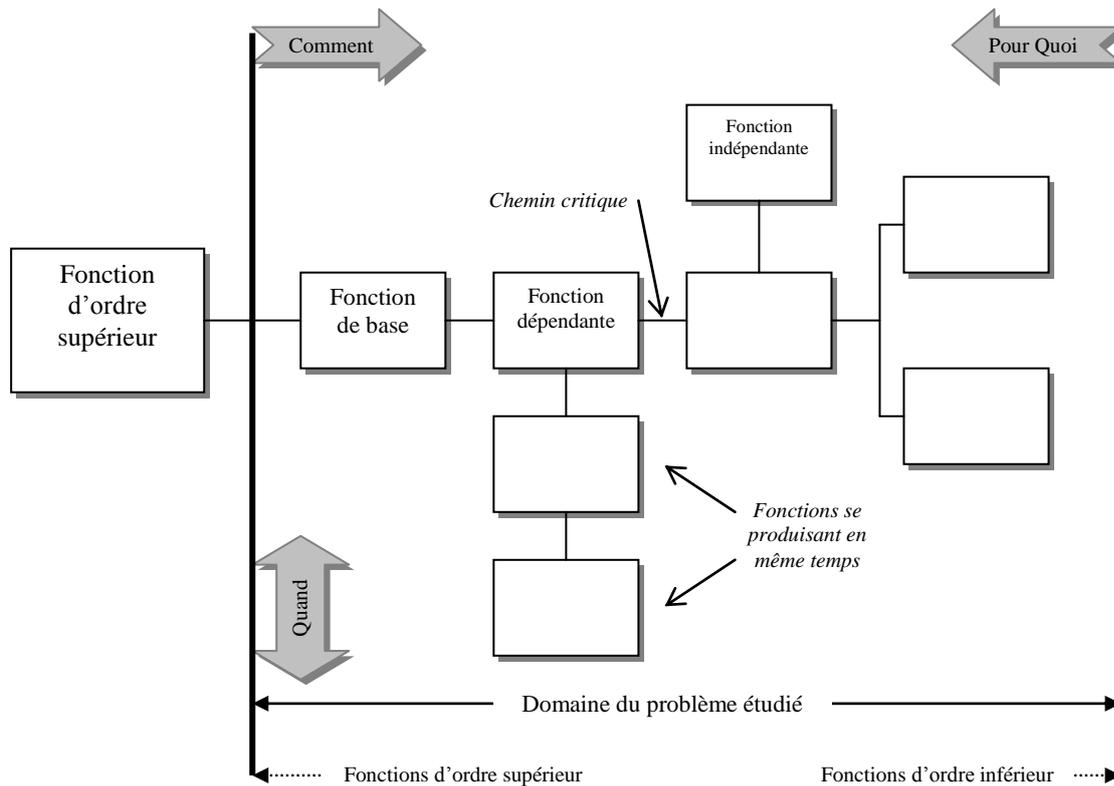
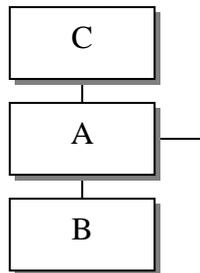
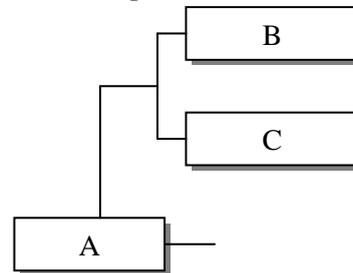


Figure 8.3 - Modèle de base de la méthode FAST

Dans le sens des « Quand » (c'est-à-dire verticalement), la convention adoptée est la suivante :

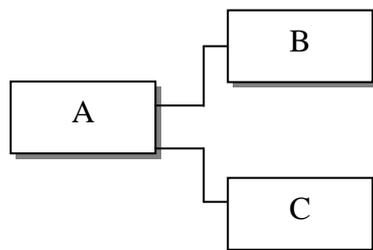


La fonction A est réalisée **tout en ayant** réalisé la fonction B **ET** la fonction C.



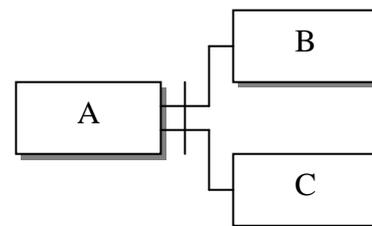
La fonction A est réalisée **tout en ayant** réalisé l'une des fonctions B **OU** C

Afin d'éviter toute ambiguïté au niveau de l'interprétation du diagramme FAST, nous proposons de l'enrichir (dans le cadre de ce travail) par deux notations supplémentaires pour distinguer le OU inclusif du OU exclusif et pour donner une idée sur l'ordre chronologique des fonctions se situant sur l'axe « Quand » :



OU inclusif

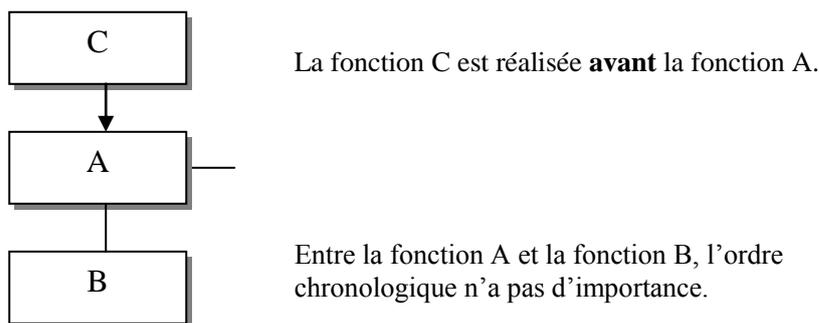
Pour réaliser la fonction A, on réalise la fonction B **OU** la fonction C (ou les deux à la fois)



OU exclusif

Pour réaliser la fonction A, on réalise la fonction B **OU** la fonction C (mais pas les deux à la fois)

Pour marquer l'ordre chronologique de réalisation des fonctions situées sur un même axe vertical (quand), nous utiliserons une flèche comme le montre le schéma suivant :



Une fois que le principe d'utilisation du diagramme FAST est expliqué, nous allons nous en servir afin de définir les différentes fonctions techniques réalisées par le ST pour répondre aux besoins des bénéficiaires que nous avons évoqués au chapitre précédent. Au niveau de la section suivante, ce diagramme sera rempli petit à petit en s'appuyant principalement sur les :

- ❑ démarches de créativité de type *brainstorming*
- ❑ démarches de *benchmarking* en analysant les éléments rapportés dans la littérature, notamment celles traitant de la traçabilité des produits alimentaires.
- ❑ démarches d'*induction* à partir des études de cas que nous effectuons sur notre terrain de recherche (Société Arrivé). L'induction est un raisonnement permettant de remonter de faits particuliers à des propositions plus générales.

2. Identification des fonctions techniques du système de traçabilité

Nous avons défini au cours du chapitre précédent un ST comme étant un dispositif dont la finalité est de pouvoir reconstituer totalement ou partiellement le cycle de vie de l'objet considéré. Autrement dit, la restitution de la totalité ou d'une partie des données liées à cet objet durant sa durée de vie. La Figure 8.4 montre un schéma générique de cycle de vie d'un produit.

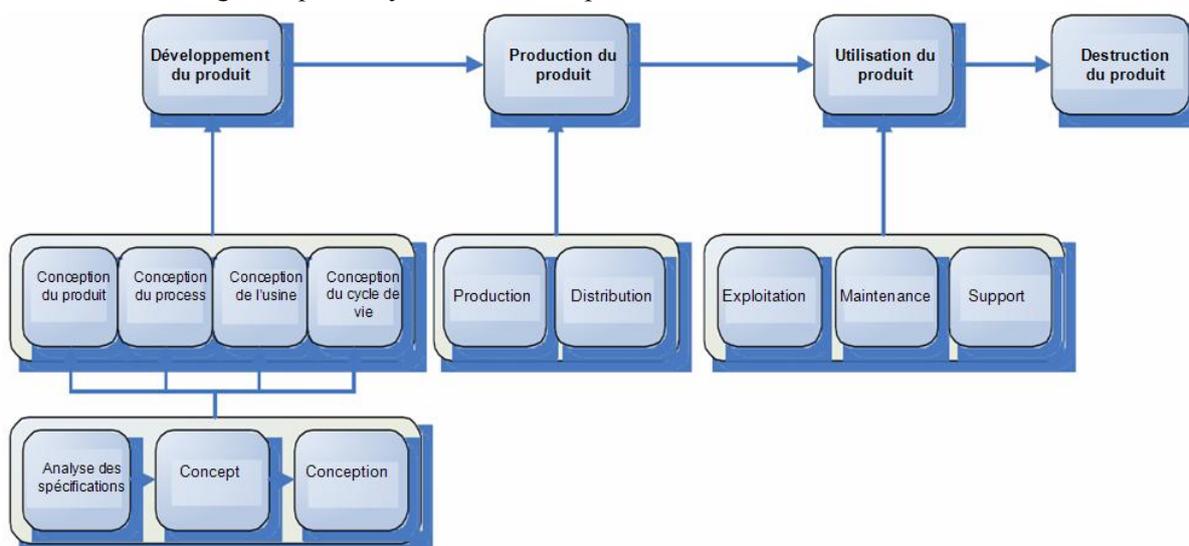


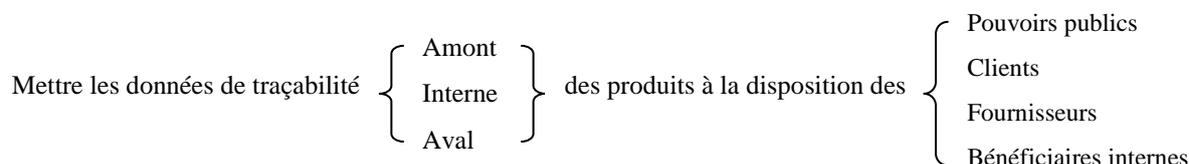
Figure 8.4 - Modèle de cycle de vie d'un produit (traduit de [Terzi, 2005])

Il est à noter que, dans le contexte de la traçabilité de produits alimentaires, certaines phases du cycle de vie du produit ne sont pas vraiment concernées telles que celles qui portent sur le développement. De même, pour un produit alimentaire, la maintenance et le support n'ont pas de sens.

A chacune des phases considérées, on trouve des acteurs et des outils matériels et immatériels qui concourent à la réalisation de la finalité du ST. Il peut s'agir, par exemple, d'opérateurs chargés de la saisie des données, de codes à barres pour l'identification des produits, des outils pour séparer les différents lots de produits,

d'un MES pour l'acquisition des données dans les ateliers, des fiches papier pour le contrôle qualité, une base de données pour archiver les données collectées, etc. Donc, retenons bien qu'un ST ne se limite pas à un progiciel ou à un système d'information ayant une frontière bien délimitée.

Au cours de l'analyse fonctionnelle du besoin du ST qui a fait l'objet du précédent chapitre, nous avons identifié douze fonctions principales qui traduisent les services rendus par ce système à ses bénéficiaires. Ces fonctions ont été définies selon la logique schématisée dans la trame suivante :



Rappelons tout de même que nous n'avons pas retenu certaines combinaisons⁹⁸ dans la mesure où elles ne correspondent pas à un besoin réel. Par exemple la fonction « *mettre les données de traçabilité interne des produits à la disposition des fournisseurs* » n'a aucun intérêt, car l'entreprise n'est pas tenue à informer ses fournisseurs de son processus de fabrication.

La trame ci-dessus met en évidence deux constats. D'une part, nos douze fonctions principales ont en commun un ensemble d'éléments. D'autre part, chaque fonction présente des spécificités qui la distinguent des autres fonctions. Ces spécificités sont : la nature des données restituées (traçabilité amont, interne ou aval) et les bénéficiaires auxquels elles sont destinées (clients, fournisseurs, etc.). Nous pouvons alors imaginer une **fonction principale générique** (FPG) qui peut être instancié pour retrouver les 12 fonctions principales du ST :

FPG : Mettre les données de la traçabilité des produits à la disposition des bénéficiaires du ST

Dans ce qui va suivre, nous allons utiliser cette fonction comme point de départ de la méthode FAST afin d'identifier les différentes fonctions techniques que le ST doit réaliser afin de répondre aux besoins de ses bénéficiaires.

2.1. Construction du diagramme FAST du système de traçabilité

Notre point de départ est la fonction principale générique FPG, définie précédemment, que nous allons analyser de manière à identifier et caractériser les fonctions techniques correspondantes. Au sens de FAST, la FPG constitue la fonction *d'ordre supérieur*. Comme nous l'avons précisé au début de ce chapitre, notre démarche est purement fonctionnelle. Hormis quelques exemples d'illustration, nous n'allons pas aborder en détails les moyens techniques à mettre en place afin de répondre aux besoins exprimés à travers les fonctions de service du ST. Par conséquent, lors de la construction du diagramme FAST, **notre raisonnement (les Comment et Quand) s'arrêtera chaque fois que nous rencontrons un moyen technique.**

Pour commencer nous allons poser le *squelette* de notre diagramme FAST sachant que le domaine du problème à étudier est « *comment mettre les données de traçabilité des produits à la disposition des bénéficiaires du ST* » (Cf. Figure 8.5). Nous allons, par la suite, l'enrichir petit à petit en justifiant à chaque fois les choix effectués. La caractérisation des fonctions techniques identifiées interviendra dans la section 4.

⁹⁸ Traçabilité amont/fournisseurs, traçabilité interne/fournisseurs et traçabilité aval/consommateurs finaux

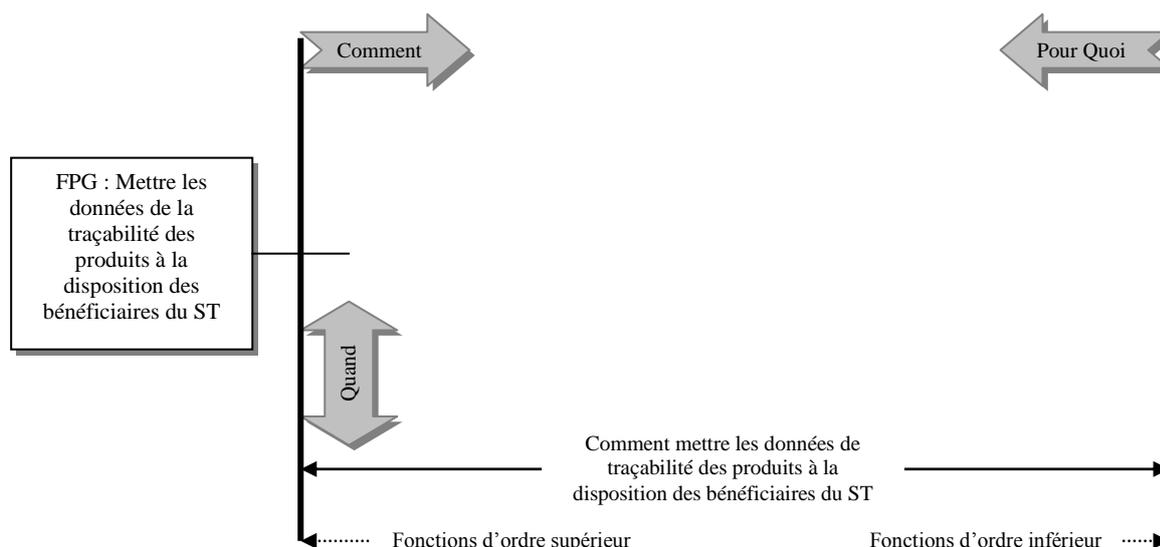


Figure 8.5– Squelette du diagramme FAST de la fonction principale générique

Comme nous l’avons expliqué à plusieurs reprises lors de la caractérisation des fonctions de service du ST, les données de traçabilité décrivent **l’historique** des produits. Pour les mettre à la disposition des bénéficiaires, il faut d’abord que ces données existent sur un support à partir duquel elles peuvent être **restituées**. Ainsi, une première fonction mise en évidence consiste à :

F1 : Restituer les données de traçabilité des produits

Sur le diagramme FAST, elle correspond à une *fonction de base* dans la mesure où elle est directement reliée à la fonction d’ordre supérieur (FPG) comme indiqué dans la Figure 8.6.

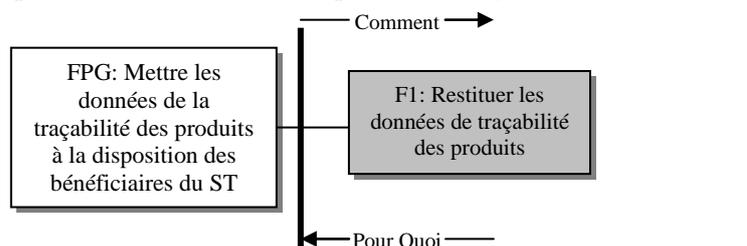


Figure 8.6 – Identification de la fonction F1

Comme le montre la Figure 8.6, l’un des intérêts de la méthode FAST réside dans le fait qu’elle permet de valider les choix effectués en parcourant le diagramme vers la droite (comment) et vers la gauche (pour quoi). Dans le cas présent, «Restituer les données de traçabilité des produits » est la réponse à la question «Comment mettre les données de traçabilité des produits à la disposition des bénéficiaires du ST ? ». De même, « mettre les données de traçabilité des produits à la disposition des bénéficiaires du ST » est la réponse à la question « Pour quoi restituer les données de traçabilité des produits ? ».

Dans le cas où le bénéficiaire auquel les données de traçabilité sont destinées n’est pas un utilisateur direct du ST, il faut que les données restituées via la fonction F1 lui soient transmises par le biais d’un canal de communication donné. Généralement les bénéficiaires externes à l’entreprise propriétaire du ST n’ont pas de contact direct avec ce dernier. Donc, pour répondre à leur besoin, traduits par la fonction principale FPG, il ne suffit pas qu’un utilisateur du ST interroge ce dernier afin d’en extraire les données requises, mais il faut aussi faire appel à une fonction supplémentaire qui permet de communiquer ces données aux bénéficiaires en question. Cette fonction est intitulée :

F2 : Communiquer les données de traçabilité des produits.

Comme elle n’est destinée qu’aux bénéficiaires sans contact direct avec le ST, la fonction F2 n’est qu’**optionnelle**. A ce titre, nous allons la rattacher à la fonction principale FPG via une liaison en pointillés comme indiqué dans la Figure 8.7. Elle aura également un lien chronologique, symbolisé par une flèche, avec la fonction F1.

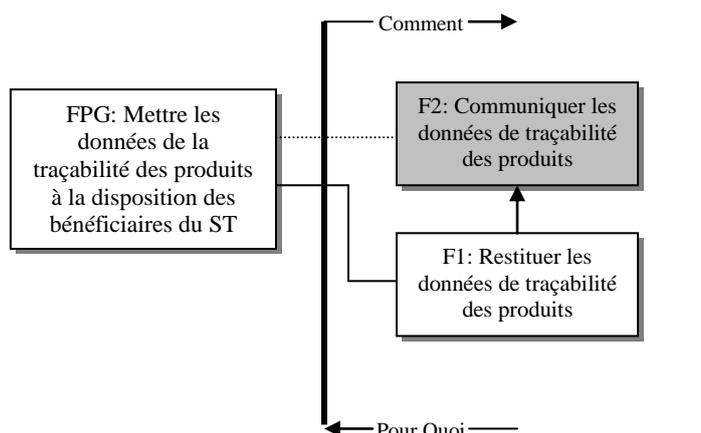


Figure 8.7 – Identification de la fonction F2

Cette portion du diagramme FAST se lit comme suit : la mise des données de traçabilité des produits à la disposition des bénéficiaires du ST peut se faire de deux manières :

- ❑ Soit en les leur communiquant après les avoir préalablement restituées, ce qui suppose que les bénéficiaires en question ne sont pas des utilisateurs directs du ST.
- ❑ Soit par simple consultation directe du ST dans le cas où le bénéficiaire concerné en a la possibilité. Ce qui est le cas généralement de ce que nous avons qualifié de bénéficiaires internes au cours de l'analyse fonctionnelle du besoin (voir chapitre précédent).

Ceci étant, poursuivons notre raisonnement. La restitution des données de traçabilité suppose que celles-ci aient été enregistrées ou mémorisées auparavant. Nous identifions ainsi une autre fonction de base intitulée :

F3 : Mémoriser les données de traçabilité des produits

Sur le diagramme FAST, cette fonction n'est pas directement rattachée à la fonction d'ordre supérieur FPG dans la mesure où elle ne constitue pas une réponse directe à la question sous-jacente à cette dernière fonction. En revanche, F3 est une condition préalable nécessaire pour que la fonction F1 ait un sens. Elle y sera donc rattachée via une jointure verticale comme le montre la Figure 8.8.

A la question, « comment restituer les données de traçabilité des produits ? », on peut trouver deux types de réponses.

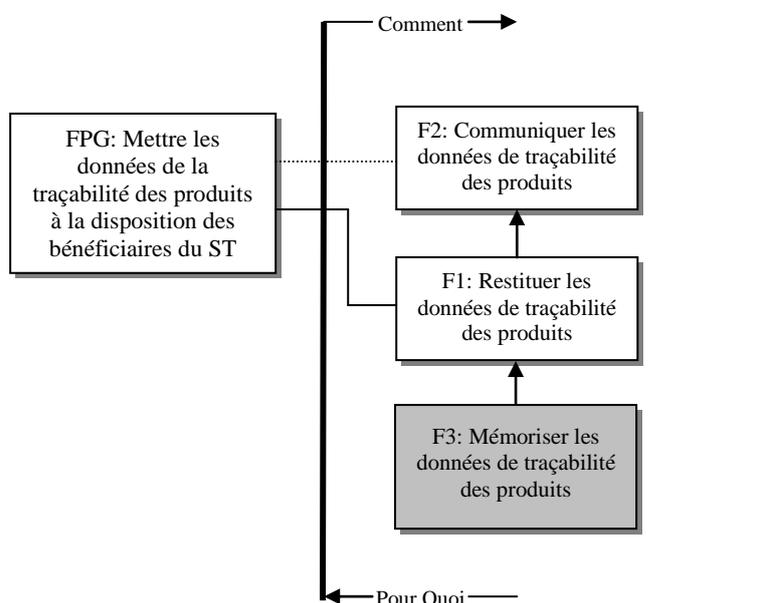


Figure 8.8 – Identification de la fonction F3

Soit des réponses sous forme d'expressions redondantes du genre « répondre à la requête de l'utilisateur », ou des réponses renvoyant à des solutions techniques comme « à travers une interface informatique ». Par conséquent, nous arrêtons l'analyse de cette fonction à ce niveau. En revanche, la fonction F3 peut être analysée davantage. En effet, pour mémoriser les données de traçabilité, il faut les avoir préalablement enregistrées soit directement sur le produit tracé (ou sur son emballage ou son contenant) ou sur un autre

support dissocié du produit. Ce dernier peut être de nature diverse (papier, informatique, magnétique, etc.). On a alors deux fonctions dépendantes (au sens de FAST) de la fonction F3, à savoir :

F4: Rattacher les données de traçabilité au produit,

F5: Enregistrer les données de traçabilité sur un support externe au produit.

Comme nous allons le voir plus tard, plusieurs solutions techniques peuvent être envisageables pour ces deux fonctions. Par exemple :

- ❑ F4 : Mettre dans un bac de viande une étiquette RFID contenant les données de traçabilité correspondantes.
- ❑ F5: Enregistrer les données de traçabilité sur des documents papier ou des bases de données informatiques.

Nous pouvons donc enrichir notre diagramme FAST par ces deux fonctions comme le montre la Figure 8.9.

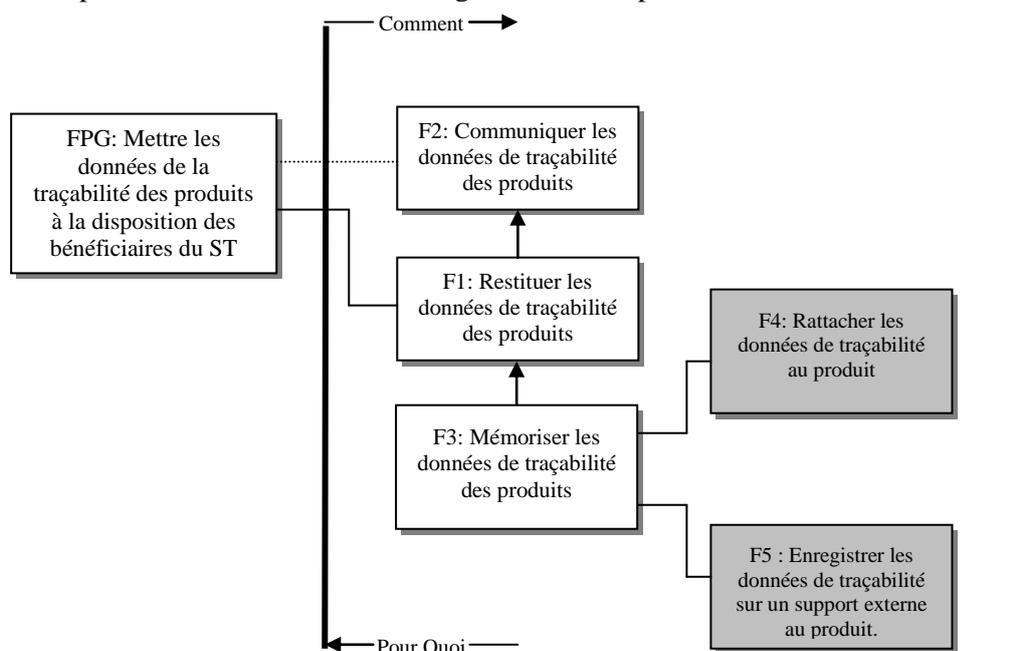


Figure 8.9 – Identification des fonctions F4 et F5

A noter que le « OU » dont il est question ici est un « OU inclusif » en ce sens que la fonction F4 n'exclut pas la fonction F5, et vice-versa. Certaines données, par exemple, peuvent être rattachées directement au produit et d'autres peuvent être enregistrées ailleurs.

La mémorisation des données de traçabilité, à travers les fonctions F4 et F5, suppose que ces données existent et soient connues. C'est-à-dire qu'il fallait d'abord les **acquérir** ou les obtenir à partir d'une source donnée. D'où une nouvelle fonction :

F6 : Acquérir les données de traçabilité des produits

Cette fonction constitue une **condition** nécessaire à la réalisation des fonctions F4 (Rattacher les données de traçabilité directement au produit) et F5 (Enregistrer les données de traçabilité sur un support externe au produit). En revanche, elle n'est pas un moyen pour réaliser ces fonctions. Autrement dit, elle ne répond pas directement aux questions « Comment ? » sous jacentes aux fonctions F4 et F5. Par conséquent, il ne s'agit pas d'une fonction dépendante au sens de FAST. La fonction F6 ne peut pas non plus être rattachée directement à la fonction principale FPG car les données acquises ne sont pas immédiatement mises à la disposition des bénéficiaires du ST. Elles doivent auparavant traverser d'autres étapes correspondant aux fonctions F4 et/ou F5 et F1 et/ou F2. Chronologiquement F6 intervient juste avant F4 et F5 auxquelles elle est rattachée par une jointure verticale comme le montre la Figure 8.10

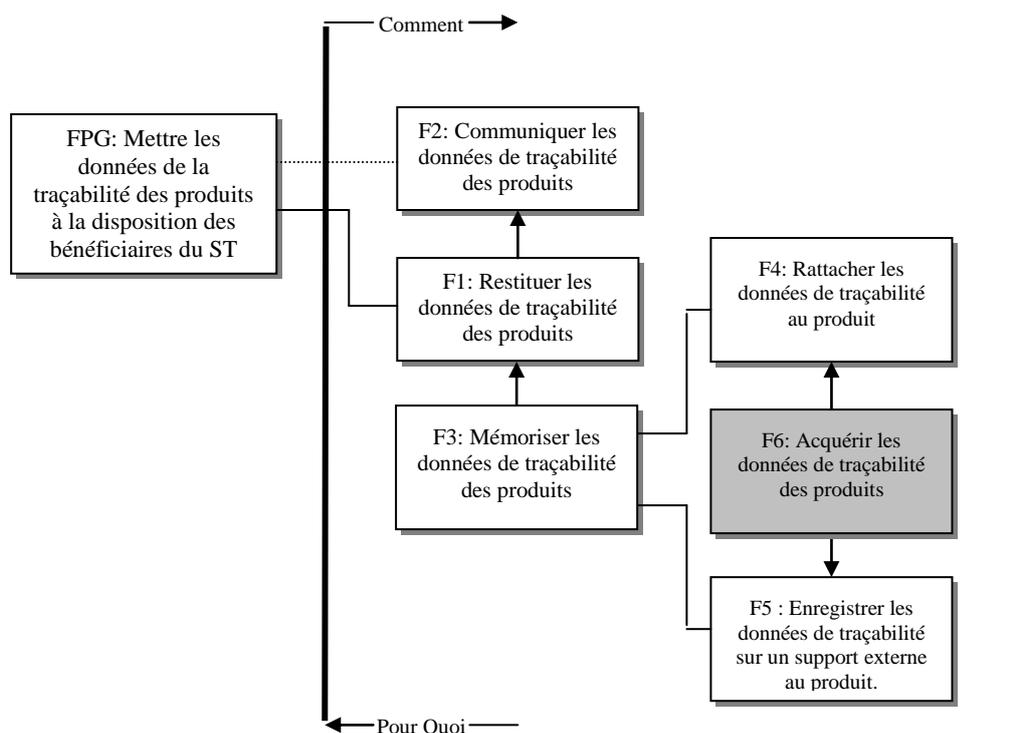


Figure 8.10 - Identification de la fonction F6

Pour acquérir les données de traçabilité, il faut soit les **collecter** quand elles sont déjà existantes quelque part, soit les **générer** dans le cas inverse. A titre d'exemple, quand on réceptionne une matière première, les données de traçabilité correspondantes peuvent être obtenues (collectées) à partir des factures ou des bons de livraison des fournisseurs. En revanche, quand il s'agit, par exemple, d'un produit fini venant d'être conditionné, il faut d'abord le peser pour pouvoir obtenir (générer) la donnée de traçabilité « poids du produit ». Sur la base de ce raisonnement, nous identifions les deux fonctions suivantes:

F7: Collecter les données de traçabilité des produits

F8: Générer les données de traçabilité des produits

Comme le montre la portion du diagramme FAST présentée sur la Figure 8.11, ces deux fonctions sont donc directement rattachées à la fonction F6 dont elles constituent les moyens.

Le «OU» reliant la fonction F6, d'une part, avec les fonctions F7 et F8 d'autre part, n'est pas exclusif. En effet, pour un produit donné, certaines données préexistantes peuvent être collectées et d'autres peuvent être générées au niveau du process de production. Une analyse plus poussée des fonctions F7 et F8 via les questions «*Comment ?*» renvoie à des réponses en dehors du cadre fonctionnel. C'est-à-dire à des solutions techniques très contextualisées. Par exemple :

- ❑ Pour collecter les données « numéros de lots des matières premières achetées », on scanne leurs étiquettes code-barres,
- ❑ Pour générer les données « poids des produits fabriqués », on effectue des pesées sur des balances.

C'est pour cette raison que nous en arrêtons l'analyse à ce niveau.

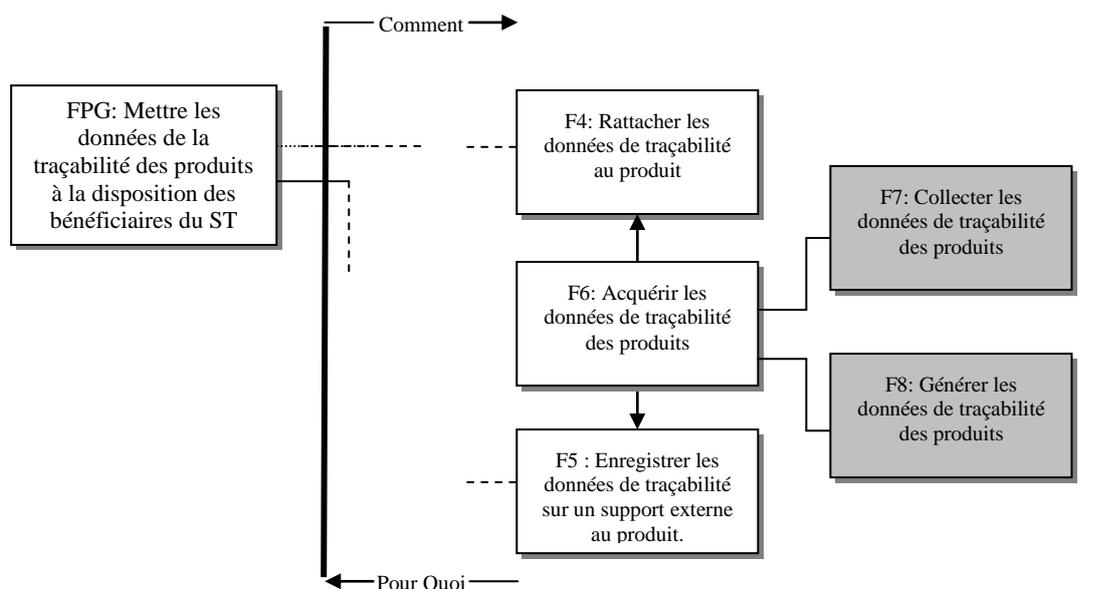


Figure 8.11 - Identification des fonctions F7 et F8

A travers les fonctions que nous avons évoquées jusqu'à présent, ressort régulièrement le terme « produits » qui nécessite davantage de précision. Quand on dit, par exemple, « restituer les données de traçabilité des produits », de quels produits s'agit-il concrètement ?

Dans un processus de production alimentaire, on peut distinguer principalement sept **catégories** différentes de produits : matières premières, ingrédients, matériaux de conditionnement, produits en cours de fabrication, produits finis, sous-produits et coproduits. Dans chaque catégorie, on peut trouver plusieurs **références** (produit fini A, produit fini B, produit fini C, etc.). Au sein d'une même référence de produit (ex. produit fini A), il est possible de distinguer plusieurs **lots**. En termes de traçabilité, cette notion est cruciale. Selon l'article R112-5 du code de la consommation (France), un lot est défini comme étant *un ensemble d'unités (de vente) d'une denrée alimentaire qui a été produite, fabriquée ou conditionnée dans des circonstances identiques*. Comme nous l'avons vu au cours de l'analyse fonctionnelle du besoin, un système de traçabilité doit absolument être en mesure de distinguer entre les différents lots d'un même produit. C'est le rôle de la fonction suivante :

F9: Identifier les lots de produits

Les fonctions d'acquisition des données de traçabilité F7 et F8 présupposent la connaissance de l'entité physique (lot) exacte concernée par les données acquises. Du point de vue de la traçabilité, ces données n'ont d'intérêt que si elles sont collectées ou générées par rapport à un lot de produits bien défini. Donc, la fonction F9 constitue un pré-requis pour les fonctions F7 et F8. Ce qui explique son positionnement au niveau du diagramme FAST (Cf. Figure 8.12).

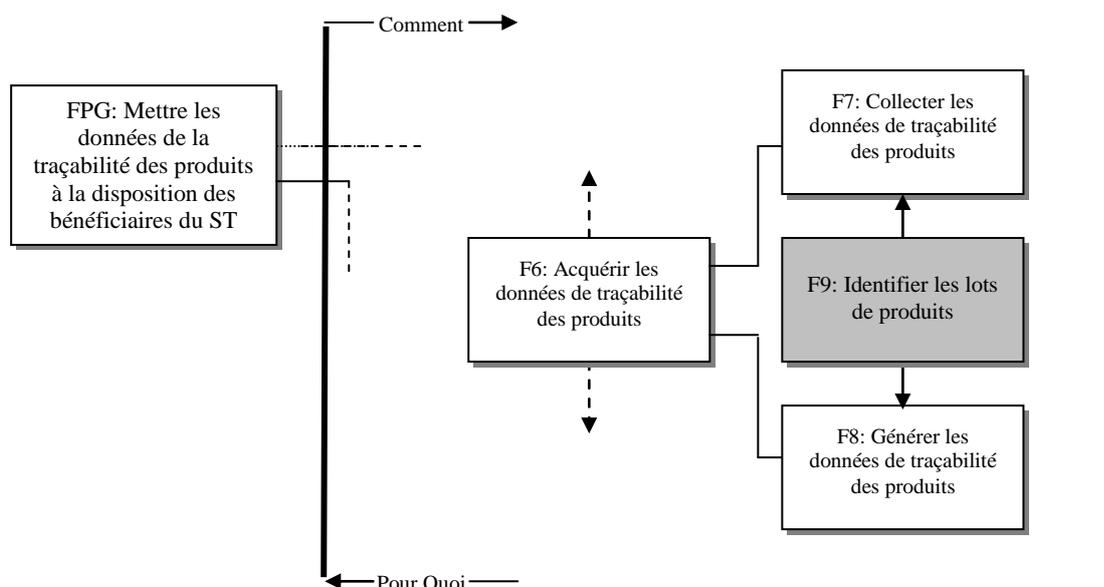


Figure 8.12 - Identification de la fonction F9

Dans la pratique, l'identification d'un lot de produit consiste à lui affecter un identifiant unique permettant de le distinguer de ses semblables. Selon l'AFNOR, une identification est une *correspondance unique entre une référence ou un identifiant et un lot, une unité de produit, un acteur, une activité ou un lieu* [AFNOR, 2004]. Pour ce faire, il faut d'abord **créer** l'identifiant **ET** ensuite **l'associer** au lot en question. D'où les deux fonctions supplémentaires suivantes :

F10 : Créer les identifiants des lots de produits

F11: Associer les identifiants aux lots de produits

Le numéro de lot constitue l'identifiant le plus utilisé et le plus cité dans la littérature. Il correspond à un code alphabétique, numérique ou alphanumérique pouvant être généré d'une façon automatique ou manuelle. Un identifiant peut aussi être composé d'une donnée signifiante comme, par exemple, la date de fabrication du lot concerné. A titre d'exemple, le Tableau 2.2 donne une idée sur les identifiants des lots utilisés par la société Arrivé. Nous allons y revenir prochainement.

La Figure 8.13 montre une portion du diagramme FAST avec les deux nouvelles fonctions F10 et F11.

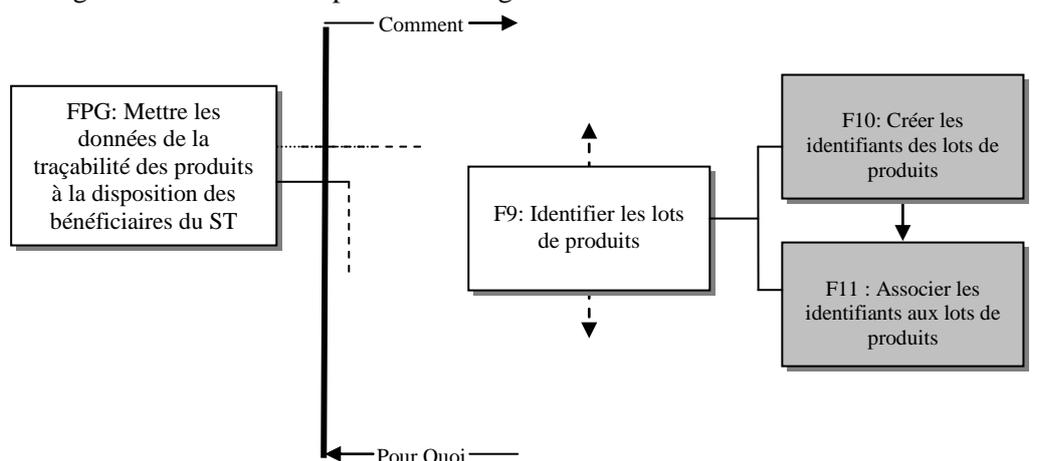


Figure 8.13 – Identification des fonctions F10 et F11

Techniquement, la fonction F11 peut être réalisée de différentes manières. Par exemple :

- ❑ Marquer directement l'identifiant sur le produit (ex. tatouage des animaux, jet d'encre sur les boîtes de conserves).
- ❑ Apposer sur le produit des étiquettes code-barres portant l'identifiant du lot auquel il appartient.

- ❑ Associer au contenant du produit des tags RFID comportant, entre autre, son identifiant.

Donc, à la question « *Comment associer un identifiant à un lot de produits ?* », on peut répondre : soit par marquage **direct** (ex. jet d'encre sur le produit) ou par marquage **indirect** (ex. utilisation de code-barres). A partir de ces deux modes de marquage, nous identifions deux autres fonctions :

F12: Marquer l'identifiant directement sur le produit

F13: Marquer l'identifiant indirectement sur le produit

A noter qu'on n'a pas employé le terme «lot » dans l'expression des fonctions F12 et F13. On aurait pu écrire *marquer l'identifiant directement/indirectement sur le lot de produit*. Ce choix s'explique par le fait que le lot est une notion plutôt abstraite et ce à quoi on peut associer physiquement l'identifiant sont les composants du lot en question. Par exemple, supposons qu'on a un lot contenant 200 Kg de cuisses de poulet conditionnées dans des barquettes de 250 g et qui sont stockées dans trois entrepôts différents. Dans ce cas, c'est à **chaque** barquette composant le lot qu'il faut associer directement ou indirectement l'identifiant du lot en question.

Notons qu'il se peut aussi, qu'il n'existe pas de lien physique entre le produit et son identifiant. C'est le cas, notamment, des produits en cours de fabrication dans un processus continu (ex. lait en pasteurisation). Dans ce genre de situations, l'absence de lien physique n'est que provisoire en raison du traitement en cours du produit. Cependant, l'identifiant doit forcément être renseigné quelque part (sur une plaquette accrochée sur la ligne de fabrication, sur des documents papier ou dans une application informatique, etc.). Ce qui rejoint donc la fonction technique F13. La Figure 8.14 met en évidence le lien fonctionnel entre F11 d'une part et F12 et F13 d'autre part.

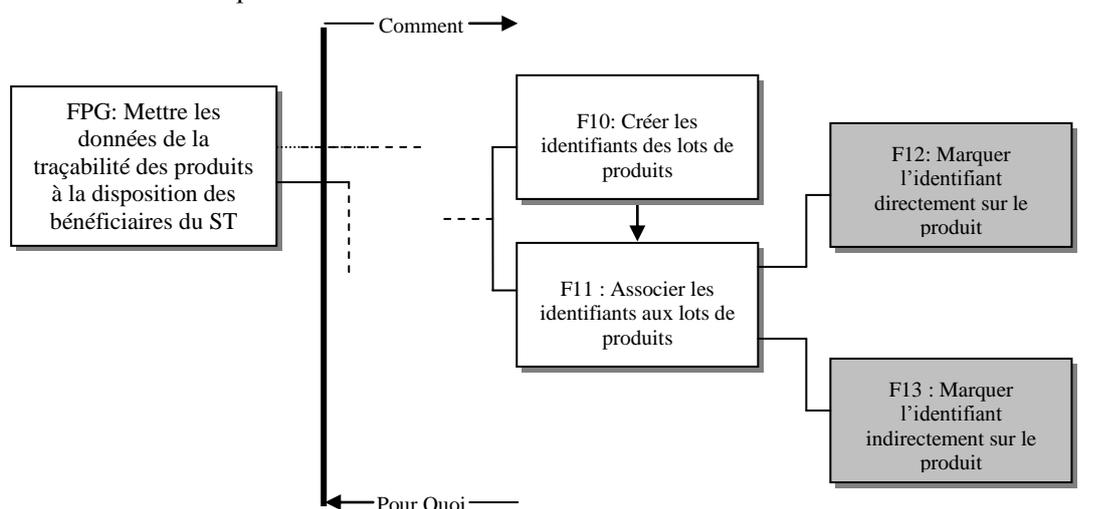


Figure 8.14 - Identification des fonctions F12 et F13

Comme indiqué dans le diagramme de la Figure 8.14, la fonction F12 n'exclut pas la fonction F13, et vice-versa. En effet, pour prévenir des risques de perte de lien entre un produit et son identifiant, on peut rencontrer une certaine redondance au niveau de son marquage. A titre d'exemple, le numéro de lot inscrit par jet d'encre sur des boîtes de conserve (lien direct) peut être marqué une deuxième fois sur l'unité commerciale (carton) contenant ses boîtes (lien indirect).

Toutes les solutions techniques permettant de réaliser la fonction F13 peuvent être regroupées sous le terme générique de **support d'identification** largement utilisé au niveau de la littérature professionnelle dans le domaine de la traçabilité des produits. Parmi les supports les plus souvent rencontrés, on peut citer les codes à barres, les puces RFID, des étiquettes pré-imprimées ou de simples *post-it*. On peut donc enrichir notre diagramme FAST par une nouvelle fonction :

F14: Utiliser des supports d'identification

En plus de l'identification du produit, la plupart des supports d'identification que l'on peut rencontrer servent également à lui rattacher un certain nombre de données de traçabilité. C'est-à-dire qu'ils servent à la fois de moyens pour la fonction F13 et aussi pour la fonction F4 (Rattacher les données de traçabilité au produit) comme cela est indiqué dans la Figure 8.15.

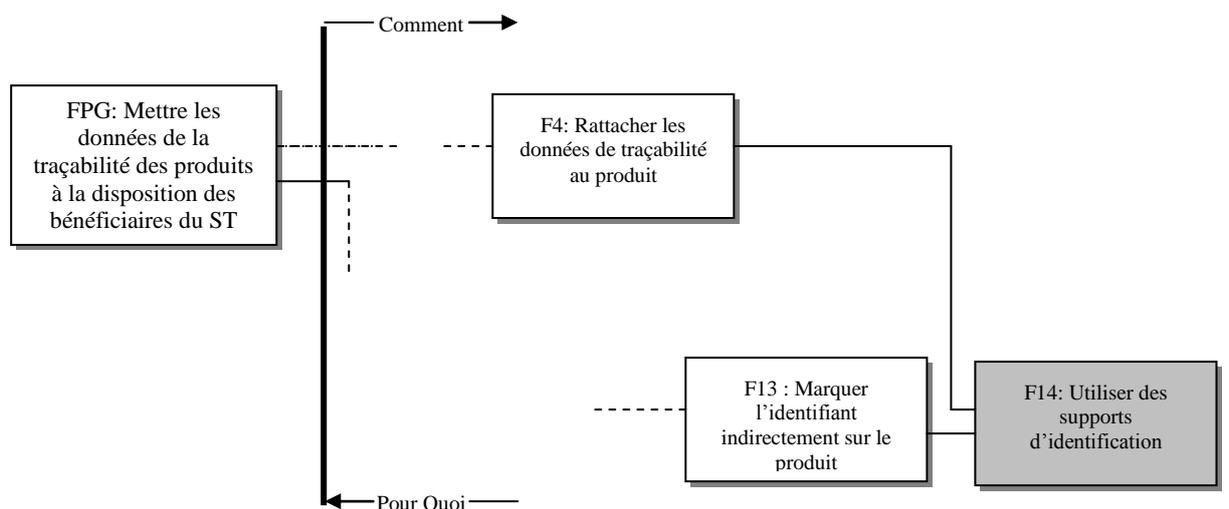


Figure 8.15 – Identification de la fonction F13

Comme nous l'aborderons plus loin, le marquage direct sur le produit a généralement une capacité très limitée, ce qui n'en fait pas un vrai moyen de mémorisation de données. C'est pour cela que nous avons choisi de relier la fonction F4 uniquement à la fonction F14.

Avec les 14 fonctions que nous venons de mettre en évidence, nous avons dressé un panorama des fonctions techniques typiques qu'un ST doit être capable de remplir afin de pouvoir répondre aux besoins de ses bénéficiaires. Avant d'agencer les différents morceaux de notre diagramme FAST, il est essentiel de tenir compte d'une 15^{ème} fonction qui, certes, existe indépendamment du ST, mais qui est nécessaire pour que les six dernières fonctions aient un sens :

F15: Créer les lots de produits

Dans la terminologie FAST, cette fonction peut être considérée comme une *fonction de support* en ce sens qu'elle ne se situe sur le chemin critique d'aucune autre fonction. Dans la pratique, la création d'un lot (ou l'ouverture d'un lot selon Dupuy [Dupuy, 2004]) correspond au moment où un groupe homogène de produits ayant une existence physique est considérée comme une entité unique. La fonction F15 intervient d'une manière générale à l'issue d'une opération d'assemblage ou de désassemblage de produits. Chronologiquement, elle a forcément lieu en amont de la fonction F11. En revanche, elle peut avoir lieu aussi bien avant ou après la fonction F10. En effet, il est tout à fait possible de créer l'identifiant d'un lot de produit avant même que ce dernier ne soit fabriqué. On peut, par exemple, imaginer le cas où le service d'ordonnancement d'une usine définit à l'avance les numéros de lots à affecter aux produits qui seront fabriqués. La Figure 8.16 montre l'emplacement de la fonction F15 au niveau du diagramme FAST.

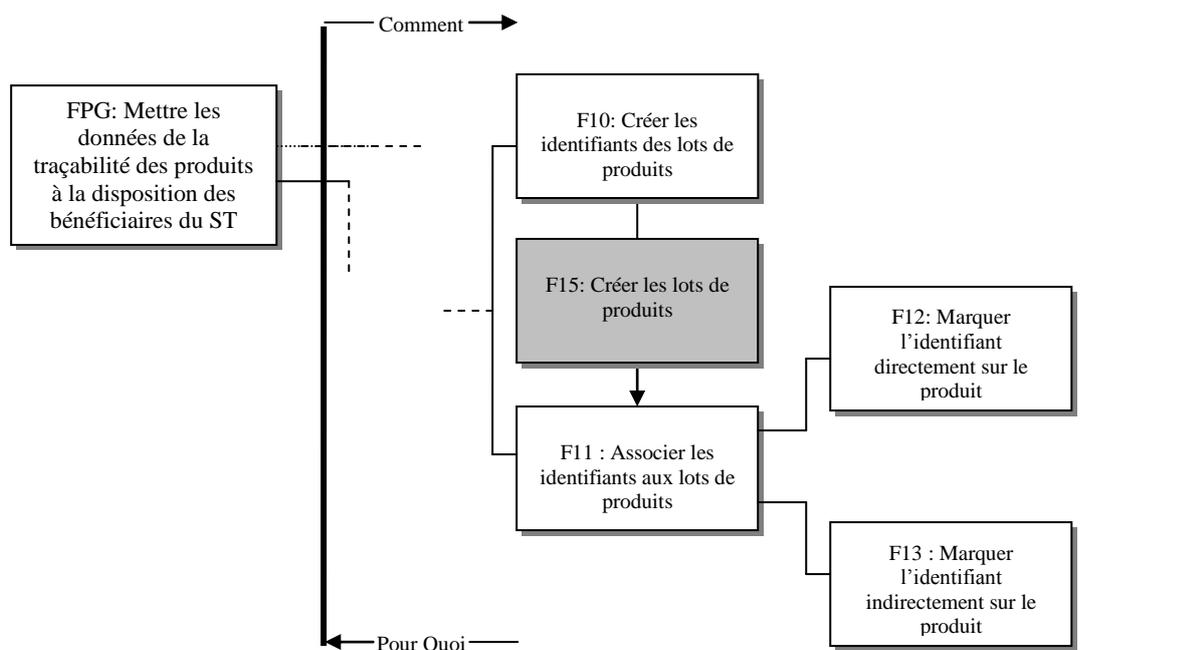


Figure 8.16 – Identification de la fonction F15

Récapitulation

En assemblant les différentes parties évoquées ci-dessus, nous obtenons finalement le diagramme FAST comportant l'intégralité des fonctions que nous avons mises en évidence à partir de la fonction principale générique FPG (Cf. Figure 8.17).

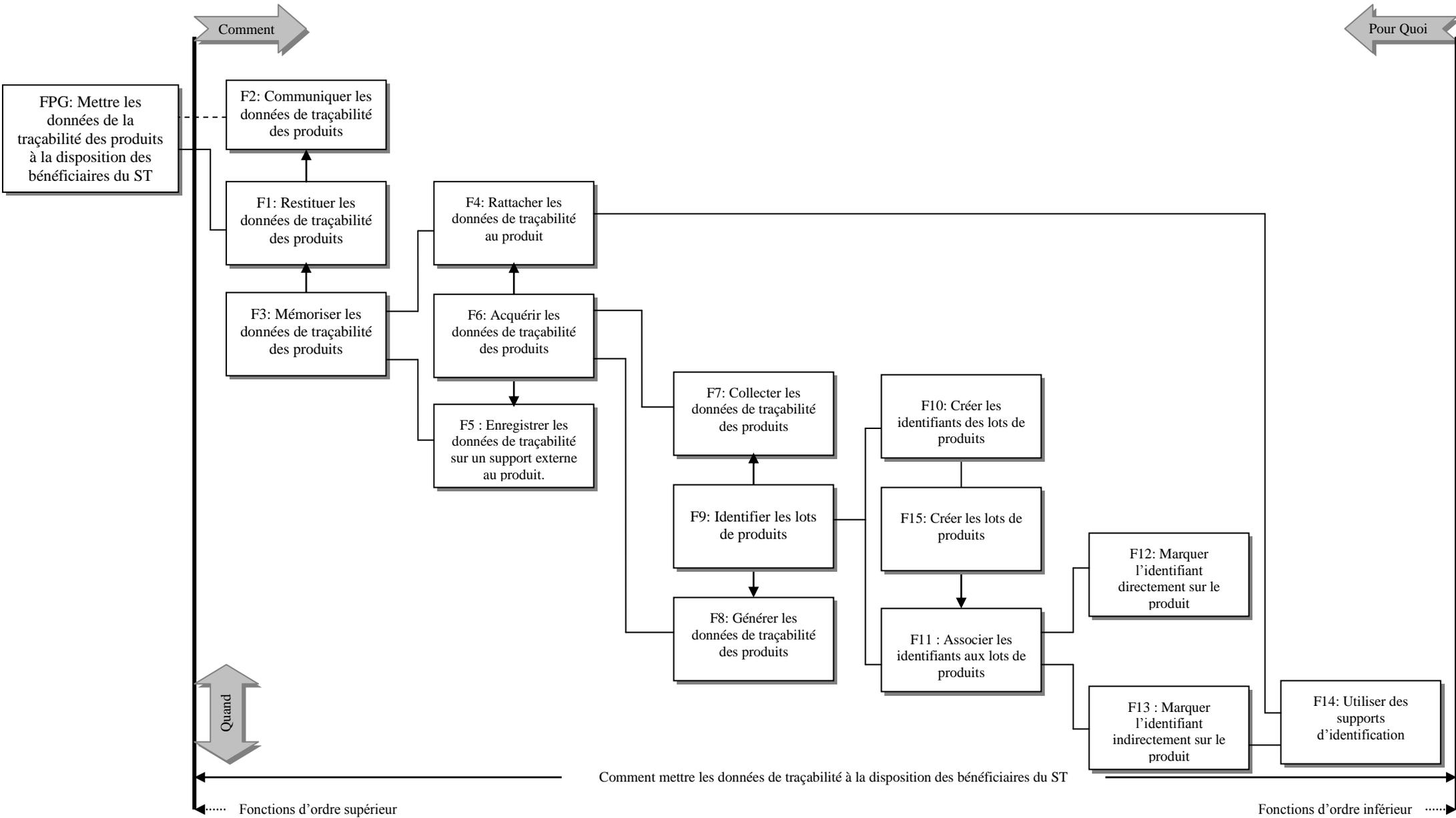


Figure 8.17 – Diagramme FAST du système de traçabilité

2.2. Synthèse et ordonnancement des fonctions techniques du ST

Partant des besoins des bénéficiaires du ST, exprimés sous forme de fonctions de service, nous nous sommes appuyés sur la méthode FAST afin d'identifier et de définir les fonctions devant être réalisées, en interne, par ce système afin de satisfaire ses bénéficiaires. Le diagramme de la Figure 8.17 présente un panorama de ses fonctions ainsi que leur enchaînement du niveau le plus fonctionnel (gauche) au niveau le plus technique (droite). L'objectif de cette démarche est de proposer des principes de solutions qui peuvent être instanciés lors de projets de conception et de mise en place de ST. Sur le terrain, cette instanciation se traduit par le choix de solutions techniques pour chacune des huit fonctions se situant à une extrémité droite du diagramme. C'est-à-dire celles qui ne sont pas rattachées par des liens «Comment» à d'autres fonctions. Dans la suite de ce document, nous parlerons de **fonctions techniques (FT)**. Bien évidemment, dans un contexte industriel donné, toutes les fonctions techniques issues d'une branche «OU» ne seront pas forcément retenues. Par exemple, pour associer des identifiants à ces produits (F11), un éleveur de bovins pourra opter pour la fonction F13 en marquant les identifiants de ses animaux sur des boucles d'oreille (Cf. Figure 8.23) ou pour la fonction F12 en les identifiant par tatouage (Cf. Figure 8.21).

Le Tableau 8.2 ci-dessous présente nos neuf fonctions techniques classées par ordre chronologique de leur réalisation.

Ordre de réalisation	Code de la fonction	Libellé de la fonction
1	FT1	Créer les lots de produits
	FT2	Créer les identifiants des lots de produits
2	FT3	Marquer l'identifiant directement sur le produit
	FT4	Utiliser des supports d'identification
3	FT5	Collecter les données de traçabilité des produits
	FT6	Générer les données de traçabilité des produits
4	FT7	Enregistrer les données de traçabilité sur un support externe au produit
5	FT8	Restituer les données de traçabilité des produits
6	FT9	Communiquer les données de traçabilité des produits

Tableau 8.2 - Liste des neuf fonctions techniques du ST

Les autres fonctions du milieu du diagramme FAST n'apparaissent pas dans ce tableau car elles sont considérées comme des finalités que l'on peut atteindre en réalisant les fonctions «Comment» sous-jacentes.

Remarque : Dans le cas où la fonction FT4 sert exclusivement à mémoriser les données de traçabilité du produit sans servir à son identification (ce qui est plutôt rare), elle sera alors réalisée en quatrième position. C'est-à-dire juste après les fonctions FT5 et FT6.

Chacune des fonctions présentées dans le Tableau 8.2 va être décrite davantage et caractérisée à travers un ensemble de critères d'appréciation que nous allons définir par la suite. Mais avant d'y arriver, nous allons ouvrir une parenthèse afin pour décrire le cadre théorique sur lequel nous nous appuyerons pour l'identification de certains de ces critères d'appréciation.

3. Cadre théorique pour caractériser les fonctions techniques du ST

En parcourant la liste des fonctions techniques dressées dans le Tableau 8.2, nous pouvons constater que les trois premières sont exprimées sous forme de phrases dont le complément est «l'identifiant». Au niveau des autres fonctions, le complément est «les données». Donc, les critères d'appréciation à proposer doivent permettre d'évaluer, entre autres, la qualité des identifiants utilisés et la qualité des données manipulées.

C'est ce dernier point qui va être développé ici compte tenu de sa complexité et des travaux de recherche dont il a fait objet. L'objectif derrière cette entreprise est de justifier, *a priori*, les choix de nos critères d'appréciation tout en précisant les bases théoriques sous-jacentes.

Le cycle de vie d'un système de traçabilité peut être divisé en deux grandes phases. Une première phase qui a pour objectif de *produire* les données de traçabilité. C'est-à-dire les collecter ou les générer à différentes étapes du process (réception des produits, fabrication, conditionnement, etc.). La deuxième phase consiste en l'exploitation de ces données. Si l'on fait un parallèle avec l'analyse fonctionnelle externe du ST, abordée dans le chapitre précédent, et l'analyse fonctionnelle technique, qui est en cours d'élaboration, on va trouver que la première couvre plutôt la phase d'exploitation et la seconde porte sur la phase de production des données. Par analogie avec un processus de fabrication des produits, Ballou et al. [Ballou et al., 1998] proposent d'utiliser le concept de *processus de production des données* pour décrire l'ensemble des opérations subies par les données avant leur exploitation finale par leur *consommateur*. Pour des raisons de simplification, les termes «données» et «informations» sont interchangeables dans ce document. L'objectif de ces auteurs est d'élaborer un cadre d'évaluation de la qualité des données manipulées dans les systèmes d'information. Dans la même optique, Wang et Strong [Wang et Strong, 1996] (cité dans [Wang, 1998]) proposent une modélisation empirique de la qualité des données selon le point de vue de leur *consommateur*. Ils définissent quatre catégories de la qualité des données : la qualité *intrinsèque*, la qualité *contextuelle*, la qualité *représentationnelle* et la qualité *d'accessibilité*. Chacune de ces catégories comporte un ensemble de dimensions comme le montre le Tableau 8.3.

Catégorie de la qualité des données		Dimensions sous-jacentes	Définitions d'après Pipino et al. [Pipino et al., 2002]
Qualité intrinsèque	Stipule que les données disposent intrinsèquement d'une certaine qualité abstraction faite de toute autre considération	Exactitude	La mesure dans laquelle les données sont correctes et sûres
		Objectivité	La mesure dans laquelle les données sont impartiales et non biaisées
		Croyabilité (<i>Believability</i>)	La mesure dans laquelle les données sont perçues comme correctes et crédibles
		Réputation	La mesure dans laquelle les données sont bien perçues en termes de contenu ou de source
Qualité d'accessibilité	Si les données ne sont pas accessibles, le sont difficilement ou leur accès nécessite beaucoup de temps, leur qualité est réduite	Accessibilité	La mesure dans laquelle les données sont disponibles, ou facilement et rapidement restituables
		Sécurité d'accès	La mesure dans laquelle l'accès aux données est convenablement restreint afin de maintenir leur sécurité
Qualité contextuelle	En fonction du contexte dans lequel elles sont utilisées, les données n'ont pas le même degré de qualité	Pertinence	La mesure dans laquelle les données sont utilisables et utiles compte tenu du besoin en question
		Valeur ajoutée	La mesure dans laquelle les données sont bénéfiques et leur utilisation procure des avantages
		Ponctualité (<i>Timeliness</i>)	La mesure dans laquelle les données sont à jour compte tenu de la tâche concernée
		Complétude	La mesure dans laquelle les données disponibles sont suffisantes pour le besoin en question

Catégorie de la qualité des données		Dimensions sous-jacentes	Définitions d'après Pipino et al. [Pipino et al., 2002]
		Quantité appropriée de données	La mesure dans laquelle le volume des données est approprié par rapport de la tâche concernée
Qualité représentationnelle	La manière dont les données sont représentées impacte leur perception par l'utilisateur	Interprétabilité	La mesure dans laquelle les données sont appropriées en termes de langue, symboles et unités.
		Facilité de compréhension	La mesure dans laquelle les données sont facilement compréhensibles
		Représentation concise	La mesure dans laquelle les données sont représentées d'une manière compacte
		Représentation régulière ⁹⁹	La mesure dans laquelle les données sont représentées sous le même format

Tableau 8.3 - Les dimensions de la qualité des données selon Wang et Strong [Wang et Strong, 1996]

En plus des 15 dimensions définies par Wang et Strong [Wang et Strong, 1996], d'autres attributs de la qualité des données ont été proposés dans la littérature. Des exemples sont fournis en Annexe 19 (en anglais). Par rapport à d'autres recherches, l'intérêt de cette approche réside essentiellement dans le fait d'aller au delà de la seule qualité intrinsèque des données, et de prendre en compte d'autres dimensions qui sont aussi importantes pour les utilisateurs. D'après une étude réalisée par Meyen et Willshire [Meyen et Willshire, 1997] (cité dans [Lee et al., 2002]), 35% des utilisateurs s'intéressent en premier lieu à l'accessibilité des données, 27% à leur qualité intrinsèque, 24% à leur qualité contextuelle et 14% à leur qualité représentationnelle.

Selon Pipino et al. [Pipino et al., 2002], l'évaluation des différentes dimensions de la qualité des données peut être de nature subjective ou de nature objective. Dans le premier cas, on peut utiliser des questionnaires destinés aux différents acteurs impliqués dans la production et l'exploitation des données. L'objectif étant d'évaluer leur perception de la qualité des données qu'ils manipulent. Dans le cadre d'une évaluation objective, ces auteurs proposent de procéder selon plusieurs modes de calcul :

- ❑ Le **ratio simple** : Il consiste à calculer le rapport entre le nombre de résultats désirables sur le nombre total des résultats. Par exemple, le nombre de données correctes sur le nombre total des données restituées par le système d'information,
- ❑ Le **minimum et le maximum** : Quand un attribut est un agrégat de plusieurs paramètres, on retient, comme évaluation, la valeur de l'attribut ayant la plus faible (ou la plus forte) estimation. Par exemple, supposons que la *croyabilité* des données a été évaluée selon trois références : la source de ces données (A), un standard communément admis (B) et l'expérience antérieure des utilisateurs (C). Après l'évaluation sur une échelle de 0 à 1, nous obtenons 0,6 par rapport à la référence A, 0,8 par rapport à B et 0,7 par rapport à C. La valeur retenue pour la *croyabilité* des données est 0,6 (le minimum des trois). Le même raisonnement peut être adopté dans d'autres circonstances en optant pour la valeur maximale,
- ❑ La **moyenne pondérée** : lorsqu'une dimension de la qualité des données est conditionnée par plusieurs paramètres, on affecte à chacun un coefficient d'importance relative. La dimension en question est alors évaluée en calculant la moyenne pondérée des valeurs des paramètres en jeu. Dans l'exemple précédent, si l'on attribue, respectivement, des poids de 27%, 50% et 23% aux paramètres A, B et C, la valeur de la *croyabilité* des données serait d'environ 0.72.

⁹⁹ *Consistent representation* en anglais. Ex. une donnée numérique qui est enregistrée sur différents supports avec un nombre variable de décimaux.

La Figure 8.18 montre un processus typique de production des données selon [Yang et Strong, 2003]. On y trouve trois types d'opérations: collection, stockage / maintenance et utilisation des données.

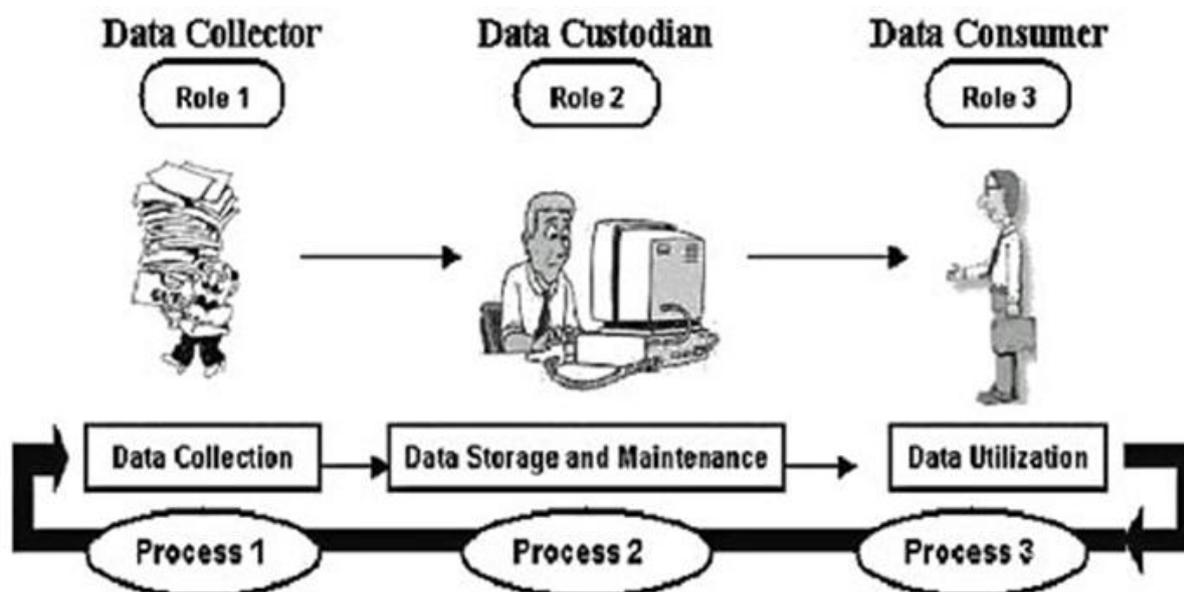


Figure 8.18 - Processus typique de production des données d'après Yang et Strong [Yang et Strong, 2003]

En faisant un parallèle avec les fonctions techniques du ST que nous avons définies auparavant (Cf. Tableau 8.2), on peut facilement remarquer que les fonctions FT4 et FT5 s'inscrivent dans le cadre du processus 1 (collection des données), les fonctions FT6 et FT7 portent sur le stockage des données (processus 2). La fonction FT8, quant à elle, est plutôt orientée vers l'utilisation des données (processus 3) de par sa proximité avec le bénéficiaire du ST.

Le modèle d'évaluation de la qualité des données présenté ci-dessus, est sensé être universel pour s'appliquer à tout type de données gérées dans un système d'information. Il en découle que certains critères proposés ne sont pas très pertinents par rapport à la problématique de la traçabilité. C'est le cas, par exemple, de *l'objectivité* (Cf. Tableau 8.3) qui suppose que les données manipulées soient sujettes à un jugement de valeur avec les risques de subjectivité de cela implique. Dans le domaine de la traçabilité, ce problème ne se pose pas de par le caractère factuel des données concernées. D'autres critères tels que la *pertinence*, la *valeur ajoutée*, *l'interprétabilité* ou la *facilité de compréhension* sont dans le même cas de figure. En effet, les données qu'un ST doit restituer sont connues d'avance. Ce qui revient à dire que l'entreprise peut définir, *a priori*, les niveaux de qualité correspondants aux données qu'elle souhaite tracer. Il convient aussi de signaler une certaine redondance entre la *complétude* et la *quantité appropriée de données*. La *punctualité* (*timeliness*) n'a pas de sens, non plus, lorsque l'on a affaire aux données de traçabilité dans la mesure où celles-ci portent sur l'historique des produits. A ce titre, elles sont figées et ne peuvent pas être mises à jour. Pour ce qui est de la *représentation concise et régulière* des données, nous estimons qu'il s'agit, là aussi, de critères pouvant être maîtrisés à l'avance en assignant à chacune des données de traçabilité un format bien précis. A noter enfin le caractère subjectif, donc difficile à mesurer, de la *croyabilité* et de la *réputation* des données.

Compte tenu de ces considérations, les critères d'appréciation que nous allons définir, au niveau des paragraphes qui suivent, seront basés sur les attributs qualitatifs les plus objectifs et les plus pertinents par rapport à la problématique de la traçabilité. Il s'agit, notamment, de **l'exactitude**, **l'accessibilité** et la **complétude**. Ce sont d'ailleurs les critères de qualité de données qui sont le plus souvent cités (en plus de la punctualité) dans la littérature se rapportant aux systèmes d'information.

4. Caractérisation des fonctions techniques du ST

Après avoir identifié les différentes fonctions techniques du ST, à travers la méthode FAST, et après avoir présenté le cadre théorique qui nous permettra d'en évaluer la performance, nous allons caractériser et décrire, d'une façon plus approfondie chacune d'elles. Nous commençons par décrire le contexte de

réalisation de chaque fonction, puis nous présentons des exemples de solutions techniques possibles. Ensuite, les critères d'appréciation correspondants vont être définis, expliqués et leur mode d'évaluation formalisé. Des illustrations via des études de cas Arrivé vont être introduites de temps en temps.

4.1. FT1 : Créer les lots de produits

4.1.1. Description et contextualisation de la fonction technique FT1

Rappelons qu'un lot de produit fait référence à un ensemble d'unités d'une denrée alimentaire qui ont été produites, fabriquées ou conditionnées dans les mêmes conditions. On dit qu'un lot de produit est créé dès lors que ses constituants ont une existence physique. Même s'il est clairement identifié, un lot dont la fabrication n'est que prévisionnelle n'est pas un lot créé. Dans la pratique, cette fonction a lieu généralement à la réception d'un lot de matière première ou tout autre produit entrant, ou à la génération d'un nouveau lot suite à l'assemblage, ou au désassemblage, ou à la transformation de lots existants.

Comme nous l'avons mentionné plus haut, la fonction technique FT1 existe indépendamment de la problématique de la traçabilité étant donné que des lots de produits sont, de toute façon, créés à des fins de gestion de la production. La mise en place d'un ST oblige souvent les entreprises à revoir la manière dont les lots sont créés notamment en ce qui concerne leur taille qui conditionne la précision de la traçabilité (Cf. Chapitre VII). Il est ainsi fondamental de ne pas passer à côté de cette fonction dans toute démarche de conception de ST. C'est pour cette raison que nous l'avons prise en compte dans le cadre de ce travail.

4.1.2. Critère d'appréciation de la fonction technique FT1

Par rapport à des préoccupations de traçabilité, le principal critère d'appréciation de la fonction technique FT1 est destiné à apprécier la taille de lot ou la quantité de produits constituant un lot. Au cours de l'analyse fonctionnelle du besoin nous avons eu l'occasion de montrer l'incidence de ce paramètre sur la précision du ST. Nous y avons évoqué notamment le fait qu'une taille de lot élevée constitue la cause d'imprécision de traçabilité la plus citée dans la littérature [Gencod, 2001; Golan et al., 2004b; Lecomte et al., 2006], et qu'il faut théoriquement opter pour une taille de lot qui soit la plus petite possible. Pour apprécier une taille de lot donnée, nous avons choisi comme référence la taille moyenne des unités commerciales (cartons, boxes, etc.) échangées par l'entreprise. A partir de ces éléments, nous obtenons un critère technique intéressant pour caractériser la fonction FT1 :

CT1: Rapport de taille de lot

C'est un ratio qui est calculé en divisant la taille moyenne des unités commerciales de l'entreprise sur la taille moyenne d'un lot de production. Le résultat obtenu est exprimé en pourcentage. Inutile de préciser que les deux opérandes doivent être exprimées dans les mêmes unités de mesure (Kg, nombre d'unités, litres...). Le Cas d'étude 8.1 illustre le calcul et l'interprétation de ce critère.

Cas d'étude 8.1

Dans le cas de la société Arrivé, un lot de produits est généré à l'issue de chaque ordre de fabrication (OF). A partir d'un échantillon de 510 000 OF, nous avons calculé la taille moyenne d'un lot de fabrication. Soit environ 265 Kg. De la même manière, nous avons calculé la taille moyenne d'une unité commerciale (colis) sur la base d'un échantillon de 262 000 commandes clients. Soit environ 4 Kg par colis. Ce qui correspond, ainsi, à un **rapport de taille de lot** (CT1) égal à **1,51 %**.

Cela signifie que si Arrivé est confrontée à une situation de rappel, elle doit rappeler, en moyenne, **66** colis pour chaque lot de fabrication concerné (c'est-à-dire $\frac{265}{4}$).

Si nous partons de l'hypothèse que l'entreprise n'a pas beaucoup de marge de manœuvre sur la taille de ses unités commerciales, qui est généralement fixée par le client, le moyen qui lui reste est de réduire la taille de ses lots de production. Au niveau du Cas d'étude 8.1, si la taille moyenne du lot de fabrication était de 100 kg, on aurait un CT1 égal à 4 %, ce qui signifie que l'entreprise n'aurait à rappeler que 25 colis par lot de production incriminé. Mais la réduction des tailles des lots n'est pas neutre en termes économiques dans la mesure où cela engendre des coûts supplémentaires de gestion et de traçabilité. D'une manière générale, les coûts de rappels sont inversement proportionnels à la taille des lots qui est, elle-même, inversement proportionnelle aux coûts de traçabilité. La Figure 8.19 illustre ce propos.

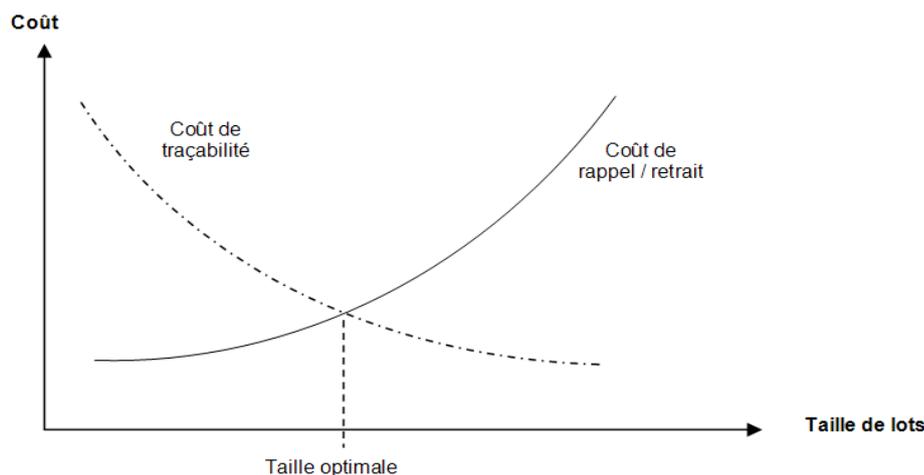


Figure 8.19 - Evolution des coûts en fonction de la taille des lots

En réduisant la taille des lots de fabrication, le nombre d'entités à tracer augmente, ce qui se répercute bien évidemment sur le coût de traçabilité (plus de données à gérer, réduction des séries de fabrication...). En même temps, le coût de rappel/retrait diminue puisque la précision ou la résolution du ST augmente.

4.2. FT2 : Créer les identifiants des lots de produits

4.2.1. Description et contextualisation de la fonction technique FT2

Pour assurer la traçabilité, la première condition à remplir est de pouvoir distinguer d'une façon univoque les différents lots d'un même produit. Pour ce faire, des identifiants appropriés doivent être préalablement créés et associés à ces lots. Selon EAN [EAN, 2003], l'identifiant est la clé permettant de suivre le cheminement d'une entité et d'accéder aux informations la concernant. Dans la pratique, la fonction FT2 peut être réalisée d'une manière automatique ou manuelle chaque fois qu'un nouveau lot est créé. Soit :

- ❑ A la réception d'un lot de matière première ou tout autre produit entrant, si l'on ne veut pas garder l'identifiant affecté par le fournisseur le cas échéant,
- ❑ ou à la génération d'un nouveau lot suite à l'assemblage, ou au désassemblage, ou à la transformation de lots existants.

Un identifiant (ou *code de traçabilité* selon Bello et al. [Bello et al., 2005a]) consiste en une chaîne de caractères pouvant être de nature alphabétique, numérique, alphanumérique ou ASCII¹⁰⁰ [AFNOR, 2002b]. Le plus connu et le plus utilisé est le **numéro de lot**, mais on peut aussi utiliser certains attributs des produits comme identifiants. C'est le cas, par exemple, de la localisation géographique du site de production du lot en question ou encore sa DLC ou sa DLUO [Gencod, 2001; Morrison, 2001]. Dans ce cas, nous avons affaire à un identifiant signifiant. C'est-à-dire, qu'en plus d'identifier le lot de produit, il constitue également une information le caractérisant. On peut aussi faire appel à des identifiants standardisés de type SSCC¹⁰¹ qui sert à l'identification des unités d'expéditions (considérées comme lots).

Remarque: Il ne faut pas confondre un code produit avec l'identifiant du lot auquel ce produit appartient. Le premier est une donnée statique qui est invariable pour toutes les instances d'une même référence (article) qui sont fabriquées à des dates et dans des circonstances différentes. Le standard GTIN¹⁰² de GS1 est un exemple de code à utiliser pour l'identification des produits. L'identifiant du lot, quant à lui, sert à identifier une instance particulière (un lot) d'un produit donné. Il constitue, à ce titre, une donnée dynamique de traçabilité.

¹⁰⁰ ASCII (American Standard Code for Information Interchange) est un code regroupant 128 caractères alphanumériques et de contrôle, représenté chacun au moyen de 7 bit. Il permet l'échange de données entre systèmes informatiques.

¹⁰¹ Abréviation de Serial Shipping Container Code (numéro séquentiel de colis) qui est un code à 18 caractères qui permet d'identifier de façon unique une unité d'expédition (indépendamment de son contenu) à des fins de suivi individuel dans les opérations d'expédition, de distribution et de réception. – (Source : www.eannet-france.org/fille/b/b32.htm -consulté le 14 juillet 2007).

¹⁰² GTIN : Abréviation de Global Trade Item Number (code article international) utilisé pour l'identification des articles.

4.2.2. Exemples de solutions pour la fonction technique FT2

Sur le terrain, on peut rencontrer une multitude de façons pour identifier les produits à des fins de traçabilité. En voici quelques illustrations :

- ❑ L'identification des bovins en Irlande se fait via des identifiants de type *UK9 371-162-4* [Houston, 2001]. Avec :
 - *UK9* est un code défini par la législation européenne pour désigner la région de naissance de l'animal en question. C'est-à-dire l'Irlande du Nord (9) qui fait partie du Royaume Uni (UK),
 - *371* désigne le premier troupeau enregistré dans le périmètre *N°37* (région de Belfast),
 - *162* est un numéro individuel affecté par l'éleveur,
 - *4* est une clé de contrôle permettant de vérifier informatiquement que l'identifiant est valide.
- ❑ Au niveau de la société Arrivé, qui constitue notre terrain de recherche, les lots de produits de volaille issus de chaque opération sont identifiés par des codes à 12 caractères. Par exemple: *706636514977*. Le premier caractère représente l'année de fabrication (2007), les 4 suivants représentent l'atelier de fabrication (barattage) et les 7 derniers caractères correspondent à un numéro séquentiel généré automatiquement (voir Tableau 2.2 pour plus de détails sur les identifiants utilisés par la société Arrivé).
- ❑ Pour les lots de produits destinés à être échangés entre plusieurs maillons d'une chaîne logistique, GS1 recommande d'associer le code GTIN (*Global Trade Item Number*) au numéro de lot défini en interne par l'industriel. Ceci permet d'assurer l'unicité d'identification [Gencod, 2001].

Et d'une manière générale, chaque entreprise peut définir les identifiants de ses lots d'une manière automatique ou manuelle et qui peuvent être significatifs ou non-significatifs. Aussi, d'éventuelles normes ou standards peuvent lui être imposés ou recommandés.

4.2.3. Critères d'appréciation de la fonction technique FT2

A travers la littérature, on peut trouver différentes typologies des identifiants. L'une des plus intéressantes est celle proposée par Le Pallec [Le Pallec, 2005] qui classe les identifiants, au sens large, en fonction de leurs usages fonctionnels :

- ❑ Identifiant *d'immatriculation* qui sert à identifier physiquement une entité d'une autre entité.
- ❑ Identifiant *d'indexation* (ou clé primaire) de l'information destiné à la gestion de l'information associée aux entités identifiées.
- ❑ Identifiant de *connexion* qui est dédié à un usage spécifique aux réseaux de communication et à l'acheminement de l'information entre entités.

Par rapport à la traçabilité des produits, ce sont les deux premiers types qui nous intéressent. Dans ce cadre, un identifiant peut appartenir simultanément à ces deux catégories. Un numéro de lot, par exemple, peut servir d'identifiant d'immatriculation quand il est apposé sur un colis. Il peut aussi servir d'identifiant d'indexation quand il est utilisé comme clé primaire dans une base de données. C'est grâce à ce double rôle que l'on peut garantir une association systématique entre le flux physique et le flux informationnel (concept de *Holon* évoqués dans le Chapitre V). Ce qui constitue le principe même de la traçabilité.

La qualité des identifiants est une expression récurrente dans la littérature s'intéressant notamment aux ressources bibliographiques et numériques. L'ISBN¹⁰³ et l'URL¹⁰⁴ en sont des exemples. Dans ce domaine, Coyle [Coyle, 2006] définit un identifiant comme étant *une séquence de chiffres, lettres ou symboles qui représente quelque chose*. Deux principaux critères de qualité sont très souvent associés à ce type d'identifiants, à savoir :

- ❑ L'**unicité** (ou la *garantie d'unicité de l'attribution* selon Le Pallec [Le Pallec, 2005]) qui stipule qu'un identifiant fait référence à une et une seule chose.
- ❑ La **pérennité** ou la persistance qui traduit, selon Bermès [Bermès, 2005], une forme de garantie que l'identifiant ne changera pas et continue à identifier la même ressource.

¹⁰³ L'International Standard Book Number qui sert à l'identification des livres.

¹⁰⁴ Uniform Resource Locator : Chaîne de caractères précédée par http et qui permet de localiser une ressource sur internet.

D'autres critères, plus difficiles à mesurer, peuvent être rencontrés. Ainsi, Engels [Engels, 2002] propose, entre autres :

- ❑ La **progressivité** ou la scalabilité (*scalability*) qui traduit la capacité des identifiants utilisés à identifier un nombre d'objets supérieur à celui qui est initialement prévu.
- ❑ L'**extensibilité**, c'est-à-dire l'aptitude de l'identifiant à intégrer de futures extensions afin, notamment, d'en améliorer la scalabilité.

Suite à l'état de l'art réalisé en matière d'identification d'objets et tenant compte des spécificités de la traçabilité des produits alimentaires, nous suggérons d'utiliser trois critères qui nous semblent pertinents pour caractériser la fonction FT2. Il s'agit de la *signifiante des identifiants des lots* (CT2), la *durée d'unicité des identifiants des lots* (CT3) et de la *taille des identifiants des lots* (CT4).

A. CT2: Signifiante des identifiants des lots

On parle d'un identifiant signifiant (intelligent [Green et Bide, 1997] ou sémantique [Bermès, 2005]) lorsque celui-ci correspond à une ou plusieurs données portant un sens. Comme nous l'avons évoqué plus haut, un identifiant signifiant peut prendre, par exemple, la forme d'une DLC ou d'une date de fabrication. Capron [Capron, 1986] (cité par [Töyrylä, 1999]) recommande l'utilisation de ce genre d'identifiant, car, en plus de constituer des clés primaires¹⁰⁵, il comporte aussi une information en clair. A l'inverse, les identifiants non signifiants (muets [Giuliani, 2003] ou opaques [Bermès, 2005]) sont généralement générés automatiquement sous forme de codes séquentiels qui n'ont pas de signification particulière. On peut également rencontrer des identifiants mixtes. C'est-à-dire qui comportent une partie signifiante et une partie non signifiante.

En règle générale, les identifiants signifiants sont préférés aux identifiants non-signifiants dans le cadre d'un ST, et ce pour deux raisons principales :

- ❑ Ils permettent d'accéder à certaines informations sans passer par les enregistrements ou les bases de données. Par exemple, si une partie de l'identifiant d'un lot est constituée de sa date de fabrication, cela dispense l'entreprise de perdre en réactivité à faire des recherches dans ses enregistrements si cette donnée lui est demandée par un client.
- ❑ Certaines informations ne peuvent pas se perdre étant donné qu'elles font partie de l'identifiant du lot de produits tracés.

Il faut, cependant, que des identifiants signifiants utilisés soient définis soigneusement pour en assurer l'unicité et une pérennité suffisantes. Si, par exemple, on définit le numéro de lot comme une concaténation du code du produit en question et sa date de fabrication, l'unicité sera perdue si l'on commence à en fabriquer plus d'un lot par jour.

Afin d'évaluer le critère d'appréciation CT2, nous proposons de nous appuyer sur une échelle composée de trois classes comme indiqué dans le Tableau 8.4.

Classes	Définitions	Exemples
Identifiant signifiant	L'identifiant est composé d'une ou plusieurs données «en clair». c'est-à-dire qui ont un sens bien précis	6313A3 6 : Années de fabrication (2006) 313: Quantième du jour de fabrication (9 novembre) A3: Atelier de fabrication
Identifiant semi signifiant	L'identifiant est composé d'une partie signifiante et d'une partie non signifiante	Les numéros de lot utilisés par la société Arrivé (voir plus haut). La partie signifiante est composée de l'année et du code de l'atelier, et la partie non signifiante comporte les 7 derniers chiffres séquentiels.
Identifiant non signifiant	L'identifiant est composé d'une chaîne de caractères qui, en l'état, n'a pas de sens particulier	1234676, 1234677, 1234678... Des codes générés automatiquement qui s'incrémentent au fur et à mesure de la création de nouveaux lots.

Tableau 8.4 - Echelle d'évaluation de la signifiante des identifiants des lots

¹⁰⁵ Concept équivalent à l'identifiant unique utilisé notamment dans les systèmes de gestion de base de données relationnelles.

De par les deux avantages cités dans le Tableau 8.4, il est clair que plus la signifiante des identifiants utilisés est élevée, mieux c'est pour la performance du ST. L'idéal est donc d'opter pour la première classe (identifiants signifiants). Mais cela peut parfois être difficile à mettre en œuvre notamment dans le cas où l'entreprise est amenée à gérer une multitude de lots d'un même produit fabriqués dans des intervalles de temps très proches.

Dans un contexte industriel donné, il est possible que les identifiants utilisés n'appartiennent pas tous forcément à une même classe. Dans ce cas, l'évaluation du critère CT2 peut être réalisée en calculant le pourcentage des produits appartenant à chaque classe.

Cas d'étude 8.2

Dans le deuxième chapitre de ce mémoire (Cf. Tableau 2.2), nous avons expliqué la structure des différents types d'identifiants des lots de produits utilisés par la société Arrivé.

B. CT3 : Durée d'unicité des identifiants des lots

Ce critère d'appréciation que nous empruntons à Dupuy [Dupuy, 2004] représente le temps pendant lequel l'entreprise peut garantir que l'identifiant qu'elle a affecté à un lot est unique. C'est donc un synonyme de la pérennité et la persistance évoquées précédemment. Puisque l'identifiant a pour mission de permettre de distinguer entre différents lots, il ne doit pas y avoir, à un moment donné, plusieurs lots d'un même produit avec la même identification. La durée d'unicité des identifiants peut être illimitée, comme elle peut être identique à la durée de vie du produit concerné. Elle peut aussi varier proportionnellement à la DLC ou à la DLUO de ce produit. Dans l'idéal, un identifiant doit être unique dans l'espace et dans le temps mais d'après Dupuy [Dupuy, 2004], une unicité de durée au moins égale à un an plus la durée de vie du produit tracé semble un minimum. S'ils comportent une dimension temporelle, les identifiants signifiants et semi-signifiants peuvent avoir une durée d'unicité qui peut être illimitée.

Dans la pratique, l'évaluation du critère d'appréciation CT3 est relativement facile dans la mesure où il suffit de consulter des règles qui sont généralement définies par les responsables Qualité de l'entreprise. Le Cas d'étude 8.3 montre ce qu'il en est dans la société Arrivé.

Cas d'étude 8.3

Au niveau de la société Arrivé, deux cas de figure sont à distinguer :

- Pour les lots de volailles vivantes, on utilise comme identifiants des codes à 7 caractères (appelés numéros de bandes) dont la durée d'unicité est d'un an environ. A titre d'exemple, le code 2665101 a servi à l'identification de deux lots de poulets. Le premier a été abattu le 8 septembre 2005 et le deuxième le 12 décembre 2006.

- Pour les autres produits semi-finis et finis à base de volaille, on utilise des codes à 12 caractères dont la durée d'unicité est illimitée grâce, notamment, au premier caractère qui correspond à l'année de fabrication.

C. CT4 : Taille des identifiants des lots

La taille d'un identifiant correspond au nombre de caractères dont il est composé. On peut par exemple rencontrer des identifiants à 3, à 4 ou à n caractères. En fonction de sa valeur, ce critère d'appréciation peut engendrer des incidences en terme :

- ❑ d'espace d'enregistrement, que ce soit sur papier ou via des outils informatiques,
- ❑ d'espace de marquage direct sur le produit ou sur une étiquette intermédiaire de type code-barres,
- ❑ de quantité d'encre nécessaire au marquage des produits, le cas échéant,
- ❑ de facilité de saisie et de mémorisation. Un identifiant à trois caractères, par exemple, est beaucoup plus facile à retenir et à saisir sur un document ou une interface informatique qu'un identifiant à 12 caractères.

Cas particulier: Certaines entreprises peuvent opter pour des systèmes d'identification basés sur des identifiants composés de plusieurs chaînes de caractères généralement signifiantes. C'était le cas par exemple d'une entreprise de transformation de produits carnés dans laquelle nous avons effectué une étude de cas dans le cadre de nos travaux de Master Recherche [Bendaoud, 2003]. Pour identifier les lots de viandes achetés à ses fournisseurs, cette entreprise utilise un identifiant composé du nom produit plus la date de réception plus le nom du fournisseur.

Donc, le critère CT3 est très facile à apprécier. Pour ce faire, il suffit, de compter le nombre de caractères formant l'identifiant en question. Ce dernier doit être le plus court possible mais tout en permettant une identification univoque et pérenne. A travers le Cas d'étude 8.4, nous évaluons le critère CT3 au niveau de la société Arrivé.

Cas d'étude 8.4

Comme l'avons vu précédemment, pour identifier les produits à base de volaille, la société Arrivé utilise deux types d'identifiants ayant des tailles différentes :

- Pour les lots de volailles vivantes, on utilise un identifiant composé de 7 caractères (appelés numéros de bandes). Exemple : 1130401 pour un lot de poulets mâle Label Rouge abattus le 2 mars 2007.
- Pour les autres produits semi-finis et finis, l'identifiant utilisé est composé de 12 caractères. A titre d'exemple, 706416507048 est l'identifiant d'un lot d'environ 1300 Kg d'ailes de poulets issues d'une opération de cuisson.

Dans le premier cas de figure, l'identifiant utilisé est plus pratique dans la mesure, notamment, où il est facile à retenir et consomme moins d'espace pour son marquage sur les étiquettes code-barres. Cependant, il présente l'inconvénient d'avoir une durée d'unicité limitée (Cf. Cas d'étude 8.3).

4.3. FT3: Marquer l'identifiant directement sur le produit

4.3.1. Description et contextualisation de la fonction technique FT3

Rappelons que l'identification des produits est la mission la plus basique de tout système de traçabilité. Pour qu'elle soit menée à bien, il faut d'abord que des identifiants soit créés (voir FT2) mais aussi que ces identifiants soient associés physiquement aux produits correspondants. L'une des façons de le faire consiste en un marquage direct. C'est-à-dire à inscrire directement l'identifiant sur le produit ou sur son contenant.

4.3.2. Exemples de solutions pour la fonction technique FT3

- ❑ Pour assurer la traçabilité individuelle des œufs commercialisés sur les grandes surfaces, la technique la plus utilisée consiste à imprimer l'identifiant par jet d'encre directement sur les œufs (Cf. Figure 8.20).



Figure 8.20 - Marquage par jet d'encre sur un œuf

- ❑ Pour l'identification des bovins destinés aux abattoirs, on peut utiliser des tatouages apposés sur les oreilles ou sur d'autres parties du corps de l'animal comme l'illustre la Figure 8.21.



Figure 8.21 - Tatouage de l'identifiant sur l'oreille d'un veau d'après Elbert [Ebert, 2006]

- Le marquage par jet d'encre est aussi très utilisé pour apposer les numéros de lot sur des produits alimentaires conditionnés en boîtes de conserve comme illustré sur la Figure 8.22.



Figure 8.22 - Marquage par jet d'encre sur une boîte de conserve

4.3.3. Critère d'appréciation de la fonction technique FT3

Pour caractériser la fonction technique FT3 et évaluer sa réalisation, nous proposons de nous appuyer sur le critère d'appréciation suivant :

CT5 : Indélébilité du marquage

Compte tenu des conditions de traitement et de manipulation des produits, le marquage ne doit pas être effacé ou endommagé tant que l'entité (lot) correspondant a une existence physique. Cela dépend principalement de la technique de marquage utilisée (type d'encre, mode d'impression ou de tatouage, etc.). Le critère d'appréciation CT5 peut être estimé en divisant la durée de vie du marquage apposé sur la durée de vie du produit marqué. Pour un produit donné, la durée de vie est généralement connue¹⁰⁶. En revanche, celle du marquage peut varier en fonction des conditions ambiantes notamment. Pour être certains que le produit ne perd pas prématurément son marquage, il faut que la durée de vie minimum de ce dernier soit, au moins, égale à la durée de vie du produit en question. En supposant que la durée de vie du produit est fixe, nous proposons la formule suivante pour évaluer le critère d'appréciation CT5 :

$$CT5 = \frac{\text{Min}(durée\ de\ vie\ du\ marquage)}{\text{Durée\ de\ vie\ du\ produit}}$$

¹⁰⁶ Pour les produits transformés, la durée de vie (*shelf life* en anglais) est un paramètre qui est utilisé pour le calcul de la DLC ou de la DLUO.

Si la durée de vie du produit est connue, celle du marquage est assez difficile à déterminer avec précision. Pour en avoir une estimation assez exacte, il est important de tenir un historique des cas où des marquages sont totalement ou partiellement effacés au point d'être illisibles. Grâce à cette traçabilité, il est possible de déterminer approximativement la durée minimum au bout de laquelle le marquage reste exploitable. Soit le numérateur de la formule ci-dessus. Si le contexte le permet, on peut également procéder à des tests durant lesquels on soumet les marquages aux conditions ambiantes auxquelles ils seront confrontés (humidité, chaleur, frottements, etc.) puis d'estimer leur durée de vie.

Généralement, les marquages réalisés par tatouage (pour les animaux), par impression jet d'encre ou laser ont une indélébilité suffisante. En revanche, des marquages réalisés manuellement par des feutres marqueurs, par exemple, peuvent se détériorer ou carrément disparaître sous l'influence des conditions ambiantes (température, humidité, etc.).

4.4. FT4 : Utiliser des supports d'identification

4.4.1. Description et contextualisation de la fonction technique FT4

Lors de la construction du diagramme FAST, il a été évoqué le double rôle que peuvent jouer les supports d'identification. En plus de permettre d'associer physiquement au produit l'identifiant correspondant, c'est aussi un moyen de mémorisation des données de traçabilité. De cette manière, le produit ne sera pas physiquement dissocié de ses données, ce qui présente un avantage de taille en termes de rapidité d'accès à ces données. En effet, au lieu d'aller chercher dans des archives papier ou des bases de données informatiques, il suffira de lire les informations recherchées directement sur le produit concerné. D'un point de vue marketing, cela permet aussi à l'entreprise de communiquer aux consommateurs des données permettant de les informer, les rassurer et les fidéliser.

Les supports les plus répandus dans le secteur agroalimentaire sont les étiquettes code-barres sur lesquelles sont marqués, entre autres les identifiants des produits concernés. Mais d'autres moyens plus simples (ex. étiquettes manuscrites) ou plus sophistiqués (ex. puces RFID) peuvent être rencontrés.

Par rapport au marquage direct (FT3), le fait d'utiliser un support d'identification intermédiaire engendre un ensemble d'avantages mais aussi d'inconvénients comme le montre le Tableau 8.5.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Plus d'espace de marquage, ▪ Praticité: l'opération de marquage peut se faire loin du produit à identifier. Ce qui évite l'encombrement, ▪ Plus adapté à l'utilisation de standards de type EAN. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Si le support est détaché du produit, accidentellement ou par erreur, celui-ci perd son identité et devient inconnu, ▪ Généralement il est plus facile de modifier (contrefaçon) l'identification du produit en enlevant le support pour le remplacer pour un autre.

Tableau 8.5 - Avantages et inconvénients de la fonction FT3 par rapport à la fonction FT2

Les puces RFID implantées sous la peau d'un animal, par exemple, représentent un cas mixte des fonctions FT3 et FT4. En effet, si l'on considère la puce entière comme identifiant, on est plutôt dans le cas de la fonction FT3. En revanche, si on limite l'identifiant au message électronique (les bits) contenu dans la puce, alors on est plutôt dans la configuration de la fonction FT4.

4.4.2. Exemples de solutions pour la fonction technique FT4

- ❑ Le principe d'identification le plus ordinaire consiste à munir le produit sous ses différentes formes (unité consommateur, unité commerciale ou unité logistique) de simples étiquettes papier sur lesquelles sera inscrite une information plus ou moins détaillée pour identifier et tracer le produit [Lehu, 2000].
- ❑ En plus du tatouage (Cf. Figure 8.21), les bovins sont aussi identifiés via des boucles d'oreilles comportant un certain nombre de données de traçabilité. La Figure 8.23 montre un modèle de la boucle d'oreille officielle de l'identification bovine en France d'après l'Institut de l'Élevage.
- ❑ Sans rentrer dans les détails techniques, nous présentons à travers le Tableau 8.6 quelques exemples de supports d'identification plus sophistiqués qui sont rencontrés sur le marché. Une analyse comparative de ces supports est fournie en Annexe 18. Pour plus amples informations sur les différents types de code-barres qui peuvent être utilisés pour l'identification et les standards correspondants, nous recommandons des références telles que [Macaingne, 2001; Vernède et al., 2003; Terzi, 2005; Smith et Furness, 2006]. Il existe aussi de

nombreux sites Internet où l'on peut trouver davantage de détails sur les supports d'identification automatique. C'est le cas par exemple de www.gs1.fr, www.tracabilite.org/, www.tracenews.info/, www.agri-tracabilite.qc.ca/ et www.tracehabil.com/.

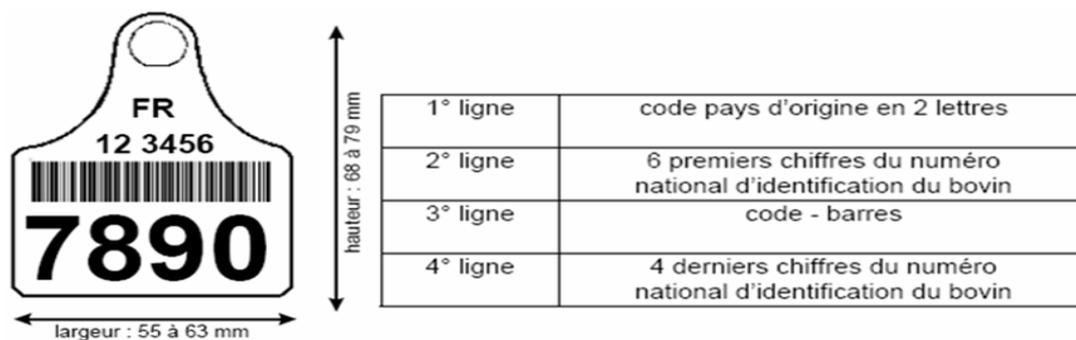


Figure 8.23 - Modèle de boucle (d'oreille) d'identification bovine N98 [IDE, 2004]

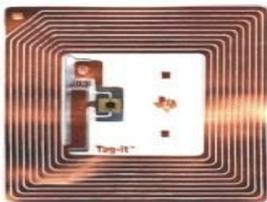
Supports d'identification	Commentaires
 <p>Code-barres linéaire</p>	Grâce à leur simplicité, fiabilité, leur caractère discret et leur adaptation aux techniques d'identification automatique, les étiquettes codes à barres sont aujourd'hui largement utilisées dans de nombreuses applications telles que la gestion de production, le suivi des marchandises, le contrôle, la reconnaissance, etc.
 <p>Code-barres bidimensionnel</p>	Les Code-barres bidimensionnels ont été mis en place principalement pour palier la faible capacité d'encodage dans les code-barres linéaires.
 <p>Étiquettes RFID</p>	Appelées également étiquettes intelligentes (smart labels), puce, tag, transpondeur, etc., ces outils peuvent prendre toutes les formes et tailles et se composent d'une micropuce dont la capacité de mémoire peut aller jusqu'à plusieurs kilooctets et d'une antenne. De par leur prix relativement élevé et le niveau de maturité des standards en place, l'utilisation des RFID est encore très limitée en agroalimentaire.

Tableau 8.6 - Exemples de supports d'identification automatique

4.4.3. Critères d'appréciation de la fonction technique FT4

La fonction technique FT4 consiste à identifier le produit tracé en marquant son identifiant sur un support intermédiaire qui lui est rattaché. Il faudra donc, d'une part, que le lien physique entre ce produit et le support d'identification soit assez fort; et d'autre part, que le support lui-même soit résistant aux conditions environnantes. Le support d'identification n'est pas important en soi. Ce qui nous intéresse ce sont les données qui y sont inscrites. Celles-ci doivent être marquées d'une manière qui soit indélébile, au moins durant la durée de vie de l'entité tracée. Dans le cadre de caractérisation de la fonction FT2, nous avons vu que les identifiants des produits sont constitués par des chaînes de caractères pouvant avoir des longueurs différentes. Il est alors important que le support d'identification utilisé dispose d'une capacité de stockage de données suffisante. Celle-ci dépend généralement des technologies d'identification utilisées (étiquettes, manuscrites, code-barres, RFID...) dont les coûts peuvent varier sensiblement. Partant de ces éléments, nous avons identifié cinq critères permettant d'apprécier la fonction technique FT4.

A. CT6 : Robustesse du support d'identification

Durant le cycle de vie du produit, le support d'identification utilisé peut être sujet à diverses agressions liées aux conditions de fabrication, de stockage et de transport. On peut citer, à titre d'exemple, l'humidité, des températures extrêmes, des agents chimiques et des frottements durant la manutention. Il est donc important que le support d'identification utilisé soit à même de faire face à de telles conditions. C'est pour en rendre compte que nous proposons le critère d'appréciation CT6 qui peut être défini comme étant la capacité du support d'identification à résister aux conditions ambiantes auxquelles il est soumis dans le cadre d'une utilisation normale¹⁰⁷. Selon le TLF, la robustesse est la *caractère robuste, résistant et solide*.

Concrètement, ce critère traduit la probabilité que le support soit endommagé au cours de son utilisation. Pour le mesurer, nous proposons d'évaluer **le pourcentage des supports présentant une résistance satisfaisante aux conditions environnantes**. La valeur idéale étant, bien évidemment, 100%. Les données permettant de réaliser cette évaluation peuvent être obtenues de différentes manières qui sont, par ordre de facilité:

- ❑ A travers les caractéristiques définies par le fabricant. C'est le cas notamment des supports d'identification automatique. Dans le commerce, on peut trouver, par exemple, différents types d'étiquettes code-barres avec des niveaux de résistance à l'humidité différents.
- ❑ En analysant l'historique des cas d'endommagement des supports d'identification utilisés. Ceci suppose, toutefois, qu'une traçabilité de tels incidents soit maintenue.
- ❑ En réalisant des tests, *in vivo* ou *in vitro*, sur les supports d'identification utilisés. Cela peut consister, par exemple, à soumettre un échantillon représentatif de supports d'identification à des conditions agressives, puis de calculer le pourcentage des supports ayant montré une résistance suffisante.
- ❑ Dans le cas des produits finis, il est possible de faire une estimation du critère CT6 en fonction du nombre de réclamations des clients par rapport aux produits dont les étiquettes ont été endommagées. Si, par exemple, sur 1000 colis livrés on a des réclamations sur 50, on en déduira une robustesse d'environ 95%.

Il faut noter que la robustesse du support d'identification est un critère très contextualisé dans la mesure où il dépend, à la fois, de la nature du support mais aussi des conditions dans lesquelles celui-ci est utilisé. Ainsi, cela n'a pas de sens de comparer les valeurs de CT6 obtenues, respectivement, pour une plaquette d'identification en plastique avec une étiquette code-barres. Ce constat est également valable pour un type donné de puces RFID utilisé dans deux contextes (conditions) totalement différentes.

B. CT7 : Fiabilité du lien entre le support d'identification et le produit

Avoir un support d'identification très robuste ne peut pas suffire pour garantir une identification efficace des produits. En effet, même avec le support le plus robuste qui soit, il y a toujours un risque que celui-ci soit détaché accidentellement du produit. D'où l'intérêt de définir un autre critère d'appréciation (CT7) qui permettra d'évaluer ce risque.

La fiabilité du lien entre le support d'identification et le produit identifié est un critère d'appréciation très similaire au critère CT6 que ce soit dans sa philosophie ou dans son mode d'évaluation. On peut donc le définir comme étant **la durée de vie minimum du lien entre le support et le produit rapportée à la durée de vie du produit identifié**. A titre d'illustration, considérons un produit dont la durée de vie est de neuf semaines et qui est identifié via une étiquette code-barres qui a une probabilité de se détacher du produit au bout de 7 semaines. Dans ce cas de figure, la valeur du critère d'appréciation CT7 est d'environ 78%.

Une valeur faible de CT7 peut s'expliquer soit par des raisons intrinsèques au support (ex. son pouvoir adhésif), ou à cause des conditions ambiantes hostiles (ex. humidité, température, agents chimiques...). Il faut donc que le support choisi soit bien adapté au contexte en question. A titre d'exemple, le fournisseur de solutions d'identification INTERSCAN SYSTEMS¹⁰⁸ a établi la classification suivante du pouvoir adhésif de ses étiquettes code-barres :

- ❑ *Permanent* : Conçu pour un marquage définitif sur des surfaces classiques lisses telles que les cartons d'emballages. Quand on veut décoller l'étiquette permanente, elle se déchire ou endommage son support comme les fibres d'un carton,

¹⁰⁷ Cela signifie qu'un support d'identification n'ayant pas pu résister à des conditions exceptionnelles (incendie, inondation, etc.) ne rentre pas dans le cadre de cette évaluation.

¹⁰⁸ Source : http://www.interscan.fr/inf.php?id_s=10&id_p=261, consulté le 23 mars 2007

- ❑ *Permanent Renforcé* : Conçu pour des surfaces légèrement granuleuses ou texturées la masse adhésive (épaisseur) est renforcée d'environ 40 % pour offrir plus de points de contact,
- ❑ *Enlevable* : Conçu pour permettre de décoller une étiquette sans qu'elle ne laisse de traces et sans qu'elle se déchire. Les adhésifs enlevables sont sensibles à l'eau et à la chaleur et deviennent permanents au froid,
- ❑ *Grand-froid* : Adhésif très mou formulé pour ne pas être figé par le froid s'utilise pour étiqueter des produits déjà congelés à une température de 0° à -25°C avec une température de service de -40°C.

Partant du principe que la durée de vie des produits identifiés est connue *a priori*, la seule difficulté dans l'évaluation du critère CT7 réside dans la détermination de la durée de vie du lien entre le produit et son support d'identification. Là également, si cette information n'est pas fournie par le fabricant, il est possible de l'estimer à partir des données historiques sur les cas de rupture de lien entre le produit et le support d'identification, ou en réalisant des tests *in vitro* ou *in vivo*. Notons que la durée de vie du lien entre le support d'identification et le produit concerné ne peut pas dépasser celle de ce dernier. En effet, dès que produit est consommé ou transformé, ce lien disparaît automatiquement. Par conséquent, la valeur maximale que peut prendre le critère d'appréciation CT7 est de 100%.

Une manière simple et assez pratique d'évaluer le critère d'appréciation CT7 consiste à calculer le pourcentage que représentent les liens qui se rompent **d'une manière prématurée**. Concrètement, cela correspond, par exemple dans une usine de découpe de volailles, au pourcentage de bacs de produits semi-finis qui perdent leurs étiquettes d'identification d'une manière accidentelle.

C. CT5 : Indélébilité du marquage

Si nous avons un support d'identification suffisamment robuste (CT6) et si le lien entre celui-ci et le produit qu'il identifie est permanent (CT7), cela ne suffira pas pour que la fonction technique FT4 soit accomplie d'une manière satisfaisante. En effet, à quoi bon avoir un support accroché au produit mais dont le contenu est, totalement ou partiellement, effacé ?

Comme nous l'avons expliqué précédemment, ce critère peut être évalué à travers la durée d'indélébilité du marquage rapportée à la durée de vie du produit en question. En ce qui concerne les étiquettes code-barres, cette durée est fonction, notamment, de la technologie d'impression utilisée. Ainsi, le marquage réalisé par jet d'encre a, généralement, une faible durée d'indélébilité en comparaison avec un marquage thermique. Ce dernier consiste en l'utilisation d'un support (étiquette) traité de manière à noircir, par réaction chimique, sous l'effet de la chaleur dégagée par l'imprimante. Cependant, l'utilisation de cette dernière technologie raccourcit la durée de vie (donc la robustesse, voir CT6) de l'étiquette notamment dans des environnements chauds¹⁰⁹. Dans le cas d'une puce RFID, où «le marquage» est électronique, l'indélébilité est assimilée à la durée de vie du contenu qui y est enregistré. Mais ce problème ne se pose, généralement, pas si nous admettons que l'indélébilité de l'identifiant est corrélé à la durée de vie des puces RFID qui est pratiquement illimitée dans le cas des puces passives [Junji et Toshiaki, 2003]. A l'inverse d'une puce active qui nécessite une batterie, une puce passive fonctionne grâce au courant induit par le signal radio auquel elle est soumise [BITKOM, 2005; Roberts, 2006; Chien et Chen, 2007].

D. CT8: Capacité du support d'identification

Le support utilisé pour l'identification d'un produit donné doit disposer de suffisamment d'espace, physique ou électronique, pour pouvoir contenir l'ensemble des caractères composant l'identifiant. Nous aurons l'occasion, plus loin, de voir que cet espace est d'autant plus important qu'il sert aussi à mémoriser d'autres données de traçabilité (voir la fonction technique FT7). Le critère d'appréciation technique CT8 revêt donc une importance particulière. En fonction du support utilisé, le marquage peut être de natures différentes :

- ❑ en clair pour les étiquettes manuscrites par exemple,
- ❑ encodé graphiquement dans le cas des supports de type code-barres,
- ❑ encodé électroniquement dans le cas des puces de type RFID.

¹⁰⁹ D'après <http://www.codeodis.com/comment-ca-marche/impression-code-barre.asp>, consulté le 23 mars 2007

Pour évaluer le critère d'appréciation CT8, il suffit de déterminer le nombre total de caractères que le support d'identification en question est capable de mémoriser. A titre d'exemple, le Tableau 8.7 présente une comparaison entre trois types de supports d'identification.

Code à Barre linéaire	Code à Barre bidimensionnel	Etiquette RFID
1 à 40 caractères	5 à 3000 caractères	Quelques caractères à plusieurs KOctets

Tableau 8.7 - Capacité de stockage de quelques supports d'identification¹¹⁰

La capacité du support d'identification (CT8) est un critère très important dans la mesure où il conditionne le volume de données pouvant être rattachées au produit. Avec une capacité de stockage pouvant atteindre plusieurs Ko, les puces RFID constituent une solution très intéressante pour le stockage décentralisé des données [Tellkamp, 2006].

E. CT9: Coût unitaire du support d'identification

Un autre élément très important qui doit être pris en compte dans le choix d'un support d'identification est son coût. Selon qu'il s'agit de simples étiquettes manuelles, de code-barres ou de tags RFID, le coût unitaire d'acquisition du support varie considérablement. Le Tableau 8.8 montre une comparaison du coût moyen des trois types d'outils d'identification les plus utilisés :

Code à Barre linéaire	Code à Barre bidimensionnel	Etiquette RFID
< USD \$0.005	< USD \$0.01	USD \$0.3-0.5

Tableau 8.8 – Coûts de quelques supports d'identification¹¹¹

Comme on peut le constater à travers le Tableau 8.8, le coût relativement élevé des étiquettes RFID est un frein principal pour leur utilisation à grande échelle par les entreprises agroalimentaire dont les produits sont à faible valeur ajoutée.

Remarque: En dehors de la problématique de traçabilité, d'autres critères d'appréciation peuvent être utilisés pour caractériser les supports d'identification des produits alimentaires. On peut citer, par exemple, des critères liés au développement durable tels que la recyclabilité et la biodégradabilité ainsi que la compatibilité du matériau utilisé avec les aliments.

4.5. FT5: Collecter les données de traçabilité des produits

4.5.1. Description et contextualisation de la fonction technique FT5

Après avoir identifié les produits, il faut mettre en place des moyens qui permettent d'acquérir les données les décrivant. C'est la finalité de la fonction technique FT5. D'un point de vue pratique, la collecte des données de traçabilité consiste en l'acquisition de données **préexistantes**¹¹². Par exemple, quand une entreprise réceptionne une palette d'un produit donné, elle est amenée à alimenter son système d'information par les données décrivant l'origine et les caractéristiques de ce produit. Ces données sont à rechercher, au moins partiellement, sur les documents relatifs à la transaction (bon de livraison, factures, etc.) ou directement sur l'étiquetage des produits. On peut aussi imaginer d'autres scénarii tels que le contact téléphonique avec le fournisseur pour obtenir certaines de ces données. Techniquement, on peut distinguer trois modes de collecte des données de traçabilité :

- ❑ **Collecte manuelle** qui consiste à saisir les données sur le clavier d'un terminal ou de les inscrire manuellement sur des documents papier.

¹¹⁰ Source : <http://cerig.efpg.inpg.fr/memoire/2004/rfid.htm>, consulté le 23 mars 2007

¹¹¹ Source : http://www.cisco.com/web/HK/learning/files/wireless_with_rfid.pdf, consulté le 24 mars 2007

¹¹² Cela sous-entend qu'il y a des données de traçabilité qui ne sont pas préexistantes et qu'il faudra générer (voir la fonction FT6). Un exemple simple est le poids d'un produit. Pour acquérir cette donnée, il faut d'abord la générer en pesant le produit concerné.

- ❑ **Collecte automatique** (*automated data collection*) : C'est un mode de collecte des données qui ne nécessite aucune intervention humaine. Ceci est possible grâce, par exemple, à des lecteurs code-barres ou RFID qui sont placés sur les convoyeurs sur lesquels les produits sont acheminés.
- ❑ **Collecte semi-automatique** : Quand il y a intervention d'un opérateur pour déclencher la saisie automatique des données. Ceci est le cas, par exemple, lorsque l'opérateur scanne une étiquette code-barres à l'aide d'un lecteur optique (douchette).

Bien que l'objectif soit le même, ces trois modes de collecte de données de traçabilité n'engendrent pas les mêmes performances. Dans le Tableau 8.9, nous avons essayé d'en faire une analyse comparative au travers d'un certain nombre de critères.

Modes Critères	Collecte manuelle	Collecte semi-automatique	Collecte automatique
Erreurs de saisie	D'après Sharp et Wray [Sharp, 1990; Wray, 2007], les personnes réalisant des saisies manuelles commettent approximativement une erreur tous les 300 caractères. Ces erreurs sont quasiment éliminées quand on utilise des outils de collecte automatique de données.		
Rapidité de capture des données	Beaucoup plus faible que dans le cas de collecte automatique. Elle dépend notamment du nombre de caractères à saisir.	Très rapide	Pratiquement instantanée.
		A l'aide de la technologie RFID, il est possible de lire simultanément plusieurs tags. Ce qui permet de collecter, d'un seul coup, les données relatives à plusieurs produits.	
Consommation en ressources humaines	Tout le travail de collecte des données est effectué manuellement par les opérateurs.	Une intervention humaine est nécessaire, par exemple, pour scanner les codes-barres.	Aucune intervention humaine n'est nécessaire.
Investissement en matériel et en organisation	Négligeable par rapport à l'utilisation d'outils de collecte automatique des données.	La grande part de l'investissement est consacrée à l'acquisition du matériel. Pas d'investissement majeur en terme organisationnel.	En plus du coût d'acquisition des supports (code-barres, RFID, etc.) et des lecteurs, il faut aussi réorganiser le process de manière à permettre une collecte de données complètement automatisée.

Tableau 8.9 – Comparaison des trois modes de collecte des données de traçabilité

4.5.2. Exemples de solutions pour la fonction technique FT5

Comme nous l'avons montré ci-dessus, la collecte des données de traçabilité peut être effectuée en utilisant plusieurs types de moyens plus ou moins sophistiqués. Par exemple :

- ❑ La copie et la re-saisie, sur terminal ou sur papier, des données marquées sur l'étiquette d'identification d'un lot de produit acheté à un fournisseur.
- ❑ Le scannage des étiquettes code-barres apposées sur les contenants des produits en cours de fabrication.
- ❑ La lecture et la capture, à distance, du contenu des tags RFID des palettes expédiées.

Au travers du Cas d'étude 8.5, nous expliquons la manière dont les données de traçabilité sont collectées dans les ateliers de la société Arrivé.

Cas d'étude 8.5

Au niveau de la société Arrivé, il y a très peu de collecte manuelle des données de traçabilité. A l'exception des opérations de réception des produits achetés, où il faut saisir un certain nombre de données qualitatives et quantitative, l'acquisition des données se fait:

Soit d'une manière semi-automatique : C'est le cas par exemple de chariots de poulets dont les étiquettes code-barres sont scannées avant de les envoyer sur les chaînes de découpe (voir l'anecdote racontée dans le deuxième chapitre).

Soit d'une manière automatique : Les bacs contenant les produits à expédier sont acheminés via des convoyeurs vers les lignes de préparation de commandes. Ces convoyeurs sont équipés de lecteurs optiques permettant de lire le contenu des codes-barres apposés sur les bacs.

4.5.3. Critères d'appréciation de la fonction technique FT5

Les données de traçabilité collectées doivent être correctes, complètes et leur acquisition doit se faire d'une manière assez efficace. Donc, pour caractériser la fonction technique FT5, nous proposons les quatre critères d'appréciation suivants.

A. CT10 : Rapidité d'acquisition des données de traçabilité

Ce critère d'appréciation est inversement proportionnel au temps nécessaire à l'acquisition des données de traçabilité. Comme indiqué dans le Tableau 8.9, cette rapidité dépend de la solution mise en place. Il est évident que la valeur du critère CT10 est plus élevée en mode automatique et semi-automatique qu'en mode manuel. Dans les deux derniers cas, la rapidité d'acquisition des données est aussi conditionnée par la quantité d'informations à collecter sur une entité donnée (un lot de produit par exemple). Dans la pratique, l'acquisition des données de traçabilité a lieu *a priori* (en temps réel) ou *a posteriori* (en différé) aux différentes opérations du processus de production. En fonction des entreprises et des produits manipulés, ces opérations ne font pas toutes l'objet d'acquisition et de saisie des données. Ceci est valable notamment pour celles n'engendrant pas un changement d'état du produit, comme un simple déplacement entre deux ateliers. Soit T_a le temps moyen nécessaire à l'acquisition et à la saisie des données de traçabilité au niveau d'une opération type du processus de production, et T_o la durée moyenne de cette opération. Le critère d'appréciation CT9 peut être évalué comme suit :

$$CT10 = 1 - \left(\frac{T_a}{T_o}\right) \text{ La valeur obtenue est exprimée en pourcentage.}$$

Pour une durée de process donnée (T_o), plus le temps consacré à l'acquisition des données (T_a) est faible, plus le critère d'appréciation CT10 est élevé. Avec des solutions de collecte automatique des données, le rapport $\frac{T_a}{T_o}$ tend vers 0, ce qui correspond à un CT10 proche de 100 %. En revanche, quand on a beaucoup

de données à collecter et à saisir manuellement, il est clair que ce critère aura plutôt tendance à s'éloigner de la valeur idéale (100%). Si la durée moyenne d'une opération de production (T_o) est généralement connue par l'entreprise, le temps moyen consacré à l'acquisition des données de traçabilité, au niveau de cette opération, peut être déterminé, par exemple, par chronométrage sur un échantillon représentatif d'opérations. Le Cas d'étude 8.6 montre comment nous avons procédé pour quantifier le critère d'appréciation technique CT10 chez Arrivé.

Cas d'étude 8.6

Afin d'illustrer l'évaluation du critère d'appréciation CT10, nous avons appliqué la procédure expliquée ci-dessus à l'échelle d'une opération de découpe de 1016 poulets qui a eu lieu le 2 mars 2007 entre 7h05 et 9h48. Soit une durée de 163 minutes. L'acquisition et la saisie des données de traçabilité relatives à cette opération se fait en deux étapes :

- Au déstockage des entrants, c'est-à-dire le fait de sortir des chariots de poulets à découper de la chambre froide et de les envoyer sur la chaîne de découpe. La saisie des données liées à ses entrants se fait d'une façon semi-automatique étant donné que chaque chariot est muni d'un code-barres que l'opérateur scanne. En moyenne, la lecture optique de chaque code-barres dure environ 3 secondes par chariot. Ce qui fait un total de 15 secondes pour les 5 chariots déstockés.

- A la déclaration des sortants, c'est-à-dire l'enregistrement des différents produits issus de la découpe (ailes, cuisses, filets, etc.). Cela consiste à saisir sur un poste informatique la quantité de chaque sortant (poids et/ou nombre d'unités) après l'avoir sélectionné sur une liste déroulante. Une étiquette d'identification est ensuite éditée et apposé sur chaque bac pesé. Les autres données de traçabilité (N° de lot, DLU, date, etc.) sont enregistrées automatiquement. La déclaration de chacun des 120 bacs de produits, issus de cette découpe, nécessite environ 9 secondes. D'où un temps total de 18 minutes.

Pour récapituler, l'opération de découpe en question dure 9780 secondes ($T_o = 163 \text{ min} \times 60$), et l'acquisition des données de traçabilité nécessite environ 1095 secondes ($T_a = 15 + 9 \times 120$). Donc, en appliquant la formule permettant d'évaluer le critère d'appréciation CT10, on trouve une valeur de **89 %**.

Cette valeur signifie qu'environ 11% de la durée de l'opération de découpe est consacrée à l'acquisition des données de traçabilité. L'analyse peut être poussée plus loin en convertissant ce temps en coût de main d'œuvre.

B. CT11 : Fiabilité d'acquisition des données

Le processus d'acquisition des données est crucial pour la qualité des services rendus par le système de traçabilité à ses bénéficiaires. En effet, si ces données ne reflètent pas la réalité, les conséquences peuvent être nombreuses sur les plans opérationnel, tactique et stratégique [Redman, 1998]. A titre d'exemple, si l'entreprise est face à une situation de rappel et que les données qui lui sont restituées par son ST sont fausses, elle risque fort de laisser sur le marché des produits pouvant mettre la vie du consommateur en danger. **Un processus d'acquisition des données de traçabilité est fiable dès lors qu'il permet d'alimenter le système d'information avec des données correctes.** C'est-à-dire qui reflètent fidèlement la réalité. Nous retrouvons, ici, la notion d'*exactitude* qui est l'une des dimensions de la qualité intrinsèque des données décrites dans le Tableau 8.3.

Le critère d'appréciation CT11 peut, donc, être évalué au travers de l'exactitude des données de traçabilité acquises dans les différentes étapes du cycle de vie du produit tracé. Dans un processus d'acquisition manuelle des données, les erreurs de saisie constituent la principale cause à l'origine d'un manque de fiabilité. Par exemple, si l'opérateur chargé de la collecte des données relatives aux lots réceptionnés, se trompe sur les produits ou commet des erreurs de saisie, cela engendrera des conséquences en termes d'exactitude des données alimentant le système d'information.

Remarque importante

Il n'y a aucune redondance entre le critère d'appréciation technique CT11 et les critères d'appréciation fonctionnels relatifs à l'authenticité de la traçabilité que nous avons abordés au niveau de l'analyse fonctionnelle externe (Cf. Chapitre VII). En effet, il est tout à fait possible que les données de traçabilité collectées au niveau des ateliers soient authentiques, mais à cause d'éventuels traitements, dans le système d'information, celles qui sont restituées aux bénéficiaires n'auraient pas le même degré d'exactitude.

Rappelons que l'acquisition des données de traçabilité peut se faire de deux manières différentes : soit les collecter lorsqu'elles sont déjà préexistantes quelque part (sur un bon de livraison par exemple), ou les générer dans le cas inverse (ex. prendre la température d'un produit via un thermomètre). Dans le premier cas, qui correspond à la fonction FT5, nous admettons l'hypothèse selon laquelle les données originelles sont correctes, mais leur lecture ou leur ressaisie peuvent mal se passer occasionnant ainsi une perte de l'exactitude de ces données. Dans le second cas (voir la fonction FT6), le problème d'inexactitude des données générées peut s'expliquer soit par la précision des outils utilisés pour la génération de ces données (balances, thermomètres, etc.) ou également par des erreurs de lecture ou de saisie. En adoptant une approche similaire à celle proposée par Chao et al. [Yang et Strong, 2003] (Cf. Figure 8.18), nous pouvons schématiser le processus d'acquisition des données de traçabilité comme un processus permettant de *transformer* les données *originelles* en des données *enregistrées*. La Figure 8.24 illustre ce propos.

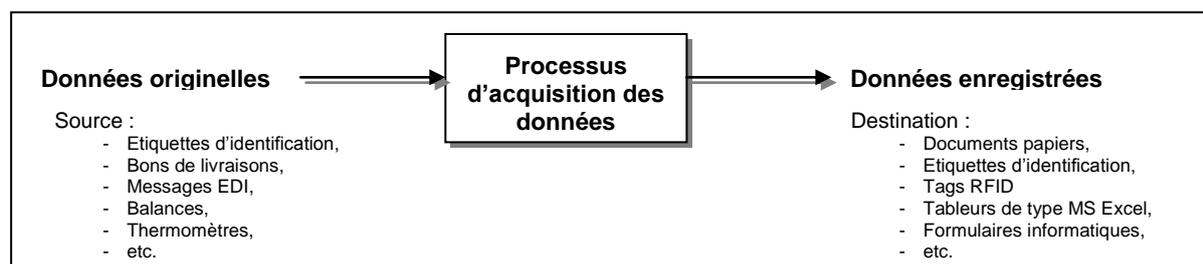


Figure 8.24 - Processus d'acquisition des données de traçabilité

Par donnée originelle, nous désignons une donnée destinée à être saisie ou enregistrée d'une manière manuelle ou automatique. C'est le cas par exemple, du N° de lot marqué sur le bon de livraison accompagnant une palette de produits, ou encore la température affichée par un thermomètre à la sortie d'une chambre froide. Comme le montre la Figure 8.24, à l'issue du processus d'acquisition, ces données sont mémorisées sur des supports qui peuvent être de natures différentes. Si ce processus est fiable, il n'y aura pas d'écart, par exemple, entre la valeur originelle du N° de lot et sa valeur enregistrée. Le cas inverse pourrait être dû à des erreurs de lecture ou de saisie. **On peut donc dire qu'un processus d'acquisition des données**

de traçabilité est qualifié de fiable lorsque les valeurs de ses outputs sont identiques aux valeurs de ses inputs, et que ses inputs sont corrects.

Sur le plan théorique, la mesure du critère d'appréciation CT11 peut se faire en calculant le ratio que représentent les outputs authentiques sur le total des outputs du processus d'acquisition des données de traçabilité. Sur le plan pratique, cette quantification n'est pas aussi simple qu'il paraît. Dans l'idéal, cela passe par un contrôle systématique et, coûteux, de toutes les données de traçabilité collectées ou générées tout au long du cycle de vie des produits. Dans les entreprises où ces contrôles sont en vigueur, la fiabilité d'acquisition des données peut être mesurée comme suit :

$$CT11 = \frac{\text{Nombre_de_données_authentiques}}{\text{Nombre_total_de_données_acquises}} \quad (\text{Exprimé en \%})$$

Par exemple, si dans une journée le nombre total de données collectées ou générées est de 1000, et que les contrôles ont montré que, parmi ces données, 900 sont authentiques, on en déduit une fiabilité du processus d'acquisition des données de 90 %.

En l'absence de contrôles systématiques, ce qui est souvent le cas, la fiabilité du processus d'acquisition des données de traçabilité peut être évaluée approximativement de différentes manières :

- ❑ Effectuer des contrôles sur un échantillon représentatif des données de traçabilité en vérifiant, par exemple, que les données saisies par les opérateurs correspondent bien à la réalité. Cette opération doit être menée de manière à ne pas influencer le déroulement habituel de la collecte des données pour ne pas en biaiser les résultats (effet *Howthorne*¹¹³),
- ❑ Si les données de traçabilité sont saisies exclusivement d'une façon manuelle, une estimation du critère d'appréciation CT11 peut être évaluée sur la base du postulat selon lequel les personnes réalisant des saisies manuelles commettent approximativement une erreur tous les 300 caractères [Sharp, 1990; Wray, 2007]. Donc, si l'on suppose que la taille moyenne d'une donnée de traçabilité est de 12 caractères, cela fait une erreur toutes les 25 données saisies. Donc, une fiabilité de 96%,
- ❑ Dans le cas où l'acquisition des données se fait d'une manière automatique (code-barres, RFID, etc.), la fiabilité du processus peut être appréhendée à travers la précision nominale des moyens techniques utilisés. Certains fournisseurs de code-barres par exemple, annoncent des précisions de l'ordre d'une erreur tous les 20 000 à 2 000 000 codes lus, et ce en fonction de la codification utilisée¹¹⁴.

La problématique d'authenticité constitue l'une des dimensions de l'intégrité des données gérées par les systèmes d'information. Plusieurs travaux de recherche ont tenté de proposer des outils méthodologiques permettant de l'évaluer et de l'améliorer. Dans ce cadre, Mandke et Nayar [Mandke et Nayar, 1999] suggèrent que les erreurs au niveau des données sont dues essentiellement à cinq facteurs (les 5C); à savoir: le **changement** (au niveau de l'environnement du système d'information), la **complexité** (introduction de nouveaux éléments), la **communication** des données entre plusieurs acteurs, leur **conversion** et leur **corruption**. C'est ce dernier facteur, qui s'explique notamment par des comportements humains, qui nous intéresse le plus dans le cadre de l'acquisition des données de traçabilité. Des erreurs de saisie, par manque de rigueur ou de fiabilité des outils utilisés, en sont une illustration. Pour faire face à des problèmes d'intégrité des données, plusieurs auteurs préconisent d'instaurer des contrôles automatiques au niveau des systèmes d'information. A partir d'une compilation d'éléments issus de la littérature, Sandhu et Jajodia [Sandhu et Jajodia, 1990] identifient un ensemble de principes généraux de contrôle de l'intégrité des données. Ces principes ont été par la suite traduits en mécanismes opérationnalisables au niveau des systèmes d'information. L'un des mécanismes les plus utilisés et qui présente un intérêt particulier par rapport à la fonction FT5, est celui des *contraintes de cohérence* appelée aussi *règles d'intégrité* dans la littérature portant sur la gestion des bases de données. Cela consiste à vérifier le respect de certaines spécifications en termes de format, de structure et de type de données manipulées.

Pour plus de détails sur ces notions de contrôles d'intégrité des données, nous recommandons au lecteur à consulter les nombreuses références qui traitent de cette problématique. Notre objectif ici est de signaler la possibilité d'instaurer des contrôles automatiques pour détecter des anomalies mettant en cause l'authenticité

¹¹³ En psychologie, l'effet Hawthorne décrit la situation dans laquelle les résultats d'une expérience ne sont pas dus aux facteurs expérimentaux mais au fait que les sujets ont conscience de participer à une expérience dans laquelle ils sont testés, ce qui se traduit généralement par une plus grande motivation (Source : <http://fr.wikipedia.org> – consulté le 12 avril 2007)

¹¹⁴ Source: <http://www.codeodis.com/comment-ca-marche/lecture-code-barre.asp> - consulté le 3 avril 2007

des données de traçabilité acquises; donc le critère d'appréciation CT11. Bien évidemment, ce type de procédés n'est applicable que dans le cas d'un ST informatisé. Dans le dixième chapitre de ce mémoire, nous allons voir comment ce mécanisme est mis en œuvre dans le cadre de la plate-forme Star Trace.

En résumé, la fiabilité du processus d'acquisition des données de traçabilité (CT11) est évaluée à travers le pourcentage que représentent les données correctes parmi l'ensemble des données de traçabilité acquises. A défaut d'une quantification précise via un contrôle systématique des données, une évaluation approximative peut en être faite soit sur la base d'un échantillonnage ou à travers la précision nominale des moyens de collecte automatique de données utilisés le cas échéant. Dans le Cas d'étude 8.7, nous expliquons l'une des astuces auxquelles nous avons recours dans le cadre du diagnostic du ST Arrivé et qui donne une idée sur le critère d'appréciation technique CT11.

Cas d'étude 8.7

L'une des données de traçabilité les plus importantes à suivre est la quantité des produits manipulés à travers le processus de fabrication. Chez la société Arrivé, ce dernier est structuré autour d'ordres de fabrication (OF). L'un des moyens pratiques pour vérifier la fiabilité des données quantitatives saisies par les opérateurs de production consiste à réaliser des bilans matière (appelés aussi comptabilité matière) en comparant la quantité des produits entrants avec celle des produits sortants d'un OF donné. En principe, il ne doit pas y avoir d'écart pour certaines opérations telles que la découpe où les poids de tous les entrants et tous les sortants sont à déclarer qu'il s'agisse de produits nobles ou de déchets et sous-produits. Dans ce cas, un écart considérable est considéré comme synonyme d'une fiabilité d'acquisition des données (CT11) défectueuse car cela signifie, concrètement qu'au mois l'un des poids saisi par les opérateurs est faux. Dans le cadre d'un tableau de bord de traçabilité, nous avons automatisé le calcul de ces bilans sur un certain nombre d'ateliers de fabrication.

A titre d'illustration l'OF 701600509534 correspond à une opération de conditionnement de coquelets blancs qui a eu lieu le 4 juin 2007. D'après les données restituées par le ST, on a un poids entrant de 93 Kg contre un poids sortants de 66,55 Kg. Soit un écart de 28%. On en conclut qu'au moins l'une des données précédente ne reflète pas la réalité. Ce qui est préjudiciable au critère d'appréciation CT11.

C. CT12: Complétude des données acquises

Comme il en a été question plus haut (Cf. Tableau 8.3), la complétude fait partie des dimensions de la qualité contextuelle des données au sens de Wang et Strong [Wang et Strong, 1996]. En effet, c'est un critère d'appréciation très intéressant mais qui ne peut pas être mesuré indépendamment du contexte dans lequel les données sont acquises. Ceci rend difficile la formulation d'un cadre de mesure générique de par les différents contextes que l'on peut rencontrer. Pour un contexte donné, le processus d'acquisition des données de traçabilité doit être à même d'acquérir l'ensemble des éléments requis pour le contexte en question. A titre d'exemple, si sur les 10 données dont l'entreprise a besoin, il n'y en a que 7 qui sont collectées (ou générées), il est évident qu'on est devant un cas d'incomplétude. Mais il ne faut pas non plus se trouver dans une situation de *sur- traçabilité* en alimentant le système d'information avec une quantité de données qui dépasse les besoins car cela a un coût qui peut être considérable.

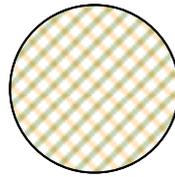
Nous définissons, donc, la complétude des données acquises comme étant l'aptitude du système de traçabilité à acquérir, sans défaut ni excès, l'ensemble des données requises compte tenu du contexte présent. Afin d'appréhender ce critère, nous allons faire appel à la théorie des ensembles. Soit A l'ensemble des données de traçabilité dont l'entreprise a besoin compte tenu de son contexte, et B l'ensemble des données qui sont réellement acquises à travers les fonctions techniques FT5 et/ou FT6.



Cinq cas de figure peuvent être distingués :

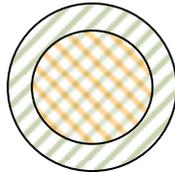
- $A \subset B \wedge B \subset A$: C'est la situation idéale qui traduit le fait qu'on n'acquiert que les données répondant au besoin de l'entreprise. Ni plus, ni moins. Sur le schéma suivant, cela est représenté par la superposition des cercles A et B.

Exemple : $A = \{a, b, c, d\}$ et $B = \{a, b, c, d\}$



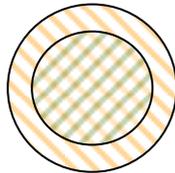
- $B \subset A \wedge \text{card}(B) < \text{card}(A)$: Une partie seulement des données dont l'entreprise a besoin est acquise. Aucune donnée superflue n'est acquise (sous-traçabilité).

Exemple : $A = \{a, b, c, d, e, f, g, h\}$ et $B = \{c, d, g\}$



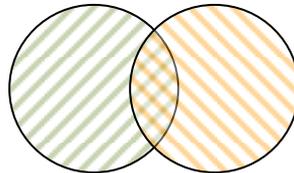
- $A \subset B \wedge \text{card}(A) < \text{card}(B)$: En plus des données dont l'entreprise a besoin, d'autres données superflues sont acquises (sur-traçabilité).

Exemple : $A = \{c, d, g\}$ et $B = \{a, b, c, d, e, f, g, h\}$



- $\text{card}(A \cap B) < \text{card}(A) \wedge \text{card}(A \cap B) < \text{card}(B)$: Parmi les données acquises, une partie uniquement correspond à celles dont l'entreprise a besoin. Les autres sont superflues.

Exemple : $A = \{a, b, c, d, e\}$ et $B = \{d, e, h, i, j, k\}$



- $A \cap B = \emptyset$: Les ensembles A et B sont disjoints. C'est-à-dire que, parmi les données acquises, aucune ne correspond au besoin de l'entreprise. Il s'agit en fait d'un cas particulier du cas précédent.

Exemple : $A = \{a, b, c, d, e\}$ et $B = \{f, g, h, i, j, k\}$



Sur la base de ces explications, on peut proposer de calculer la complétude des données acquises selon la formule suivante:

$$CT12 = \frac{\text{card}(A \cap B)}{\text{card}(A)} \text{ (Exprimé en \%)}$$

En langage naturel, le numérateur correspond au nombre de données acquises qui font partie de celles dont l'entreprise a réellement besoin. A travers le Tableau 8.10, nous appliquons cette formule aux cinq cas de figure évoqués ci-dessus.

Cas de figure	Valeurs obtenues
$A \subset B \wedge B \subset A$	100%
$B \subset A \wedge \text{card}(B) < \text{card}(A)$	< 100%
$A \subset B \wedge \text{card}(A) < \text{card}(B)$	100%
$\text{card}(A \cap B) < \text{card}(A) \wedge \text{card}(A \cap B) < \text{card}(B)$	< 100%
$A \cap B = \emptyset$	0%

Tableau 8.10 - Variations du critère CT12 selon différents cas de figure

Bien qu'elle puisse paraître intéressante à première vue, cette manière d'évaluer le critère d'appréciation CT12, présente l'inconvénient de ne pas permettre de mettre en évidence des cas de *sur- traçabilité*. C'est-à-dire quand le nombre de données acquises dépasse le besoin de l'entreprise. Ce qui va à l'encontre de la performance du ST vu le coût supplémentaire engendré pour acquérir des données non valorisables. Le cas présenté dans la troisième ligne du tableau ci-dessus en est une illustration.

D'un point de vue pratique, pour quantifier le critère d'appréciation CT12, nous recommandons de procéder comme suit :

- ❑ Identifier l'ensemble des données répondant aux besoins des bénéficiaires du ST. Cela peut se faire en interviewant, par exemple, le responsable Qualité ou en analysant les cahiers de charges des clients ou encore les exigences réglementaires ou commerciales auxquelles l'entreprise est soumise en matière de traçabilité. Soit X le nombre de ces éléments.
- ❑ Identifier les données de traçabilité qui sont réellement acquises (collectées ou générées) durant le cycle de vie des produits tracés en interrogeant, par exemple, les personnes qui en ont la charge. Soit Y le nombre le nombre de données concernées.
- ❑ Parmi les données acquises, si Z est le nombre de celles qui couvrent, totalement ou partiellement, le besoin de l'entreprise, alors $CT12 = \frac{Z}{X}$

Un exemple d'application chez Arrivé est présenté à travers le Cas d'étude 8.8

Cas d'étude 8.8

Dans le cas de la société Arrivé, les données qui sont acquises dans le cadre de la traçabilité ont été définies sur la base des exigences réglementaires, des normes (notamment ISO9001 et IFS) mais aussi afin de mettre à la disposition des différents services un ensemble de données pour la gestion et le suivi des flux de produits. Pour des raisons didactiques, nous considérons une opération de réception de cuisses de poulet, et nous supposons que l'entreprise n'a, en réalité besoin que des 4 données de première catégorie que la réglementation impose (nom du fournisseur, son adresse, la nature du produit et la date de réception).

En étudiant le processus d'acquisition des données de traçabilité pour ce type d'opération, nous avons identifié un total de 7 données qui sont systématiquement collectées soit manuellement ou d'une façon automatique. En plus des 4 éléments obligatoires, nous avons également : N° de lot, quantité, date d'abattage, N° de commande, DLU, état de lot¹¹⁵ et le code de l'opérateur ayant effectué la réception. On a donc un total 11 données qui sont acquises à la réception de cuisses de poulets achetées à des fournisseurs externes.

D'après la démarche expliquée ci-dessus, nous avons X = 4 ; Y = 11 et Z = 4. Ce qui correspond à un CT12 de 100%

¹¹⁵ C'est un paramètre qui renseigne sur le statut du lot. Par exemple : normal, bloqué en cause de dépassement de DLU, en attente des résultats du contrôle sanitaire...

Notons enfin qu'il existe une corrélation très forte entre le critère d'appréciation techniques CT12 et les critères d'appréciation fonctionnels relatifs à l'exhaustivité des données de traçabilité mises à la disposition des bénéficiaires du ST. Il s'agit en l'occurrence des critères C1, C5 et C9 (se référer au chapitre précédent). En effet, si toutes les données de traçabilité requises par rapport à un contexte donné sont acquises et enregistrées, il y a de grandes chances qu'elles soient toutes restituables aux bénéficiaires demandeurs. Cependant, ceci n'est pas une condition suffisante dans la mesure où les données peuvent se perdre, être modifiées ou être inaccessibles entre le moment de leur acquisition et celui de leur restitution.

D. CT13 : Coût d'acquisition des données de traçabilité

Nous avons vu précédemment que les données de traçabilité peuvent être acquises de différentes manières et en utilisant différents moyens techniques. Selon, les solutions adoptées et le volume de données gérées, les coûts engendrés ne seront pas identiques. L'intérêt du critère d'appréciation CT13 est de permettre d'avoir une idée sur ce que coûtent les opérations d'acquisition des données de traçabilité à l'entreprise. Ces opérations constituent le centre de coût le plus important au niveau du fonctionnement d'un ST. Le principe de cette évaluation consiste à calculer approximativement le coût moyen (en équipement, en consommables et en main d'œuvre) nécessaire à l'acquisition d'une donnée de traçabilité. L'idéal serait de proposer un indicateur d'efficacité qui permettrait de calculer le coût nécessaire à l'acquisition des données de traçabilité au prorata de la valeur ajoutée de ces dernières. Malheureusement, il est extrêmement difficile d'évaluer la valeur ajoutée des systèmes d'information en général de par le caractère intangible de leurs bénéfices et des coûts indirects associés [Irani, 2002]. Dans la plupart des cas, les données de traçabilité sont destinées à la gestion des rappels et retraits en identifiant les produits concernés et leur localisation. Ce qui signifie qu'en dehors de ces situations, qu'aucune entreprise ne souhaite d'ailleurs, ces données sont plutôt perçues comme une source de coût.

En utilisant le jargon des contrôleurs de gestion, nous pouvons dire que le coût d'acquisition des données de traçabilité se compose de trois postes : le coût de main d'œuvre, et le coût des équipements et le coût des consommables utilisés. Le premier peut être obtenu à partir du temps moyen requis pour l'acquisition d'une donnée de traçabilité, multiplié par le coût horaire moyen du personnel chargé de cette tâche. Les deux autres sont beaucoup plus compliqués à quantifier, mais on peut tout de même en avoir une estimation ne serait-ce qu'approximative à travers les données économiques qu'utilise l'entreprise pour le suivi de ses coûts de revient. La Figure 8.25 montre les principaux éléments composant le coût d'acquisition des données.

Au niveau du coût de main d'œuvre, on trouve tous les versements directs au profit du salarié telles que les rémunérations, les cotisations sociales, les coûts de formation professionnelle et d'autres charges [Marcus, 2004]. Le coût des équipements utilisés pour l'acquisition des données se compose généralement des coûts d'achat, de mise en place, de fonctionnement, de maintenance et d'autres coûts éventuels. Dans la catégorie «consommables», on peut trouver toutes les ressources dont la consommation est proportionnelle au volume de données manipulées. De par les obligations légales en termes de comptabilité, chaque entreprise possède, en principe, un chiffrage de ces différents postes. Mais la difficulté, c'est de pouvoir identifier avec précision la part du coût dédiée à l'acquisition des données de traçabilité. Un terminal informatique dans un atelier de fabrication peut être utilisé, certes, pour la traçabilité, mais aussi à d'autres fins comme le calcul des rendements ou la gestion des temps de travail.

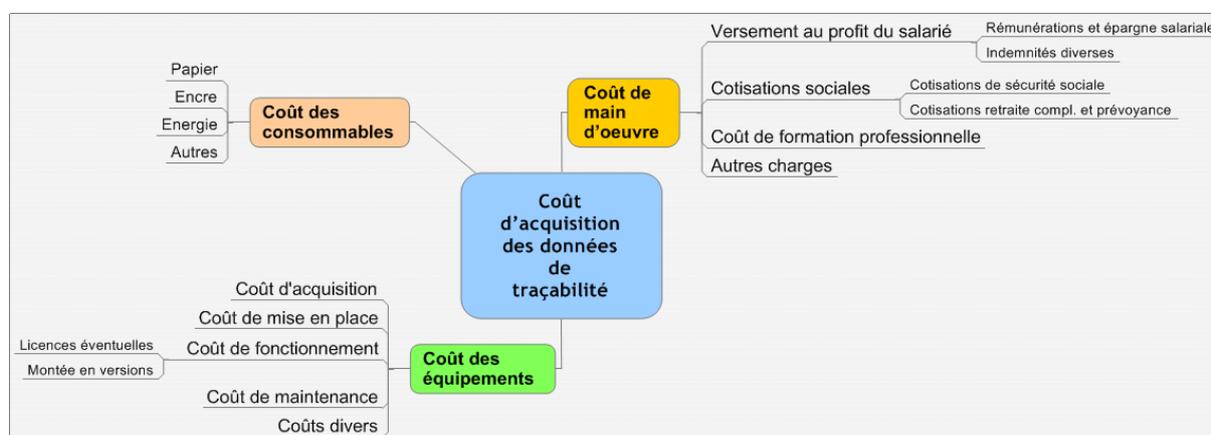


Figure 8.25 - Les principales composantes du coût d'acquisition des données de traçabilité

Pour quantifier le critère d'appréciation CT13, nous choisissons comme référence une donnée de traçabilité et nous proposons de calculer les coûts de main d'œuvre et les coûts d'équipements par rapport à cette unité de référence. Ci-dessous la liste des paramètres qui sont en jeu :

- C_{mo} : Coût journalier moyen du personnel chargé des opérations d'acquisition des données de traçabilité.
- N_{ht} : Nombre d'heures moyen de travail par jour.
- T_{aq} : Durée moyenne, en secondes, consacrée par le personnel à l'acquisition d'une donnée de traçabilité. Sa valeur peut être obtenue en interviewant les personnes impliquées ou en effectuant des mesures, par chronométrage, sur un échantillon représentatif de données de traçabilité.
- N_{do} : Nombre moyen de données de traçabilité acquises par jour.
- C_{eq} : Coût journalier des équipements utilisés dans l'acquisition des données de traçabilité. Soit α la part (en %) du coût effectivement imputée à cette opération. Ce paramètre est très important car, comme signalé ci-dessus, un équipement (ex. ordinateur) peut servir à plusieurs finalités. A l'instar du paramètre C_{mo} , C_{eq} est en principe connu par chaque entreprise. En revanche, α peut être estimé approximativement dans le cas où il ne serait pas connu.
- C_{co} : Coût journalier des consommables utilisés dans les opérations d'acquisition des données de traçabilité. Comme ces consommables ne sont pas toujours dédiés exclusivement à cette tâche, soit β la part de ce coût (en %) qui est effectivement imputée à l'acquisition des données de traçabilité.

Les différents coûts évoqués ci-dessus (C_{eq} , C_{mo} et C_{co}) peuvent être majorés par d'éventuels coûts indirects tels que ceux qui sont dûs au changement de l'organisation et du mode fonctionnement suite à la mise en place des outils d'acquisition des données [Love et Irani, 2004; Love et al., 2005]. A partir de ces éléments, nous pouvons estimer les différentes composantes du coût quotidien consacré à l'acquisition des données de traçabilité, à savoir :

- Le coût quotidien de la main d'œuvre :
$$\left(\frac{T_{aq} \times N_{do}}{N_{ht} \times 3600} \right) \times C_{mo} \quad (1)$$

Le premier terme de la formule (1) traduit la part de temps consacrée quotidiennement par le personnel à l'acquisition des données de traçabilité. Au niveau du dénominateur le nombre d'heures de fonctionnement (N_{ht}) est converti en secondes pour avoir la même unité que T_{aq} .

- Le coût quotidien des équipements est composé de plusieurs éléments comme le montre la Figure 8.25. A titre d'exemple, un terminal informatique, dispose d'un coût d'achat, d'un coût de mise en place, d'un coût de maintenance, d'un coût de licence des logiciels utilisés, etc. Il a aussi une durée d'amortissement au bout de laquelle il faudrait le remplacer. Soit, c_i est le coût total de l'équipement i , α_i la part de ce coût consacrée exclusivement à l'acquisition des données de traçabilité et d_i sa durée d'amortissement (en années). Si, n est le nombre d'équipements utilisés pour l'acquisition des données de traçabilité, alors le coût journalier total de ces équipements peut être évalué comme suit :

$$C_{eq} = \sum_{i=1}^n c_i \times \alpha_i \times \frac{d_i}{365} \quad (2)$$

Nous avons fait l'hypothèse que le coût total d'un équipement donné est régulièrement réparti sur sa durée d'amortissement. C'est ce qui explique le fait que nous avons pris 365 jours par an et non pas uniquement le nombre de jours ouvrés où cet équipement est sensé fonctionner. Dans le cas de l'exemple précédent, si l'on suppose que notre ordinateur a un coût total de 2000 € sur sa durée d'amortissement de 3 ans, et qu'il est utilisé à hauteur de 75% pour l'acquisition des données de traçabilité, alors on aura un coût journalier d'environ 12 €.

- Le coût quotidien des consommables : Soit m est le nombre des consommables utilisés, c_j le cout journalier correspondant au consommable j et β_j la part de ce coût qui est consacrée exclusivement à l'acquisition des données de traçabilité. Le coût quotidien des consommables est :

$$C_{co} = \sum_{j=1}^m c_j \times \beta_j \quad (3)$$

Dans le cas où tout le consommable j est exclusivement dédié à l'acquisition des données de traçabilité, la valeur de β_j sera égale à 1.

Donc, en faisant la somme de (1), (2) et (3), on obtient le coût journalier total engendré par l'acquisition des données de traçabilité, soit :

$$\left(\frac{T_{aq} \times N_{do}}{N_{ht} \times 3600}\right) \times C_{mo} + \sum_{j=1}^m c_j \times \beta_j + \sum_{i=1}^n c_i \times \alpha_i \times \frac{d_i}{365} \quad (4)$$

Cet indicateur est, certes, intéressant pour permettre aux entreprises d'évaluer ce que leur coûte l'acquisition des données de traçabilité sur une journée type. Cependant, il ne permettra pas d'effectuer des comparaisons pertinentes entre plusieurs ST dans la mesure où le volume des données traitées par jour n'est pas le même d'une entreprise à une autre. Il est donc plus intéressant de ramener le coût journalier exprimé à travers la formule (4) à un coût par donnée acquise en le divisant par le nombre moyen de données de traçabilité acquises par jour (N_{do}). On obtient ainsi la formule permettant d'évaluer le critère d'appréciation CT13.

$$CT13 = \frac{1}{N_{do}} \left[\left(\frac{T_{aq} \times N_{do}}{N_{ht} \times 3600} \right) \times C_{mo} + \sum_{j=1}^m c_j \times \beta_j + \sum_{i=1}^n c_i \times \alpha_i \times \frac{d_i}{365} \right] \quad (5)$$

Cette évaluation est basée sur un ensemble de paramètres issus de calculs comptables (C_{mo} , C_{co} , C_{eq}). Par conséquent, les résultats qui en découlent ne seront pas d'une précision extrême, mais il donneront tout de même un ordre de grandeur significatif à l'image des différents indicateurs issus de la comptabilité analytique de l'entreprise. Ce coût peut être amélioré en agissant d'une manière optimale sur ses composantes. Par exemple, avec des outils d'acquisition automatique, tels que les codes-barres ou la RFID, le temps consacré à l'acquisition des données (T_{aq}) peut être réduit mais, en contrepartie, le coût relatif aux équipements (C_{eq}) et aux consommables (C_{co}) se verra augmenter. Il est donc important de trouver le juste milieu. Le Cas d'étude 8.9 monte le résultat de l'application de cette formule dans le contexte de la société Arrivé.

Cas d'étude 8.9

Afin de tester et valider la formule de calcul du critère d'appréciation CT13, nous l'avons appliqué au niveau de l'atelier de réception des matières premières dans une usine Arrivé où sont fabriqués des produits élaborés à base de volailles. Le coût moyen d'acquisition des données de traçabilité au niveau de cet atelier est d'environ 54,56 € par jour. En divisant cette valeur par le nombre moyen de données acquises par jour, on obtient le coût unitaire moyen d'acquisition d'une donnée. Soit environ 3,60 centimes d'euros. Pour des raisons de confidentialité, Arrivé ne souhaite pas que les détails de ce calcul soient communiqués.

4.6. FT6: Générer les données de traçabilité des produits

4.6.1. Description et contextualisation de la fonction technique FT6

Nous avons vu précédemment une première façon d'acquérir les données de traçabilité qui suppose que celles-ci sont préexistantes et qui consiste à les **collecter** pour en alimenter le système d'information. Une deuxième manière de le faire consiste à **générer** ces données dans le cas où elles n'auraient pas d'existence préalable. Par exemple, supposons qu'on a à saisir trois données à la sortie d'une opération de cuisson : le nom du fournisseur du produit cuit, sa température et son poids. Si la première donnée peut être obtenue (collectée) en consultant, par exemple, le bon de livraison correspondant, les deux autres doivent d'abord être générées, par le biais d'un thermomètre et d'une balance, avant de pouvoir les enregistrer.

4.6.2. Exemples de solutions pour la fonction technique FT6

En fonction de la nature des données à générer, différentes solutions techniques peuvent être rencontrées. Indépendamment de la problématique de la traçabilité, ces solutions servent, généralement, aux contrôles qualitatifs et quantitatifs des produits. Dans le Tableau 8.11, nous présentons quelques exemples d'outils utilisés dans le secteur agroalimentaire.

Outils	Nature de données générées
Sonde de température	Température du produit
PH- mètre	Acidité du produit
Balance	Poids du produit
Débitmètre	Débit des liquides transitant par une conduite
Analyses microbiologiques	Teneur du produit en un microorganisme donné
Analyses biochimiques	Teneur du produit en un composant donné (protéines, lipides, etc.)

Tableau 8.11 - Exemples d'outils de génération de données de traçabilité

Certains équipements servant à générer les données de traçabilité peuvent être raccordés à des automates afin de pouvoir fonctionner d'une façon autonome. On peut citer, par exemple, des capteurs de température ou des cellules photoélectriques permettant le comptage de colis acheminés par un tapis roulant. Les données qui en sont issues sont enregistrées directement dans le système d'information. Dans d'autres configurations, une intervention humaine est nécessaire pour faire fonctionner ces équipements.

4.6.3. Critères d'appréciation de la fonction technique FT6

Au même titre que la fonction technique FT5, la fonction FT6 constitue une manière d'acquérir les données de traçabilité. Pour la caractériser, nous ferons donc appel aux mêmes critères d'appréciation, à savoir :

- ❑ CT10: Rapidité d'acquisition des données de traçabilité
- ❑ CT11: Fiabilité d'acquisition des données,
- ❑ CT12: Complétude des données acquises,
- ❑ CT13: Coût d'acquisition des données de traçabilité.

Notons que la génération de certaines données de traçabilité peut être relativement lente, ce qui affecte négativement le critère d'appréciation CT10. C'est le cas, par exemple, de données issues d'analyses bactériologiques dont les résultats ne sont obtenus qu'au bout d'une durée pouvant aller jusqu'à plusieurs jours.

4.7. FT7: Enregistrer les données de traçabilité sur un support externe au produit

4.7.1. Description et contextualisation de la fonction technique FT7

Au cours de la description de la fonction technique FT3, nous avons vu une première manière de sauvegarder les données de traçabilité qui consiste à les rattacher directement au produit qu'elles décrivent en les marquant sur son support d'identification. Bien qu'elle permette un accès rapide aux données, cette manière de faire n'est pas très pratique quand le nombre de données à enregistrer est important ou quand celles-ci ne sont pas transmissibles à des tiers. C'est le cas par exemple de données sensibles telles que celles qui portent sur les formules ou sur la gamme de fabrication. Dans la pratique, en complément d'un éventuel rattachement des données au produit (voir FT4), ces dernières sont enregistrées et archivées sur d'autres supports faisant partie du système d'information de l'entreprise. La fonction, technique FT7 dont l'objectif est de mémoriser les données, ne doit pas être confondue avec les fonctions FT5 et FT6 qui servent, respectivement à collecter et à générer ces données. A côté de l'identification des produits, c'est la fonction la plus fréquemment citée dans la littérature traitant de la traçabilité des produits.

Le Tableau 8.12 présente une comparaison entre la fonction FT4 et la fonction FT7 qui visent, toutes les deux, à mémoriser les données de traçabilité comme nous l'avons expliqué lors de construction le diagramme FAST (Cf. Figure 8.17).

	La fonction technique FT4	La fonction technique FT7
Durée de mémorisation	Généralement, elle ne peut pas dépasser la durée de vie du produit	Indépendante de la durée de vie du produit tracé
Capacité de stockage de données	Limitée par la surface du produit ou la capacité de son support d'identification	Qu'il s'agisse d'archives papiers, ou de bases de données informatiques, le volume de données enregistrables est beaucoup plus important
Accessibilité des données	Les données de traçabilité sont directement accessibles sur le produit concerné	L'accès aux données passe par l'utilisation d'un ou plusieurs critères pour interroger le système d'information. Si ces critères sont faux ou imprécis, les données ne seront pas accessibles
Rapidité d'accès	De par leur caractère décentralisé, les données sont rapidement accessibles par simple lecture sur le produit concerné	Entre l'interrogation des archives, la restitution de la réponse et sa transmission, le temps écoulé peut être considérable
Sécurité des données	Si des données sensibles sont rattachées directement au produit, elles peuvent être accessibles à différents maillons de la chaîne	La centralisation des données en interne permet d'en contrôler l'accessibilité

Tableau 8.12 - Tableau comparatif des fonctions FT4 et FT7

4.7.2. Exemples de solutions pour la fonction technique FT7

Différentes solutions pour la réalisation de la fonction technique FT7 peuvent être rencontrées. Il s'agit de tout support non rattaché physiquement au produit qui permet l'archivage ou la mémorisation des données de traçabilité. La solution la plus simple repose sur l'archivage des données saisies sur des supports papier tels que les enregistrements effectués dans le cadre d'une démarche HACCP, des documents transactionnels (bon de livraison, factures etc.) ou des *fiches suiveuses* des produits. Dans des petites structures manipulant un volume faible de données, il est toujours possible de bâtir un système de traçabilité sur des enregistrements papier. Ce constat est partagé par Töyrylä [Töyrylä, 1999] qui a montré à travers plusieurs études de cas la faisabilité, dans certains contextes, de gérer la traçabilité à travers des enregistrements papier. Cependant, les principaux inconvénients de ce genre de solutions apparaissent, au cours de la restitution des données où il faut consacrer un temps considérable à la recherche, l'analyse et la communication de ces dernières. A cela s'ajoutent des problèmes liés à l'encombrement et la praticité d'exploitation des données.

Pour pallier les limites des enregistrements papier, les données de traçabilité peuvent être stockées à travers des structures informatiques allant de simples tableurs de type MS Excel à des bases de données relationnelles. Avant d'en donner un aperçu, rappelons que **ce travail ne porte que sur les aspects fonctionnels des ST et n'a pas vocation de décrire et d'analyser l'offre en matière de solutions techniques**. Pratiquement tous les outils informatiques destinés à manipuler des données en lien plus ou moins direct avec les produits sont susceptibles de participer à la réalisation d'une ou plusieurs fonctions techniques du ST. Les différents systèmes d'information que l'on peut rencontrer dans les entreprises ont pour mission *d'assembler (collecter), stocker, traiter et livrer des informations pertinentes pour une organisation de manière que ces informations soient accessibles et utiles à leurs utilisateurs* [Buckingham et al., 1987]. En milieu industriel, différents types de progiciels assurant des fonctionnalités de traçabilité peuvent être rencontrés comme le montre le Tableau 8.13 inspiré de [Lecomte et al., 2006].

Type de progiciel	Fonctionnalités en matière de traçabilité
ERP (Enterprise Resource Planning - Progiciel de Gestion Intégré)	Gestion des commandes, des données techniques et des liens entre les lots et les produits à un niveau agrégé
SCE (Supply Chain Execution - Systèmes de Gestion des Approvisionnements)	Synchronisation des opérations de distribution et suivi de leur réalisation au niveau des entrepôts, des véhicules jusqu'au client
SCEM (Supply Chain Event Management – Gestion des Événements de la Chaîne Logistique)	Consultation et / ou alimentation du système d'information en cas d'événement imprévu au niveau de la chaîne logistique
MES (Manufacturing Execution System - Systèmes de Gestion des Ateliers)	Acquisition, au niveau des ateliers, des données décrivant les caractéristiques des produits et les opérations qu'ils subissent
Progiciels dédiés	Ils sont généralement composés d'une base de données alimentée par d'autres outils (ERP, MES...) et d'une interface de d'interrogation et de restitution des données

Tableau 8.13 - Principales familles de progiciels assurant des fonctionnalités de traçabilité

Au sein d'une entreprise donnée, plusieurs combinaisons possibles de solutions peuvent coexister. On peut avoir, par exemple, un ERP pour la gestion de la couche haute du système d'information, un MES pour le suivi de la fabrication, une base de donnée centralisée (infocentre) alimentée par ces deux outils et un portail intranet pour la restitution des données. En s'appuyant sur la définition précédente [Buckingham et al., 1987], on peut modéliser un système d'information sous forme d'un agencement de quatre fonctions : **l'acquisition des données, leur traitement, leur stockage et leur restitution**. Les différentes familles de progiciels présentées dans le Tableau 8.13 comportent des modules destinés à la réalisation de ces fonctions. Bien entendu, celle qui nous intéresse dans le cadre de la fonction technique FT7 est le stockage des données.

4.7.3. Critères d'appréciation de la fonction technique FT7

A travers la fonction technique FT7, les données de traçabilité sont enregistrées et archivées, sur des supports informatiques ou autres, dans l'attente d'une éventuelle consultation. Pour évaluer la réalisation de cette fonction, nous proposons d'utiliser les deux critères d'appréciation qui sont décrits par la suite.

A. CT14 : Pérennité des données de traçabilité

La pérennité des données de traçabilité correspond à **leur durée de vie ou le temps pendant lequel elles sont accessibles**. Le règlement CE 178/2002, qui constitue la référence législative la plus connue en matière de traçabilité, ne prévoit pas de durée minimale de conservation des données. Cependant, dans un document explicatif [CE, 2004] rédigé par un groupe de travail relevant de la Commission Européenne, sont données quelques précisions par rapport à cette durée. Il y est stipulé qu'une durée de conservation de cinq ans, calculée à partir de la date de fabrication ou d'inscription dans les registres de traçabilité, devrait permettre de répondre aux exigences du règlement. Cette règle générale est nuancée en deux cas particuliers :

- ❑ Pour les produits dont la durée de conservation est supérieure à cinq ans, nécessité de conserver les registres pendant la période de conservation considérée, augmentée de six mois.
- ❑ Pour les produits très périssables dont la «date de durabilité minimale» intervient à l'expiration d'un délai de moins de trois mois ou pour lesquels aucune date n'est spécifiée, produits destinés directement au consommateur final, il faut garder les registres pendant au moins six mois après la date de fabrication ou de livraison.

Notons, au passage, qu'un cas particulier qui n'a pas été prévu par ces recommandations concerne des produits périssables qui peuvent être congelés pendant une durée dépassant leur DLC de plus de 6 mois. Le

document souligne, par ailleurs que les dispositions spécifiques en œuvre dans certains secteurs sur la durée d'archivage prévalent sur ces dispositions plus générales.

En fonction du contexte de l'entreprise et des produits qu'elle manipule, l'évaluation du critère d'appréciation CT14 se fait sur la base des dispositions réglementaires décrites ci-dessus ou éventuellement leur équivalence dans les pays hors périmètre du règlement CE 178/2002. Cet indicateur pourra alors prendre deux valeurs possibles : pérennité *suffisante* ou pérennité *insuffisante*. Le Cas d'étude 8.10 explique ce qu'il en est dans le contexte de la société Arrivé.

Cas d'étude 8.10

Dans le cas de la société Arrivé, les informations de traçabilité sont archivées au niveau d'une base de données centralisée qui est alimentée à partir de plusieurs applications informatique (GPAO, gestion commerciale, MES de préparation des commandes...). Ces informations sont mises en ligne et directement accessibles via le système d'information pendant une durée de cinq ans. Ensuite, elles sont purgées de la base de données et sauvegardées *off-line* sur des supports magnétiques dont le contenu peut être consultable en cas de besoin.

Il en découle, donc, que la pérennité des données de traçabilité est *suffisante* quelque soit la durée de vie des produits.

B. CT15 : Sécurité des données de traçabilité

Bien qu'elle soit difficilement quantifiable, les données de traçabilité ont une valeur non négligeable pour l'entreprise. Cette valeur réside dans l'exploitation qui peut en être faite. Sans être exhaustif, on peut citer la réponse aux exigences réglementaires et commerciales, l'optimisation des conséquences (financières et en terme d'image) d'éventuels rappels et retraits de produits et une meilleure visibilité des flux de produits. Ces données permettent aussi à l'entreprise d'apporter des preuves quant au respect de certains cahiers de charges (Produits AOC, Max Havelaar, Halal, Kasher etc.) ou à sa non responsabilité dans un contexte de crise alimentaire. Davantage de détails sur les scénarii d'exploitation de ces données sont fournis dans le Tableau 1.6. Il est donc important que ces données soient protégées contre toute intervention malintentionnée pour les détruire, en modifier le contenu ou simplement en divulguer certains éléments à des personnes non autorisées. Car, comme le souligne Boonmak [Boonmak, 2007], une grande partie des problèmes relatifs à la sécurité des systèmes d'information est due à des comportements humains non éthiques. En Annexe 20 (en anglais), nous présentons un panorama des menaces potentielles aux systèmes d'information qui sont engendrées par une sécurité défaillante d'après Stoneburner et al [Stoneburner et al., 2002].

Dans la littérature traitant des systèmes d'information, la sécurité des données est généralement décrite en terme de **confidentialité**, d'**intégrité** et de **disponibilité** [Yialelis, 1996; Allaert et al., 1997; Hoagland et al., 1998; Duflos et al., 2001; Ross et al., 2005]. A travers le Figure 8.26, nous schématisons ce caractère tridimensionnel de la sécurité des données.

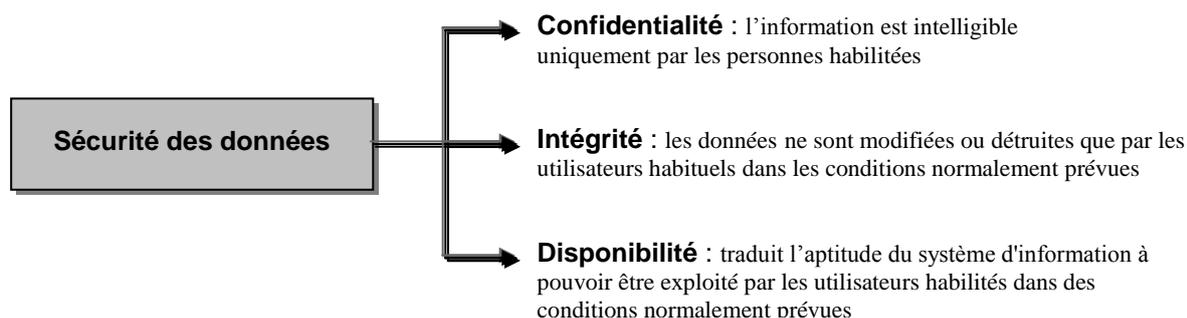


Figure 8.26 - Les trois dimensions de la sécurité des données

La confidentialité consiste à rendre l'information intelligible uniquement par les personnes habilitées. Les risques d'atteinte à cette caractéristique sont très nombreux : accès indiscrets, copies de fichiers ou de documents, interceptions de communications, vol, etc. Il convient donc de mettre en place des mesures de protection physique (endroit protégée par une porte blindée par exemple) et logique (identification et mots de passe par exemple) de ces données [Allaert et al., 1997]. Ce dernier type de protection n'a de sens, évidemment, que dans le cas où les données de traçabilité sont stockées sur des supports informatiques. En ce qui concerne les données de traçabilité, la confidentialité ne constitue pas généralement un paramètre crucial dans la mesure où ces dernières ne sont pas d'une extrême sensibilité (en comparaison avec les formules ou

les coûts de revient des produits par exemple). L'intégrité des données est généralement définie comme étant la propriété qui assure que celles-ci ne sont modifiées ou détruites que par les utilisateurs habituels dans les conditions normalement prévues. Ce paramètre peut être sujet à différentes menaces notamment celles qui viennent d'être citées plus haut car une défaillance de la confidentialité des données est souvent un préalable à leur modification ou destruction. Dans le contexte de la traçabilité on peut imaginer, par exemple, une entreprise qui infiltre le système d'information de son concurrent pour modifier ou détruire des données pouvant servir de preuve devant les Autorités (DDSV) dans le cas d'une crise alimentaire. La troisième dimension de la sécurité des données, qui est la disponibilité, traduit l'aptitude du système d'information à pouvoir être exploité par les utilisateurs habilités dans des conditions normalement prévues. L'indisponibilité d'un système d'information peut être due à une défaillance au niveau de l'intégrité de ses données ou d'un dysfonctionnement des moyens matériels et immatériels utilisés. Dans le domaine de la traçabilité, une indisponibilité temporaire des données engendre un manque de réactivité si l'entreprise est amenée à faire un rappel de produits dans la mesure où ces données lui sont indispensables pour localiser les produits concernés.

Selon l'impact de ces trois paramètres en terme de sécurité, le standard américain FIPS199¹¹⁶ recommande aux organisations de catégoriser leurs systèmes d'information selon trois échelles de sécurité : impact faible, impact modéré et impact élevé [FIPS, 2004]. A partir de ces éléments, Ross [Ross et al., 2005] propose une formule générale pour catégoriser les systèmes d'information en terme de sécurité :

Catégorie de Sécurité SI = {(confidentialité, impact), (intégrité, impact), (disponibilité, impact)}

Exemple: {(confidentialité, faible), (intégrité, élevé), (disponibilité, modéré)}

La sécurisation des données de traçabilité doit faire partie d'une stratégie globale de sécurité du système d'information de l'entreprise qui consiste à identifier les différentes menaces, les hiérarchiser et de définir et mettre en place des mesures protectrices convenables. Notre démarche, ici, n'a pas vocation de rentrer dans les détails techniques relatifs à la sécurité et la gestion des droits d'accès aux systèmes d'information. Pour cela, nous invitons le lecteur à consulter l'abondante bibliographie en la matière telle que [Nyanchama et Osborn, 1989; Baraani-Dastjerdi et al., 1995; Baraani-Dastjerdi et al., 1996; Iyer et al., 2004; Anciaux et al., 2005; Pucheral, 2005; Ross et al., 2005; Bouganim, 2006; Dan Ngoc, 2006; FFIEC, 2006; Sanders, 2006]. **Ce que nous visons, à travers le critère CT15, c'est d'apporter un cadre méthodologique qui soit le plus simple et le plus générique possible pour apprécier dans quelle mesure les données de traçabilité sont à l'abri de toute menace.** Ce caractère générique implique de raisonner à un niveau fonctionnel sans se soucier des solutions techniques qu'elles soient de nature informatique ou sur papier.

A titre d'illustration, imaginons deux cas extrêmes :

- ❑ Si les données de traçabilité d'une entreprise sont accessibles par tout le monde, il va de soi que leur confidentialité ne peut pas être assurée. De même, leur intégrité et leur disponibilité seront menacées du fait que des personnes malintentionnées peuvent y accéder facilement,
- ❑ Si ces données sont protégées par des droits d'accès (physique et logique) stricts, elles seront beaucoup moins exposées à des actions malveillantes ou des accidents mettant leur sécurité en jeu.

Ainsi, en se plaçant à un niveau très générique, nous pouvons appréhender la sécurité des données (CT15) de traçabilité à travers leur périmètre d'accessibilité. Indépendamment de la solution d'archivage mise en place (classeurs papiers, tableurs, bases de données, etc.), **nous proposons une échelle d'évaluation composée de quatre niveaux de sécurité, et ce en fonction de la population disposant des droits d'accès aux données de traçabilité d'une entreprise donnée.** Dans le cas d'archivage informatique, cet accès peut aussi se faire d'une manière indirecte à travers des applications logicielles connectées au réseau informatique de l'entreprise.

Comme le montre la Figure 8.27, le niveau le plus fin (**niveau 4**) consiste à octroyer les droits d'accès d'une manière individuelle aux données de traçabilité. C'est-à-dire qu'une personne donnée (interne ou externe à l'entreprise) n'aura accès qu'aux informations de traçabilité qu'elle est habilitée à consulter ou manipuler. Dans le cas de ST informatisés, cela passe par l'attribution d'un code d'utilisateur et d'un mot de passe pour chacun des individus concernés. Dans les profils des différents utilisateurs peut aussi être précisé le mode d'accessibilité aux données : Lecture et/ou écriture. En mode lecture, les données ne peuvent qu'être

¹¹⁶ Standards for Security Categorization of Federal Information and Information Systems

consultées sans aucune modification possible. Dans le cas où les données sont mémorisées sous forme d'archives papier, on peut par exemple imaginer que ces dernières soient classées dans des locaux différents en fonction de leur contenu. Ainsi, les archives contenant les données les plus sensibles seront stockées dans un endroit dont l'accès n'est autorisé qu'à certaines personnes bien identifiées.

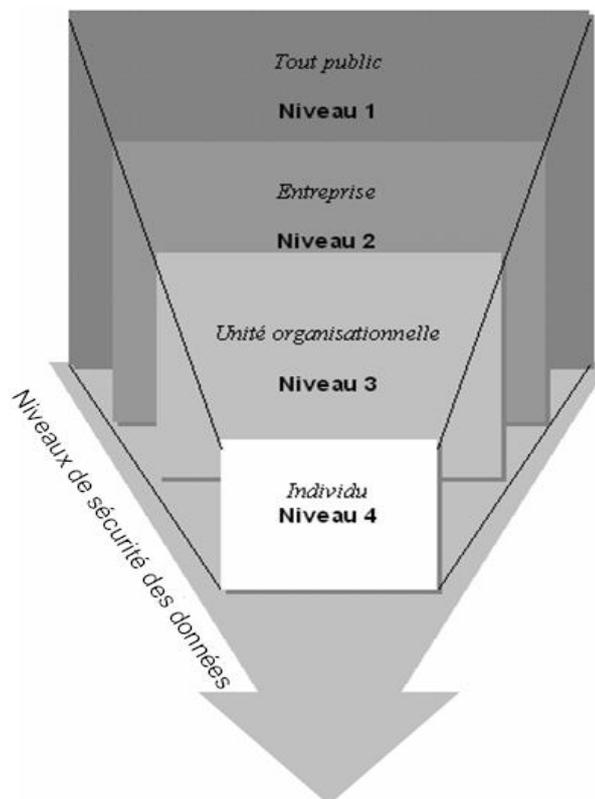


Figure 8.27 – Echelle d'évaluation du critère CT 15

Le **niveau 3** d'accès aux données de traçabilité correspond à des situations où les droits d'accès sont définis non pas par individu, mais par groupe d'individus appartenant à une unité organisationnelle donnée. Un exemple serait d'attribuer au personnel de chaque atelier, service ou usine les droits d'accéder aux données de traçabilité concernant leur périmètre d'action. Ils ne pourront pas avoir accès à celles des autres périmètres.

Le **niveau 2** d'accès aux données de traçabilité traduit le cas où celles-ci sont toutes accessibles à l'ensemble du personnel de l'entreprise. C'est-à-dire qu'il n'y a pas de discrimination d'accès quelque soit le niveau hiérarchique ou fonctionnel de ces individus. Dans le **niveau 1**, nous allons trouver des cas extrêmes où les données de traçabilité sont librement accessibles à toute personne le souhaitant. Cette accessibilité absolue est possible, par exemple, en mettant les données en ligne via un portail Internet. Les entreprises optant pour cette approche le font généralement à des fins mercatiques et ne mettent en ligne que des données n'ayant aucun caractère confidentiel.

Remarque

Il est possible de rencontrer des contextes où les données de traçabilité sont directement archivées par des tierces parties à travers des droits mis à leur disposition par l'entreprise concernée. Il peut s'agir, par exemple de clients ou de prestataires ou encore de fournisseurs de service d'hébergement de données (*Application Service Provider*).

Le Cas d'étude 8.11 illustre l'évaluation du critère d'appréciation CT15 au niveau du système de traçabilité de la société Arrivé.

Cas d'étude 8.11

Les données de traçabilité au niveau de la société Arrivé sont archivées dans une base de données centralisée. Leur accessibilité en mode *lecture / écriture* n'est autorisée qu'à quelques personnes du service informatique. En mode *lecture seule*, les données sont consultables par le biais d'une application de restitution comportant un ensemble de requêtes prédéfinies. Cette application est exploitée par une trentaine d'utilisateurs réguliers appartenant à des unités

fonctionnelles différentes : Qualité, production, contrôle de gestion, logistique, etc. Chacun des utilisateurs doit s'identifier, en tapant son propre identifiant et mot de passe, pour pouvoir consulter les données.

Donc, conformément aux explications précédentes, Arrivé plutôt une accessibilité de **niveau 2**.

Remarque

Le coût de stockage des données de traçabilité peut paraître comme un critère d'appréciation intéressant. Mais compte tenu de la baisse récurrente du prix de l'*espace disque*, cet élément n'est pas aussi déterminant qu'il ne l'était il y a encore quelques années. La Figure 8.28 confirme ce constat.

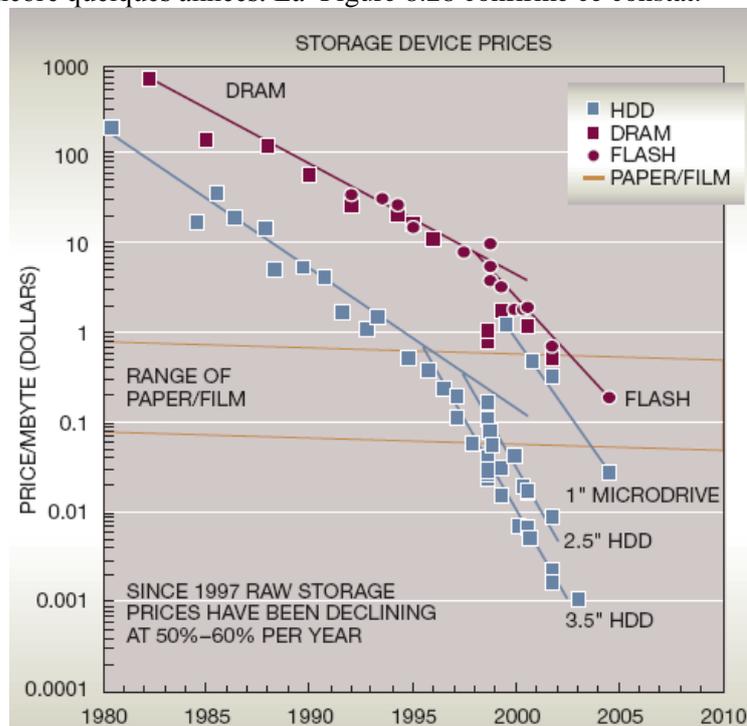


Figure 8.28 - Evolution du prix de stockage d'après Morris et Truskowski [Morris et Truskowski, 2003]

4.8. FT8: Restituer les données de traçabilité des produits

La phase ultime du fonctionnement d'un ST est de répondre aux requêtes de ses bénéficiaires en leur restituant des données dont ils ont besoin dans le cadre d'un processus décisionnel ou à des fins diverses et variées que nous avons évoquées dans le cadre de l'analyse fonctionnelle du besoin (gestion des rappels, de la qualité et de la production, etc.).

4.8.1. Description et contextualisation de la fonction technique FT8

Les données de traçabilité qui sont collectées, générées et mémorisées moyennant les fonctions techniques décrites précédemment sont destinées à être exploitées par les différents bénéficiaires du ST. Pour ce faire, il faut, préalablement, que le ST soit capable de restituer ces données. C'est le rôle de la fonction technique FT8 qui constitue la réponse du ST aux *comportements de recherche d'informations* exercés par ses bénéficiaires. Ce concept, largement employé dans le cadre de la théorie de recherche d'information (*information retrieval*), est aussi appelé stratégies de recherche d'information (*information-seeking strategies*). Belkin et al. [Belkin et al., 1993], qui sont parmi les auteurs les plus cités dans ce domaine, décrivent une stratégie de recherche d'information selon les quatre dimensions : la méthode d'interaction avec le système d'information, le but de cette interaction, le mode de recherche et la nature de la ressource recherchée. Ces dimensions sont schématisées dans la Figure 8.29.

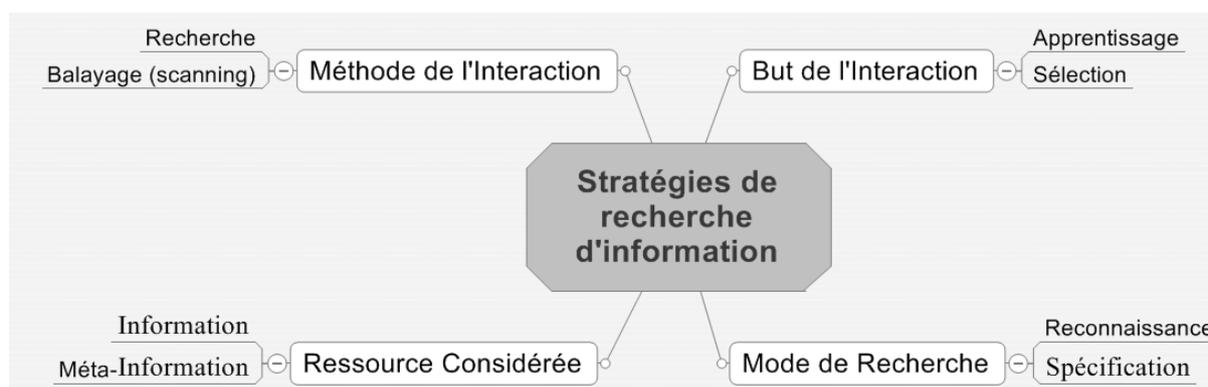


Figure 8.29 - Les quatre dimensions de la recherche d'information d'après Belkin et al [Belkin et al., 1993]

Le modèle proposé par Belkin et al. [Belkin et al., 1993] décrit une stratégie de recherche d'information comme une interaction entre l'utilisateur et le système d'information. La première dimension (méthode d'interaction) vise à distinguer les scénarii où l'utilisateur est à la recherche d'un article particulier des scénarii où il balaye (scanne) une collection d'articles afin d'y repérer ceux qui sont susceptibles de l'intéresser. Dans le cadre d'un ST, on imagine très peu de situations où les bénéficiaires interagissent avec le système d'information en mode balayage. En effet, le plus souvent, on cherche à récupérer des données bien identifiées et qui portent sur des objets bien précis. Cela consiste, par exemple, à vouloir connaître la date de fabrication d'un lot donné d'un produit fini. La deuxième dimension (but de l'interaction) décrit ce qui motive l'utilisateur à interagir avec le système d'information. Deux cas de figure sont à distinguer : Le cas où l'on cherche à apprendre quelque chose à propos d'un article ou d'une ressource, ce qui rejoint l'exemple qui vient d'être cité, et le cas où l'on veut sélectionner un ensemble d'articles répondant à un ou plusieurs critères donnés. Par rapport à la traçabilité, ce dernier cas correspond, par exemple, à la recherche des clients ayant reçu des produits issus d'un lot donné. Au niveau de la troisième dimension (le mode de recherche), on distingue une recherche par spécification lorsque cela porte sur des articles bien identifiés, et une recherche par reconnaissance s'il est question d'identifier des articles pertinents parmi une collection d'articles. La dernière dimension vise à décrire la nature de la ressource informationnelle recherchée. Dans ce contexte, les auteurs distinguent des informations proprement dites des méta-informations qui en décrivent la structure et le contenu. Pour faire un parallèle avec la traçabilité, l'identifiant du lot de sel 7134SE est une information que l'on peut être amené à rechercher. Son format (c'est-à-dire l'année + quantième du jour de réception + les deux premières lettres du nom du produit) constitue une méta-information.

D'après ces éléments, les composants (ou sous-systèmes) du ST permettant la réalisation de la fonction technique FT8 peuvent être considérés comme un système de recherche d'information (*information retrieval system*) qui consiste, selon Radhouani et al. [Radhouani et al., 2004], à *retrouver, à partir d'une collection de documents, les documents qui correspondent le mieux au besoin utilisateur*. C'est donc au travers de ce système que les utilisateurs du ST peuvent accéder aux données de traçabilité répondant à leurs besoins. Avant d'aller plus loin dans la description de la restitution des données de traçabilité, il est important de préciser les acteurs qui sont concernés par cette fonction.

Comme nous l'avons expliqué dans le cas de la société Arrivé (Cf. Chapitre II - § 3.3), un ST interagit avec trois catégories d'acteurs durant son fonctionnement qui se manifeste à travers ses différentes fonctions techniques. Chacun de ces acteurs joue un ou plusieurs rôles différents comme illustré dans la Figure 2.15.

- ❑ Les *agents de support* (supporteurs) qui ont pour mission la mise en place, la maintenance et l'évolution du ST. Ce rôle est rempli, par exemple, par des personnes appartenant au service informatique de l'entreprise.
- ❑ Les *utilisateurs amont* qui sont chargés des opérations d'acquisition et d'enregistrement des données. C'est le cas par exemple des opérateurs qui saisissent sur des terminaux fixes ou embarqués les mouvements de stock des produits.
- ❑ Les *utilisateurs aval* qui restituent, analysent et exploitent les données de traçabilité. C'est le cas par exemple d'un responsable Qualité qui voudrait connaître l'ensemble des produits finis ayant intégré un lot d'une matière première non-conforme afin d'en bloquer la commercialisation.

C'est cette dernière catégorie d'acteurs qui fait appel à la fonction technique FT8 afin d'accéder à des données qui portent sur l'origine, les traitements, les attributs ou la localisation des produits tracés. Comme indiqué au niveau de la Figure 8.30, cette fonction peut être caractérisée au travers de deux paramètres principaux. Le premier est la **source de restitution** qui représente le support à partir duquel les données sont restituées. Deux cas de figure peuvent être distingués selon la manière dont les données ont été mémorisées comme nous l'avons évoqué à travers les fonctions FT6 et FT7. Dans le premier cas, elles sont rattachées directement au produit et dans le second cas, elles sont enregistrées sur un autre support comme des archives papier ou des structures informatiques (tableurs, bases de données, etc.).

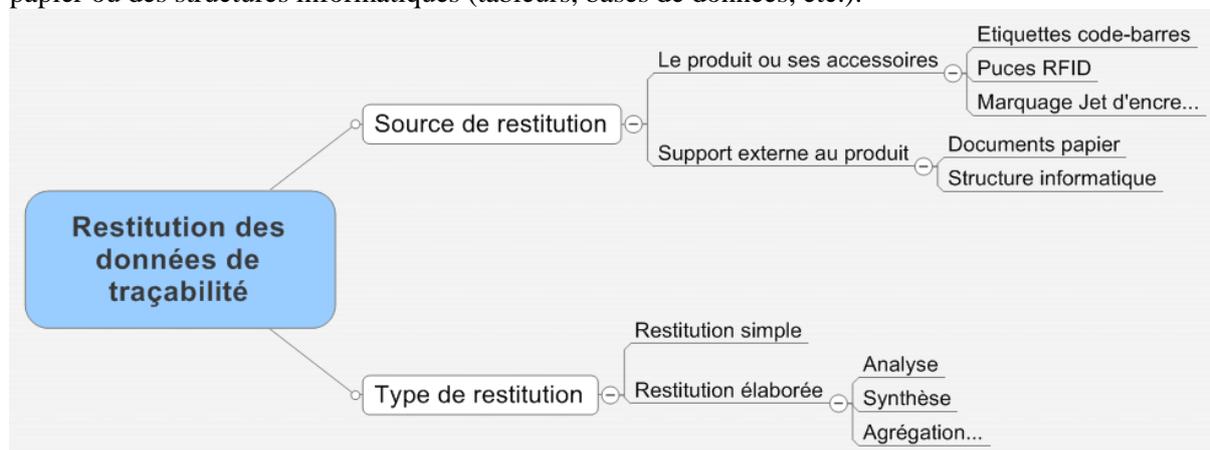


Figure 8.30 - Caractérisation de la fonction technique FT8

Le deuxième paramètre caractérisant la fonction technique FT8 est le **type de restitution** qui traduit la forme sous laquelle les données de traçabilité sont restituées. On peut distinguer, d'une part, une **restitution simple** qui consiste à extraire les données telles qu'elles ont été acquises et enregistrées ; c'est-à-dire sans traitement intermédiaire. D'autre part, on peut avoir **une restitution élaborée** au cours de laquelle les données ont subi un ou plusieurs traitements avant de les mettre à la disposition des bénéficiaires. Un cas de restitution élaborée serait, par exemple, le pourcentage que représentent les lots de matières premières issus d'un fournisseur donné. Si le ST ne permet qu'une restitution simple, cette valeur est à calculer *a posteriori* par l'utilisateur à partir de données brutes.

4.8.2. Exemples de solutions pour la fonction technique FT8

Dans le cadre de la caractérisation des fonctions techniques relatives à la mémorisation des données de traçabilité, nous avons distingué deux cas de figure. Le premier (FT6) consiste à rattacher directement ces données au produit via différentes techniques de marquage. Dans ce cas la restitution ne peut qu'être simple et elle est réalisée par simple lecture si les données sont marquées en clair, ou en utilisant un lecteur approprié si elles sont encodées (code-barres, RFID...).

La deuxième façon de mémoriser les données de traçabilité (FT7) consiste à les enregistrer sur des supports externes au produit. S'il s'agit d'archives papier, on ne peut restituer que des données brutes à travers une consultation visuelle. Dans une certaine mesure, ceci est également valable dans le cas d'utilisation d'outils informatiques de bureautique simples. Si les données de traçabilité sont archivées dans des *info-centres* ou des bases de données non dédiées à un progiciel, la restitution peut se faire via des logiciels de requête ou des portails d'interrogation de types web comportant un ensemble de requêtes prédéfinies. La restitution, ici, est plutôt de type élaboré dans la mesure où l'on peut agir directement sur les résultats à travers un jeu de filtres et de critères d'interrogation. Quand la traçabilité est gérée par le biais de progiciels de type MES, ERP ou dédiés (Cf. Tableau 8.13) ces derniers comportent nécessairement des interfaces de restitution avec un certain nombre de critères de recherche et, éventuellement, des fonctionnalités d'analyse. Ce sont ces dernières qui déterminent le degré d'élaboration des données restituées. Aujourd'hui, de plus en plus de progiciels proposent des outils de reporting assez riches en fonctionnalités. Dans le Cas d'étude 8.12, nous expliquons comment la fonction technique FT8 est réalisée dans le cadre du ST de la société Arrivé.

Cas d'étude 8.12

Au niveau de la société Arrivé, la restitution des données de traçabilité s'effectue de deux manières différentes :

- Mode *consultation* : La restitution des données de traçabilité s'effectue principalement à travers un module du système GPAO qui est mis à la disposition du service qualité et des assistants qualité dans les différents sites. Cet outil constitue une interface via laquelle l'utilisateur peut interroger la base de données traçabilité. Dans ce cas, le format de restitution est simple dans la mesure où les données restent à leur état brut et n'ont subi aucun traitement intermédiaire (Chapitre II - § 4.1.4).

- Mode *extraction* : Un autre outil de restitution de la traçabilité destiné à certains utilisateurs habilités consiste en un requêteur qui permet d'interroger directement les bases de données de traçabilité. Cet outil offre des possibilités de traiter les données de différentes manières mais il nécessite un certain niveau d'expertise.

PS : En attendant la mise en place de la plate-forme Star Trace (Cf. Chapitre X), nous avons développé et mis en place un petit outil de restitution des données de traçabilité qui vise à pallier les lacunes des deux outils ci-dessus. Cet outil permet à la fois la consultation et l'extraction des données dont les utilisateurs ont besoin.

4.8.3. Critères d'appréciation de la fonction technique FT8

Comme il en a été question ci-dessus, un ST vu sous l'angle de sa fonction technique FT8 peut être assimilé à un système de recherche d'information (SRI) permettant de répondre aux requêtes des utilisateurs. Selon Tannier [Tannier, 2006], un tel système peut être modélisé à travers le schéma de la Figure 8.31.

Etant donnée une masse d'informations préexistantes (une base de données de traçabilité par exemple), le processus de recherche d'information commence par l'expression d'un besoin par l'utilisateur. Ce besoin est ensuite traduit en une requête traitée par le SRI de manière à identifier l'ensemble des documents (fonction d'appariement) qui y répondent. Ces derniers sont enfin restitués à l'utilisateur sous forme de résultats.

Dans la littérature, un SRI est habituellement caractérisé par deux critères de performance qui sont la *précision* et le *rappel* [Jody et Rissland, 1995; Wang et Forgionne, 2005; Apostolico et al., 2006; Sakai, 2006; Tannier, 2006; Krichel, 2007]. La précision (ou pertinence) correspond au nombre de documents extraits et pertinents divisé par le nombre total de documents extraits. Le rappel (ou exhaustivité) est le nombre de documents extraits et pertinents divisé par le nombre total de documents pertinents. Ici, le terme document est à prendre au sens large.

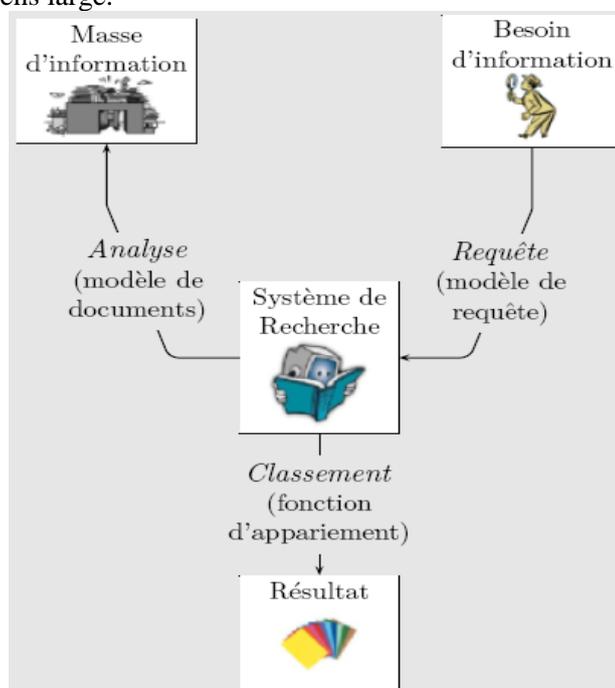


Figure 8.31- Modèle général d'un système de recherche d'information selon Tannier [Tannier, 2006]

Nous retenons la définition proposée par Cornu [Cornu, 1998] selon laquelle un document est un *groupe consistant et cohérent de données, structuré de façon à présenter un raisonnement ou à servir de preuve de l'exécution d'une action*. Il peut s'agir, par exemple, d'un site web, d'un tableur, d'un texte, une image ou

une vidéo. Pour mieux comprendre les critères de précision et de rappel, raisonnons de nouveau à travers la théorie des ensembles. Dans le cadre d'un scénario de recherche d'information, soit P l'ensemble des documents pertinents et E l'ensemble des documents extraits du système d'information en réponse à notre requête. Les deux critères de performance des SRI peuvent être exprimés ainsi :

$$\text{Précision} = \frac{\text{card}(P \cap E)}{\text{card}(E)} ; \text{Rappel} = \frac{\text{card}(P \cap E)}{\text{card}(P)}$$

Ces deux critères sont complémentaires étant donné que le premier (précision) nous renseigne sur la capacité du système à filtrer les documents non-pertinents, et le second (rappel) traduit l'aptitude de ce système à retrouver (identifier) des documents pertinents parmi une collection de documents. Ils sont aussi concurrents en ce sens que l'amélioration de l'un se fait souvent au détriment de l'autre. Ce constat est bien mis en évidence au travers de la courbe dite de *rappel-précision* schématisée de la Figure 8.32 empruntée à de Loupy [de Loupy, 2000].

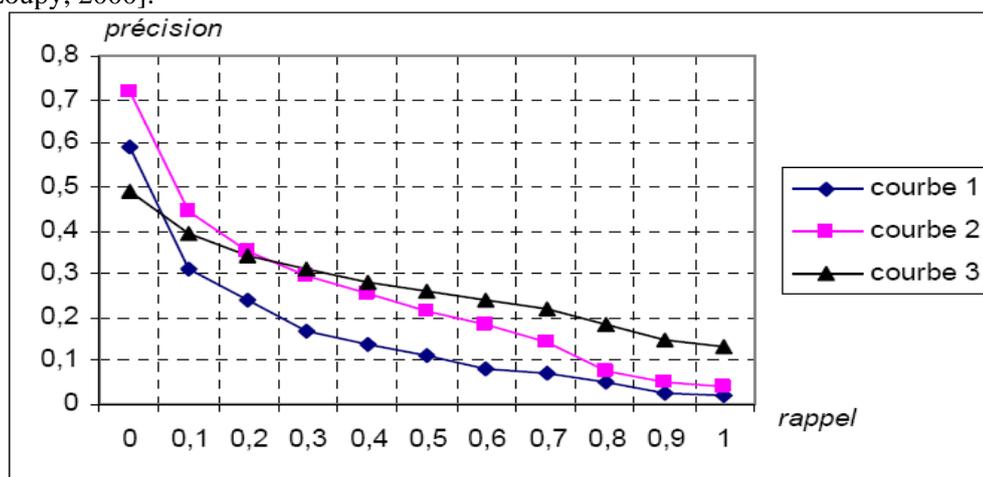


Figure 8.32 - Illustration du caractère contradictoire de la précision et du rappel d'après [de Loupy, 2000]

D'un point de vue théorique, ces deux critères sont très intéressants pour appréhender la performance d'un système de recherche d'information. Cependant, ils posent un certain nombre de problèmes (voir [Tannier, 2006] pour plus de détails) qui entravent leur opérationnalisation. Leur principale limite réside dans l'impossibilité de connaître l'ensemble des documents pertinents par rapport à une requête donnée. Par ailleurs, ils ne sont pas très adaptés à la problématique de la traçabilité des produits alimentaires qui est l'objet du présent document. En effet, à la différence de la recherche documentaire ou des moteurs de recherche sur internet où l'unité de restitution est le «document», l'unité de restitution dans le cadre d'un ST est beaucoup plus fine. Il s'agit généralement d'une donnée élémentaire de type *N° de lot* du produit expédié au client X ou la *durée de cuisson* du lot L du produit P . En plus, ce que les utilisateurs du ST recherchent, ce ne sont pas des résultats «pertinents» mais «un résultat unique et précis» pour chaque requête. Il faudrait donc penser à d'autres critères pour caractériser la restitution des données de traçabilité (FT8) qui soient à la fois pertinents, exhaustifs et surtout *opérationnalisables*.

Considérons la fonction FT8 comme un processus permettant de restituer à l'utilisateur des objets sortants (résultats) à partir d'objets entrants (requêtes). Comme dans n'importe quel processus, il faut pouvoir, à la fois, mesurer la satisfaction de l'utilisateur par rapport aux outputs du processus et aussi la manière dont ces derniers ont été obtenus. Dans le jargon des qualitatifs, on parle respectivement d'indicateurs de conformité et d'indicateurs de performance. La Figure 8.33 montre un schéma simplifié du processus de restitution des données de traçabilité tel que nous le concevons.

Les outputs de la fonction technique FT8, qui constitue l'interface avec les bénéficiaires du ST, ne sont autres que ce que nous avons désigné par données de traçabilité amont, interne et aval lors de l'analyse fonctionnelle du besoin (Cf. Chapitre VII). A ce titre, la fonction technique FT8 et la fonction principale générique¹¹⁷ se superposent et plus particulièrement lorsque le bénéficiaire concerné est un utilisateur aval du ST (Cf. Chapitre II – § 3.3); c'est-à-dire quelqu'un qui interagit directement avec ce système. A titre

¹¹⁷ FPG : Mettre les données de la traçabilité des produits à la disposition des bénéficiaires du ST

d'exemple, considérons un responsable logistique d'une société qui, face à un besoin d'information, fait appel à son ST. En réalisant sa fonction technique FT8, le ST répond, en même temps, au besoin fonctionnel de ce bénéficiaire en *mettant les données de traçabilité des produits à sa disposition*. En revanche, lorsque le bénéficiaire du ST n'en est pas un utilisateur aval (les pouvoirs public par exemple), Il faut d'abord que les données soient restituées en interne puis transmises au bénéficiaire en question. D'où la fonction technique FT9 qui sera abordée prochainement.

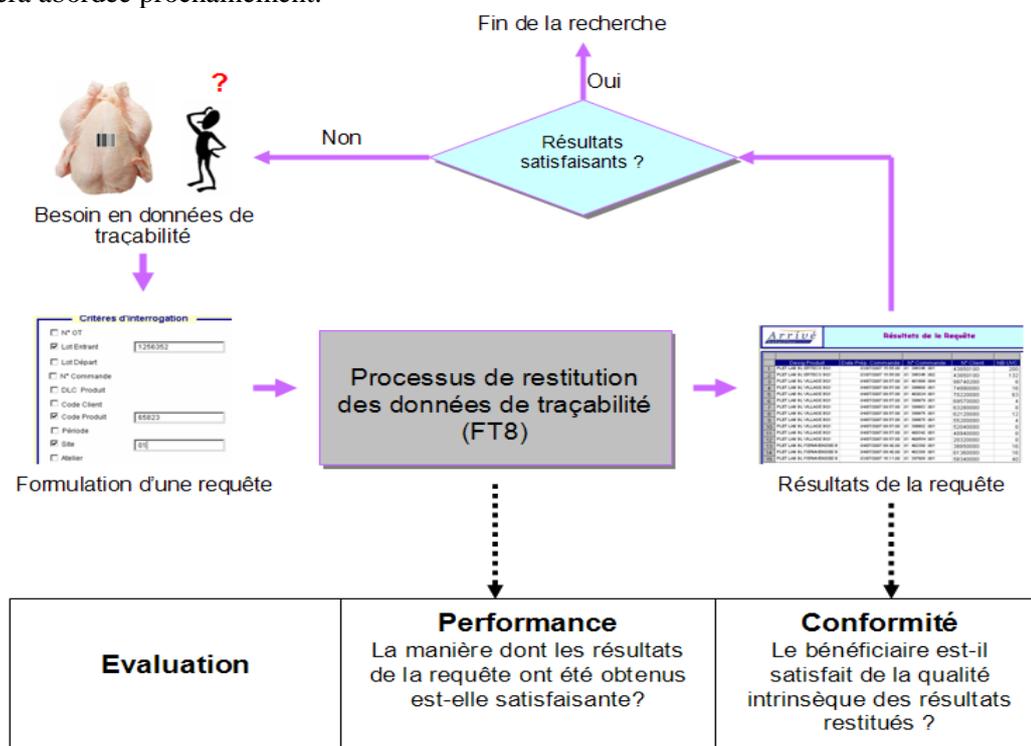


Figure 8.33 - Illustration du processus de restitution des données de traçabilité

Il est donc tout à fait logique de caractériser la fonction technique FT8 au travers des mêmes critères d'appréciation fonctionnels définis au cours de l'analyse fonctionnelle du besoin. Ces critères traduisent l'aptitude du ST à restituer à ses bénéficiaires des données de traçabilité, amont, interne et aval, qui sont **exhaustives, authentiques, précises** et obtenues d'une manière suffisamment **rapide**. Nous nous contentons ici de rappeler ces différents critères ainsi que leurs significations. Pour plus de détails concernant, notamment, leur cadre de quantification, nous renvoyons le lecteur au chapitre précédent.

- ❑ **Exhaustivité de la traçabilité** (amont, interne et aval) : Capacité du ST à restituer à ses bénéficiaires l'ensemble des données répondant à leur besoin en termes de traçabilité (amont, interne et aval) sans en omettre aucune.
- ❑ **Authenticité de la traçabilité** (amont, interne et aval) : Capacité du ST à restituer fidèlement (c'est-à-dire sans risque d'erreur) les données relatives à la traçabilité (amont, interne et aval) des produits manipulés par l'entreprise.
- ❑ **Précision de la traçabilité...**
 - **amont** : Capacité du ST à identifier, parmi plusieurs possibilités, l'origine exacte d'un lot de produits. Il s'agit en l'occurrence de produits entrants que l'entreprise se procure de ses fournisseurs (ex. matières premières, ingrédients, emballages et autres auxiliaires de production).
 - **interne** : Capacité du ST à identifier, sans excès ni défaut, les produits ayant en commun une ou plusieurs caractéristiques données.
 - **aval** : Capacité du ST à identifier, parmi plusieurs possibilités, la ou les destinations exactes d'un lot de produits. Il s'agit en l'occurrence de produits sortants que l'entreprise expédie à ses clients (ex. produits finis, sous produits ou coproduits).

- ❑ **Rapidité de la traçabilité** (amont, interne et aval) : *Aptitude du ST à répondre, dans de brefs délais, aux requêtes portant sur la traçabilité (amont, interne et aval) des produits manipulés par l'entreprise.*

Pour reprendre les concepts d'indicateurs de *conformité* et de *performance* utilisés dans la Figure 8.33, on peut remarquer que les trois premiers critères (exhaustivité, authenticité et précision) portent sur la qualité intrinsèque des données restituées. Ils peuvent donc être qualifiés d'indicateurs de conformité. Le quatrième critère (rapidité), quant à lui, décrit plutôt le processus de restitution des données ; c'est donc un indicateur de performance (au sens des qualitiens).

4.9. FT9 : Communiquer les données de traçabilité des produits

4.9.1. Description et contextualisation de la fonction technique FT9

Dans le chapitre précédent, nous avons vu que la finalité d'un ST consiste en la mise des données de traçabilité (amont, interne et aval) à la disposition de ses bénéficiaires. Une grande partie de ces bénéficiaires se situe à l'extérieur de l'entité propriétaire du ST. Il faut donc que les données, une fois restituées en interne, leur soient transmises via un protocole de communication donné. Ce propos est également valable pour les bénéficiaires internes n'ayant pas de contact direct avec le ST. C'est le cas, par exemple, d'un directeur qualité, basé au siège à qui le responsable qualité d'un site de production faxe les résultats d'une recherche de traçabilité.

A la différence de la plupart des fonctions techniques définies dans ce document, FT9 est une fonction optionnelle à laquelle on ne fait appel que dans des contextes où le bénéficiaire du ST n'a pas de contact direct avec ce dernier. Même s'il s'agit d'un client, considéré comme bénéficiaire externe, il est tout à fait concevable de lui permettre d'interroger directement le ST de son fournisseur via une interface de type web mise à sa disposition. C'est le principe des ST inter-entreprises qui font l'objet ces dernières années d'un certain nombre d'initiatives portées par des pôles de compétitivité ou des organismes interprofessionnels. Le projet REGAT¹¹⁸, auquel nous participons, s'inscrit dans cette dynamique.

4.9.2. Exemples de solutions pour la fonction technique FT9

Dans les situations où il y a besoin de transmettre les données de traçabilité aux bénéficiaires qui en ont besoin, tous les moyens de communication classiques peuvent être employés. Par exemple :

- ❑ Par voie postale lorsqu'il n'y a pas urgence,
- ❑ Par télégramme,
- ❑ Par fax,
- ❑ Par téléphone,
- ❑ Par courriel avec ou sans pièces jointes,
- ❑ Par EDI.

Le choix du support à utiliser est fonction de l'urgence de la situation, de la quantité des données à transmettre et des moyens techniques en place. Le téléphone, par exemple, est un outil dont pratiquement toutes les entreprises sont équipées et qui est très pratique dans des situations urgentes où le nombre de données à communiquer est très limité.

4.9.3. Critères d'appréciation de la fonction technique FT9

Les critères permettant de statuer sur la qualité de la communication des données de traçabilité sont les mêmes que l'on peut utiliser pour n'importe quel type de communication. Quelques rappels sur les fondements de la théorie de communication nous permettrons de dégager certains éléments conceptuels devant nous aider à caractériser la fonction technique FT9.

¹¹⁸De par ses initiateurs, REGAT signifie « Réseau Glon Arrivé Traçabilité ». C'est le nom provisoire donné à un projet de ST inter-entreprises en cours de réalisation au sein du pôle de compétitivité Cluster WEST qui regroupe un ensemble d'acteurs économiques et académiques des régions de l'ouest de la France (www.cluster-west.fr).

A partir de la théorie *mathématique de la communication* développée en 1948, par Claude Elwood Shannon, Shannon et Weaver [Shannon et Weaver, 1949] proposent un modèle d'un système de communication (Cf. Figure 8.34) qui peut être résumé par le fait qu'un émetteur envoie un message, via un codage, à un récepteur qui en effectue le décodage; le tout dans un environnement perturbé par des bruits. Ce modèle linéaire est l'un des plus connus et cités dans la littérature.

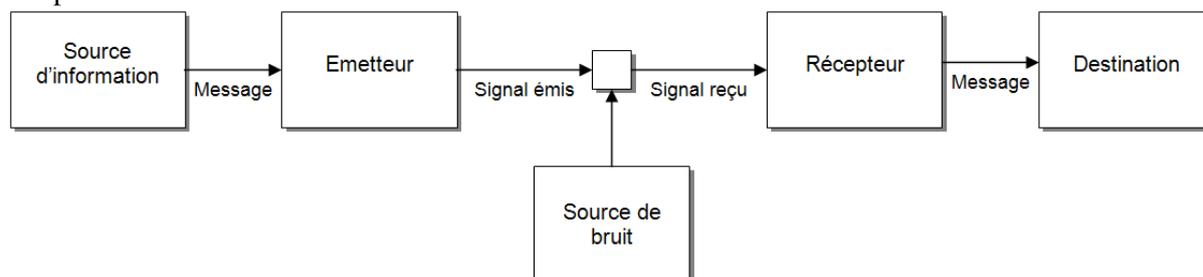


Figure 8.34 - Modèle général d'un système de communication d'après Shannon et Weaver [Shannon et Weaver, 1949]

Pour transposer ce modèle à un contexte de communication des données de traçabilité, imaginons le scénario suivant : Le responsable qualité d'un supermarché sollicite notre société afin de lui communiquer, par fax, les résultats des contrôles qualité effectués sur un lot de produits donné. Ci-dessous une instanciation des principaux composants du modèle de Shannon à ce scénario :

- ❑ La **source d'information** serait, par exemple, une base de données de traçabilité (voir la fonction FT7).
- ❑ L'**émetteur** serait l'un des utilisateurs aval (Cf. Chapitre II - § 3.3) de notre ST, une personne du service qualité par exemple.
- ❑ Une des **sources de bruit** possibles serait des problèmes d'impression du fax qui pourraient entraver la lisibilité d'une partie du document transmis.
- ❑ Le **récepteur** serait, par exemple, l'assistante du responsable qualité du supermarché.
- ❑ La **destination** du fax envoyé serait le bureau de la personne qui en a fait la demande (le responsable qualité du supermarché).

D'après la théorie de la communication, la qualité du message échangé entre une source d'information et une destination est conditionnée notamment par les bruits auxquels il peut être sujet durant son parcours. Ce concept de bruit est défini par Moles [Moles, 1972] comme étant *un signal que l'on ne veut pas transmettre*. En plus du modèle de Shannon, qui constitue une référence incontournable, il existe d'autres modèles de systèmes de communication tels que celui de Harold Lasswell [Lasswell, 1948], issu du milieu politique, avec sa formule des 5W: *Qui dit, quoi, par quel canal, à qui, avec quels effets*. On peut également citer le modèle du linguistique Jakobson [Jakobson, 1963] qui est, lui, plus centré sur le message lui-même que sur sa transmission. De par sa simplicité et son caractère générique, le modèle proposé par Losee [Losee, 1999] nous semble particulièrement intéressant à valoriser dans le cadre de la caractérisation de la fonction technique FT9.

Compte tenu des lacunes qu'il a observées au niveau des définitions et des modèles élaborés par d'autres auteurs, Losee [Losee, 1999] propose un modèle d'un système de communication qui se veut (le modèle) universel, générique et non ambigu. D'après cet auteur, *une communication a lieu si, et seulement si, des informations se déplacent entre l'entrée d'un processus et la sortie d'un autre processus. Le deuxième étant l'inverse du premier*. Prenant par exemple, une personne A qui envoie un courriel à une personne B. L'information transmise est le contenu du message que A saisit sur son clavier. Les deux processus impliqués dans cette communication sont l'*écriture* (effectuée par A) et la *lecture* (effectuée par B) qui sont considérés comme des processus inverses. Soit x l'information initiale devant être transmise par A à destination de B. Mathématiquement, si l'on considère le premier processus (écriture) comme une fonction $f()$ qui transforme des éléments entrants (x) en éléments sortants (y), le processus inverse (lecture) est la fonction réciproque $f^{-1}()$ qui permet de faire la marche inverse. C'est-à-dire qui permet au destinataire de récupérer l'information initiale (x) à partir du sortant (y) du premier processus :

$$f(x) = y$$

$$f^{-1}(y) = f^{-1}(f(x)) = x$$

A titre d'exemple, la réciproque de la fonction $f(x) = x^2$ est la fonction $f^{-1}(x) = \sqrt{x}$. En effet, $f^{-1}(f(x)) = \sqrt{x^2} = x$. Graphiquement, nous pouvons représenter le modèle de communication proposé par Losee à travers le schéma de la Figure 8.35.

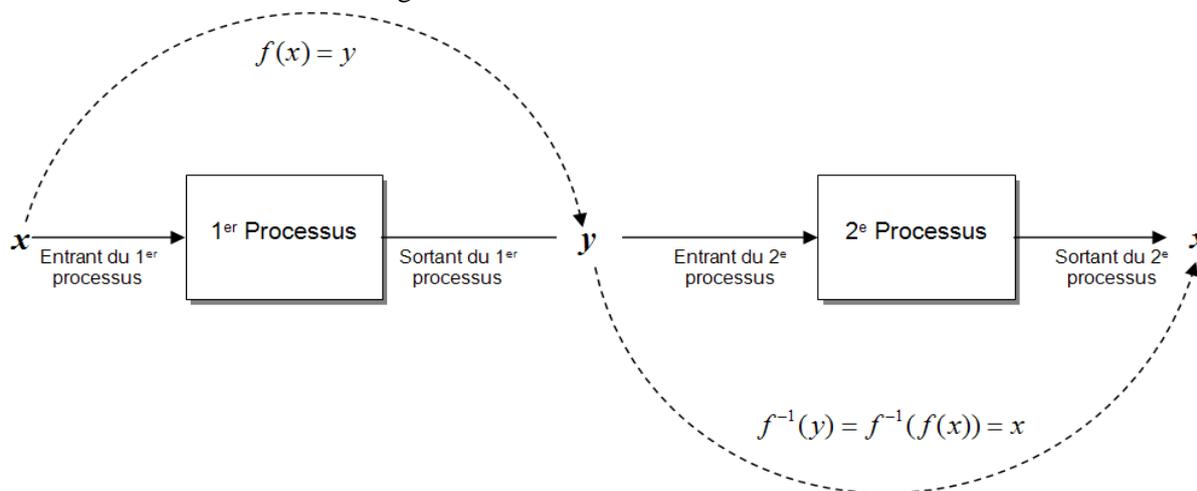


Figure 8.35 - Modèle d'un système de communication basé sur la théorie de Losee [Losee, 1999]

En fait, le modèle présenté dans la Figure 8.35 traduit une communication idéale où le destinataire reçoit exactement l'information initiale qui devait lui être transmise. Dans la réalité, il arrive que la fonction $f^{-1}(x)$ ne soit pas «*si réciproque que cela*» dans la mesure où, sous l'effet de différentes sources de bruit, le message reçu par le destinataire (x') n'est pas une copie conforme de ce qui lui est communiqué par l'émetteur (x). Dans la suite de ce document, nous désignons par bruit, tout élément pouvant engendrer des écarts entre le message transmis (x) et le message reçu (x') au cours d'une communication. Au-delà des bruits physiques, cela concerne aussi des écarts de perception et d'interprétation de l'information échangée. Pour illustrer ceci, prenons encore un exemple relatif à la traçabilité. Soit un scénario de communication de données de traçabilité où un client anglo-saxon demande à une entreprise française de lui communiquer, entre autres, la date de fabrication d'un lot de produit qui lui a été livré. Supposons que la date en question est le 4 mars 2007 et que l'entreprise communique à ce client un courrier électronique qui contient entre autres : ...*date: 04/03/2007*, etc. Etant donné que le format anglo-saxon des dates est différent, il y a de grands risques que cette donnée soit interprétée par le destinataire comme étant le 3 avril 2007. Nous avons donc un écart entre les variables (x) et (x') évoquées ci-dessus qui est dû à un bruit lié à l'interprétation du destinataire. Au niveau de la Figure 8.35, ce bruit s'est produit dans le deuxième processus.

Dans ce qui va suivre, nous allons nous appuyer sur les éléments théoriques exposés ci-dessus afin de proposer un critère d'appréciation simple, pratique et assez pertinent pour évaluer la qualité du système de communication des données de traçabilité aux bénéficiaires concernés. Nous verrons également un autre critère qui donne une idée sur la rapidité de cette communication.

A. CT16 : Qualité de transmission des données de traçabilité des produits

Nous avons vu plus haut que le message transmis dans le cadre d'une communication des données de traçabilité peut être sujet à différents types de bruits susceptibles d'en altérer la qualité. Sur un plan purement théorique, le modèle de Losee est très intéressant. Mais, malheureusement, sur le terrain, il est très difficile de mettre en place un protocole de mesure capable de quantifier l'écart observé entre le message envoyé (x) par l'émetteur et le message reçu par le destinataire (x'). Pour estimer ces écarts d'une manière approximative, nous nous appuyons sur une hypothèse stipulant que le nombre de ces écarts est proportionnel au nombre de cas où le destinataire sollicite l'émetteur pour avoir des **éclaircissements** sur le contenu du message qui lui est transmis. Attention à ne pas confondre les cas où le bénéficiaire du ST demande des éclaircissements sur les éléments de traçabilité qui lui ont été envoyés avec des cas où il

demande de recevoir des éléments supplémentaires. Dans ce dernier cas, le problème relève de l'exhaustivité des données de traçabilité (Cf. Chapitre VII) et non pas de la qualité de transmission des données. Illustrons ceci par un exemple. Supposons que, dans le cadre d'un contrôle d'application du règlement EC178/2002, la DSV¹¹⁹ demande à une entreprise de lui faxer les quatre informations de première catégorie sur un lot d'une matière première donnée. Rappelons que ces informations sont obligatoires à suivre et comportent : le nom du fournisseur, son adresse, la nature des produits réceptionnés et leur date de réception. Si l'une de ces informations manque au niveau du message transmis à la DSV, alors il s'agit d'un problème d'exhaustivité de la traçabilité amont largement évoqué au cours de l'analyse fonctionnelle du besoin. En revanche, si la DSV ne peut pas exploiter une partie ou la totalité du document qui lui est faxé (écriture manuscrite illisible, données ambiguës, etc.), là on est bien face à une transmission de données de traçabilité qui est défectueuse. Dans la pratique, l'évaluation du critère d'appréciation CT16 consiste à quantifier, à partir d'un nombre significatif de scénarii, le nombre moyen de cas où le destinataire a besoin d'être éclairé sur le contenu du message qui lui a été envoyé. Autrement dit, le nombre de communications réussies divisé par le nombre de communications totales sur une période déterminée. Le résultat est exprimé en pourcentage.

$$CT16 = \frac{\text{Nombre_de_communications_réussies}}{\text{Nombre_total_de_communications_effectuées_pendant_la_période_considérée}}$$

Ce calcul suppose, bien sûr, de tenir une traçabilité des communications de données à destination des bénéficiaires internes et externes du ST. L'une des limites de cette approche est que la cause d'une communication non réussie peut, parfois, incomber non pas à l'entreprise propriétaire du ST, mais à un destinataire dont les moyens techniques de réception ne sont pas efficaces. Cela peut être, par exemple, à cause d'une mauvaise qualité d'impression des faxes. Pour remédier à cette limite, il ne faut considérer comme communications non réussies que celles qui sont entravées par des *bruits* dont la responsabilité incombe à l'émetteur. Le Cas d'étude 8.13 illustre l'évaluation du critère CT16.

Cas d'étude 8.13

Comme nous l'avons expliqué au niveau du sixième chapitre, durant notre séjour chez Arrivé, nous étions sollicité, de temps en temps, par des bénéficiaires internes (qualité, logistique, etc.) afin de leur communiquer des données de traçabilité portant sur certains produits. Ces données sont le plus souvent envoyées par courrier électronique sous forme de tableurs. Parmi tous les messages envoyés, environ 30% font l'objet d'une demande d'éclaircissements d'une partie des éléments transmis en raison, notamment, de la manière dont les données sont structurées au niveau du tableur.

Conformément à l'approche proposée plus haut, nous pouvons en déduire approximativement une *qualité de transmission des données de traçabilité* (CT16) d'environ **70%**.

B. CT17: Rapidité de transmission des données de traçabilité des produits

Au cours des paragraphes précédents, nous avons montré une première condition d'une bonne communication, à savoir la nécessité que le message reçu par le destinataire ne soit pas entravé par des bruits qui risquent d'en altérer le contenu ou la perception. Cependant, même en remplissant cette condition, le message ne peut être qualifié de satisfaisant que si sa transmission s'effectue dans des délais acceptables. En effet, dans beaucoup de situations, une communication de données de traçabilité à un tiers est motivée par des soucis de retrait ou rappels de produits pouvant porter atteinte à la santé du consommateur et, par là même, nuire à la réputation de l'entreprise. Etre réactif face à ce type de crise est conditionné par la rapidité avec laquelle les données de traçabilité en question sont communiquées. Ainsi, pour caractériser la fonction technique FT9 de ce point de vue, nous ferons appel à un critère d'appréciation intitulé **rapidité de transmission des données de traçabilité des produits (CT17)**.

Concrètement, le critère d'appréciation CT17 est inversement proportionnel à la durée entre la transmission d'un message par l'émetteur et sa réception par le destinataire. Cette durée dépend, bien entendu, du canal de communication emprunté et, dans une certaine mesure, de la quantité de données contenues dans le message. Prenons, par exemple, un scénario dans lequel un distributeur demande à l'un de ses fournisseurs de lui communiquer un ensemble de données de traçabilité des produits qu'il lui a livrés. Selon que la transmission est faite par courrier postal, par courriel ou par téléphone, le délai de réception par le destinataire peut varier sensiblement. Dans le cas d'une communication téléphonique, il est clair que la transmission d'une seule

¹¹⁹ Direction des Services Vétérinaires

donnée (un numéro de lot par exemple) est beaucoup plus rapide que s'il s'agit de communiquer une liste de 50 données de traçabilité.

Dans la pratique, pour quantifier le critère d'appréciation CT17, nous proposons de calculer la valeur moyenne du temps mis par un message de traçabilité entre son émission et sa réception par le bénéficiaire auquel il est destiné. Par exemple si la communication se fait par téléphone, c'est le temps moyen nécessaire pour joindre le bénéficiaire concerné et lui transmettre le message en question. Si elle se fait par courriel ou par fax, c'est le délai moyen entre l'envoi du message et la réception d'une confirmation ou d'un accusé de réception en provenance du destinataire.

Comme nous l'avons évoqué dans le chapitre consacré à l'analyse fonctionnelle du besoin, la communication des données de traçabilité peut se faire d'une manière réactive ou proactive. Dans le premier cas, l'entreprise propriétaire du ST répond à une demande d'information émanant de l'un de ses partenaires (clients, pouvoirs publics, etc.). Dans le second cas, il s'agit généralement d'une situation de crise où le producteur est amené à alerter son client en lui fournissant, par exemple, les numéros de lot des produits pouvant porter atteinte à la santé du consommateur afin de pouvoir les bloquer. Ce producteur a donc tout intérêt que son message (alerte) puisse être transmis le plus rapidement possible au client concerné. Cela passe notamment par la mise en place d'un canal de communication où le destinataire est joignable à tout moment (week-end, soir, jours fériés...). Il est donc très important que chaque entreprise définisse, en accord avec ses différents partenaires, des canaux de communication alternatifs à utiliser dans des circonstances exceptionnelles en particulier les week-ends et les jours fériés.

Remarque

Ne pas confondre la rapidité de transmission des données de traçabilité avec les critères d'appréciation fonctionnels relatifs à la rapidité de restitution de ces données. En fait il s'agit là de deux processus différents. Celui qui nous intéresse (la communication) ne démarre qu'à la suite du processus de restitution des données (voir la fonction FT8).

5. Synthèse et conclusion

Le travail présenté dans ce chapitre constitue une suite logique à l'analyse fonctionnelle du besoin qui a fait l'objet du chapitre précédent et au cours de laquelle nous avons identifié les bénéficiaires du ST ainsi que leurs besoins traduits sous forme de fonctions de services. Chacune de ces fonctions a été décrite, contextualisée et caractérisée via un certain nombre de critères d'appréciation fonctionnels dont nous avons expliqué les protocoles de quantification. Suite à cette phase qui porte sur les finalités (le *QUOI*) d'un système de traçabilité, l'objectif de ce chapitre est d'expliquer la manière (le *COMMENT*) d'atteindre ces finalités. C'est ce qui est schématisé au niveau de la Figure 8.1. Suivant les principes de la méthode FAST (*Function Analysis System Technique*), nous avons pu identifier neuf fonctions techniques qui décrivent le fonctionnement d'un ST. Ces fonctions techniques traduisent des principes de conception devant servir de cadre méthodologique à des entreprises désirent concevoir, mettre en place ou améliorer leurs systèmes de traçabilité. Chronologiquement, elles vont de la création des lots de produits à la communication des données de traçabilité correspondantes aux bénéficiaires concernés. Après cette première étape d'identification des différentes fonctions techniques, chacune d'elles a fait l'objet d'une étude plus poussée visant à décrire son contexte de réalisation, à en donner quelques exemples de solutions techniques et à définir un certain nombre de critères d'appréciation la caractérisant. Dans ce cadre, nous avons veillé que les critères proposés soient simples, génériques (indépendant des solutions techniques retenues) et quantifiables sur le terrain. En guise d'illustration, plusieurs exemples issus de nos études de cas ont été introduits sous forme d'encarts.

Pour décrire et caractériser chacune des fonctions définies, nous avons exposé tout au long de ce chapitre un ensemble d'éléments théoriques issus d'autres travaux de recherche de manière à pouvoir nous en inspirer ou à les adapter à notre problématique. Dans ce contexte, nous pouvons donner, comme exemple, la théorie de la communication de Losee ou encore les modèles de qualité des données développés par des chercheurs comme Sudarsan et al. [Wang et Strong, 1996] et Ballou et al. [Ballou et al., 1998]. Sur le plan méthodologique, nous nous sommes appuyés sur certains outils reconnus que nous estimons pertinents à valoriser dans le cadre de ce travail. La méthode FAST, utilisée pour la recherche et l'identification des différentes fonctions techniques, ainsi que la théorie des ensembles, utilisée dans la définition du critère d'appréciation CT12, en constituent des exemples.

Afin de valider certains éléments méthodologiques décrits dans ce chapitre, nous les avons mis en application via des cas d'étude issus de notre terrain de recherche-action.

Ce travail présente, cependant, quelques limites notamment au niveau des protocoles de quantification des critères d'appréciation proposés. Comme souligné auparavant, notre objectif était de formuler des critères qui soient simples et surtout génériques puisque nous raisonnons en termes fonctionnels; donc indépendamment des solutions techniques adoptées. Si nous prenons, par exemple, le critère CT15 (sécurité des données de traçabilité), il est clair que le mode d'évaluation que nous avons proposé peut paraître simpliste dans la mesure où il ne met l'accent que sur un seul aspect de la sécurité des données, à savoir, leur confidentialité. Les deux autres aspects (l'intégrité et la disponibilité) n'y apparaissent pas explicitement et ce pour deux raisons. D'abord, nous considérons qu'il y a une forte corrélation entre l'intégrité et la disponibilité des données d'une part et leur accessibilité d'autre part. Ensuite, nous voulons proposer un protocole d'évaluation générique, simple et facile à mettre en œuvre dans les entreprises agroalimentaires dont la majorité est constituée de PME et dont les moyens techniques sont limités. En effet, selon Voyatzakis [Voyatzakis, 2005], seules 5% des entreprises agroalimentaires en France emploient plus de 250 personnes. Malgré ces limites, le travail présenté dans ce chapitre présente un intérêt indéniable aussi bien sur le plan académique que sur le plan industriel. Académiquement, nous avons essayé de contribuer à l'élaboration d'une base théorique et conceptuelle solide pour l'étude de la traçabilité des produits alimentaires. Le fait de s'appuyer sur les théories et les modèles développées dans d'autres disciplines et de les adapter aux spécificités des ST peut également être considéré comme un résultat scientifique. Sur le plan industriel, les outils méthodologiques proposés ont vocation à servir, ne serait-ce que, de repère pour orienter les entreprises dans leurs démarches de conception, évaluation et amélioration de leurs systèmes de traçabilité. Ceci est d'autant plus valable que le nombre de références bibliographiques traitant, d'une manière approfondie, de la problématique de traçabilité des produits est encore trop faible. Plus de la moitié des fonctions techniques étudiées dans ce chapitre porte sur les données de traçabilité. Ceci se manifeste à travers leur collecte, leur mémorisation, leur restitution, etc. L'objectif du prochain chapitre est de s'intéresser plus précisément à ces données afin d'expliquer finement leur nature et leur structure.

CHAPITRE NEUVIEME

Proposition d'un Modèle de Données Générique pour la Gestion des Données de Traçabilité

Si l'homme n'a pas le pouvoir de modeler le monde à sa convenance, il a du moins celui de tailler des verres qui lui permettent de le faire apparaître à peu près comme il veut.

Georg Christoph Lichtenberg
Physicien et écrivain allemand (1742 - 1799)

Après avoir étudié le système de traçabilité d'un point de vue fonctionnel (Cf. Chapitre VII) puis d'un point de vue technique (Cf. Chapitre VIII), nous consacrons ce chapitre à analyser ce système sur un plan informationnel. En d'autres mots, nous nous focalisons sur les données gérées par le ST pour en décrire la nature et la structure à travers un modèle de données. Ainsi, nous commençons par argumenter l'intérêt de ce modèle (Section 1) avant d'expliquer l'approche que nous avons adoptée (Section 2). Dans la troisième section, nous proposons une classification des données de traçabilité selon différents angles. Enfin, à l'instar de la façon dont nous avons présenté les fonctions techniques du ST, nous allons introduire progressivement les différents composants de notre modèle (Section 4) avant de les agréger ensemble pour obtenir ledit modèle (Section 5).

1. Introduction : Pourquoi un modèle de données de traçabilité ?

Au cours du chapitre précédent, nous avons essayé de définir et de caractériser les fonctions techniques qu'un ST doit assurer afin de répondre aux besoins de ses bénéficiaires qui ont été exprimés sous forme des fonctions de services explicitées au chapitre antérieur (Cf. Chapitre VII). Comme le montre le diagramme FAST de la Figure 9.1, ces fonctions techniques peuvent être classées selon trois catégories en fonction des objets sur lesquels elles portent :

- ❑ Des fonctions *logistiques* qui portent sur la création des lots de produits et la définition de leur taille qui a une incidence sur la performance du ST.
- ❑ Des fonctions *d'identification* qui concernent la création des identifiants et leur association aux lots de produits.
- ❑ Des fonctions *informationnelles* ayant pour but d'acquérir, mémoriser, restituer et communiquer les données de traçabilité.

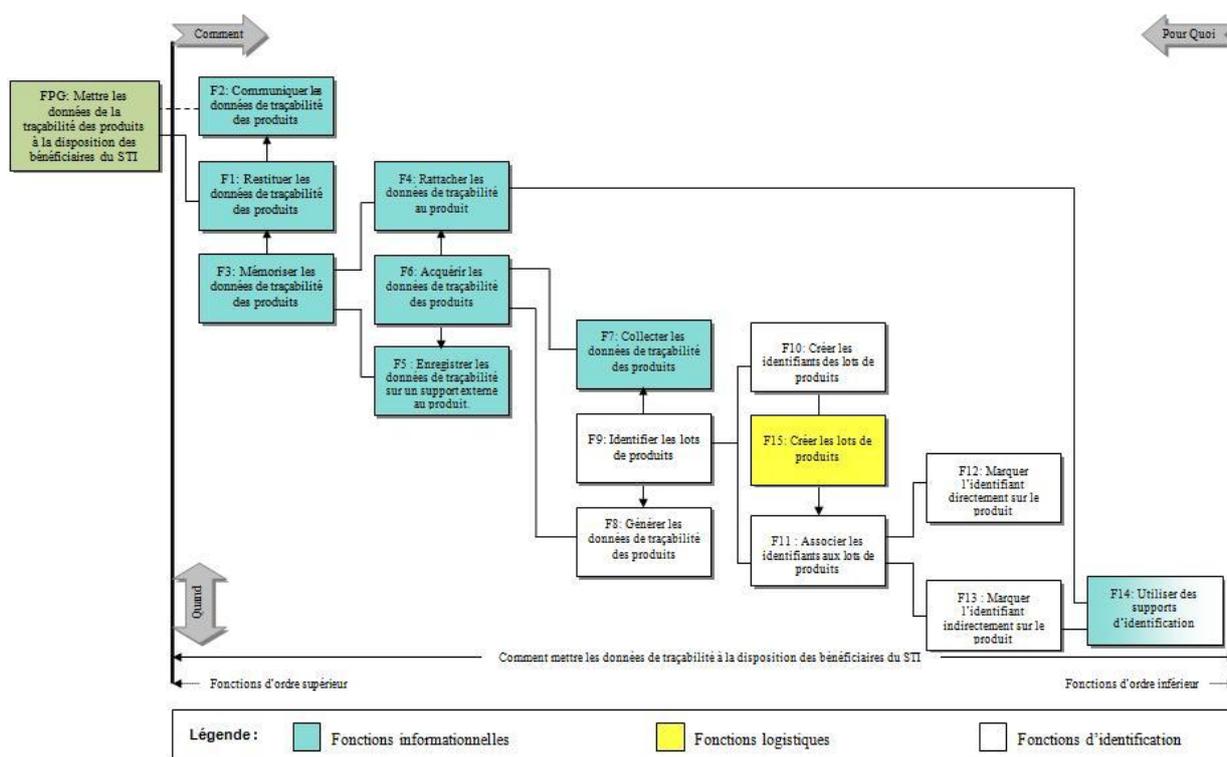


Figure 9.1 – Mise en évidence des trois catégories des fonctions techniques du ST

Si les ST sont généralement réduits à leur seule dimension informationnelle, c'est en raison de l'importance que revêt celle-ci par rapport aux deux autres. Rien qu'en observant le diagramme de la Figure 9.1, on s'aperçoit que plus de la moitié des fonctions définies sont de nature informationnelle. En plus de la définition et de la caractérisation des fonctions techniques s'y rapportant (Cf. Chapitre VIII), il est donc important d'analyser davantage cette dimension toujours dans la perspective de proposer des outils méthodologiques et conceptuels destinés aussi bien au monde scientifique qu'aux praticiens

agroalimentaires. Cette dimension représente, en fait, le système d'information sous-jacent au ST. La capacité de ce dernier à répondre aux attentes de ses bénéficiaires dans des conditions d'efficacité et d'efficacité optimales est impactée par la manière dont ce système d'information est conçu. Si, par exemple, les liens entre les lots de matières premières et les lots de produits finis sont mal définis, la précision et la rapidité des réponses restituées par le ST en seront négativement affectées.

Jusqu'à présent, nous avons toujours raisonné en faisant abstraction des solutions adoptées afin de réaliser les différentes fonctions techniques du ST. Dans ce chapitre, une grande partie des propositions avancées sous-entendent que nous avons affaire à un **ST informatisé**. D'ailleurs, leur validation va se faire à travers la plateforme informatique *Star Trace* qui fait l'objet du prochain chapitre.

A l'image des résultats des autres chapitres, ce travail de modélisation vise à répondre à une demande sociale qui traduit les besoins des praticiens en outils méthodologiques pour la conception, la gestion et l'amélioration de leurs systèmes de traçabilité. Il s'inscrit aussi dans la perspective de contribuer à combler les lacunes conceptuelles et théoriques que nous avons soulignées lors de la formalisation de notre problématique de recherche (Cf. Chapitre V). Sur le plan industriel, le principal apport de ce chapitre est le modèle de données générique qui peut être instancié en un système d'information pour la gestion des données de traçabilité.

2. Présentation de l'approche suivie

Rappelons que l'objectif de ce chapitre est d'apporter des éléments de réponse à notre quatrième question de recherche¹²⁰ en proposant un modèle de données (*data model*) générique qui peut servir de base pour la conception et la mise en place d'un système d'information dédié à la traçabilité. Le Tableau 9.1 présente les éléments descriptifs de cette 5^{ème} étape de proposition d'un modèle de données générique d'un ST.

Objet entrants	Outils mobilisés	Objets sortants
<ul style="list-style-type: none"> ❑ Fonctions de service du ST ❑ Fonctions techniques du ST ❑ Références bibliographiques portant sur la traçabilité ❑ Références bibliographiques portant sur les systèmes d'informations ❑ Résultats de l'exploration du terrain de recherche 	<ul style="list-style-type: none"> ❑ Langage de modélisation UML (<i>Unified Modeling Language</i>) ❑ Logiciel de modélisation <i>PowerAMC</i> ❑ Le concept d'<i>Unité de Ressource Traçable (Traceable Resource Unit)</i> proposé par Kim [Kim, 1999] ❑ Principe d'<i>induction</i> qui consiste à élaborer des lois générales à partir des faits constatés sur le terrain ❑ <i>Etudes de cas</i> pour tester et illustrer les modèles et outils proposés 	<p>Modèle conceptuel décrivant la nature, la structure et les liens entre les données qu'un ST doit pouvoir gérer</p>

Tableau 9.1 - Caractérisation de la cinquième étape de notre approche dédiée à la proposition d'un modèle de données générique d'un ST

Comme dans toute démarche d'élaboration de modèles de données, nous commençons par identifier et définir les différents objets informationnels mis en jeu, leurs principales propriétés et leurs liens les uns avec les autres. Nous avons opté pour le *diagramme de classes* du langage de modélisation UML.

UML (*Unified Modeling Language*) est un langage de modélisation orienté objet issu d'un long consensus visant à unifier et à fusionner plusieurs méthodes de modélisation largement utilisées jusqu'au milieu des années 1990 notamment OMT, Booch et OOSE. Ces dernières exprimaient des idées similaires, mais à travers des symboles différents, ce qui sème la confusion et complique la communication entre les adeptes de formalismes différents [Blahe et Rumbaugh, 2005]. Aujourd'hui, UML est devenu un standard incontournable dans le domaine de la modélisation objet et de la spécification des systèmes d'information. A noter que UML n'est pas une méthode de modélisation mais plutôt un langage de modélisation qui propose

¹²⁰ Dans un contexte de production alimentaire, quelle est la nature des données à gérer dans le cadre d'un système de traçabilité et comment ces données sont-elles reliées les unes aux autres ?

une **notation graphique** à utiliser et la **sémantique** associée ; sans préciser la démarche à suivre. La Figure 9.2, que nous empruntons à Muller et Gaertner, [Muller et Gaertner, 2000], schématise ces deux composantes du langage UML.

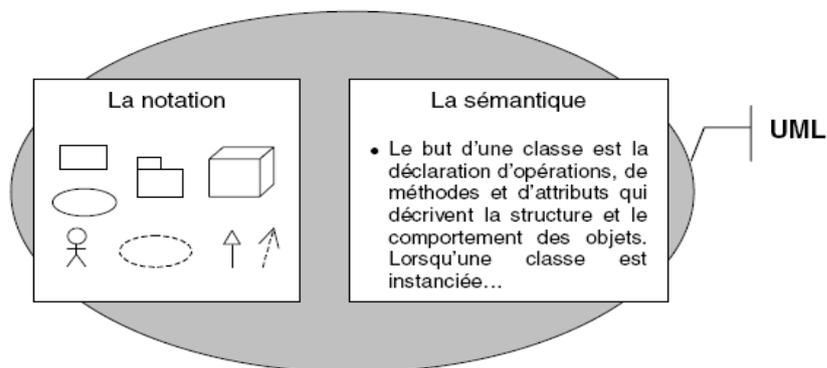


Figure 9.2 – Les deux composantes du langage UML et la sémantique associée [Muller et Gaertner, 2000]

Pour modéliser un système quelconque, UML, qui est un langage orienté objet, propose de raisonner selon trois points de vue distincts, mais complémentaires, qui permettent de rendre compte et de décrire les différentes facettes de ce système :

- ❑ Le point de vue *structure* qui consiste à décrire, d'une manière statique, la structure des objets informationnels manipulés par le système en question.
- ❑ Le point de vue *comportement* qui se focalise sur les aspects temporels et le comportement du système analysé.
- ❑ Le point de vue *interactions* qui s'intéresse à la façon dont les différents objets du système interagissent et collaborent entre eux.

Pour modéliser chacun de ces points de vue, UML propose une panoplie de treize diagrammes présentés dans la Figure 9.3 (en anglais).

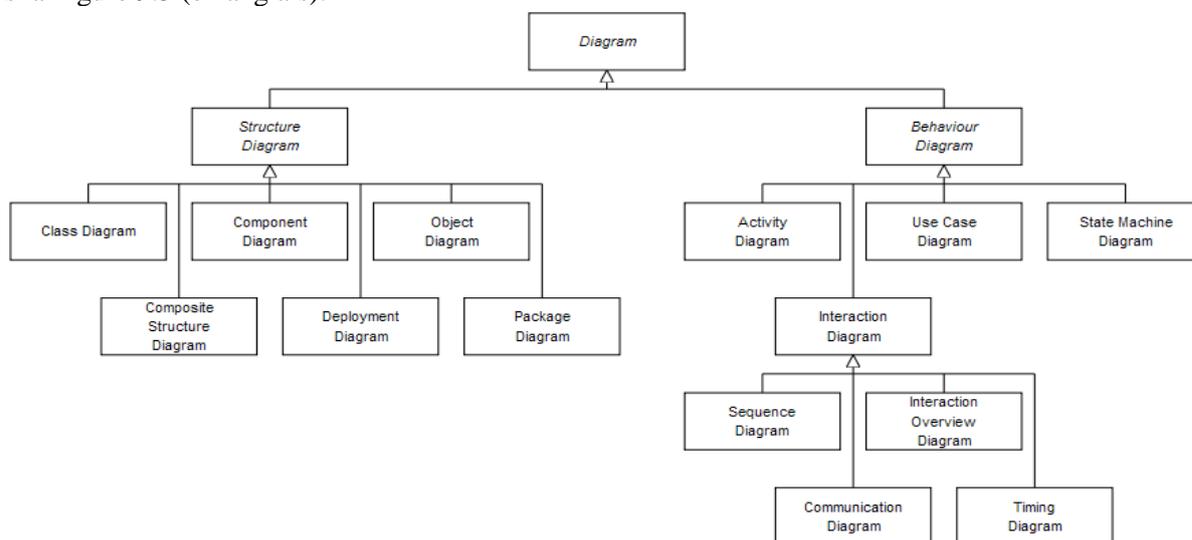


Figure 9.3 – Vue d'ensemble des différents types de diagrammes UML¹²¹

Les diagrammes présentés dans la Figure 9.3 peuvent être classifiés en trois catégories. Les diagrammes de structure (*Structure Diagrams*) se focalisent sur les objets manipulés par le système modélisé. Les diagrammes comportementaux (*Behavior Diagrams*) décrivent ce qui se passe dans le système en question. Les diagrammes d'interactions (*Interactions Diagrams*), qui sont une sous-catégorie des diagrammes comportementaux, s'intéressent aux flux de contrôles et de données entre les objets composant le système

¹²¹ Source : http://en.wikipedia.org/wiki/Unified_Modeling_Language - Consulté le 10 août 2007

étudié. Pour plus de détails sur l'intérêt et l'utilisation de ces diagrammes, nous invitons le lecteur à se rendre sur le site Internet de l'OMG¹²² ou à consulter l'abondante littérature traitant de l'UML ([Muller et Gaertner, 2000; Roques et Vallée, 2002; Larman, 2003; OMG, 2003; Ambler, 2004; Blaha et Rumbaugh, 2005], etc.). C'est le diagramme de classe (*class diagram*), considéré comme l'élément central d'UML, qui nous intéresse dans le cadre de ce chapitre. Ce diagramme constitue un formalisme graphique permettant de représenter et de décrire la structure des **objets** d'un système ainsi que leurs propriétés et leurs relations les uns avec les autres. Un objet étant une entité ou un concept présentant un intérêt par rapport au système à modéliser. Par exemple, chacune des références bibliographiques citées dans ce mémoire peut être considérée comme un objet. Un ensemble d'objets partageant les mêmes propriétés forment une **classe d'objets**. Dans notre exemple, on peut identifier plusieurs classes comme la classe *Livre*, la classe *Article*, la classe *Rapport technique*, etc. Les propriétés qui nous permettent de décrire une classe constituent ses **attributs**. La classe *Livre*, par exemple, peut être caractérisée par des attributs tels que l'*auteur*, la *date de publication*, l'*ISBN*, etc. Deux objets (ou classes d'objets) peuvent être reliés par un ou plusieurs **liens** traduisant des connexions physiques ou conceptuelles entre eux. Un groupe de liens qui partagent une structure et une sémantique commune constituent une **association** [Blaha et Rumbaugh, 2005]. Les références que nous citons dans ce document couvrent plusieurs domaines comme la traçabilité, la conception, la qualité des données et ainsi de suite. On peut donc identifier une association d'appartenance entre la classe *Domaine* et la classe *Livre*. Cette association, nommée *appartenir*, traduit le fait qu'un livre peut appartenir à un domaine voire à plusieurs domaines.

Les quelques éléments de base du langage UML que nous venons d'introduire sont modélisés à travers la Figure 9.4.

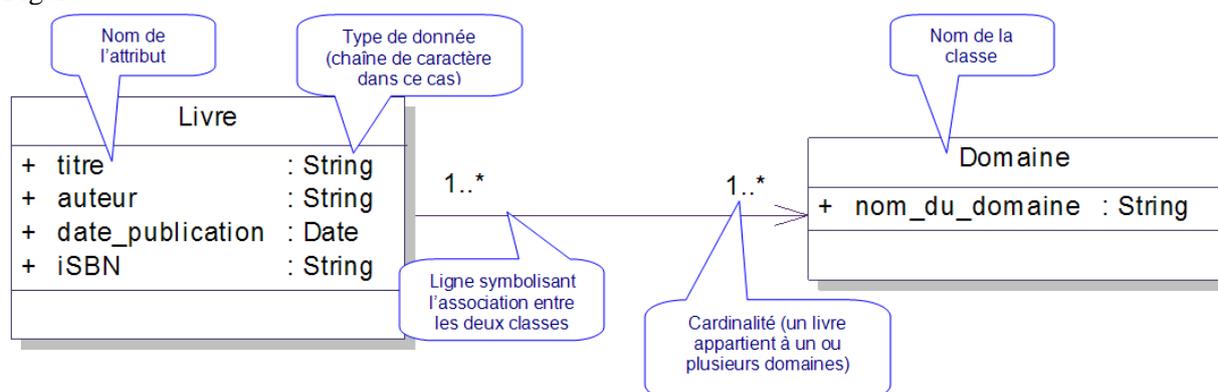


Figure 9.4 – Illustration des notations de base d'un diagramme de classe UML

Comme le montre la Figure 9.4, la cardinalité $1..*$ du côté de la classe *Domaine* suppose qu'un livre peut appartenir à plusieurs domaines à la fois. Au fur et à mesure de l'élaboration de notre modèle, nous reviendrons sur ces notions et nous en introduirons d'autres tout en tâchant d'expliquer la signification des différents formalismes employés afin de permettre au lecteur non habitué de suivre, sans difficulté, notre raisonnement. Notons que les formalismes employés dans ce document sont conformes aux spécifications du standard UML 2.0, version améliorée et approuvée en 2004.

D'après l'ouvrage de référence [Blaha et Rumbaugh, 2005], pour construire un diagramme de classes UML, la démarche à suivre comporte principalement les étapes suivantes :

- ❑ Identifier les classes.
- ❑ Préparer un dictionnaire de données qui définit l'ensemble des termes utilisés.
- ❑ Identifier les associations.
- ❑ Identifier les attributs des objets et les liens.
- ❑ Organiser et simplifier les classes en utilisant l'héritage¹²³.

¹²² L'OMG (Object Management Group) est une association à but non lucratif créée en 1989 afin de promouvoir et normaliser l'approche de modélisation orientée objet. C'est elle qui est à l'origine d'UML et qui en assure l'amélioration et l'évolution (www.omg.org).

- ❑ Vérifier que tous les chemins d'accès existent pour les requêtes probables.
- ❑ Itérer et affiner le modèle.
- ❑ Réexaminer le niveau d'abstraction.
- ❑ Regrouper les classes en packages; c'est-à-dire des regroupements de classes traitant d'un même thème.

C'est cette démarche classique, préconisée par d'autres références spécialisées dans la modélisation des systèmes d'information, que nous avons suivie pour construire notre modèle. Mais pour en présenter les résultats dans ce mémoire, nous procédons d'une manière plus didactique permettant de bien justifier la pertinence des éléments retenus et expliquer leur intérêt par rapport à la traçabilité. Ainsi, au lieu de commencer par identifier toutes les classes, puis les associations, les attributs, et ainsi de suite, nous allons expliquer progressivement des portions complètes de notre modèle avant de les agencer ensemble pour obtenir le modèle final. Cette façon de faire constitue, à notre sens, le meilleur moyen de permettre au lecteur de suivre la logique de notre raisonnement et de bien saisir le sens du formalisme employé, *a fortiori* s'il n'est pas habitué au langage UML.

Si nous avons choisi l'utilisation du diagramme de classes UML, c'est en raison d'un ensemble de considérations qui le distinguent des autres langages de modélisation. En effet, UML est un langage de modélisation qui tend à devenir, s'il ne l'est déjà, un standard aussi bien dans le monde scientifique qu'auprès des praticiens. En comparaison avec ses *cousins*, le modèle *Entité-Association* de Chen et le *modèle conceptuel de données* de Merise, le diagramme de classes UML est plus riche grâce à la prise en compte des aspects tels que l'héritage et la généralisation. C'est pour cela qu'UML est considéré comme un langage de modélisation plus expressif que ses homologues [Song et al., 2006].

Avant d'entamer la construction, proprement dite, de notre modèle, nous allons essayer de mettre en évidence les différentes manières dont les données de traçabilité sont classifiées à travers la littérature. Nous proposerons ensuite notre propre catégorisation qui nous servira de repère dans le cadre de l'élaboration du modèle.

3. Quelles données pour la traçabilité ?

Les différentes données qu'un ST doit manipuler à travers ses fonctions techniques (acquisition, mémorisation, restitution et communication) peuvent être classifiées selon différents critères. En parcourant la littérature, nous avons pu identifier diverses manières de catégoriser ces données. Le Tableau 9.2 en donne un aperçu.

Références	Critère de classification	Types de données de traçabilité
[Van Dorp, 2004]	Les données sont classées selon les propriétés des objets qu'elles décrivent	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Les propriétés inhérentes aux produits. ◆ Les propriétés assignées par le process dans lequel ils sont fabriqués. ◆ Les propriétés des moyens de production utilisés. ◆ Les propriétés liées à la provenance et l'origine. ◆ Les liens entre ces propriétés.
	Selon le caractère statique ou dynamique des données	<ul style="list-style-type: none"> ◆ <i>Standing data</i> : Données qui restent relativement stables (statiques) comme les noms des clients, les machines, etc. ◆ <i>Transaction data</i> : Données créées dynamiquement avec le flux de produits (commandes, mouvements de stocks, etc.). ◆ <i>Associative data</i> : Données qui décrivent la diversité des liens possibles entre les différents types de données (<i>standing transaction</i> et autres <i>associative</i>). Ex : nomenclature de produits.

¹²³ L'héritage est une relation hiérarchique entre une superclasse et une sous-classe qui en hérite les propriétés.

Références	Critère de classification	Types de données de traçabilité
[Töyrylä, 1999]	Selon le caractère statique ou dynamique des données	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Objets statiques : Données stables et utilisables sur des périodes relativement longues ; ◆ Objets dynamiques : Données créées dans le système d'information puis supprimées ultérieurement en fonction des mouvements des produits.
[Moe, 1998]	Selon les objets sur lesquels portent les données	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Données sur les produits (type, identité, propriétés, etc.) ; ◆ Données sur les flux de produits (poids, volume, etc.) ◆ Données sur le process (types, paramètres opératoires, etc.).
[GS1, 2005]	Les données sont classées selon «les 5 W»	<ul style="list-style-type: none"> ◆ <i>Who</i> (qui) : Acteurs impliqués dans la manipulation des produits, ◆ <i>Where</i> (où) : Localisation des produits tracés. ◆ <i>When</i> (quand) : Date / heure des événements subis par les produits. ◆ <i>What</i> (quoi) : Les produits tracés. ◆ <i>What happened</i> (que s'est-il passé) : Processus et événements subis par les produits.
	Selon le caractère statique ou dynamique des données	<ul style="list-style-type: none"> ◆ <i>Master Data</i> : Données constantes et indépendantes des transactions. ◆ <i>Transaction Data</i> : Données qui sont créées en fonction des événements accompagnant le flux de produits.
	Selon leur degré de véracité	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Données planifiées. ◆ Données prévues. ◆ Données réelles.
[Opara, 2003]	Selon les objets sur lesquels portent les données	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Traçabilité de produit. ◆ Traçabilité de process. ◆ Traçabilité génétique¹²⁴ (origine des graines et sperme utilisé pour la production de la matière première). ◆ Traçabilité des intrants (fertilisants, eau d'irrigation, alimentation animale...). ◆ Traçabilité des maladies. ◆ Traçabilité des mesures (métrologie et enregistrement des conditions des mesures).

Tableau 9.2 - Quelques manières de catégoriser les données de traçabilité d'après la littérature

A l'image des exemples présentés dans le Tableau 9.2, les données de traçabilité sont généralement classées en fonction des objets qu'elles décrivent (produits, opérations, acteurs...) et en fonction de leurs aspects statique ou dynamique. D'autres critères de classification peuvent être rencontrés. On peut citer, par exemple, le standard canadien Can-Trace [Can-Trace, 2006] qui définit trois types de données de traçabilité échangées à l'échelle d'une chaîne logistique:

- ❑ Données à recueillir (*collect data*) : C'est-à-dire celles que les acteurs d'une chaîne logistique doivent obtenir des partenaires concernés au sein de cette chaîne.
- ❑ Données à conserver (*keep data*) : Il s'agit des données que chaque acteur de la chaîne doit conserver au sein de son organisation.
- ❑ Données à partager (*share data*) : C'est-à-dire celles que chaque acteur de la chaîne doit transmettre à ses partenaires.

¹²⁴ C'est le 45^{ème} type de traçabilité que nous citons dans ce mémoire.

Compte tenu de cet état de l'art, de notre travail sur le terrain et des besoins de modélisation, nous proposons d'adopter une classification des données de traçabilité selon trois axes. Le premier axe concerne les **objets décrits**, le deuxième porte sur la **variabilité des données** qui traduit leur caractère statique ou dynamique et le troisième axe s'intéresse au **caractère privé ou public** des données. Comme indiqué dans la Figure 9.5, au sein de chaque axe, on distingue différentes catégories de données.

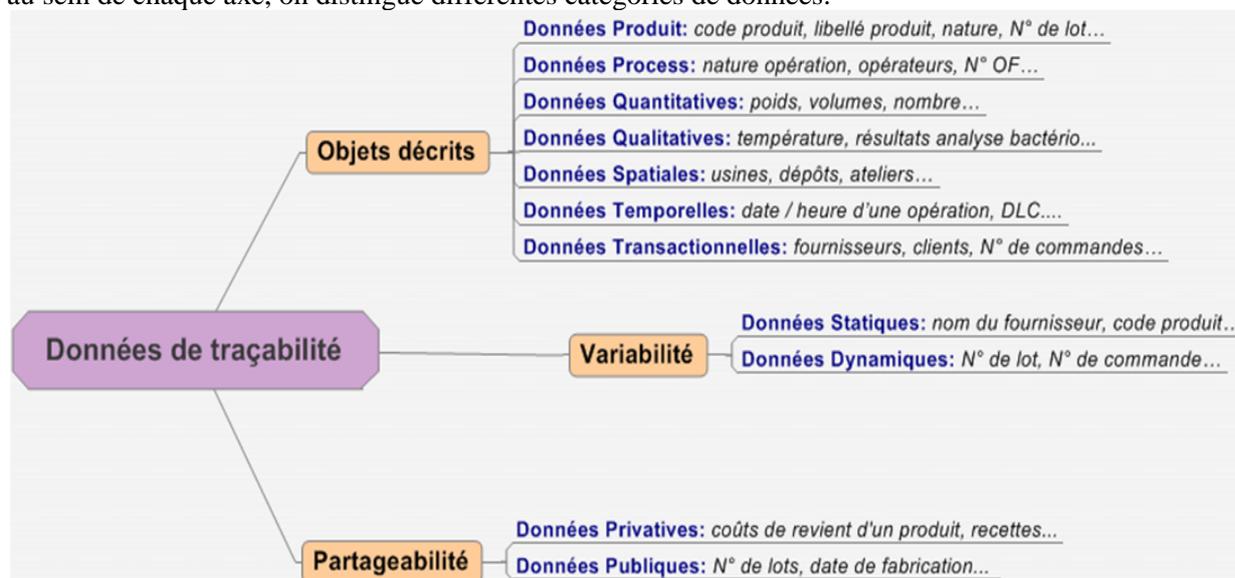


Figure 9.5 - Notre classification des données de traçabilité selon trois axes

Le premier axe de la classification que nous proposons fait référence à ce sur quoi les données de traçabilité portent. Dans ce cadre nous avons défini les huit classes de données suivantes :

- ❑ Des **données produit** qui décrivent les différents attributs intrinsèques aux produits en question.
- ❑ Des **données process** qui portent sur les opérations de fabrication et les paramètres associés.
- ❑ Des **données quantitatives** qui renseignent sur les poids, les volumes ou le nombre de produits concernés par une opération, un événement ou une transaction donnés.
- ❑ Des **données qualitatives** qui décrivent les attributs de qualité des produits tracés et renseignent sur la conformité de ces derniers par rapport à d'éventuels normes ou exigences particulières.
- ❑ Des **données spatiales** qui portent sur la localisation des produits et le lieu où ils ont fait l'objet d'opérations ou d'événements donnés.
- ❑ Des **données transactionnelles** qui décrivent les transactions effectués sur les produits tracés telles qu'un achat, une vente ou une sous-traitance.

Notre second axe de classification sert à distinguer les données selon leur variabilité dans le temps. D'une part, nous avons des données plutôt **statiques** dans la mesure où elles restent relativement invariables quelque soient la fréquence des opérations de fabrication et le volume des produits fabriqués. Le code permettant d'identifier un article, par exemple, est une donnée statique car il reste le même tant que l'article en question existe. D'autre part, nous avons des données qualifiées de **dynamiques** qui prennent des valeurs différentes en fonction de la fréquence des opérations, des événements et des transactions subis par les produits. Un numéro de lot, un numéro de commande ou un ordre de fabrication en font partie.

Le troisième axe de classification que nous avons retenu trouve particulièrement son intérêt dans le contexte d'un ST inter-entreprises en permettant de distinguer les **données publiques**, communicables à des tiers, des **données privatives** qui doivent rester à l'intérieur de l'entreprise compte tenu de leur caractère confidentiel. Généralement toutes les données de nature économique (coût de revient par exemple) et celles qui portent sur les recettes de fabrication sont considérées comme données privatives. En revanche, des données quantitatives, spatiales ou temporelles peuvent en général être transmises, sans crainte, à des partenaires externes.

Le Cas d'étude 9.1 illustre cette classification à travers un exemple de recherche de données de traçabilité chez Arrivé.

Cas d'étude 9.1

Dans la Figure 9.6, nous avons un cas réel de recherche de traçabilité à travers lequel nous illustrons la classification proposée ci-dessus. Les données qui y figurent correspondent aux résultats d'une requête que nous avons faite, via le ST de la société Arrivé, à propos de la traçabilité aval des produits appartenant au lot 706316964395.

N° de Lot	Code Produit	Libellé Produit	DLC	Date Livraison	Atelier	NB Colis	N° Client	Libellé Client	N° Commande	Prix	Devise
706316964395	00003072	COQ AILE EPIC S.KEB230G MC SAC	8/14/2007	31/07/2007	0580	1	21110250	XXXXXXXX	01 572379 003	xxx	€
706316964395	00003072	COQ AILE EPIC S.KEB230G MC SAC	8/14/2007	31/07/2007	05MX	2	21110400	XXXXXXXX	01 572482 001	xxx	€
706316964395	00003072	COQ AILE EPIC S.KEB230G MC SAC	8/14/2007	01/08/2007	0580	1	21110800	XXXXXXXX	01 572360 010	xxx	€
706316964395	00003072	COQ AILE EPIC S.KEB230G MC SAC	8/14/2007	01/08/2007	0590	3	21111080	XXXXXXXX	01 572372 004	xxx	€
706316964395	00003072	COQ AILE EPIC S.KEB230G MC SAC	8/14/2007	01/08/2007	0580	1	54571100	XXXXXXXX	01 572149 008	xxx	€

Figure 9.6 - Copie d'écran illustrant les différentes classes de données de traçabilité sur un cas réel

Après avoir mis en évidence la diversité des données de traçabilité et tenté d'en proposer un cadre de classification plus exhaustif, nous allons voir comment ces données sont structurées et reliées les unes avec les autres à travers le modèle générique que nous allons construire.

4. Construction du modèle de données de traçabilité

En nous appuyant sur la classification des données proposée ci-dessus et sur la littérature, et en procédant par une approche inductive à partir de notre terrain de recherche, nous avons identifié 25 classes d'objets (au sens d'UML) qui vont composer notre modèle. Nous les introduisons au fur et à mesure tout en définissant leurs attributs et leurs associations les unes avec les autres. Quand nous jugeons cela nécessaire, nous définissons à bon escient certains concepts employés et nous utilisons des exemples réels pour illustrer nos propos.

Remarque importante

Il ne s'agit pas d'un modèle de système de gestion des données techniques (SGDT), mais d'un modèle de traçabilité. A ce titre, ne seront prises en compte que les données qui présentent un intérêt en matière de traçabilité des flux de produits.

4.1. La traçabilité des caractéristiques des articles

Nous avons défini précédemment un ST comme étant un dispositif dont la finalité est de reconstituer totalement ou partiellement le cycle de vie d'un produit. Sa mission, que nous avons traduite sous forme de fonctions de service, peut être résumée par la mise des données de traçabilité des produits à la disposition de ses différents bénéficiaires. Afin d'achever cette mission, et répondre aux besoins de ses bénéficiaires, nous avons défini et caractérisé un ensemble de fonctions techniques que le ST doit réaliser. Au centre de ces différentes fonctions de service et fonctions techniques, se trouve le terme récurrent «**produit**» qui constitue, à ce titre, l'objet principal du ST. Pour des besoins de genericité et afin d'éviter des confusions induites par l'opposition classique entre *matière première* et *produit*, nous utilisons dorénavant le terme **article** (Cf. Définition 9.1).

Définition 9.1 - Article

Un article désigne toute substance ou entité physique pouvant être produite, transformée, déplacée, stockée, contrôlée, réceptionnée ou expédiée au sein d'une chaîne logistique.

Dans le secteur agroalimentaire, plusieurs catégories d'articles peuvent être distinguées : des intrants (matières premières, ingrédients et matériaux d'emballage), des articles en cours de fabrication, des articles semi-finis, des articles finis, des coproduits et des sous-produits.

Au sens d'UML, l'*Article* est la première classe d'objet de notre modèle de données. Des matières premières, des ingrédients et des produits finis en constituent des instances. Un article peut être décrit par le biais d'un ensemble de propriétés ou attributs dont les valeurs permettent de différencier les différents objets de cette classe. Dans notre modèle, nous retenons les six attributs suivants qui peuvent s'appliquer à différents contextes de production de denrées alimentaires :

- ❑ **Code de l'article** : Une série de caractères numériques ou alphanumériques destinés à identifier les différents articles gérés dans le système d'information. On l'appelle aussi la référence de l'article. Le standard GTIN (Cf. Chapitre VIII - § 4.2.1) peut être adopté à cette fin.
- ❑ **Libellé de l'article** : C'est la désignation ou le nom de l'article.
- ❑ **Durée de vie** : C'est la durée au bout de laquelle l'article en question ne peut plus être consommé ou utilisé à des fins prévues dans le cadre d'un usage normal. C'est par rapport à cet attribut que la DLC ou la DLUO des produits sont calculées.
- ❑ **Unité principale** : L'une des propriétés des industries agroalimentaires réside dans l'utilisation de plusieurs unités de mesure. Par exemple, un lot de cuisses de poulet peut être caractérisé par son poids (200 Kg) ou par le nombre d'unités dont il est composé (1320 cuisses). L'unité principale correspond à l'unité utilisée en priorité pour mesurer la quantité de l'article (exemple : Kg, litre, nombre d'unités...).
- ❑ **Unité secondaire** : C'est l'unité de mesure utilisée en second lieu pour mesurer la quantité de l'article.

Remarque : Dans certains contextes, on peut avoir affaire à des unités de mesure tertiaires voire quaternaires. Par exemple, la quantité d'un lot d'une boisson gazeuse conditionnée en canettes peut être mesurée en nombre de canettes, en litres et en Kg. Pour que notre modèle reste assez simple et générique, nous nous limitons aux unités principales et aux unités secondaires.

Le formalisme UML utilisé pour modéliser la classe *Article* est présenté dans la Figure 9.7.

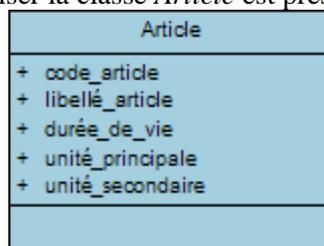


Figure 9.7 – Modèle UML de la classe Article

Au niveau du système d'information qui gère les données de traçabilité, le premier attribut de la classe ci-dessus (*code_article*) constitue l'identifiant de cette classe dans la mesure où il permet de distinguer entre les différents articles gérés. Pour faire le lien avec la classification des données de traçabilité présentée dans la section précédente, on peut constater que tous les attributs décrivant la classe *Article* constituent des données statiques. C'est-à-dire qu'au niveau du système d'information, les données associées à un article ne changent pas en fonction des lots fabriqués comme l'illustre le Cas d'étude 9.2.

Cas d'étude 9.2

Au niveau de la société Arrivé, un exemple d'article est le *poulet Label noir de marque Saint Sever conditionné en barquette*. Voici la liste des attributs caractérisant cet article:

- Code_article : 03102028
- Libellé_article : poulet Label noir de marque Saint Sever conditionné en barquette
- Durée_de_vie : 9 jours

- Unité_principale : *UN* (c'est-à-dire le nombre d'unités)

- Unité_secondaire : *Kg*

Le caractère statique de ces données réside dans le fait que quelque soit la bande dont sont issus les poulets en question, les attributs ci-dessus ne changent pas.

Bien entendu, dans le système de gestion des données techniques de la société Arrivé, il y a beaucoup plus d'attributs qui caractérisent cet article (ex. date de création, famille, responsable...) mais, comme nous l'avons déjà souligné, nous ne retenons que ceux qui ont un intérêt par rapport à la traçabilité.

Nous avons vu que l'utilisation la plus connue d'un ST est de pouvoir rappeler ou retirer du marché les produits qui s'avèrent non-conformes. Pour effectuer un rappel/retrait ciblé, il faut, en plus de connaître l'identité de l'article en question, pouvoir déterminer le(s) **lot(s)** concerné(s).

4.2. La traçabilité des lots de produits

La première fonction technique du ST que nous avons mise en évidence porte sur la création des lots de produits (Cf. Chapitre VIII - § 4.1). Dans ce cadre nous avons retenu la définition proposée par l'article R112-5 du code de la consommation (France) qui décrit un lot de fabrication comme *un ensemble d'unités de vente d'une denrée alimentaire qui a été produite, fabriquée ou conditionnée dans des circonstances identiques*. Pour ne pas se limiter aux unités de vente (produits finis) et être aussi générique que possible, nous adaptons cette définition comme suit (Cf. Définition 9.2).

Définition 9.2 - Lot

Un lot est un regroupement d'articles qui sont produits, fabriqués, transformés ou conditionnés dans des circonstances identiques.

Le premier attribut qui vient à l'esprit quand on évoque un lot, c'est, bien sûr, le fameux **numéro de lot** auquel nous avons fait référence à travers la fonction technique FT2 (Cf. Chapitre VIII - § 4.2) en parlant des *identifiants des lots de produits*. Un lot est caractérisé aussi par sa **date de création**, et dans le cas d'entreprises qui en produisent plusieurs par jour, il est aussi intéressant de connaître l'**heure** à laquelle chaque lot est créé. De par leur périssabilité, la plupart des produits alimentaires sont sujets à des contrôles visant à s'assurer de leur conformité aux exigences en vigueur notamment en termes de qualité. On peut donc affecter à un lot différents **statuts** tels que : *conforme, en quarantaine, en attente des résultats des analyses*, etc.

Dans un processus typique de fabrication de produits alimentaires (Cf. Figure 1.2), nous avons des lots des intrants (matières premières, ingrédients, etc.) qui subissent différentes opérations pour aboutir à des produits finis. Au cours de ces opérations de nouveaux lots de produits semi-finis et finis sont créés. En vertu de la traçabilité ascendante, il est possible de remonter d'un lot de produits finis jusqu'aux lots des intrants correspondants. Or, parmi les dysfonctionnements typiques d'un ST que nous avons définis (Cf. Chapitre III – Section 2), figurent les ruptures de traçabilité qui empêchent de faire ce lien. Pour palier, en partie, à ce problème, notre expérience sur le terrain nous suggère d'utiliser un autre attribut, pour caractériser la classe *Lot*, que nous nommons **lot de référence** et qui correspond au lot *père* du lot en question. Expliquons ceci par un exemple. Soit un lot de poulets qui va être découpé pour produire, entre autres, des cuisses qui vont être marinées dans une sauce puis cuites et ensuite conditionnées pour aboutir à des produits finis destinés aux consommateurs. Conformément à la définition précédente, un lot est créé à l'issue de chaque opération comme illustré par la Figure 9.8.

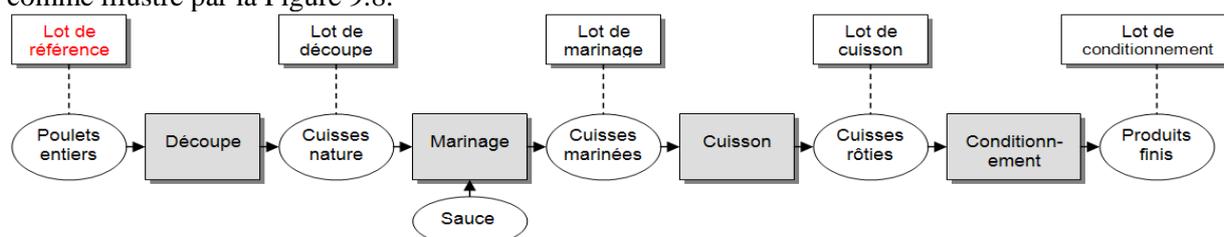


Figure 9.8 – Illustration de la notion de *lot de référence*

Dans cet exemple, les cuisses de poulets conditionnées constituent une instance de la classe *Lot* (appelons le lot *L100*) qui va être caractérisé, entre autres attributs, par le N° de lot de référence dont elles sont issues ; c'est-à-dire celui des poulets entiers de départ. En termes de recherche des données de traçabilité, cela engendre plusieurs avantages :

- ❑ Contourner d'éventuelles ruptures de traçabilité : Sans cet attribut, pour déterminer le lot auquel appartiennent les poulets il faut procéder par une traçabilité ascendante selon le principe de cascade. C'est-à-dire, partir de l'opération de conditionnement, identifier le lot entrant dans cette opération, identifier l'opération dont ce dernier est issu et ainsi de suite jusqu'à ce qu'on arrive au lot de poulets entiers. S'il y a une rupture de traçabilité (Cf. Figure 3.7) entre le marinage et la cuisson par exemple, il est impossible de remonter jusqu'au lot de poulets de départ. L'utilisation de ce dernier comme attribut du lot des produits finis permet de contourner ce problème.
- ❑ Rapidité de réponse aux requêtes de traçabilité : Comme signalé ci-dessus, le fait d'utiliser le N° de lot *père* comme attribut des différents lots *filis*, permet d'y accéder directement sans être obligé de parcourir tout le process.
- ❑ Facilité de faire des recherches de traçabilité descendante : S'il s'avère que le lot des poulets entiers est impropre à la consommation, il est possible d'identifier tous les lots de produits intermédiaires et des produits finis qui en sont issus sans être obligé de descendre tout le process étape par étape. Informatiquement, cela consiste à faire une recherche sur tous les lots ayant comme attribut le lot de référence en question.

A travers la Figure 9.9, nous présentons le formalisme UML utilisé pour la modélisation de la classe *Lot*. Par convention, nous utilisons des rectangles clairs pour représenter les classes statiques (ex. *Article*) et des rectangles foncés pour les classes dynamiques (ex. *Lot*).

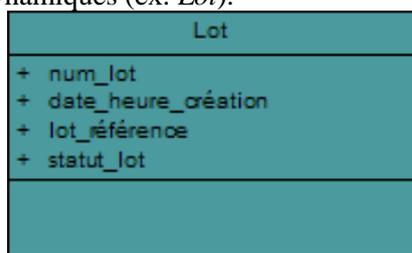


Figure 9.9 – Modèle UML de la classe *Lot*

L'exemple de la Figure 9.8 qui nous a permis d'expliquer la notion de *lot de référence* est en réalité très simple et ne représente pas les différents cas de figure que l'on peut rencontrer sur le terrain. En effet, nous avons supposé qu'il n'y a qu'un seul lot de départ (celui des poulets entiers), ce qui n'est pas toujours le cas. Par exemple, dans un processus de fabrication de plats cuisinés faisant intervenir des dizaines d'ingrédients qui appartiennent à plusieurs lots, lequel de ces lots faut-il choisir comme lot de référence ?

Pour répondre à cette question, ce que nous préconisons c'est de faire le choix sur la base du composant le plus sensible sur le plan biochimique comme la viande, le poisson ou les œufs. Au cas où plusieurs articles présentent le même degré de sensibilité, on peut favoriser celui qui est utilisé en plus grande quantité. Notons également qu'un lot de référence ne correspond pas forcément à un intrant. Il peut aussi correspondre à un produit intermédiaire comme une sauce dans le cas des plats cuisinés cité auparavant.

Dans le processus de production de chaque article, on peut définir une opération (ou une étape) au niveau de laquelle le lot de référence est créé. Dans l'exemple de la Figure 9.8, le lot de référence de l'article *cuisses de poulet* a été créé suite à l'opération d'abattage des poulets. Cette opération, que nous appelons **origine du lot de référence**, constitue donc un attribut supplémentaire pour la classe *Article* (Cf. Figure 9.10). Prenons un autre exemple en supposant que nous avons affaire à un processus de fabrication de pizzas qui consiste à effectuer un assemblage d'un lot de pâte, d'un lot de tomates, d'un lot de fromage et d'un lot de sauce. Si nous choisissons ce dernier comme le lot de référence (parce que c'est le composant le plus périssable), alors l'**origine du lot de référence** pour la pizza en question est l'opération de fabrication de cette sauce.

4.3. La notion d'Unité de Ressource Traçable

Partant de la Définition 9.2, un lot peut contenir plusieurs articles notamment dans le cas où celui-ci est créé suite à une opération de désassemblage. Par exemple, à l'issue d'une découpe de poulets, on a plusieurs

articles (tels que les cuisses, les escalopes et les ailes) qui sont produits dans des conditions identiques, donc qui appartiennent au même lot. De même un article peut appartenir à plusieurs lots fabriqués à des dates et dans des circonstances différentes. La combinaison d'un article et d'un lot correspond à la notion d'**URT (Unité de Ressource Traçable - Traceable Ressource Unit)** proposée par Kim [Kim, 1999] (Cf. Chapitre V - § 4.2.2) et que nous définissons comme suit (Cf. Définition 9.3).

Définition 9.3 – Unité de Ressource Traçable (URT)

Une unité de ressource traçable (URT) est un article particulier (ou une instance) appartenant à un lot qui peut contenir plusieurs articles.

Cette définition montre clairement qu'une URT correspond à un seul article et qu'un lot peut contenir plusieurs URT. A l'instar des autres classes, la classe *URT* peut être caractérisée par un certain nombre d'attributs qui traduisent ses propriétés intrinsèques et qui constituent des données de traçabilité pertinentes. Dans l'exemple précédent (Cf. § 4.2), les cuisses de poulets issues du lot *L100* constituent une URT qui peut avoir *le taux de matière grasse* comme attribut. Ce dernier ne peut pas s'appliquer à la classe *Lot* étant donné que tous ses composants ne sont pas forcément concernés, ni à la classe *Article* qui est une classe plutôt abstraite.

Vue la multitude des articles manipulés par les différents acteurs de la chaîne alimentaire, il est impossible de définir une liste de propriétés génériques qui s'applique à tous les contextes. Par exemple, dans le cas de produits à base de viandes, la date d'abattage est une propriété incontournable à suivre par le ST. Pour les produits congelés, la date de congélation a une importance particulière. Dans le cas de produits faisant l'objet de contrôles physicochimiques particuliers, on favorisera les résultats de ces contrôles ; et ainsi de suite. Par rapport à la classification que nous avons proposée précédemment (Cf. Figure 9.5) ces propriétés s'inscrivent notamment dans la catégorie des données qualitatives. Afin de rester générique, le seul attribut qui nous semble commun à tous les produits alimentaires, et qui constitue une donnée de traçabilité importante, est la **DLC** (ou la **DLUO**). Mais pour des fins didactiques, nous avons ajouté trois autres attributs que nous nommons arbitrairement *propriété_1*, *propriété_2* et *propriété_n*.

Pour modéliser les liens entre les URT, les articles et les lots, nous faisons appel à deux types d'associations (au sens d'UML) qui sont implicitement traduites par la Définition 9.3. Comme le montre la Figure 9.10, entre la classe *Article* et la classe *URT*, nous avons une association simple de correspondance qui stipule qu'une URT correspond à un seul article (1..1) et qu'un article peut correspondre à plusieurs URT (0..*). De l'autre côté, nous avons une association de *composition*, symbolisée par un losange plein, entre la classe *Lot* et la classe *URT*. Cette association signifie qu'un lot est composé d'une ou plusieurs URT et qu'une URT ne peut faire partie que d'un seul lot.

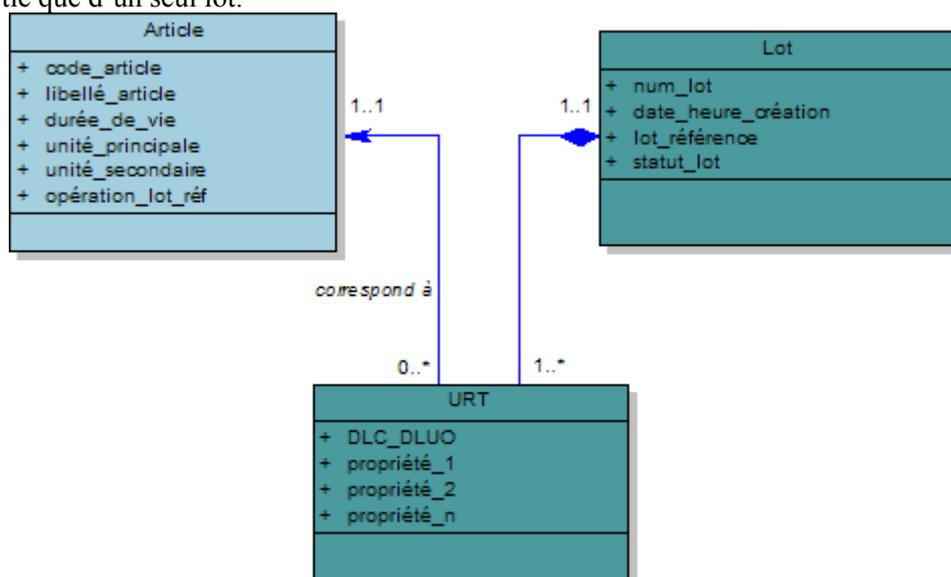


Figure 9.10 – Modélisation de l'Unité de Ressource Traçable

Le « 0 » de la cardinalité $0..*$ située du côté de la classe *URT*, signifie qu'un article peut ne correspondre à aucune URT. C'est le cas, par exemple, quand un article est créé informatiquement dans la base de données techniques de l'entreprise, mais qui n'a pas encore d'existence physique.

Si nous reprenons notre exemple de tout à l'heure, on peut constater que l'URT *cuisses de poulet issues du lot L100* possède à la fois les propriétés du lot *L100* (N° de lot, statut du lot...) et aussi les propriétés de l'article *cuisses de poulet* (code, durée de vie...). Dans le langage UML, on dit que la classe URT **hérite** des attributs de la classe *Article* et de la classe *Lot*. Pour en rendre compte, nous utilisons le concept d'*héritage multiple* employé dans la modélisation UML pour décrire le cas où une classe (appelée *sous-classe*) hérite des attributs de plusieurs autres classes (appelées *super-classes*). C'est ce que montre la Figure 9.11.

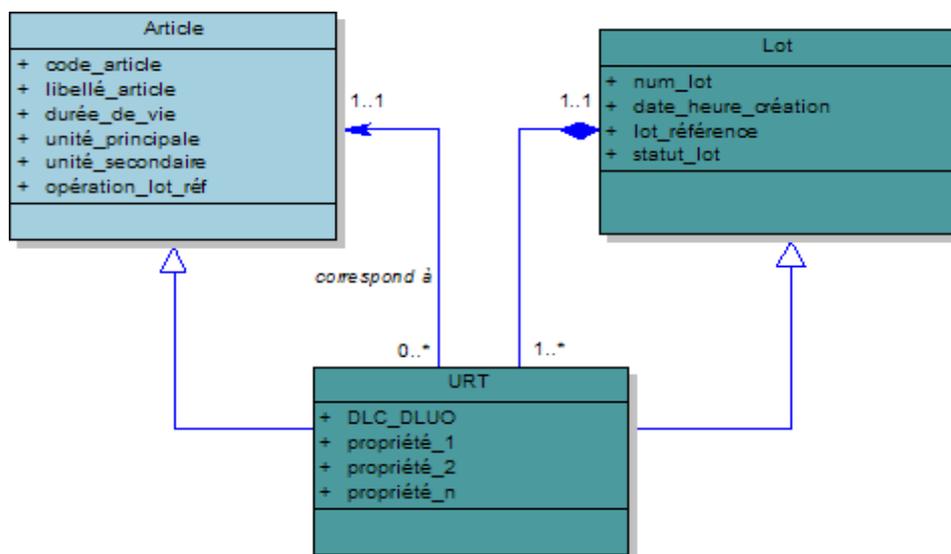


Figure 9.11 – Modélisation de l'héritage entre l'URT d'une part et l'article et le lot d'autre part

En plus des attributs propres à la classe *URT* comme la DLC, le lien d'héritage implique que cette sous-classe hérite automatiquement des attributs de ses deux super-classes. C'est pour cette raison qu'il n'est pas nécessaire de les reprendre au niveau du rectangle représentant la sous-classe.

Lorsqu'une entreprise fait appel à son ST, c'est pour obtenir des informations utiles à l'action soit dans le cadre de la gestion routinière de la production ou dans des situations de crise nécessitant de cesser la commercialisation de produits dont l'innocuité est mise en cause. Dans ce cas, après avoir identifié les URT concernés, il faut pouvoir les localiser dans les différents locaux de l'entreprise pour les mettre en quarantaine ou les détruire le cas échéant. Il est donc important que le ST puisse déterminer, à tout moment, l'emplacement d'un URT donné. C'est ce que nous allons voir par la suite.

4.4. La traçabilité de l'emplacement des produits

Comme indiqué au niveau de la définition de la traçabilité selon la norme ISO 9000 (Version 2000)¹²⁵, un ST doit permettre de suivre, entre autres, l'emplacement où se trouve un produit donné à un moment donné de son cycle de vie. Afin d'intégrer cette composante à notre modèle, nous considérons le cas général où l'entreprise propriétaire du ST dispose de plusieurs **sites** de production. Dans chaque site, on trouve un ou plusieurs **dépôts** comportant, chacun, un ou plusieurs **emplacements**. La Figure 9.12 illustre ce caractère hiérarchique.

¹²⁵ Aptitude de retrouver l'historique, la mise en œuvre ou l'emplacement de ce qui est examiné

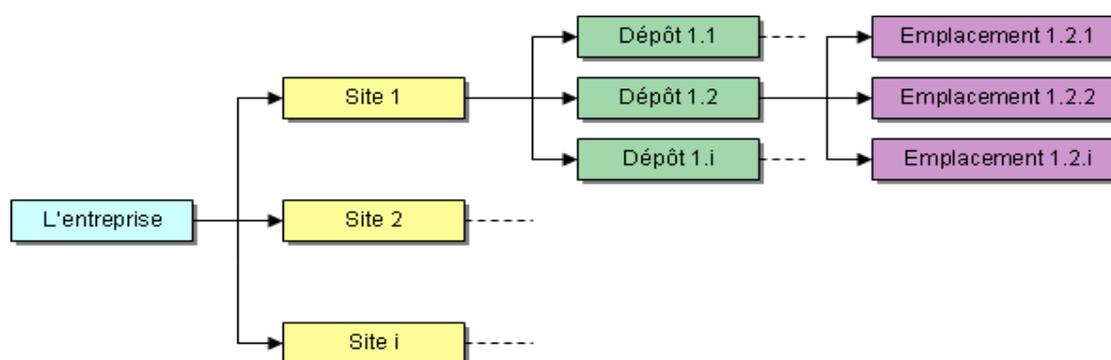


Figure 9.12 – Les liens entre sites, dépôts et emplacements

Dans la terminologie du langage UML, ceci est représenté par une association particulière que l'on appelle *composition* et qui est symbolisée par un trait se terminant avec un losange plein comme le montre la Figure 9.13.

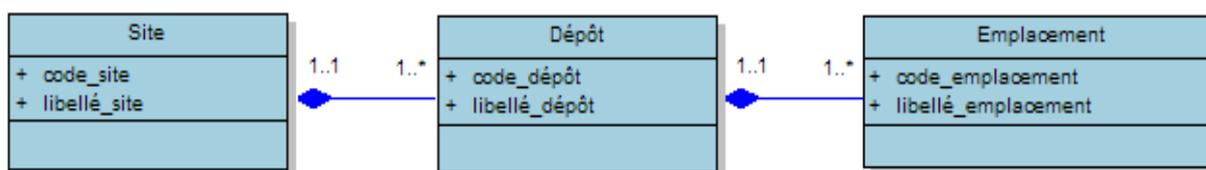


Figure 9.13 – Le formalisme UML des liens entre sites, dépôts et emplacements

Le diagramme UML de la Figure 9.13 se lit ainsi: Un site comporte un ou plusieurs dépôts ($1..*$) et chaque dépôt appartient à un seul site ($1..1$). De même, un dépôt comporte un ou plusieurs emplacements et chaque emplacement appartient à un seul dépôt.

Supposons que nous avons une URT qui correspond à 500Kg de cuisses de poulets issues d'un lot connu. A un moment donné du cycle de vie de cette URT, on peut distinguer trois cas de figure quant à sa localisation:

- ❑ Elle peut être stockée dans un seul emplacement.
- ❑ Elle peut être éclatée en plusieurs portions stockée chacune dans un emplacement donné. Par exemple, 100 Kg dans l'emplacement *E1* qui correspond à un stock tampon dans l'attente d'une opération de conditionnement ; et le reste dans un autre emplacement *E2* situé dans un autre site où les cuisses en question seront cuites.
- ❑ Elle peut ne se situer dans aucun emplacement au sein de l'entreprise du fait qu'elle est dispatchée chez les clients ou qu'elle a été complètement transformée en d'autres URT.

Sur cette base, on peut identifier une association entre la classe *URT* la classe *Emplacement*. Mais à l'inverse des associations vues jusqu'à présent, il s'agit d'une association particulière dans la mesure où elle est caractérisée par des attributs à l'instar d'une classe. Dans le jargon d'UML, on parle d'une *classe-association*. Comme le montre la Figure 9.14, les attributs en question sont la date et l'heure à laquelle l'URT est stockée dans l'emplacement concerné, la date et l'heure à laquelle elle le quitte, sa quantité principale¹²⁶ et sa quantité secondaire¹²⁷. Rappelons que ces deux dernières correspondent respectivement à l'unité principale et à l'unité secondaire qui sont des attributs de la classe *Article*. Il est aussi important de spécifier le motif pour lequel l'URT est entrée en stock et surtout le motif pour lequel elle en sort (ex. sortie pour vente, sortie pour destruction, retour chez fournisseur, etc.).

¹²⁶ C'est-à-dire la quantité du produit exprimée dans l'unité principale (ex. Kg).

¹²⁷ C'est-à-dire la quantité du produit exprimée dans l'unité secondaire (ex. litres).

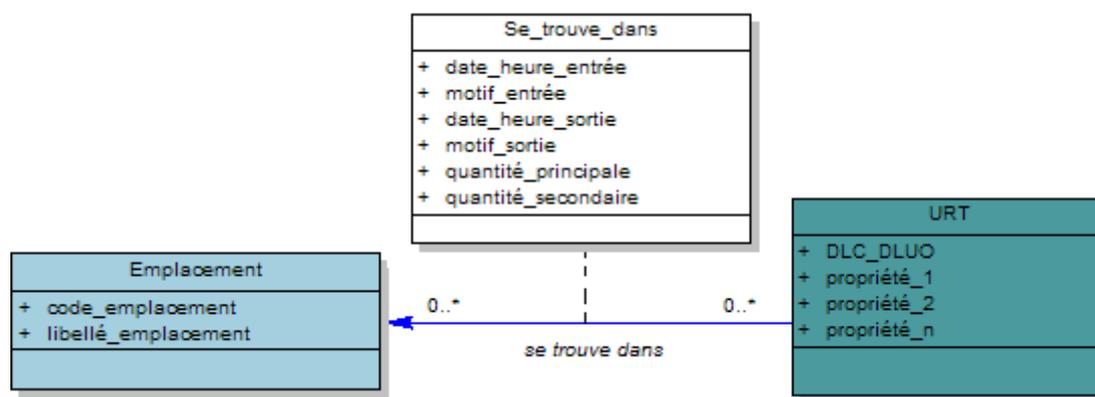


Figure 9.14 – Modélisation du lien entre une URT et son emplacement

L'association *Se_trouve_dans* signifie que l'URT en question est stockée/déstockée dans un emplacement donné à un moment donné, dans une quantité donnée et pour un motif donné. La cardinalité se situant du côté de la classe *Emplacement* (0..*) traduit le fait qu'une URT peut se trouver au même moment dans plusieurs emplacements (ex. 100 bacs de *cuisses de poulet du lot L100* qui sont répartis dans plusieurs emplacements) ou dans aucun emplacement (ex. URT est cours de fabrication ou expédiée chez le client). L'autre cardinalité signifie qu'un emplacement peut contenir plusieurs URT comme il peut n'en contenir aucune (emplacement vide).

Dans ce qui va suivre, nous allons voir que toutes les URT manipulées par une entreprise peuvent être soit **achetées** (ex. matières premières), **produites** (ex. produits semi-finis) ou **vendues** (ex. produits finis).

4.5. La traçabilité de l'origine des produits

Pour faire le lien avec les notions de traçabilité amont, traçabilité interne et traçabilité aval évoquées dans le septième chapitre, nous pouvons constater qu'il est possible de distinguer des URT achetées (amont), des URT produites (interne) et des URT vendues (aval). Ainsi, par exemple, la première fonction de service que nous avons étudiée (FS1)¹²⁸ porte sur l'historique des URT achetées et la troisième fonction de service (FS3)¹²⁹ concerne les URT vendues. On peut donc définir une relation d'héritage entre la classe *URT* d'une part, et trois autres classes qui sont *URT_Achetée*, *URT_Produite* et *URT_Vendue*. La Figure 9.15 montre le formalisme UML correspondant.

Notons que des cas particuliers d'acquisition ou de cessions de produits sans contrepartie financière (ex. dons à des ONG) sont assimilés, ici, respectivement à des achats et des ventes. De ce fait, les notions d'URT achetée et URT vendue restent valables.

La contrainte *{ disjoint }* se situant entre la super-classe *URT* et ses sous-classes signifie qu'une URT donnée à un moment donné ne peut être que soit achetée (ex. matière première), soit produite (ex. produit semi-finis ou produit fini qui n'est pas encore vendu) soit vendue (ex. produit fini expédié au client). Elle ne peut pas avoir à la fois plus d'un de ces trois statuts.

¹²⁸ Mettre les données de traçabilité amont à la disposition des Pouvoirs publics.

¹²⁹ Mettre les données de traçabilité aval à la disposition des Pouvoirs publics.

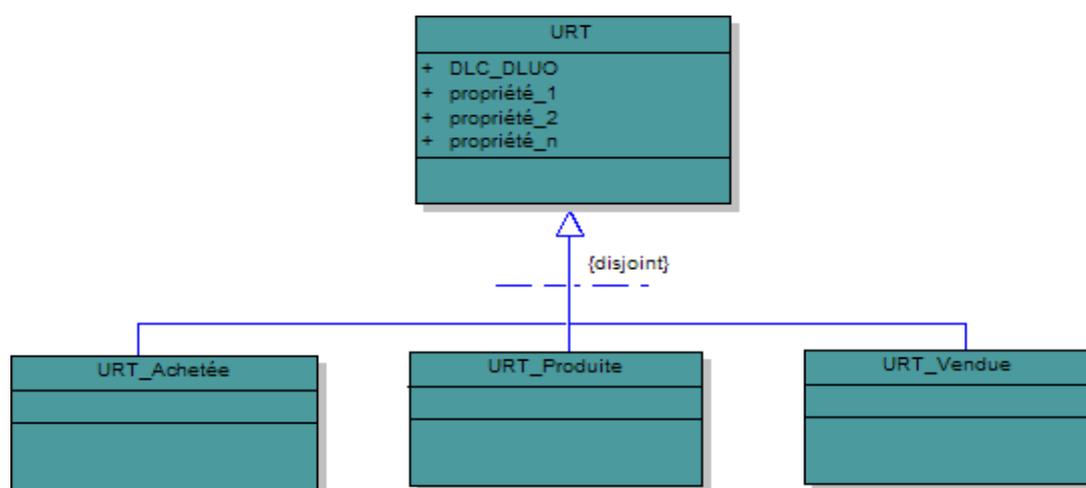


Figure 9.15 – Modélisation des URT achetées, URT produites et URT vendues

Dans un processus classique d’approvisionnement, pour acquérir des intrants (URT achetées), l’entreprise doit passer des **commandes** à ses **fournisseurs** qui lui expédient les articles correspondants. Quand une commande porte sur plusieurs articles, on dit qu’elle est composée de plusieurs **lignes de commandes**.

Pour introduire trois nouvelles classes dans notre modèle, supposons qu’on est dans le contexte d’une entreprise agroalimentaire qui passe une commande à l’un de ses fournisseurs pour s’approvisionner de trois ingrédients comme le poivre, le sel et le paprika. Chacun de ces trois articles constitue une ligne de la commande en question. Pour honorer la première ligne de commande (le poivre), le fournisseur expédie à l’entreprise des sacs qui peuvent être issus d’un ou de plusieurs lots de poivre. Donc, une ligne de commande peut correspondre à une ou plusieurs URT ($1..*$). De même, pour honorer plusieurs lignes de commandes, passées par une ou plusieurs entreprises, le fournisseur peut utiliser des sacs de poivre issus d’une même URT. C’est ce que traduit la Figure 9.16.

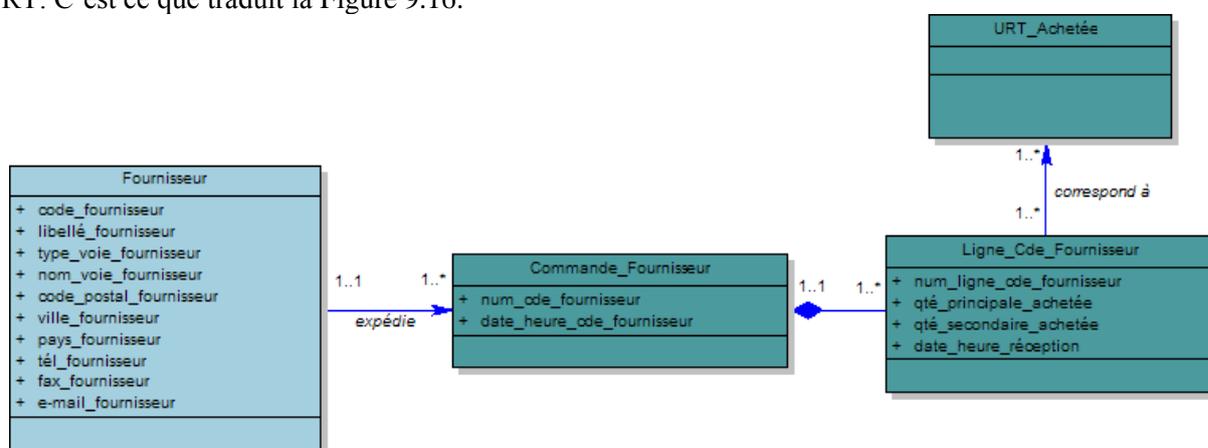


Figure 9.16 – Le lien entre l’URT achetée et le fournisseur

Une ligne de commande passée au fournisseur est caractérisée par son numéro (1, 2, 3, etc.), par la quantité (principale et secondaire) concernée et aussi par la date et l’heure de réception des URT en question. Comme le montre le diagramme de la Figure 9.16, la ligne de commande est reliée par une association de *composition* avec la commande à laquelle elle appartient. Cette dernière classe est décrite par deux attributs qui sont le numéro de commande et la date et l’heure à laquelle cette commande est passée au fournisseur. On aurait pu également associer l’attribut, *date_heure_réception* à cette classe. Mais le fait que les différents composants (lignes) d’une commande peuvent être réceptionnés à des dates différentes justifie le choix d’associer cet attribut plutôt à la ligne de commande. Le reste du diagramme de la Figure 9.16 signifie qu’une commande donnée est passée à un et un seul fournisseur ($1..1$), et qu’un fournisseur peut avoir affaire à plusieurs commandes ($1..*$). Comme il n’est pas très commode d’utiliser des attributs trop longs, nous avons scindé l’adresse du fournisseur en cinq parties : type de voie (rue, avenue...), nom de la voie, code postal, ville et pays. Rappelons que l’adresse du fournisseur fait partie de la première catégorie des données

de traçabilité qu'il est obligatoire de suivre pour être en conformité avec la législation européenne (Cf. Chapitre VII - § 6.1.2).

4.6. La traçabilité de la destination des produits

En adoptant un raisonnement similaire à celui qui nous a permis de faire le lien entre une URT achetée et le fournisseur correspondant, nous obtenons le diagramme UML de la Figure 9.17. Un client passe une ou plusieurs commandes à l'entreprise. Chaque commande est composée d'une ou plusieurs lignes correspondant chacune à un article. Pour honorer une ligne de commande, l'entreprise peut expédier à son client des produits issus d'une ou plusieurs URT. De même, une même URT peut être utilisée pour honorer plusieurs lignes de commandes provenant d'un ou de plusieurs clients.

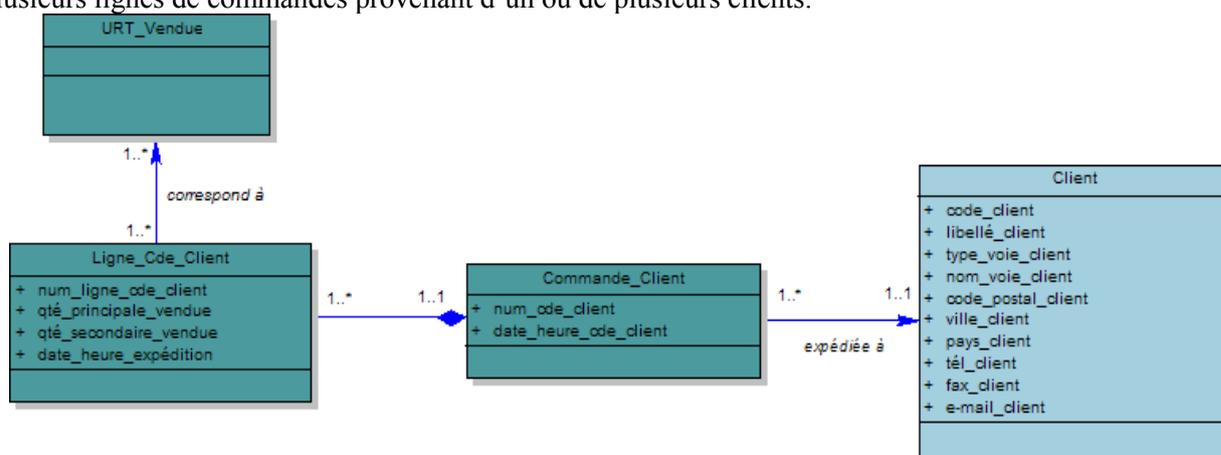


Figure 9.17 – Le lien entre l'URT vendue et le client

Les URT vendues que l'entreprise expédie à ses clients sont le résultat d'un processus de production pouvant impliquer plusieurs opérations. Chacune de ces opérations est déclenchée par un **ordre de production** qui transforme des **URT entrant** en **URT sortant**.

4.7. La traçabilité des opérations de production

Dans le cadre du présent travail de modélisation, nous concevons un processus de production comme une succession d'opérations à travers lesquelles des articles entrants sont traités de manière à produire des articles sortants. Ces opérations peuvent porter, par exemple, sur la découpe, la cuisson, la congélation, la pasteurisation, le marinage, le séchage, le conditionnement, etc. La Définition 9.4 précise ce que nous entendons par le terme *opération*.

Définition 9.4 - Opération

Une opération est une activité menée intentionnellement, dans le cadre d'un processus de production, en vue de modifier l'état ou les caractéristiques d'un article ou d'un groupe d'articles donné.

Comme le stipule la Définition 9.2, l'ensemble des articles issus d'une opération donnée forment un lot.

Comme une opération donnée a généralement lieu plusieurs fois dans des circonstances qui peuvent différer, il est important de pouvoir identifier chaque instance de cette opération. C'est le rôle de l'ordre de production qui est pour une opération ce qu'une URT est pour un article. Le Cas d'étude 9.3 illustre cette analogie.

Cas d'étude 9.3

Le code 06410323 fait référence à l'opération de cuisson de *Chicken Parts Nature* qui peut avoir lieu plusieurs fois par jour dans les locaux de la société Arrivé.

Pour identifier une instance particulière de cette opération, on utilise des ordres de fabrication (OF). Ainsi, l'OF 706416978357 identifie l'opération de cuisson de *Chicken Parts Nature* effectuée le 01 août 2007 à 20h dans l'atelier 0641 du site de Sainte Hermine

Pour rester générique, nous préférons la notion d'*ordre de production* à celle d'*ordre de fabrication* dans la mesure où certaines opérations que subissent les produits ne peuvent pas être qualifiées d'une fabrication proprement dite. Par exemple, quand on découpe un poulet pour obtenir, entre autres, des cuisses, l'expression la plus appropriée est la *production de cuisses* et non pas la *fabrication de cuisses*.

Un ordre de production *consomme* une ou plusieurs URT entrantes (ex. poulets entiers) pour produire une ou plusieurs URT sortantes (ex. cuisses de poulets). Une URT entrante peut être soit une URT achetée (ex. matière première) ou une URT produite (ex. produit semi-fini). Nous avons donc une association d'héritage reliant, d'une part, la classe *URT_Entrant* avec les classes *URT_Achetée* et *URT_Produite* d'autre part. De la même façon, une URT sortant de l'ordre de production est soit une URT vendue (ex. produit fini) ou une URT produite (ex. produit semi-fini). La Figure 9.18 montre le formalisme UML employé pour rendre compte de ses associations.

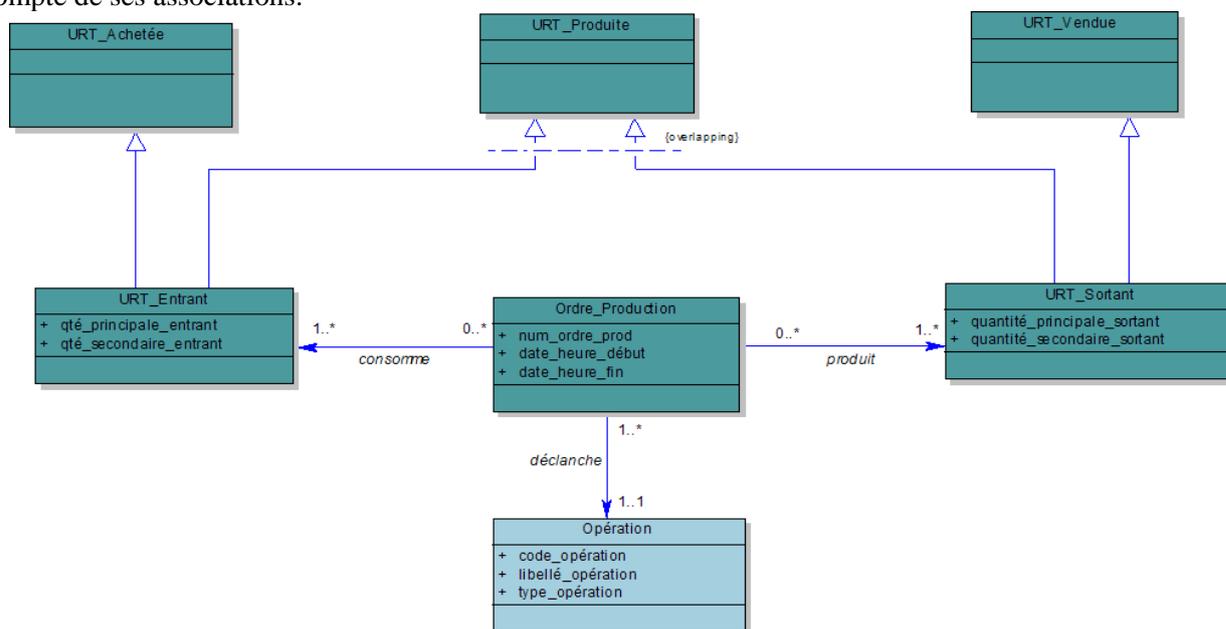


Figure 9.18 – Les liens entre les URT et les opérations qu'elles subissent

A l'inverse de la contrainte *{disjoint}* vue précédemment, la contrainte *{overlapping}* signifie que les sous-classes *URT_Entrant* et *URT_Sortant* peuvent avoir des instances en commun. En d'autres mots, une URT donnée peut être produite par une opération (sortant) et consommée par une autre opération (entrant).

Comme le montre la Figure 9.18, nous nous sommes, là aussi, contentés de représenter des attributs qui nous semblent être de nature générique (applicables à différents contextes agroalimentaires) et qui ont un intérêt par rapport à la traçabilité. Mais, il faut souligner que le plus important est la philosophie sous-jacente au modèle (c'est-à-dire les classes et leurs associations). En ce qui concerne les attributs, il est possible d'en ajouter autant que nécessaire sans que cela altère le modèle. Au moment de son déploiement sous forme d'une base de données, chaque entreprise peut y intégrer les attributs correspondant le mieux à son contexte et à la nature des produits qu'elle manipule.

Pour avoir une vision plus complète sur les conditions dans lesquelles nos URT sont traitées, il faut pouvoir déterminer l'endroit où les ordres de production ont lieu et identifier les personnes qui en sont responsables.

4.8. La traçabilité des lieux et des responsables de production

Au niveau de la cartographie d'un processus typique de production, l'entité la plus fine est la **ligne de production**. Plusieurs lignes de production forment un **atelier** et plusieurs ateliers forment un **site**. A côté de ces trois éléments, un ordre de production doit aussi être caractérisé par l'identité de la personne qui en a la **responsabilité**. Nous modélisons cela à travers le diagramme UML de la Figure 9.19.

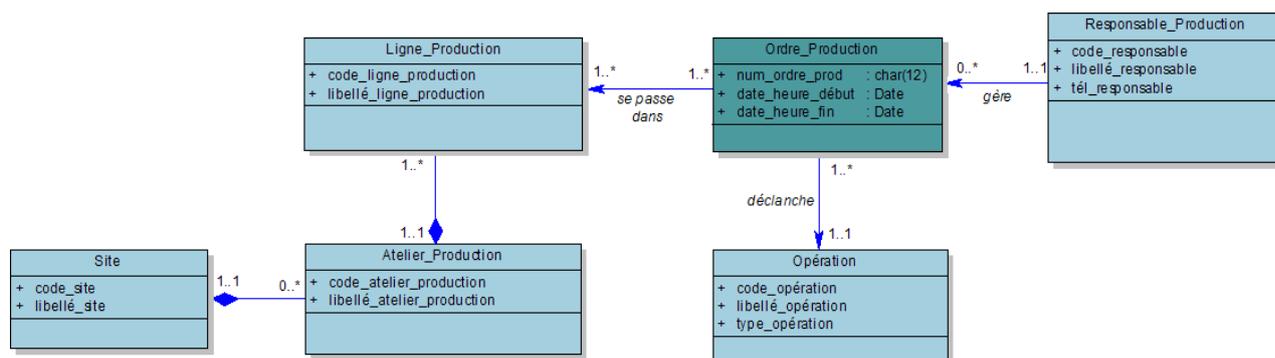


Figure 9.19 – Le lien entre l’ordre de production, le lieu de production et le responsable de production

L’association de composition entre la classe *Atelier_Production* et la classe *Site* montre, d’une part, qu’un atelier appartient à un seul site, et qu’un site peut comporter plusieurs ateliers ou aucun atelier du tout. Ce dernier cas de figure est valable quand il s’agit d’un site qui sert uniquement à stocker les produits.

4.9. La traçabilité des événements particuliers

En plus des ordres de production qui traduisent des opérations que l’on fait subir intentionnellement aux produits (Cf. Définition 9.4), ces derniers peuvent aussi faire l’objet de certains événements qui peuvent avoir une incidence sur leurs caractéristiques. Il peut s’agir, par exemple, de la rupture de la chaîne de froid à cause d’une panne dans une chambre froide. Ce type d’événements fait aussi partie intégrante du cycle de vie des produits. Il, est donc nécessaire que le ST puisse les suivre. C’est pour cette raison que nous définissons une dernière classe de notre modèle que nous appelons *Événement_Particulier* et qui est représentée dans la Figure 9.20.

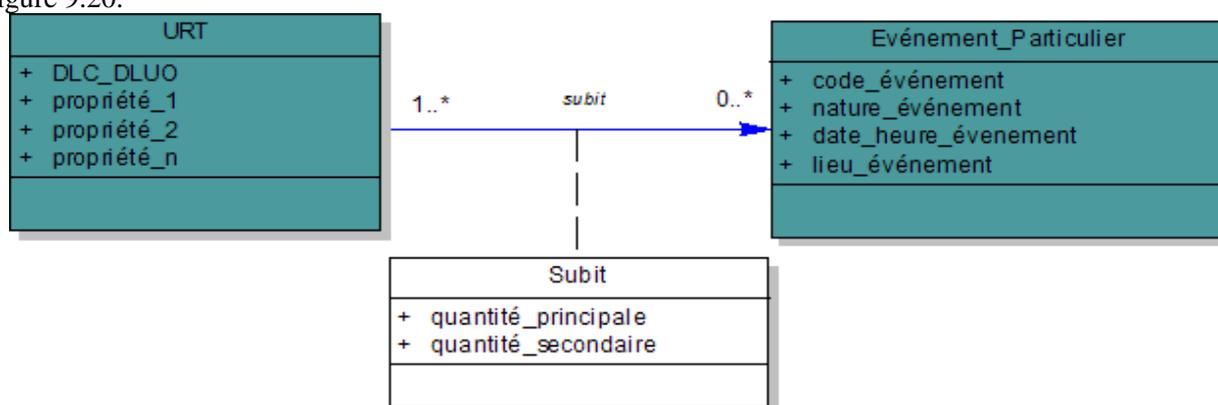


Figure 9.20 – Modèle UML de la classe *Événement_Particulier*

Comme le montre Figure 9.20, la classe dédiée au suivi des événements particuliers est caractérisée par un code identifiant chaque événement d’une manière unique, de la nature de cet événement (sa description), de la date et l’heure à laquelle il est survenu et de sa localisation. Cette classe est reliée à la classe *URT* par le biais d’une association ayant comme attributs la quantité principale et la quantité secondaire des URT concernées. On peut, par exemple, dire que *100 Kg (qui équivaut à 10 cartons) d’une URT donnée ont subi une rupture de la chaîne de froid survenue le 15 juillet 2007 dans le camion X.*

5. Récapitulation : Assemblage du modèle

Après avoir défini les différentes portions de notre modèle de données tout en argumentant les choix effectués, il est temps maintenant de les agencer ensemble à travers le diagramme de classes UML présenté dans la Figure 9.21.

6. Synthèse et conclusion

A travers ce chapitre, nous avons présenté un modèle de données que nous avons tenté de rendre le plus générique possible qui peut servir pour la mise en place d'un système d'information destiné à la gestion des données de traçabilité. Nous avons commencé par justifier l'intérêt de ce modèle et présenté la méthodologie choisie. Ensuite, nous avons proposé une catégorisation des données de traçabilité conçue autour de trois axes (Cf. Figure 9.5). Le but étant de donner une idée générale sur les différents types de données qu'un ST est amené à gérer. Après cette entrée en la matière, nous avons présenté notre modèle de données. Pour permettre au lecteur de bien suivre notre raisonnement, nous avons présenté les différents composants de ce modèle d'une manière progressive en fournissant des définitions des concepts-clés et en utilisant des exemples réels en guise d'illustration. Afin que notre modèle soit aussi générique que possible, nous avons pris le soin de ne retenir que les attributs qui nous semblent valables pour différents contextes. Le modèle reste, toutefois, assez ouvert et peut être personnalisé en y intégrant tout attribut ayant un intérêt au regard d'un contexte ou d'un type de produits donnés.

Pour clore ce chapitre, nous pensons qu'il serait intéressant de confronter notre modèle aux critères que nous avons utilisés pour caractériser certains modèles de données de traçabilité rapportés dans la littérature (Cf. Chapitre V – § 4.2.7) comme le montre le Tableau 9.3.

Facteurs de qualité	Signification	Qu'en est-il de notre modèle ?
Bien-fondé (<i>correctness</i>)	Conformité du modèle aux règles et convention de modélisation en vigueur	Pour ne pas nous écarter des règles de modélisation UML, nous avons commencé par expliquer les principes de ce langage (Section 2). Ensuite, au fur et à mesure de la construction du modèle, nous expliquons les formalismes utilisés (héritage, composition...).
Complétude (<i>completeness</i>)	Le modèle contient-il toutes les informations requises ?	En comparaison avec les modèles de données de traçabilité que nous avons rencontrés dans la littérature (Cf. Chapitre V), le notre est composé de beaucoup plus de classes (25) caractérisées par des attributs (72) qui couvrent les différents types de données de traçabilité.
Intégrité	Le modèle définit-il toutes les règles de gestion applicables aux données en question ?	Les règles de gestion applicables aux données de notre modèle sont traduites par les cardinalités des différentes associations. Exemple : Un ordre de production déclenche une et une seule opération (Cf. Figure 9.18).
Simplicité	Un modèle est qualifié de simple s'il ne comporte que le minimum possible d'entités et relations	Par rapport aux modèles de données de traçabilité que nous avons analysés dans le chapitre V, le notre comporte, certes, plus d'entités et de relations ; mais c'est ce qui nous semble le minimum pour que le modèle puisse être réellement déployé sur le terrain.
Flexibilité	Facilité avec laquelle le modèle peut s'adapter à un changement de contexte	Nous avons souligné à plusieurs reprises dans ce chapitre que notre modèle est conçu pour s'appliquer à différents contextes.
Intelligibilité (<i>understandability</i>)	Facilité de compréhension des concepts et de la structure du modèle	Pour construire notre modèle, nous avons employé l'UML qui est un langage de modélisation standard. Par ailleurs, ses composants ont été présentés d'une manière progressive et pédagogique.

Tableau 9.3 – Confrontation de notre modèle aux critères de Moody [Moody, 1998; Moody, 2003]

Dans le chapitre suivant, nous allons présenter une plate-forme informatique, que nous avons développée à partir de notre modèle de données, et qui comporte un ensemble de fonctionnalités portant notamment sur la consultation des données de traçabilité et le pilotage de la performance du ST.

CHAPITRE DIXIEME

Instrumentation et Mise en Œuvre des Résultats : La Plate-forme Star Trace

Un idéal n'a aucune valeur si vous ne pouvez pas le mettre en pratique.

Swâmi Râmdâs
Philosophe indien (1884-1963)

Dans le septième chapitre de ce mémoire, nous avons analysé les services attendus d'un bon ST par ses bénéficiaires et proposé des critères de performance permettant d'en mesurer la réalisation. Au cours du chapitre suivant (VIII), nous avons proposé un ensemble de fonctions techniques à travers lesquelles le ST répond au besoin de ses bénéficiaires. La plupart de ces fonctions porte sur la manipulation des données de traçabilité (collecte, génération, mémorisation, etc.). Afin de rendre compte de la structure de ces données, nous avons consacré le dernier chapitre à la construction du modèle de données correspondant en utilisant le langage UML. Ces différents chapitres ont débouché sur des outils dont certains sont plutôt de nature théorique. Comme le montre la trame de notre démarche schématisée dans la Figure 6.2, le but du présent chapitre est de rendre opérationnels certains de ces outils à travers une plate-forme informatique (Star Trace) dont le déploiement complet est prévu prochainement au niveau de la société Arrivé.

Après une présentation générale de ladite plate-forme (Section 1), nous expliquons la structure de la base de données dédiée à la traçabilité que nous avons construite à partir de notre modèle de données (Section 2). C'est sur cette base de données que sont greffés les trois modules de la plateforme Star Trace qui vont être décrits respectivement dans les sections 3, 4 et 5. La dernière section de ce chapitre est consacrée à apporter un regard critique sur cette plate-forme en mettant en évidence ses points forts, ses points faibles et les perspectives de son évolution.

1. Présentation générale de la plate-forme Star Trace

Dans le chapitre précédent, nous avons proposé un modèle conceptuel de données qui décrit la structure et les liens entre les différents objets informationnels gérés dans le cadre d'un ST de produits alimentaires. Sur la base de ce modèle, nous avons construit une base de données destinée à accueillir les différentes données de traçabilité acquises à travers les fonctions techniques FT5 et FT6 (Cf. Chapitre VIII). Pour répondre à l'une des attentes de notre partenaire industriel (Cf. Chapitre III – Section 3) tout en validant notre modèle, nous avons développé une interface informatique permettant aux utilisateurs du ST d'interroger cette base de données et d'accéder aux informations de traçabilité dont ils ont besoin. Sur cette interface, nous avons greffé deux autres modules destinés au pilotage et à l'amélioration de la performance du ST. L'ensemble constitue une plate-forme informatique que nous avons appelée *Star Trace*. La Figure 10.1 montre sa page d'accueil.

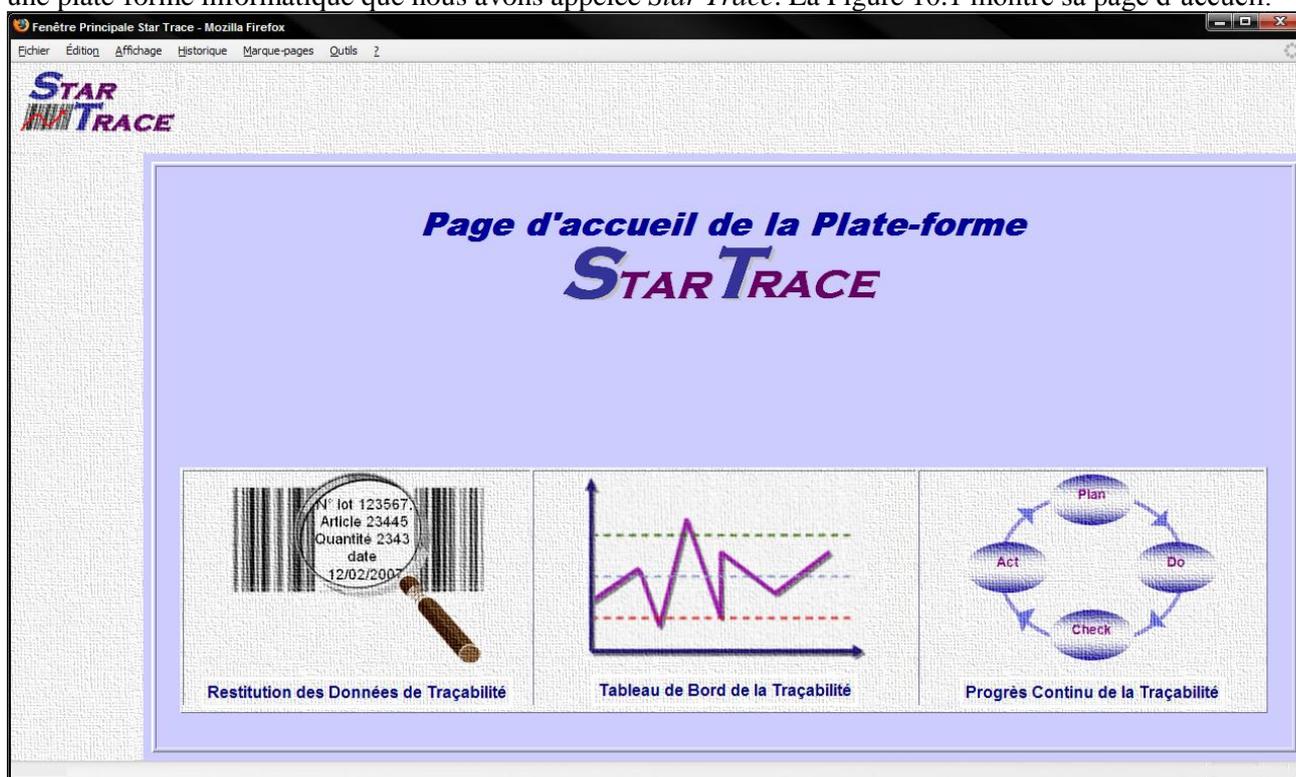


Figure 10.1 - La page d'accueil de la plate-forme Star Trace

Le premier module de la plate-forme Star Trace est une interface d'interrogation de la base données, selon plusieurs critères, et de visualiser les résultats à travers des tableaux et des diagrammes représentant les liens

entre les opérations de production et la généalogie des lots de produits. Dans le deuxième module, nous trouvons un ensemble de fenêtres pour le suivi des indicateurs de performance fonctionnels que nous avons proposés dans le septième chapitre. Le troisième module comporte un certain nombre d'outils destinés à l'amélioration continue de la performance du ST. Comme nous allons le voir au niveau de la section 5, certains de ces outils ne sont pas complètement développés au moment de la rédaction de ce mémoire.

Développée essentiellement via le langage de programmation PHP, Star Trace est accessible via un navigateur web (comme Internet Explorer, Mozilla FireFox ou Opera) même depuis l'extérieur de l'entreprise, sous réserve d'en avoir les droit d'accès. En raison des répercussions financières de la grippe aviaire, sa mise en place au sein de la société Arrivé a été reportée au deuxième semestre de 2008. En attendant, nous l'avons validé fonctionnellement avec les utilisateurs et techniquement avec le service informatique de la société. Nous continuons également à compléter et affiner les outils proposés dans le troisième module de Star Trace (Cf. Section 5).

A travers les sections qui suivent, nous allons présenter les principales fonctionnalités de la plate-forme Star Trace en commençant par décrire la base de données sous-jacente qui a été construite à partir du modèle de données qui a fait l'objet du chapitre précédent.

2. Du modèle conceptuel de données à une base de données de traçabilité

La plupart des ateliers logiciels, comme Power AMC que nous avons utilisé, permettent de générer automatiquement des schémas relationnels des bases de données à partir des modèles conceptuels de données (ou modèle de classes au sens d'UML). Sans rentrer dans les détails techniques, cette transition du modèle conceptuel au modèle physique se fait via un ensemble de règles, dite de normalisation, qui stipulent, par exemple, de transformer chaque entité (classe) en une table de la base de données. Les attributs caractérisant une entité donnée deviennent des colonnes de la table correspondante. Mais, au moment de l'implémentation, il est parfois nécessaire de remanier le schéma de la base de données générée automatiquement en fusionnant, par exemple, deux tables.

Dans la Figure 10.2 nous présentons le schéma de la base de données relationnelle qui nous semble la mieux adaptée au déploiement de notre modèle de données de traçabilité. Avant d'expliquer comment il est possible d'obtenir, en interrogeant cette base, des réponses à tout type de requêtes de traçabilité, nous commentons brièvement certaines de ces 18 tables.

- ❑ **Table Stock** : Elle est issue de l'association *Se trouve dans* qui relie la classe *URT* et la classe *Emplacement* au niveau du modèle de données. C'est une table destinée à accueillir toutes les données relatives aux entrées et sorties des produits en stock.
- ❑ **Table Tiers** : Pour réduire le nombre de tables de notre base de données, nous avons créé la table *Tiers* qui fait référence à la classe *Fournisseur* et à la classe *Client*. Cette table comporte les identités et les coordonnées des clients et des fournisseurs de l'entreprise.
- ❑ **Table URT_Achetée et table URT_Vendue** : Elles stockent respectivement les données relatives aux produits achetés (matières premières, ingrédients...) et aux produits vendus (produits finis, sous-produits...). Parmi ces données, nous retrouvons les attributs que nous avons utilisés pour caractériser les commandes et les lignes de commandes passées aux fournisseurs ou issues des clients.

Notons également que la classe *URT_Produite*, évoquée dans le modèle conceptuel, n'a pas été transformée en une table dans la base de données. Ce choix s'explique par le fait que, concrètement, une URT produite n'est autre qu'une URT sortant d'un ordre de production. Si nous avons fait la distinction entre ces deux entités lors de la construction du modèle de données, c'est principalement pour des raisons didactiques.

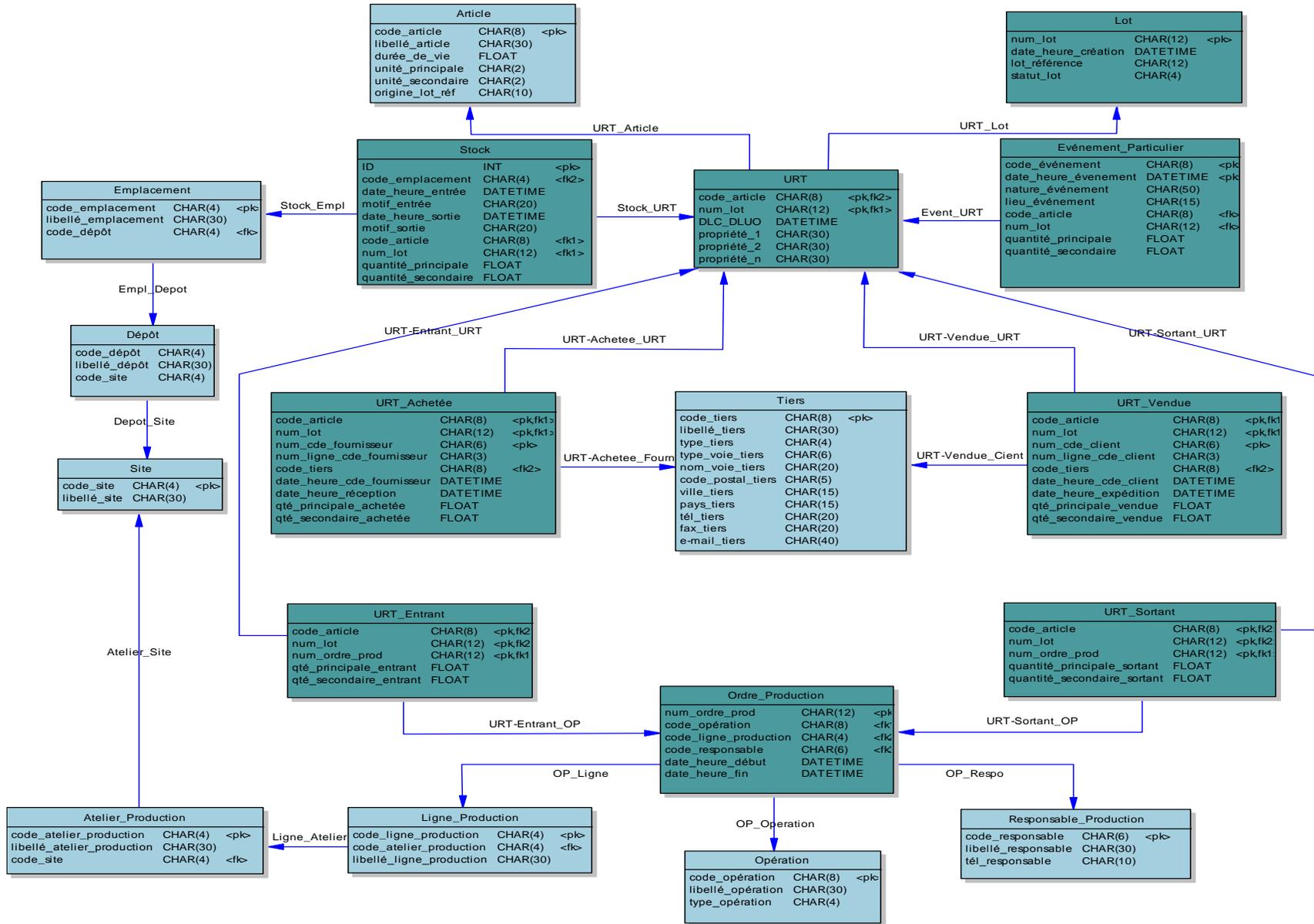


Figure 10.2– Le schéma relationnel de la base de données générée à partir du modèle de données de traçabilité

Grâce aux liens entre les différentes tables représentées à travers le schéma relationnels de la Figure 10.2, il est possible de parcourir, d'une façon ascendante ou descendante, le cycle de vie de l'objet tracé et d'accéder à ses différents attributs. On peut, par exemple, partir d'un N° de lot (table *Lot*) et identifier l'ensemble des articles contenus dans ce lot ainsi que leurs propriétés (table *URT*). Pour chacun d'eux, on peut savoir s'il a fait l'objet d'événement particulier (table *Événement_Particulier*) et le localiser au niveau de l'entreprise (tables *Stock*, *Emplacement*, *Dépôt* et *Site*). S'il s'agit d'un intrant, on peut connaître son origine (table *Tiers*) et sa date de réception (table *URT_Achetée*). S'il s'agit d'un produit fini, il est possible de déterminer à quel client il est destiné (table *Tiers*) et quand il lui a été expédié (table *URT_Vendue*). S'il s'agit d'un produit semi-fini, on peut savoir de quel ordre de production il est issu (tables *URT_Sortant* et *Ordre_Production*) et les ordres de production à travers lesquels il est transformé (tables *URT_Entrant* et *Ordre_Production*). Pour chacun de ces ordres de production, on peut avoir plus de détails sur l'opération concernée (table *Opération*), l'endroit où elle a été réalisée (tables *Ligne_Production*, *Atelier_Production* et *Site*) et identifier la personne qui en est responsable (table *Responsable_Production*).

Sur le plan de la traçabilité ascendante, on peut partir d'une URT vendue (table *URT_Vendue*) pour :

- 1– Déterminer le N° d'ordre de production dont elle est issue (table *URT* puis table *URT_Sortant* et table *Ordre_Production*).
- 2– Identifier les entrants de cet ordre de production (table *URT_Entrant*).
- 3 – Déterminer les ordres de production dont ces entrants sont issus (table *URT* puis table *URT_Sortant* et table *Ordre_Production*).
- 4 – Répéter les étapes (2) et (3) jusqu'à ce que l'entrant en question corresponde à une URT achetée (table *URT_Achetée*).
- 5 – Identifier le fournisseur ayant livré l'URT en question (table *Tiers*).

Suivant un processus similaire on peut effectuer une traçabilité descendante en partant, par exemple, d'une URT achetée pour arriver aux produits finis correspondants. Comme nous allons le voir, ce parcours de la base de données se fait d'une manière automatisée grâce à l'interface de restitution que nous allons décrire dans la section suivante.

3. L'interface de restitution des données de traçabilité

Le premier module de la plate-forme Star Trace consiste en une interface qui permet aux utilisateurs de d'interroger la base de données évoquée précédemment. Comme le montre la Figure 10.3, la page d'accueil de ce module invite l'utilisateur à spécifier le type de recherche qu'il veut effectuer (traçabilité amont, traçabilité interne, traçabilité aval et localisation des produits).

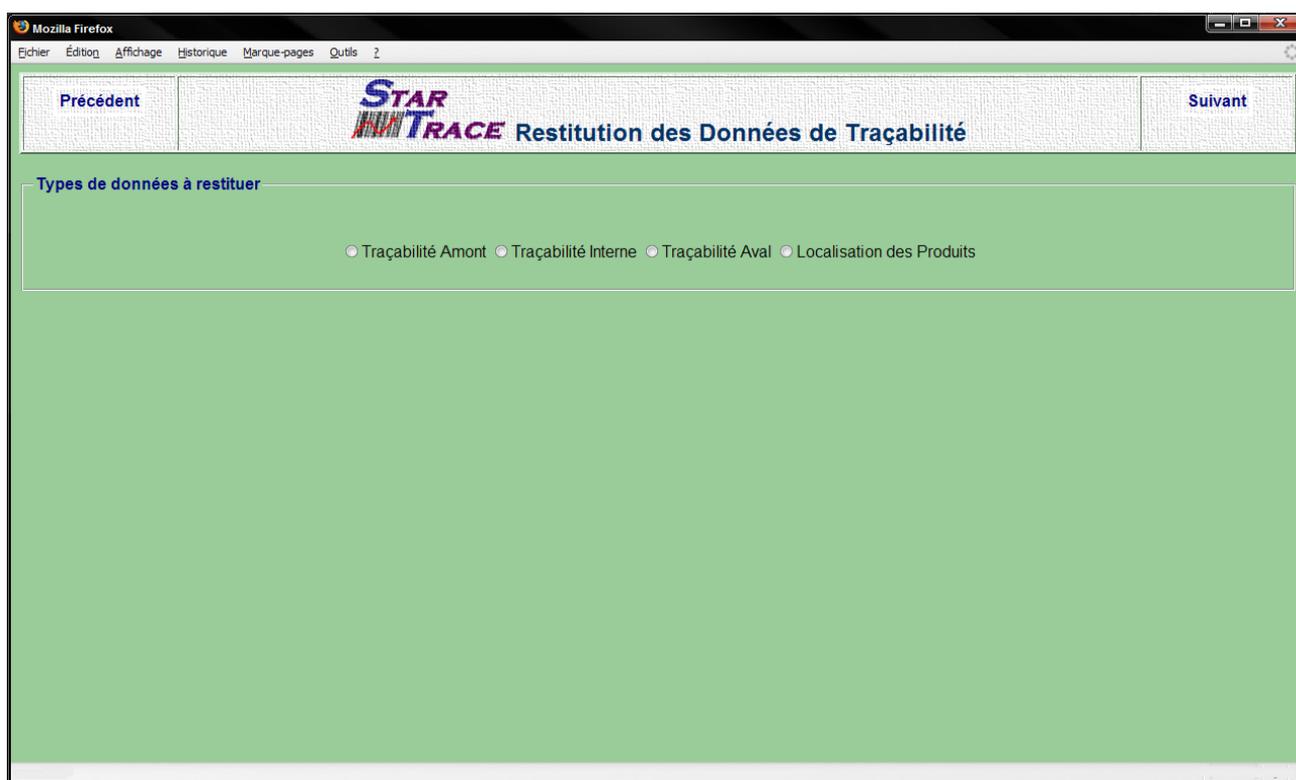


Figure 10.3 – Page d'accueil du module de restitution des données de traçabilité

Les trois premières cases à cocher correspondent aux trois dimensions de traçabilité étudiées au cours du chapitre VII. L'autre correspond au cas où l'on cherche à localiser, par exemple, au sein de l'entreprise les URT issues d'un lot donné. Selon l'option, cochée, un formulaire d'interrogation s'affiche à l'écran. Nous commençons par présenter succinctement la partie consacrée à la traçabilité amont.

3.1. Restitution des données de traçabilité amont

Nous allons interroger le ST afin d'accéder aux données de traçabilité amont relatives aux produits identifiés par le N° de lot 799060941470. La Figure 10.4 montre le formulaire permettant d'effectuer ce type de recherche. Dans la première zone, on peut spécifier un ou plusieurs critères d'interrogation. Dans notre exemple, nous avons coché la case correspondant au critère *N° de lot*. Ensuite, nous avons choisi le type d'opérateur à utiliser (égal dans ce cas) avant de saisir la valeur de notre critère. La seconde zone de la fenêtre contient l'ensemble des données de traçabilité amont parmi lesquelles on peut choisir celles que l'on désire restituer. Dans notre exemple, nous en avons coché sept. Juste en dessous de ces cases à cocher se trouve deux boutons permettant, comme leurs noms l'indiquent, de lancer la recherche ou de réinitialiser le formulaire. La dernière zone de la fenêtre permet de basculer vers d'autres formulaires de recherche.

Comme le montre le formulaire d'interrogation (Cf. Figure 10.4), le critère *Date & Heure Réception* est en double afin de pouvoir restreindre la recherche à une période donnée. Par exemple, pour effectuer une recherche sur le mois de septembre 2007, on mettra comme premier critère *Date & Heure Réception > 31-08-2007* ; et comme deuxième critère *Date & Heure Réception < 01-10-2007*.

Figure 10.4 – Formulaire de saisie d’une requête de traçabilité amont

Une fois la requête spécifiée, on lance la recherche. La copie d’écran de la Figure 10.5 montre les résultats obtenus.

Code Article	Libelle Article	Unite Principale	Num Lot	Qte Principale Achetee	Date Heure Reception	Statut Lot
02002518	AROME POULET ROTI	KG	799060941470	1	2007-07-26 08:49:00	NOR

Figure 10.5 – Résultats de la requête de traçabilité amont

Au niveau de l’écran des résultats, nous avons un tableau dont les colonnes représentent les sept types de données de traçabilité que nous avons cochées dans le formulaire.

Dans cet exemple, il n'y a qu'un seul article (02002518) qui répond à notre requête. Si le lot en question en comportait plusieurs, nous aurions autant de lignes. En bas de l'écran, nous avons le nombre de lignes restituées ainsi que le temps de réponse. C'est-à-dire le délai entre la validation de la requête et l'affichage des résultats. Les trois boutons du milieu permettent respectivement d'imprimer les résultats, de les exporter dans un fichier de type Excel ou sous format PDF.

Au niveau du tableau des résultats, les données affichées en bleu représentent des liens hypertextes qui déclenchent certaines actions lorsqu'on clique dessus. En cliquant par exemple sur le code article (02002518), on accède à une fenêtre (*pop-up*) affichant davantage de détails sur l'article en question (Cf. Figure 10.6).

De la même façon, si on clique sur le N° de lot, une nouvelle fenêtre s'ouvre en plein écran comme le montre la Figure 10.7. La première partie de cette fenêtre contient un tableau affichant les détails du lot en question et de ses composants. Dans la seconde partie, nous avons un diagramme représentant la généalogie de ce lot.

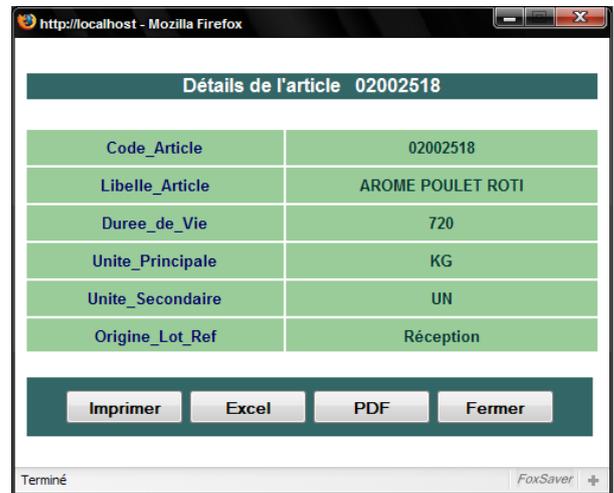


Figure 10.6 – *Pop-up* affichant les détails d'un article

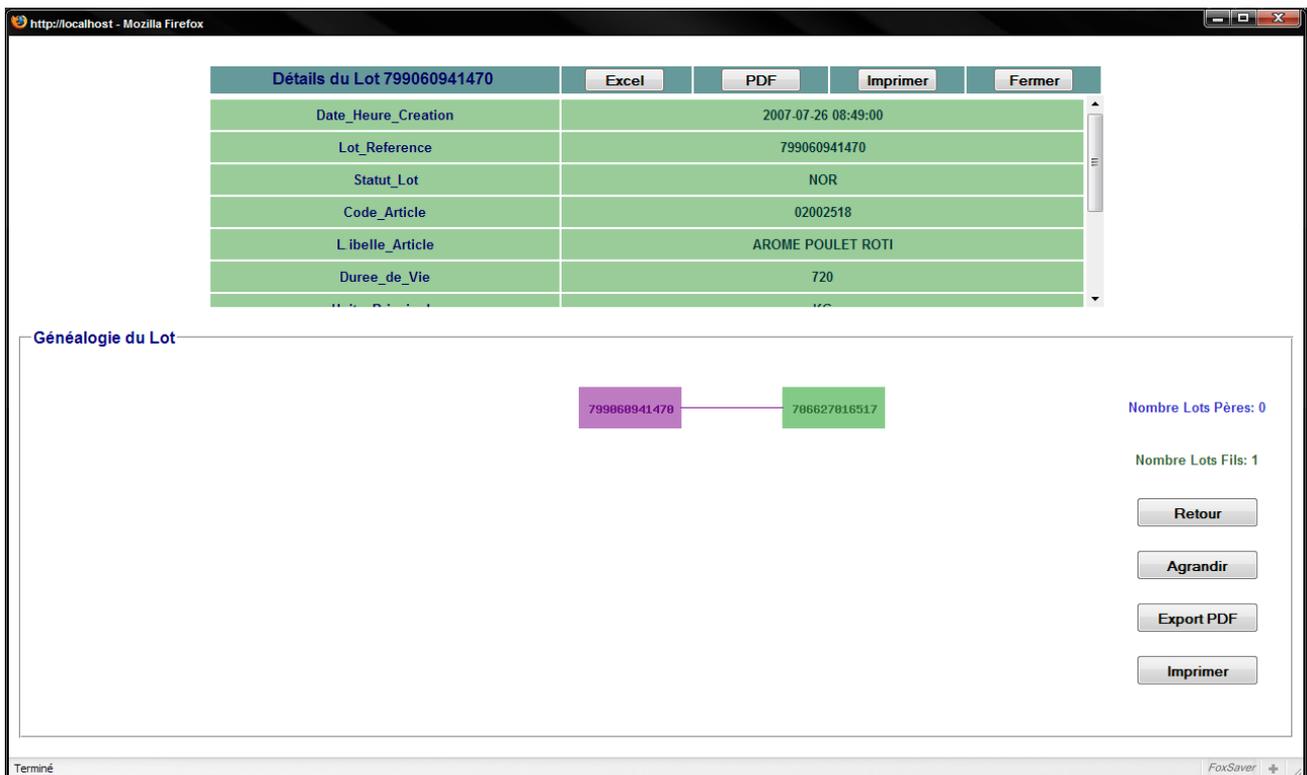


Figure 10.7 – Détails et généalogie d'un lot

Les lots fils sont représentés par des rectangles verts (un seul dans cet exemple, situé à droite) et les lots pères par des rectangles bleus. Comme le montre la Figure 10.7, il n'y a aucun lot père, ce qui est normal puisqu'il s'agit d'une donnée qui n'est pas gérée dans le ST de l'entreprise, mais plutôt dans celui de son fournisseur. Le lot fils représente, ici, un lot de sauce fabriqué à partir de notre lot de départ. En cliquant dessus, on accède à ses détails et à sa généalogie et on peut continuer ainsi jusqu'aux lots de produits finis (Cf. Figure 10.8).

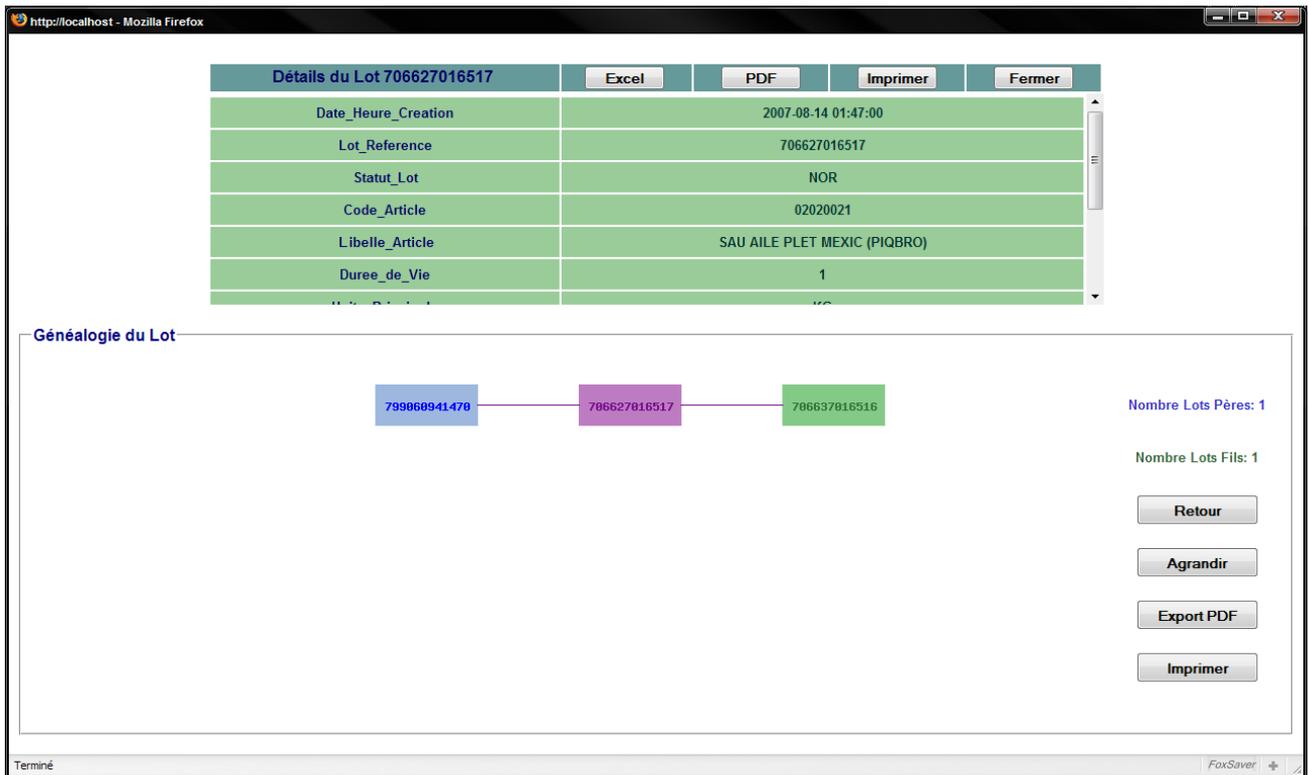


Figure 10.8 – Détails et généalogie d’un lot (suite)

Le bouton *Agrandir* permet d’afficher la généalogie du lot en plein écran, ce qui est parfois utile pour pouvoir tout visualiser dans le cas où nous avons une grande dispersion des lots (Cf. Figure 10.9).

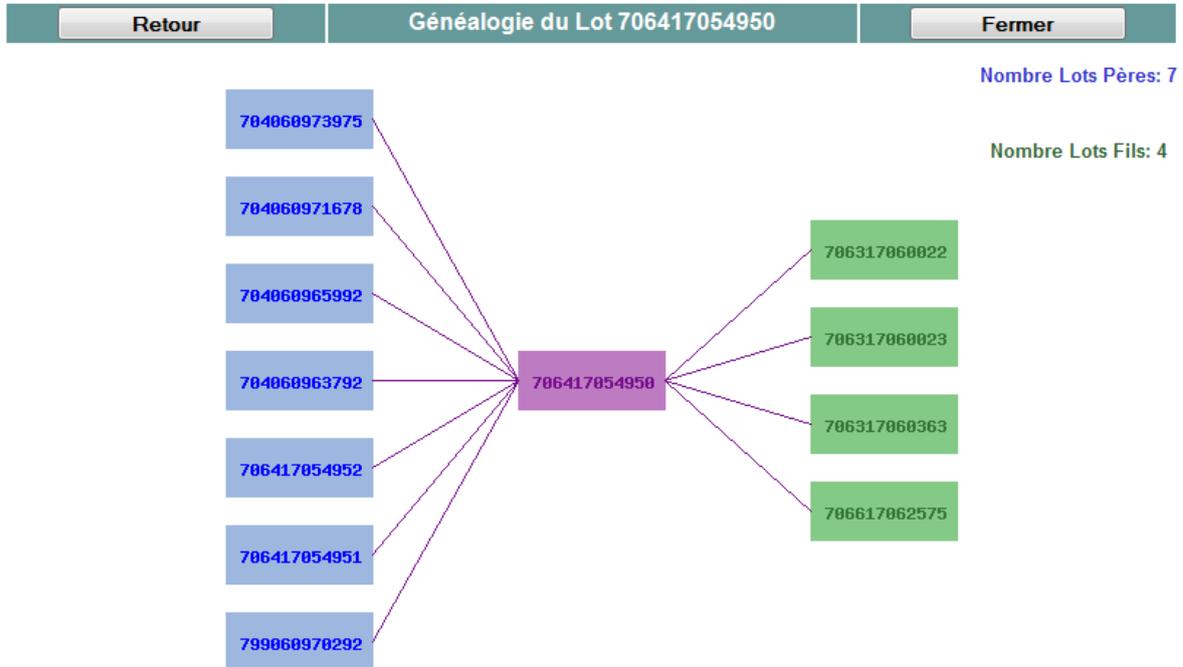


Figure 10.9 – Affichage de la généalogie d’un lot en plein écran

Après cette brève présentation de la restitution des données de traçabilité amont, nous allons voir la partie consacrée à la traçabilité interne.

3.2. Restitution des données de traçabilité interne

Rappelons que la traçabilité interne fait référence au suivi du devenir des produits entre la réception des intrants (ex. matières premières) et l'expédition des sortants (ex. produits finis). Pour illustrer les fonctionnalités de l'interface de restitution des données de traçabilité interne, nous allons effectuer une recherche visant à identifier l'ensemble des ordres de production réalisés dans l'atelier 0641 entre le 26 août 2007 à 12h32 et le 31 août 2007 à 9h11. Comme le montre la Figure 10.10, nous avons procédé de la même manière que pour la traçabilité amont en spécifiant nos critères de recherche et en cochant les cases correspondant aux données que nous désirons restituer.

The screenshot shows a web browser window with the title 'STAR TRACE Restitution des Données de Traçabilité'. The main content area is a form titled 'Formulaire Traçabilité Interne'. It contains several sections of input fields and checkboxes. The 'Code Atelier' field is set to '0641'. The date range is from '2007/08/26 12:32' to '2007/08/31 09:11'. There are two buttons at the bottom: 'Lancer la Recherche' and 'Rétablir'. Below the form, there are radio buttons for 'Autre Recherche' with options: 'Traçabilité Amont', 'Traçabilité Interne', 'Traçabilité Aval', and 'Localisation des Produits'. The 'Traçabilité Interne' option is selected.

Figure 10.10 – Formulaire de saisie d'une requête de traçabilité interne

Le résultat de cette requête se compose de plusieurs niveaux. Le premier est sous forme d'un tableau standard qui affiche l'ensemble des ordres de production (OP) répondant aux critères de recherche spécifiés (Cf. Figure 10.11). Ce tableau est standard dans la mesure où les six types de données qu'il contient ne varient pas en fonction des cases que nous avons cochées au niveau du formulaire d'interrogation.

En cliquant sur chaque OP, on accède à plus de détails le concernant, mais tout en se limitant aux éléments qu'on a choisis de restituer. Ainsi, si on clique sur le premier OP de la Figure 10.11, on va avoir une nouvelle fenêtre présentée via la copie d'écran de la Figure 10.12.

Num_Ordre_Prod	Code_Operation	Libelle_Operation	Date_Heure_Debut	Date_Heure_Fin	Code_Atelier	
1	706417054904	06410512	FAB PANE DIND VR	2007-08-27 04:19:00	2007-08-27 08:55:00	0641
2	706417054905	06413019	DIL BATTER MIX 64674	2007-08-27 04:02:00	2007-08-27 05:46:00	0641
3	706417054908	06410007	FAB NUGGET/CHIC NUGGE FRAIS VR	2007-08-27 05:50:00	2007-08-27 07:15:00	0641
4	706417054909	06413011	DIL PRE-ENROBANT NUGGETS 3413	2007-08-27 04:58:00	2007-08-27 06:16:00	0641
5	706417054910	06413012	DIL ENROBANT NUGGETS 3414	2007-08-27 04:58:00	2007-08-27 06:16:00	0641
6	706417054911	06410510	FAB CORDBLEU FRAIS PF VR	2007-08-27 06:00:00	2007-08-27 08:13:00	0641
7	706417054912	06413019	DIL BATTER MIX 64674	2007-08-27 06:00:00	2007-08-27 07:38:00	0641
8	706417054913	06410070	FAB FRITES PLET VR	2007-08-27 06:00:00	2007-08-27 12:59:00	0641
9	706417054914	06413009	DIL BATTER MIX 781 FRITES	2007-08-27 05:39:00	2007-08-27 11:46:00	0641
10	706417054916	06410517	FAB CORDBOLO FRAIS PF VR	2007-08-27 07:38:00	2007-08-27 08:31:00	0641
11	706417054917	06413019	DIL BATTER MIX 64674	2007-08-27 07:38:00	2007-08-27 07:38:00	0641
12	706417054918	06410071	FAB PEPITES PLET VR	2007-08-27 07:44:00	2007-08-27 12:59:00	0641
13	706417054919	06413008	DIL BATTER MIX 780 PEPITES	2007-08-27 05:40:00	2007-08-27 11:46:00	0641
14	706417054922	06410519	FAB CORDBLEU FRAIS SELE125G VR	2007-08-27 09:24:00	2007-08-27 14:03:00	0641
15	706417054923	06413010	DIL BATTER MIX BPF719	2007-08-27 06:50:00	2007-08-27 11:46:00	0641
16	706417054925	06410008	FAB NUGGETS RHD/IK FRAIS VR	2007-08-27 06:18:00	2007-08-27 11:36:00	0641

Figure 10.11 – Liste des ordres de production répondant aux critères de recherche

Détails de l'OP N° 706417054904	
Num_Ordre_Prod	706417054904
Code_Operation	06410512
Code_Atelier	0641
Code_Site	06
Date_Heure_Debut	2007-08-27 04:19:00
Date_Heure_Fin	2007-08-27 08:55:00
Libelle_Operation	FAB PANE DIND VR

Nombre d'OP Pères: 3
 Nombre d'OP Fils: 1

```

    graph LR
      A[706647055146] --> B[706417054904]
      C[706647055138] --> B
      D[706417054905] --> B
      B --> E[706317057021]
  
```

Figure 10.12 – Les détails d'un ordre de production

Le tableau se situant au milieu de la Figure 10.12 comporte des données d'ordre général sur l'OP sélectionné. Il s'agit en l'occurrence de données issues des tables *Ordre_Production*, *Operation*, *Responsable_Production*, *Ligne_Production*, *Atelier_Production* et *Site* (Cf. Figure 10.2). Rappelons que les données qui n'ont pas été sélectionnées dans le formulaire d'interrogation ne sont pas affichées (ex. *Code_Responsable*). Le diagramme du bas de l'écran représente la généalogie des OP, c'est-à-dire l'enchaînement des opérations subies par une

URT donnée. Dans notre exemple, l'OP sélectionné (représenté par le rectangle du milieu) porte sur une opération de fabrication de pané de dinde. En amont, nous avons trois OP de préparation de viande et d'ingrédients. En aval, nous avons un OP de conditionnement. En survolant avec la souris chaque rectangle, le libellé de l'opération correspondante s'affiche comme le montre la Figure 10.13.

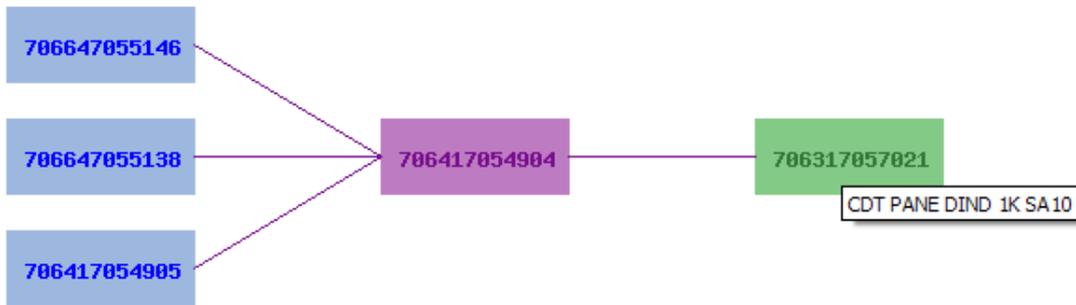


Figure 10.13 – Affichage du libellé d'une opération en survolant l'OP par la souris

En cliquant sur le rectangle représentant un OP, l'écran se met automatiquement à jour en affichant les données relatives à cet OP. La Figure 10.14 montre le contenu de l'écran quand on clique sur l'OP 706317057021.

Détails de l'OP N° 706317057021	
Num_Ordre_Prod	706317057021
Code_Operation	06311200
Code_Atelier	0631
Code_Site	06
Date_Heure_Debut	2007-08-27 09:46:00
Date_Heure_Fin	2007-08-27 10:18:00
Libelle_Operation	CDT PANE DIND 1K SA10

Généalogie de l'OP

```

    graph LR
      A[786417854984] --> B[786317857821]
      B --> C[786317857666]
  
```

Nombre d'OP Pères: 1
Nombre d'OP Fils: 1

Figure 10.14 – Les détails d'un autre ordre de production

Une autre manière de parcourir la chaîne de traçabilité consiste à utiliser les liens *Vers l'Aval* et *Vers l'Amont*. En cliquant sur ce dernier, à partir de l'écran de la Figure 10.12, nous accédons à la liste des OP qui ont été réalisés auparavant sur le même flux de produits. C'est ce que montre la copie d'écran de la Figure 10.15. De la même façon, on peut afficher la liste des OP aval via le lien *Vers l'Aval*. En cliquant sur chacun des OP affichés, nous accédons à ses détails et sa généalogie comme pour l'exemple de la Figure 10.12.

Num_Ordre_Prod	Code_Operation	Date_Heure_Debut	Date_Heure_Fin	Code_Atelier
1 706417054905	06413019	2007-08-27 04:02:00	2007-08-27 05:46:00	0641
2 706647055138	06640222	2007-08-27 02:13:00	2007-08-27 02:14:00	0664
3 706647055146	06640222	2007-08-27 02:40:00	2007-08-27 02:48:00	0664

Figure 10.15 – Montée d'un ordre de production

Comme leurs noms l'indiquent, les liens *Entrant* et *Sortants* permettent d'afficher des données relatives respectivement aux articles consommés par l'OP en question et des articles qui en sont issus (Cf. Figure 10.16). Notons encore une fois que l'utilisateur ne voit que ce qu'il a coché comme information au niveau du formulaire. Cette personnalisation des résultats des requêtes nous paraît très importante pour ne pas *inonder* l'écran de l'utilisateur avec des informations n'ayant aucun intérêt pour lui.

Code_Article_Entrant	Num_Lot_Entrant	Qte_Principale_Entrant	Libelle_Article	Unite_Principale
1 02060020	706417054905	225	MIX 64674	LI
2 04982176	706647055138	478	FAB PANE DIND	KG
3 04982176	706647055146	483	FAB PANE DIND	KG

Figure 10.16 – Données sur les entrants d'un ordre de production

Sur la copie d'écran de la Figure 10.16, les données affichées en bleu (Code article et N° de lot) sont des liens hypertextes dont l'activation permet d'obtenir plus d'information sur l'objet concerné comme nous l'avons vu par rapport à la traçabilité amont (Cf. § 3.1). En cliquant par exemple sur le N° de lot 706647055138, nous obtenons ses détails et sa généalogie comme indiqué à travers la Figure 10.17.

Détails du Lot 706647055138		Excel	PDF	Imprimer	Fermer
Date_Heure_Creation	2007-08-27 02:14:00				
Lot_Reference	706617055140				
Statut_Lot	NOR				
Code_Article	04982176				
Libelle_Article	FAB PANE DIND				
Duree_de_Vie	2				

Généalogie du Lot

Nombre Lots Pères: 4
Nombre Lots Fils: 1

706647055141
706617055140
706627055142
706627055139

706647055138

706417054904

Retour
Agrandir
Export PDF
Imprimer

Figure 10.17 – Détails et généalogie d'un lot entrant dans un ordre de production

De la même façon, il est possible de visualiser les URT issues d'un OP en cliquant sur le lien *Sortants*. Pour lancer une nouvelle recherche de traçabilité, la liste déroulante *Autre Recherche* (Cf. Figure 10.16) permet de choisir le type de recherche à effectuer et ouvrir le formulaire correspondant.

Nous venons de présenter les principales fonctionnalités de la plate-forme Star Trace en matière de restitution des données de traçabilité interne. A travers les copies d'écran utilisées en guise d'illustration, nous pouvons voir différents objets informationnels composant le modèle de données que nous avons présenté au cours du chapitre précédent. A noter, toutefois, qu'au moment de la rédaction de ces lignes, la traçabilité des événements particuliers subis par les produits n'est pas encore prise en charge dans Star Trace. Son principe consiste à traiter ces événements d'une manière similaire aux OP. Ainsi, en parcourant le cycle de vie d'un produit comme sur le diagramme de la Figure 10.13, les événements particuliers vont être représentés par des rectangles arrondis. En cliquant sur chacun d'eux, on accède aux différents attributs qui le caractérisent.

3.3. Restitution des données de traçabilité aval

Afin d'expliquer la restitution des données de traçabilité aval via la plate-forme Star Trace, nous allons imaginer une requête consistant à identifier l'ensemble des clients auxquels on a expédié des Nuggets de poulets (code 00101489) entre le 1^{er} et le 15 août 2007. La Figure 10.18 montre les critères d'interrogation que nous avons saisis ainsi que les données que nous voulons visualiser. Les résultats obtenus sont présentés à travers la copie d'écran de la Figure 10.19.

Figure 10.18 – Formulaire de saisie d’une requête de traçabilité aval

	Code_Article	Libelle_Article	Unite_Secondaire	Num_Lot	Code_Client	Qte_Secondaire_Vendue	Date_Heure_Expédition	Libelle_Client
1	00101489	NUGGETS PLET 800G CASINO SAC G	KG	706806984550	06265000	384	2007-08-02 11:44:00	ENTREPOT CASINO SERVIAN
2	00101489	NUGGETS PLET 800G CASINO SAC G	KG	706806984567	06264600	3	2007-08-02 11:47:00	ENTREPOT CASINO AIX
3	00101489	NUGGETS PLET 800G CASINO SAC G	KG	706806984568	06264700	1	2007-08-02 11:48:00	ENTREPOT CASINO AUXIERRE
4	00101489	NUGGETS PLET 800G CASINO SAC G	KG	706806984575	06264800	768	2007-08-02 11:48:00	ENTREPOT CASINO BESANCON
5	00101489	NUGGETS PLET 800G CASINO SAC G	KG	706806984576	06265000	768	2007-08-02 11:49:00	ENTREPOT CASINO SERVIAN
6	00101489	NUGGETS PLET 800G CASINO SAC G	KG	706806984579	06264900	768	2007-08-02 11:50:00	ENTREPOT CASINO MONTELMAR
7	00101489	NUGGETS PLET 800G CASINO SAC G	KG	706806987929	02424500	384	2007-08-03 09:40:00	ENTREPOT CASINO GEL GRIGNY
8	00101489	NUGGETS PLET 800G CASINO SAC G	KG	706807006282	06264600	1	2007-08-09 12:58:00	ENTREPOT CASINO AIX
9	00101489	NUGGETS PLET 800G CASINO SAC G	KG	706807006283	06264800	384	2007-08-09 12:58:00	ENTREPOT CASINO BESANCON
10	00101489	NUGGETS PLET 800G CASINO SAC G	KG	706807006284	07364000	384	2007-08-09 13:00:00	
11	00101489	NUGGETS PLET 800G CASINO SAC G	KG	706807006292	06264900	384	2007-08-09 13:00:00	ENTREPOT CASINO MONTELMAR
12	00101489	NUGGETS PLET 800G CASINO SAC G	KG	706807006294	06265000	768	2007-08-09 13:01:00	ENTREPOT CASINO SERVIAN

Figure 10.19 – Résultats d’une requête de traçabilité aval

Là aussi, les résultats de la requête peuvent être imprimés ou exportés sous forme d’un tableau Excel ou d’un fichier PDF. De même, en cliquant sur un N° de lot, une nouvelle fenêtre s’ouvre permettant ainsi de visualiser sa généalogie et d’autres attributs le caractérisant. Un autre exemple de liens hypertextes est le code client dont l’activation permet d’afficher dans une petite fenêtre (*pop-up*) toutes les données relatives au client en question (Cf. Figure 10.20).

Détails du client 06265000	
Code_Client	06265000
Libelle_Client	ENTREPOT CASINO SERVIAN
Adresse_Rue_Client	ZA LA BAUME RN 113
Adresse_Postale_Client	34290 , SERVIAN
Tel_Client	
Fax_Client	
Email_Client	

Imprimer Excel PDF Fermer

Figure 10.20 – Pop-up affichant les détails d'un client

Les cases correspondant au téléphone, au fax et au courriel du client sont vides car ses informations ne sont pas encore intégrées à la base de données de la traçabilité chez Arrivé, mais elles sont accessibles via d'autres supports informatiques.

3.4. Restitution des données relatives à la localisation des produits

Pour achever la présentation du module de restitution des données de traçabilité au niveau de la plate-forme Star Trace, nous allons voir comment identifier la localisation d'un produit donné au sein de l'entreprise. Pour ce faire, imaginons que, pour une raison quelconque, nous voulons tous les articles qui ont transité par le dépôt 0661 entre le 20 et le 27 août 2007 (Cf. Figure 10.21).

Précédent **STAR TRACE** Restitution des Données de Traçabilité Suivant

Formulaire Localisation Produits

<input type="checkbox"/>	N° de Lot	Egal	
<input type="checkbox"/>	Code Article	Egal	
<input type="checkbox"/>	Code Emplacement	Egal	
<input checked="" type="checkbox"/>	Code Dépôt	Egal	0661
<input type="checkbox"/>	Code Site	Egal	
<input checked="" type="checkbox"/>	Date Entrée	Supérieur ou égal	2007-08-20
<input checked="" type="checkbox"/>	Date Sortie	Inférieur ou égal	2007-08-27
<input type="checkbox"/>	Motif Entrée	Egal	
<input type="checkbox"/>	Motif Sortie	Egal	

Code_Article Libelle_Article Code_Emplacement Date_Heure_Creation DLC_DLU
 Num_Lot Duree_de_Vie Code_Depot Lot_Reference Propriete_1
 Date_Entree Unite_Principale Code_Site Statut_Lot Propriete_2
 Motif_Entree Unite_Secondaire Libelle_Site Libelle_Depot Propriete_n
 Date_Sortie Origine_Lot_Ref Libelle_Emplacement
 Motif_Sortie
 Quantite_Principale
 Quantite_Secondaire

Lancer la Recherche Rétablir

Autre Recherche

Traçabilité Amont Traçabilité Interne Traçabilité Aval Localisation des Produits

Figure 10.21 – Formulaire de saisie d'une requête sur la localisation des produits

Les résultats de cette requête sont présentés dans la copie d'écran de la Figure 10.22. On y voit l'ensemble des éléments qui ont été sélectionnés au niveau du formulaire.

Code_Article	Num_Lot	Date_Entree	Date_Sortie	Quantite_Principale	Libelle_Article	Unite_Principale	Code_Emplacement	Code_Site	
1	16318701	706327034346	2007-08-20	2007-08-20	40	CORDBLEU DD100G THIR ETUIK5 G	CO	1064	06
2	16070702	703317043787	2007-08-23	2007-08-23	16	CROUPION DIND VEG VR G	CO	1065	06
3	16070702	703317043792	2007-08-23	2007-08-26	42	CROUPION DIND VEG VR G	CO	1065	06
4	16071104	703316518902	2007-08-24	2007-08-27	21	AILERON DIND VEG MALE VR G	CO	1065	06
5	16071104	703316523175	2007-08-25	2007-08-27	16	AILERON DIND VEG MALE VR G	CO	1065	06
6	16071104	703317028410	2007-08-20	2007-08-20	76	AILERON DIND VEG MALE VR G	CO	1065	06
7	16071104	703317029600	2007-08-20	2007-08-21	36	AILERON DIND VEG MALE VR G	CO	1065	06
8	16318701	706327034346	2007-08-20	2007-08-20	40	CORDBLEU DD100G THIR ETUIK5 G	CO	1065	06
9	16078502	703317015429	2007-08-20	2007-08-22	33	GESIER DIND VEG POCH G	CO	1067	06
10	16078502	703317030247	2007-08-20	2007-08-22	37	GESIER DIND VEG POCH G	CO	1067	06
11	16327601	703317032231	2007-08-21	2007-08-23	20	FOUET DIND VEG VR G	CO	1067	06
12	16071104	703317038110	2007-08-22	2007-08-22	23	AILERON DIND VEG MALE VR G	CO	1068	06

Figure 10.22 – Résultats d'une requête sur la localisation des produits

A l'instar des autres écrans de résultats que nous avons vus au fil de cette section, il est possible d'accéder à des détails supplémentaires sur certains éléments en cliquant dessus. Par exemple, la Figure 10.23 et la Figure 10.24 montrent deux fenêtres qui s'ouvrent si l'on clique respectivement sur le code article 16071104 et sur le code emplacement 1068.

Détails de l'article 16071104	
Code_Article	16071104
Libelle_Article	AILERON DIND VEG MALE VR G
Duree_de_Vie	720
Unite_Principale	CO
Unite_Secondaire	KG
Origine_Lot_Ref	Abattage

Figure 10.23 – Pop-up affichant les détails d'un article en stock

Détails de l'emplacement 1068	
Code_Emplacement	1068
Code_Depot	0661
Code_Site	06
Libelle_Site	ARRIVE SAINTE HERMINE
Libelle_Depot	PALETTIER PRODUITS FINIS GEL
Libelle_Emplacement	

Figure 10.24 – Pop-up affichant les détails d'un emplacement

A travers cette section, nous avons présenté les principales fonctionnalités assurées par la plate-forme Star Trace en matière de restitution des données de traçabilité. Nous allons revenir là-dessus pour en faire une analyse critique au niveau de la sixième section. En attendant, continuons d'explorer les autres modules de Star Trace.

4. Le tableau de bord du système de traçabilité

Au cours du chapitre VII, consacré à l'analyse fonctionnelle du besoin en termes de traçabilité, nous avons défini un ensemble de critères d'appréciation des fonctions pour caractériser les services rendus par le ST à ses bénéficiaires. Ces critères constituent, à ce titre, des indicateurs de performance qui peuvent être utilisés pour piloter un ST.

L'objectif du deuxième module de la plate-forme Star Trace est de fournir une interface pour quantifier, d'une manière automatique, la performance du ST et suivre son évolution à travers des graphiques. Rappelons que les indicateurs de performance en question ont été classés selon la dimension de la traçabilité qu'ils évaluent (amont, interne et aval). Ainsi, comme le montre la Figure 10.25, la page d'accueil invite l'utilisateur à sélectionner la dimension à laquelle il s'intéresse.

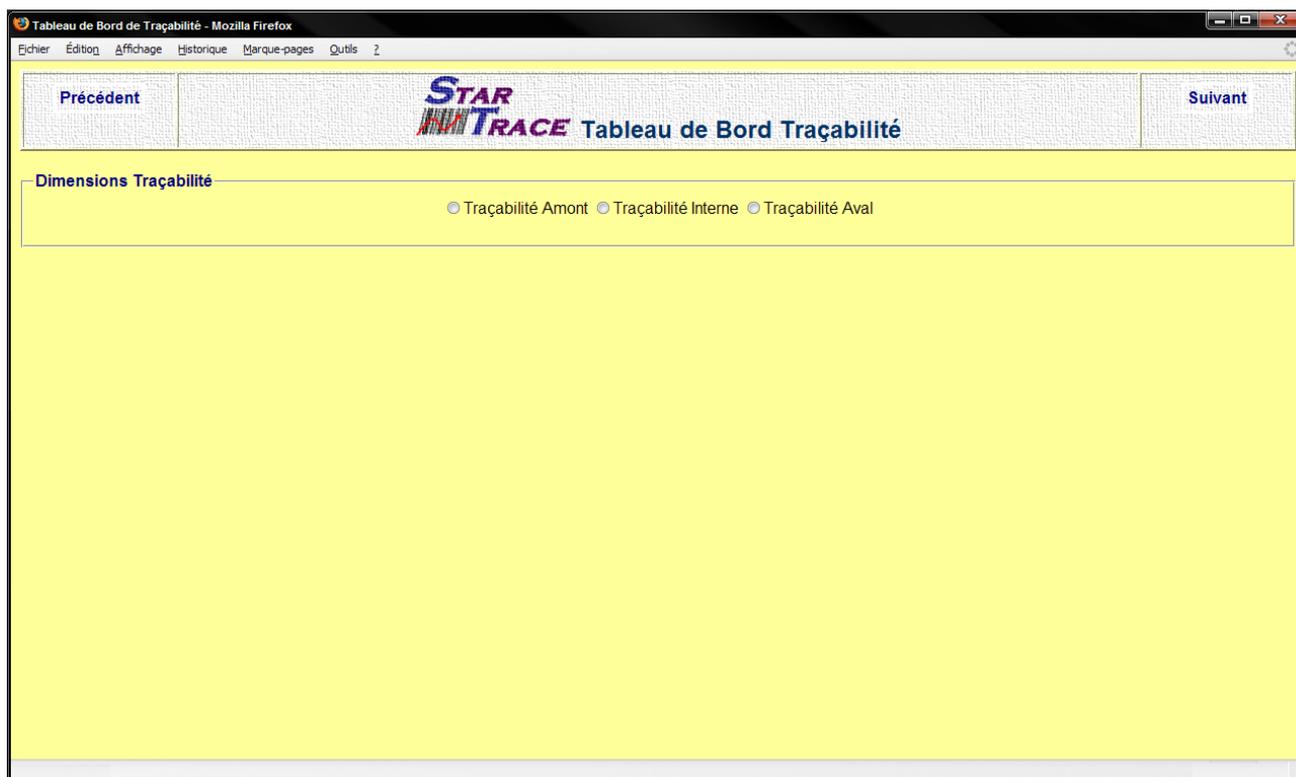


Figure 10.25 – Page d'accueil du tableau de bord du système de traçabilité

À la rédaction de ce mémoire, seule la partie du tableau de bord concernant la traçabilité amont est complètement opérationnelle. Les autres sont en cours de finalisation. En cochant la case correspondant à la traçabilité amont (Cf. Figure 10.25), la partie vacante de l'écran affiche les quatre indicateurs portant sur l'authenticité, l'exhaustivité, la précision et la rapidité de la traçabilité amont (Cf. Figure 10.26). Avant de rappeler leur signification et expliquer comment nous en avons automatisé l'évaluation, décrivons d'abord le contenu de la fenêtre représentée par la copie d'écran de la Figure 10.26.

La fenêtre est divisée en quatre colonnes dédiées, chacune, à un indicateur de performance. Juste en dessous de l'intitulé de chaque indicateur, on trouve sa valeur courante, qui correspond à la dernière évaluation effectuée. Vient ensuite un graphique qui montre l'évolution de l'indicateur dans le temps. En abscisses, chaque graduation fait référence à une évaluation. Par exemple, la graduation 7 se réfère à la septième évaluation réalisée pour l'indicateur en question. Pour des raisons de lisibilité, nous avons préféré procéder ainsi plutôt que de mettre les dates des évaluations sur les axes des abscisses ; mais ses dates sont systématiquement enregistrées dans la base de données et il est possible d'y accéder en cas de besoin. L'axe des ordonnées contient les valeurs des indicateurs exprimées dans les unités de mesure correspondantes. Juste en dessous du graphe, il y a un curseur qui permet de le parcourir en longueur. Enfin, les boutons *Actualiser* permettent de mettre à jour les indicateurs en effectuant de nouvelles évaluations.

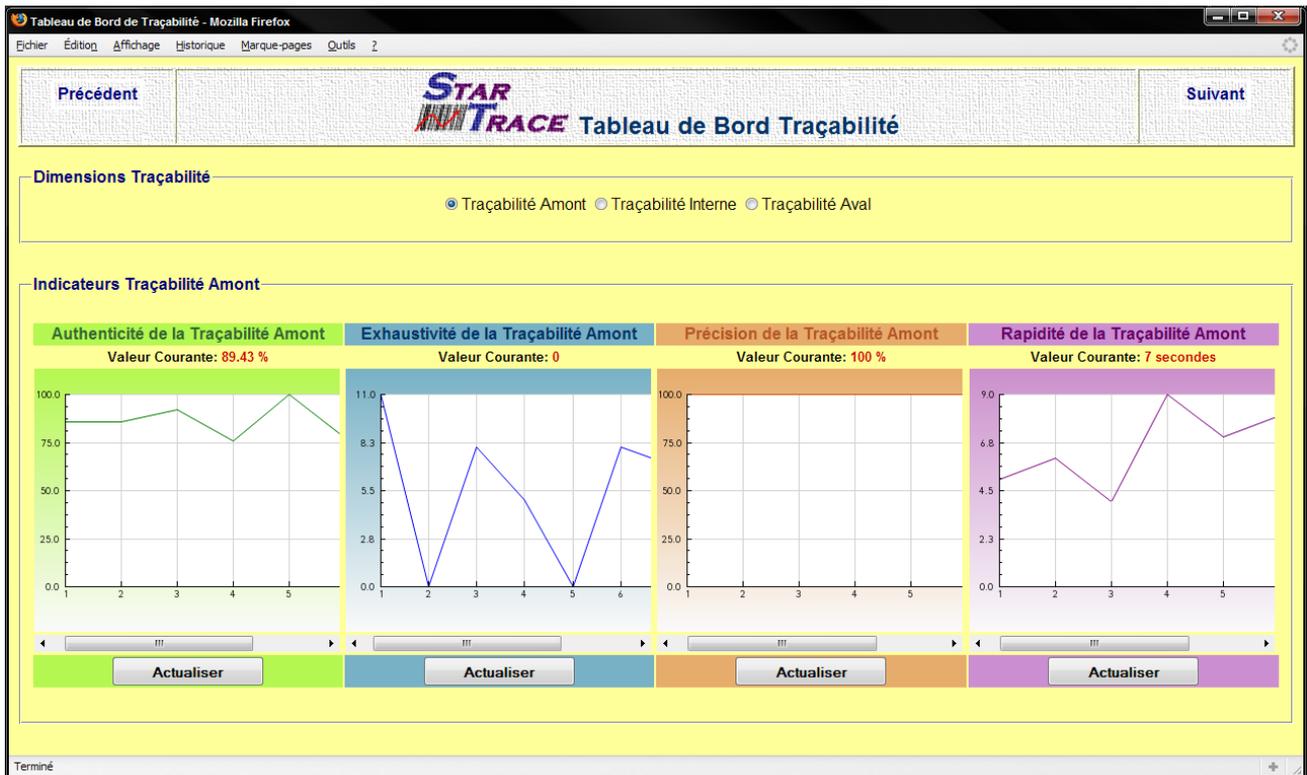


Figure 10.26 – Indicateurs de performance liés à la traçabilité amont

Dans ce qui va suivre, nous allons réexpliquer chaque indicateur et montrer, via des copies d'écran, la façon dont ils sont calculés.

4.1. Authenticité de la traçabilité amont

L'authenticité de la traçabilité amont a été définie comme étant la capacité du ST à restituer fidèlement (c'est-à-dire sans risque d'erreur) les données relatives à la traçabilité amont des produits entrant dans l'entreprise. Pour évaluer cet indicateur, l'idéal étant de comparer les données réelles avec celles qui sont restituées par le ST conformément au protocole d'évaluation que nous avons proposé (Cf. Chapitre VII - § 6.1.2). Afin d'avoir un indicateur calculé automatiquement mais qui donne une estimation assez satisfaisante, nous avons procédé autrement. Pour chaque donnée, nous proposons de définir une ou plusieurs règles, dites d'authenticité, qu'elle doit respecter. Par exemple, si un N° de lot ne comporte pas 12 caractères, on en déduit que sa valeur est incorrecte. Expliquons cela à travers des copies d'écran. En cliquant sur le bouton *Actualiser*, une nouvelle fenêtre s'ouvre proposant à l'utilisateur de choisir entre l'édition des règles d'authenticité (ex. définir une nouvelle règle) et la génération d'une nouvelle évaluation de l'authenticité de la traçabilité amont (Cf. Figure 10.27).

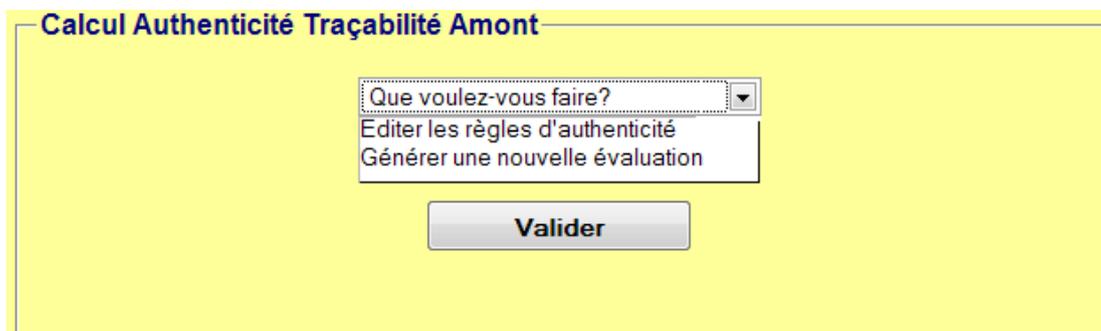


Figure 10.27 – Liste déroulante proposant le choix de l'action à effectuer

En choisissant la première option, une nouvelle fenêtre s'ouvre affichant un tableau contenant la liste de toutes les données pouvant intervenir dans une requête sur la traçabilité amont (Cf. Figure 10.4). Comme le

montre la Figure 10.28, on y trouve également le type de chaque donnée (informatiquement parlant), sa taille en nombre de caractères, la règle d'authenticité qui lui est associée le cas échéant ainsi que le type de règle. Ce dernier montre si la règle en question porte sur la traçabilité amont, interne ou aval.

	Champ	Type	Taille	Règle	Type_Règle
<input type="radio"/>	Code_Article	char	8	La taille du champ >= à 8	Amont
<input type="radio"/>	Llibelle_Article	char	30		
<input type="radio"/>	Duree_de_Vie	float		Le champ ne comporte que des chiffres	Amont
<input type="radio"/>	Unite_Principale	char	2	La valeur du champ == 'KG'	Amont
<input type="radio"/>	Num_Lot	char	12	La taille du champ == à 12	Amont
<input type="radio"/>	Num_Commande	char	6		
<input type="radio"/>	Num_Ligne_Cde	char	3		
<input type="radio"/>	Code_Fournisseur	char	8	La taille du champ == à 8	Amont
<input checked="" type="radio"/>	Qte_Principale_Achetee	float			Amont
<input type="radio"/>	Qte_Secondaire_Achetee	float			Amont
<input type="radio"/>	Date_Heure_Commande	datetime	19		Amont
<input type="radio"/>	Libelle_Fournisseur	char	30	La valeur du champ contient	Amont

Figure 10.28 – Liste des règles d'authenticité

Pour ajouter une nouvelle règle ou modifier une règle existante, on sélectionne le champ correspondant puis on clique sur le bouton *Editer la Règle*. Une petite fenêtre s'ouvre pour spécifier les paramètres de la règle concernée (Cf. Figure 10.29). Imaginons, par exemple, que nous voulons associer une règle au champ *Qté_Principale_Achetée* qui stipule que sa valeur doit être supérieure à zéro.

Figure 10.29 – Fenêtre d'édition des règles d'authenticité

Après avoir spécifié la nouvelle règle et validé le formulaire, celle-ci est aussitôt traduite en langage PHP et enregistrée dans la base données pour être prise en compte lors de la prochaine évaluation de l'authenticité de la traçabilité amont. La Figure 10.30 montre la liste des règles d'authenticité qui s'est enrichie avec celle que nous venons de créer.

	Champ	Type	Taille	Règle	Type_Regle
<input type="radio"/>	Code_Article	char	8	La taille du champ >= à 8	Amont
<input type="radio"/>	Llibelle_Article	char	30		
<input type="radio"/>	Duree_de_Vie	float	0	Le champ ne comporte que des chiffres	Amont
<input type="radio"/>	Unite_Principale	char	2	La valeur du champ == 'KG'	Amont
<input type="radio"/>	Num_Lot	char	12	La taille du champ == à 12	Amont
<input type="radio"/>	Num_Commande	char	6		
<input type="radio"/>	Num_Ligne_Cde	char	3		
<input type="radio"/>	Code_Fournisseur	char	8	La taille du champ == à 8	Amont
<input type="radio"/>	Qte_Principale_Achetee	float	0	La valeur du champ >0	Amont
<input type="radio"/>	Qte_Secondaire_Achetee	float	0		Amont
<input type="radio"/>	Date_Heure_Commande	datetime	19		Amont
<input type="radio"/>	Libelle_Fournisseur	char	30	La valeur du champ contient	Amont

Figure 10.30 – Liste des règles d’authenticité mise à jour

Après avoir montré comment éditer une règle d’authenticité, nous allons expliquer comment effectuer une évaluation de l’authenticité de la traçabilité amont. Pour ce faire, il suffit de sélectionner la deuxième option au niveau du formulaire de la Figure 10.27 puis de cliquer sur le bouton *Valider*. Au bout de quelques secondes de calcul, une nouvelle valeur apparaît sur le graphe représentant l’indicateur de performance en question (Cf. Figure 10.26). Voici comment cette évaluation est générée :

Comme nous le préconisons dans le cadre du protocole d’évaluation du critère d’appréciation C2 (Cf. Chapitre VII - § 6.1.2), l’évaluation commence par le lancement d’une requête automatique consistant à sélectionner, à partir de la base de données, un échantillon aléatoire d’URT achetées. Nous avons fixé la taille de l’échantillon à 100, mais celle-ci peut être facilement modifiée. Pour chaque élément de l’échantillon, on calcule le pourcentage des attributs (données) conforme aux règles d’authenticité en vigueur ; et ensuite on fait une moyenne arithmétique de l’ensemble. C’est sa valeur qui est suivie à travers la courbe représentant l’évolution de l’authenticité de la traçabilité amont. La Figure 10.31 montre que le tableau de bord est mis à jour suite à la nouvelle évaluation que nous venons d’effectuer.

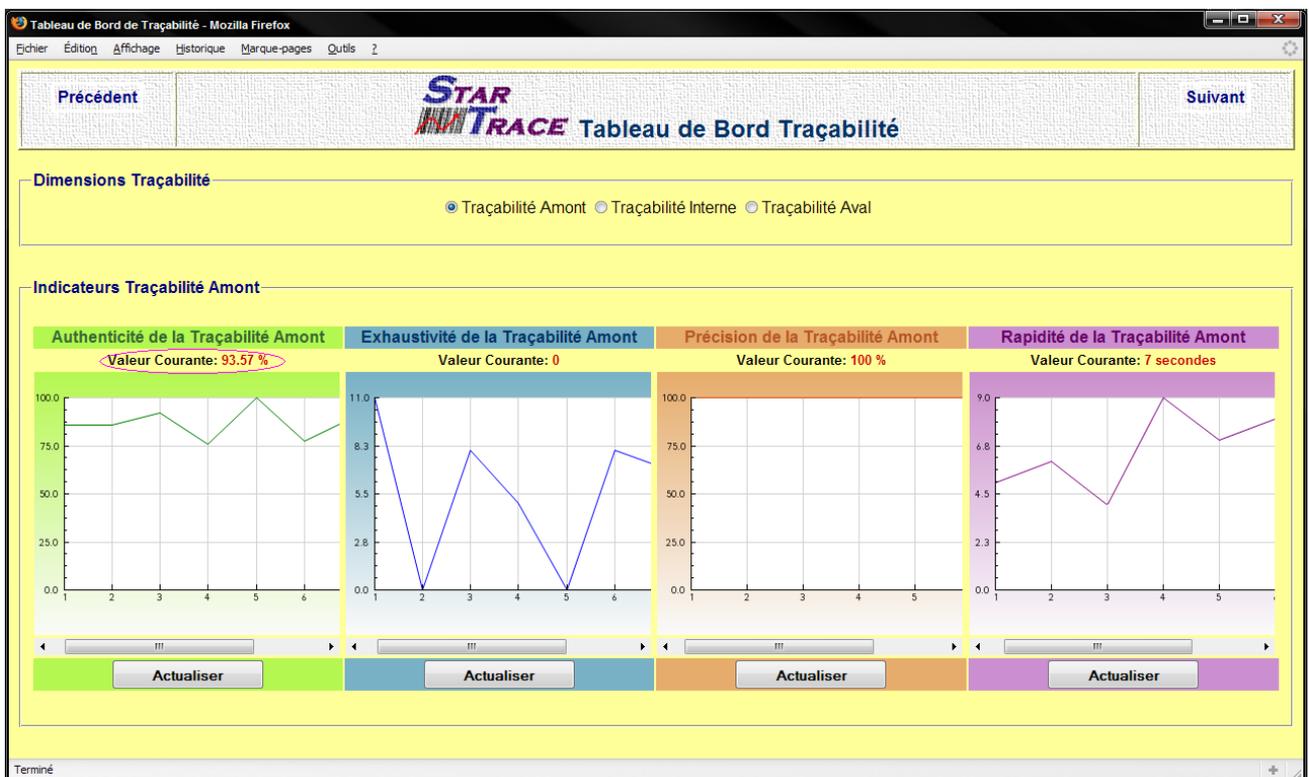


Figure 10.31 – Actualisation de la valeur de l’authenticité de la traçabilité amont

Comme on peut le remarquer, notamment à travers la Figure 10.28 et la Figure 10.30, l'une des limites de notre approche réside dans le fait que chaque champ de données ne peut pas supporter plus d'une règle d'authenticité à la fois. Par exemple, on ne peut pas spécifier que la taille d'un N° de lot soit égale à 12 caractères **et** être composé uniquement de chiffres. En attendant de trouver un moyen pour contourner cette limite, nous préconisons de choisir, pour chaque attribut, la règle d'authenticité la plus pertinente. A noter que l'augmentation de la valeur de l'authenticité amont (Cf. Figure 10.31) après l'ajout de la nouvelle règle (Cf. Figure 10.30) est complètement due au hasard car chaque évaluation est faite sur la base d'un échantillon aléatoire.

4.2. Exhaustivité de la traçabilité amont

L'exhaustivité de la traçabilité amont est la capacité du ST à restituer à ses bénéficiaires l'ensemble des données répondant à leur besoin en termes de traçabilité amont sans en omettre aucune. Pour évaluer ce critère de performance, nous avons suggéré une l'échelle de mesure de la Figure 10.32 qui a été construite sur la base des exigences réglementaires en matière de données de traçabilité amont.

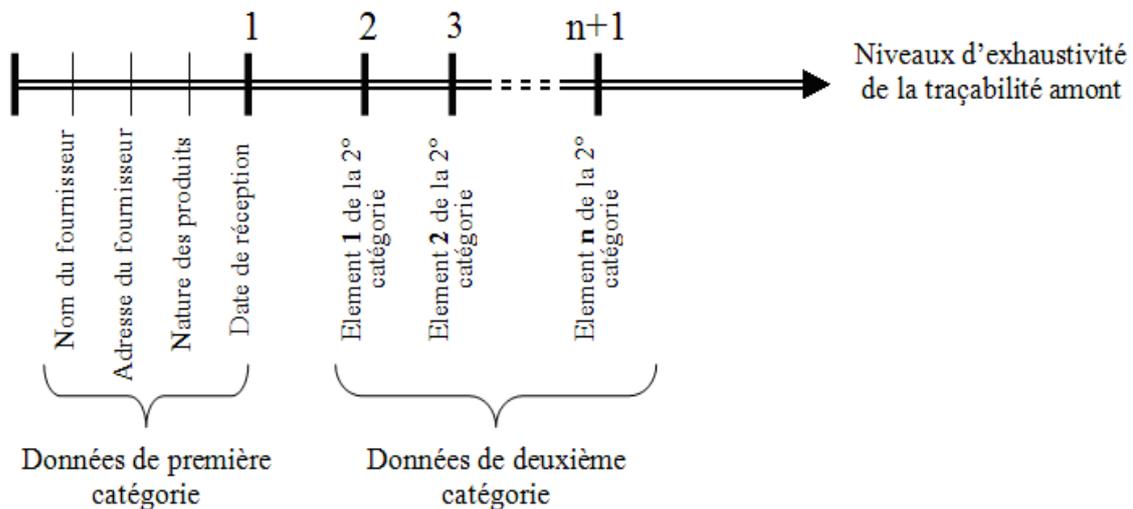


Figure 10.32 – Echelle de mesure de l'exhaustivité de la traçabilité amont

Pour plus de détails sur ce protocole d'évaluation, nous invitons le lecteur à se référer au septième chapitre (§ 6.1.2). Rappelons tout simplement que les données de première catégorie sont obligatoires à communiquer aux Pouvoirs publics en cas de besoin. Elles constituent, à ce titre, un strict minimum que le ST doit pouvoir restituer. Chacune d'elles constitue donc une sorte de note éliminatoire dont l'absence rend nulle la valeur du critère de performance.

Au niveau de la plate-forme Star Trace, quand on clique sur le bouton Actualiser correspondant à ce critère (Cf. Figure 10.31), un processus d'évaluation est automatiquement déclenché. Il commence par la formation d'un échantillon aléatoire de 100 URT achetées et le lancement d'une requête visant à restituer toutes les données de traçabilité amont qui leur sont associées (ex. nom du fournisseur, date de réception, etc.). Ensuite, à travers une deuxième série de requêtes SQL on applique le protocole d'évaluation schématisé par la Figure 10.32 à chaque URT composant l'échantillon. La moyenne arithmétique des valeurs obtenues correspond à la valeur de l'exhaustivité de la traçabilité interne dont l'évolution est suivie via l'interface Star Trace.

En cliquant sur le bouton *Actualiser*, on obtient une nouvelle évaluation de l'exhaustivité de la traçabilité amont comme le montre la Figure 10.33.

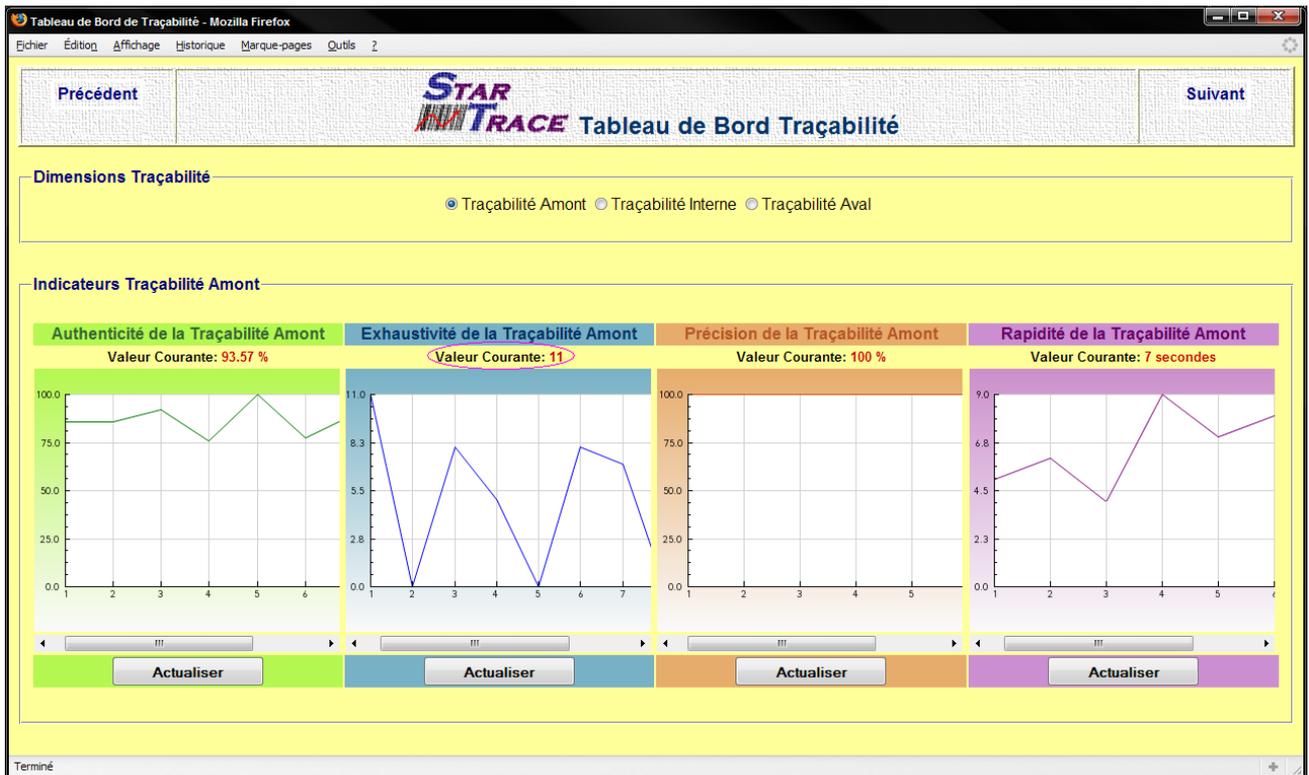


Figure 10.33 – Nouvelle évaluation de la valeur de l'exhaustivité de la traçabilité amont

Les valeurs nulles au niveau de la courbe correspondent à des cas où une donnée de première catégorie est absente. Il s'agit en l'occurrence ici des adresses de certains fournisseurs qui manquent dans la base de données Arrivé.

4.3. Précision de la traçabilité amont

Rappelons que la précision de la traçabilité amont est définie comme étant la capacité du ST à identifier, parmi plusieurs possibilités, l'origine exacte d'un lot de produits (URT achetées). Pour employer le jargon de la théorie des ensembles, on dit qu'il y a une *injection* entre l'ensemble U représentant les URT achetées et l'ensemble F représentant les fournisseurs. C'est-à-dire que chaque élément de l'ensemble U admet au plus un *antécédent* dans l'ensemble F comme l'illustre la Figure 10.34.

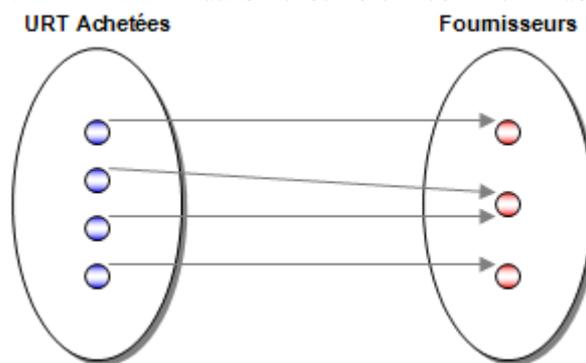


Figure 10.34 – Illustration de la précision de la traçabilité amont par la théorie des ensembles

Le schéma de la Figure 10.34 montre également, qu'il peut y avoir une relation de *surjection* entre l'ensemble des fournisseurs et l'ensemble des URT achetées. En effet, un fournisseur peut fournir une URT ou plus. Au niveau de Star Trace, l'évaluation de ce critère de performance consiste à prélever de la base de données un échantillon aléatoire composé de 100 URT achetées (la taille de l'échantillon peut être modifiée). Une deuxième requête SQL compte le nombre de fournisseurs sur lesquels pointe chacune de ces URT. La valeur

de la précision de la traçabilité amont correspond au pourcentage des URT pointant sur un et un seul fournisseur.

Au cours du septième chapitre de ce mémoire, nous avons expliqué qu'un manque de précision au niveau de la traçabilité amont s'explique par le fait que les données de traçabilité ne soient pas systématiquement enregistrées à chaque réception de produits. Dans ce cadre, nous avons évoqué la notion de traçabilité approchée qui consiste à retrouver approximativement, en fonction de la date et de l'heure d'arrivée, ou de la durée d'une opération, l'origine d'un lot [ACTA et ACTIA, 1998]. Avec un tel mode de fonctionnement, une requête sur l'origine d'une URT donnée peut avoir comme résultat plusieurs fournisseurs **potentiels** sans qu'il y ait possibilité de trancher.

Comme nous l'avons évoqué précédemment (Cf. Cas d'étude 7.2), à la réception de chaque intrant chez Arrivé, toutes les données relatives à sa traçabilité amont sont systématiquement enregistrées. C'est ce qui explique que la courbe représentant l'évolution de la précision de la traçabilité amont reste à 100% comme on peut le voir sur la Figure 10.33.

4.4. Rapidité de la traçabilité amont

La rapidité de la traçabilité amont traduit l'aptitude du ST à répondre, dans de brefs délais, aux requêtes portant sur la traçabilité amont des produits manipulés par l'entreprise. Au niveau de la plate-forme Star Trace, nous proposons deux manières d'évaluer ce critère de performance. La première consiste à cliquer sur le bouton *Actualiser* correspondant à ce critère (Cf. Figure 10.33) pour voir s'afficher le formulaire présenté à travers la copie d'écran de la Figure 10.35.

Figure 10.35 – Formulaire de saisie du temps de réponse d'une requête typique sur la traçabilité amont

Comme il est expliqué dans ce formulaire, il est demandé à l'utilisateur d'effectuer une recherche type portant sur la traçabilité amont puis de noter le temps écoulé entre la saisie de la requête et l'affichage des résultats. Pour effectuer cette évaluation sans quitter le module *Tableau de bord*, un clic que le lien *Restitution de la Traçabilité Amont* permet d'ouvrir une petite fenêtre comportant le formulaire de recherche des données de traçabilité amont (Cf. Figure 10.36).

Figure 10.36 – Formulaire de lancement d’une requête sur la traçabilité amont

Il est également possible d’évaluer ce critère de performance directement à partir de l’interface de restitution des données de traçabilité. Rappelons que lorsqu’on effectue une recherche sur la traçabilité amont, l’écran des résultats (Cf. Figure 10.5) comporte, entre autres, un champ intitulé *Délais de réponse*. Ce champ constitue un lien hypertexte sur lequel il suffit de cliquer pour mettre à jour la valeur affichée dans le tableau de bord.

Dans cette section, nous avons fait une présentation sommaire du deuxième module de la plate-forme Star Trace dédié au pilotage de la performance du ST. Au moment de la rédaction de ce mémoire, seuls les indicateurs de performance relatifs à la traçabilité amont sont complètement opérationnels. Ceux qui caractérisent les deux autres dimensions de la traçabilité sont en cours de développement mais, comme nous l’avons vu dans le cadre de l’analyse fonctionnelle du besoin, ils présentent de grandes similitudes avec les quatre critères de performance que nous venons de voir. En plus des critères permettant de caractériser les fonctions principales du ST, nous avons également proposé deux critères destinés à l’appréciation des fonctions d’adaptation du ST (Cf. Chapitre VII – Section 7). Dans la section qui suit, nous allons voir que ces deux critères peuvent être évalués indirectement à travers une interface destinée au suivi des audits réalisés notamment par des autorités publiques ou par des organismes de certification en rapport avec la traçabilité.

5. Outils pour l’amélioration continue du système de traçabilité

Comme le montre le logo que nous avons choisi pour le représenter (Cf. Figure 10.1), le troisième module de la plate-forme Star Trace présente un ensemble d’outils qui concourent au progrès continu du système de traçabilité. Au lancement de ce module, l’utilisateur a le choix entre quatre onglets qui correspondent à des groupes de fonctionnalités différents (Cf. Figure 10.37) que nous décrivons par la suite.

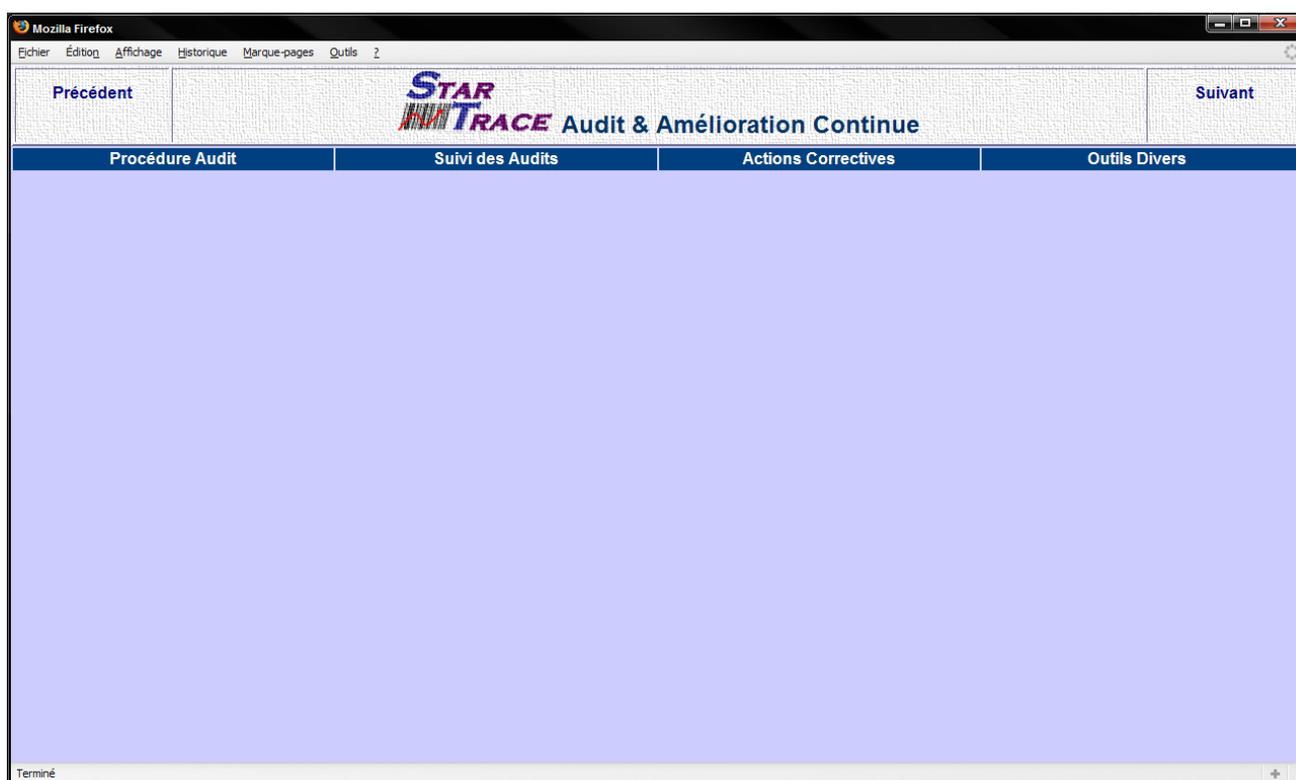


Figure 10.37 – Page d'accueil du module *Progrès Continu de la Traçabilité*

5.1. Procédure d'audit

Comme son nom l'indique, le premier onglet (*Procédure Audit*) ouvre une fenêtre dans laquelle nous allons décrire, en termes opérationnels, l'approche de diagnostic CATE que nous avons présentée dans le troisième chapitre. Le but étant de fournir à l'entreprise une procédure formalisée pour effectuer des diagnostics internes du système de traçabilité.

Etant donné qu'il s'agit tout simplement d'une fenêtre affichant du texte montrant les étapes à suivre pour le diagnostic du ST, nous avons choisi développer cette partie en dernier lieu en nous focalisant d'abord sur les fonctionnalités de Star Trace qui sont prioritaires pour la société Arrivé.

5.2. Suivi des audits

Nous avons évoqué, à maintes reprises dans ce mémoire (*Cf.* notamment Chapitre I) que les entreprises agroalimentaires font régulièrement l'objet d'audits visant à tester la performance de leurs ST. Ces audits peuvent être effectués par les Pouvoirs publics (notamment à travers les DDSV), les distributeurs ou encore des organismes de certification. Comme évoqué au cours du sixième chapitre, nous étions de temps en temps sollicités pour assister le service Qualité de la société Arrivé dans le cadre de ce type d'audits. Sur la base de ce vécu, nous estimons qu'il est intéressant de se doter d'un outil qui permettra d'historiser les résultats des audits internes et externes portant sur le ST et de suivre l'évolution de la satisfaction des auditeurs. Cet outil sert également à avoir une idée sur les critères d'appréciation des deux fonctions d'adaptation du ST, à savoir le *niveau de respect de la réglementation* (C13) et le *taux de conformité aux normes en vigueur* (C14).

En cliquant sur le deuxième onglet de l'écran présenté dans la Figure 10.37, nous accédons à la fenêtre de la Figure 10.38. Le principe consiste à historiser chaque audit en spécifiant sa date, l'auditeur concerné, son évaluation du ST sur une échelle allant de 0 à 10 et éventuellement un commentaire. Le graphique de droite représente l'évolution des notes attribuées au ST à l'issue de chaque audit. Dans la pratique, un audit de traçabilité consiste souvent à demander à l'entreprise de restituer un ensemble de données relatives à un lot de produit. L'appréciation de l'auditeur est basée notamment sur l'authenticité, l'exhaustivité, la précision des réponses apportées par le ST ainsi que la rapidité de celles-ci.

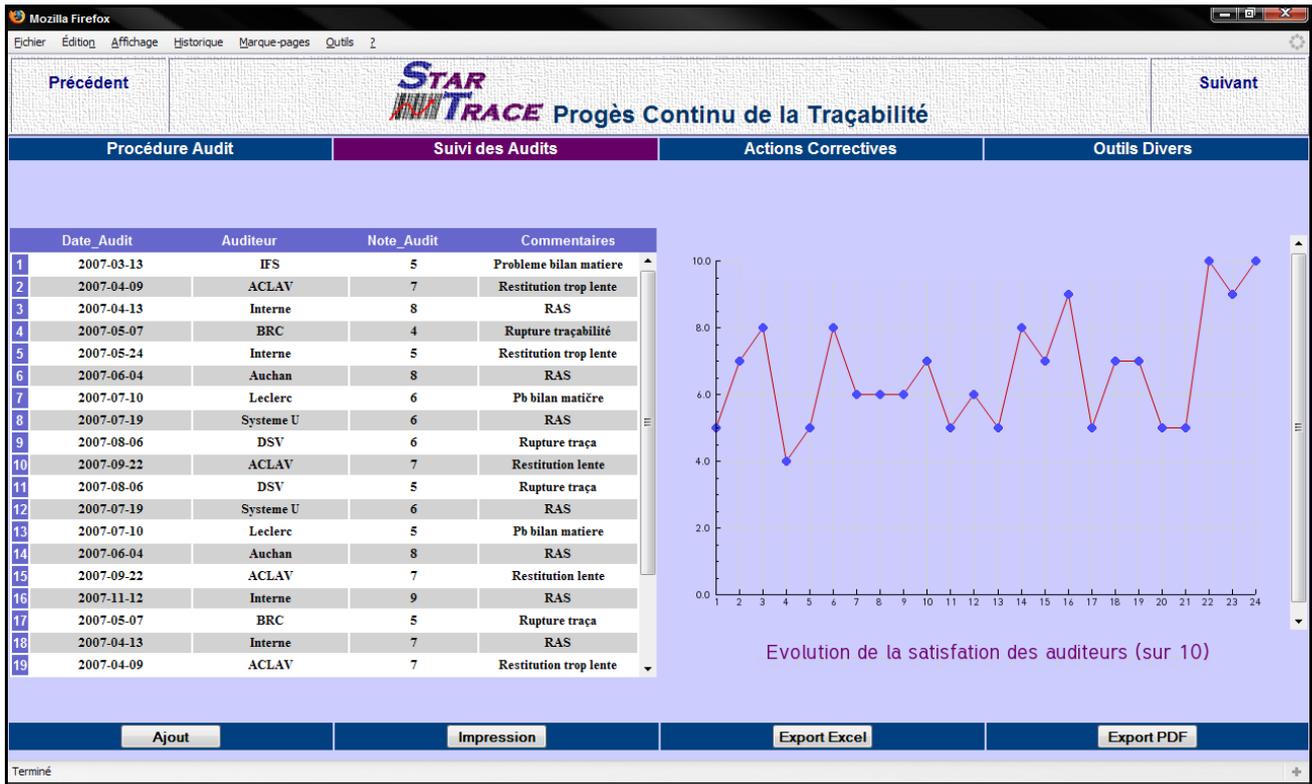


Figure 10.38 – Suivi des audits du système de traçabilité

A la différence des illustrations que nous vues dans les modules précédents, le contenu de la copie d’écran de la Figure 10.38 est complètement factice étant donné que l’outil n’est pas encore déployé sur le terrain. Le bouton *Ajout*, en bas à gauche, permet d’enregistrer un nouvel audit. En cliquant dessus, le formulaire de la Figure 10.39 s’affiche pour permettre à l’utilisateur de saisir les données décrivant l’audit en question.

The screenshot shows the 'Ajout Nouvel Audit' form in the STAR TRACE software. The form is titled 'Suivi des Audit de Traçabilité' and contains the following fields and buttons:

- Date d'Audit:** 2008-03-25
- Auditeur:** Test
- Note d'Audit:** 7 sur 10
- Commentaire:** Ceci est un test
- Buttons:** Valider, Initialiser, Annuler

Figure 10.39 – Enregistrement d’un nouvel audit

La note de l’audit, peut être obtenue en demandant à l’auditeur d’émettre un jugement, sur une échelle de 0 à 10, quant aux réponses qui lui ont été apportées en termes de traçabilité. Il suffit ensuite de valider ce formulaire pour que le nouvel audit soit historisé comme l’indique la Figure 10.40.

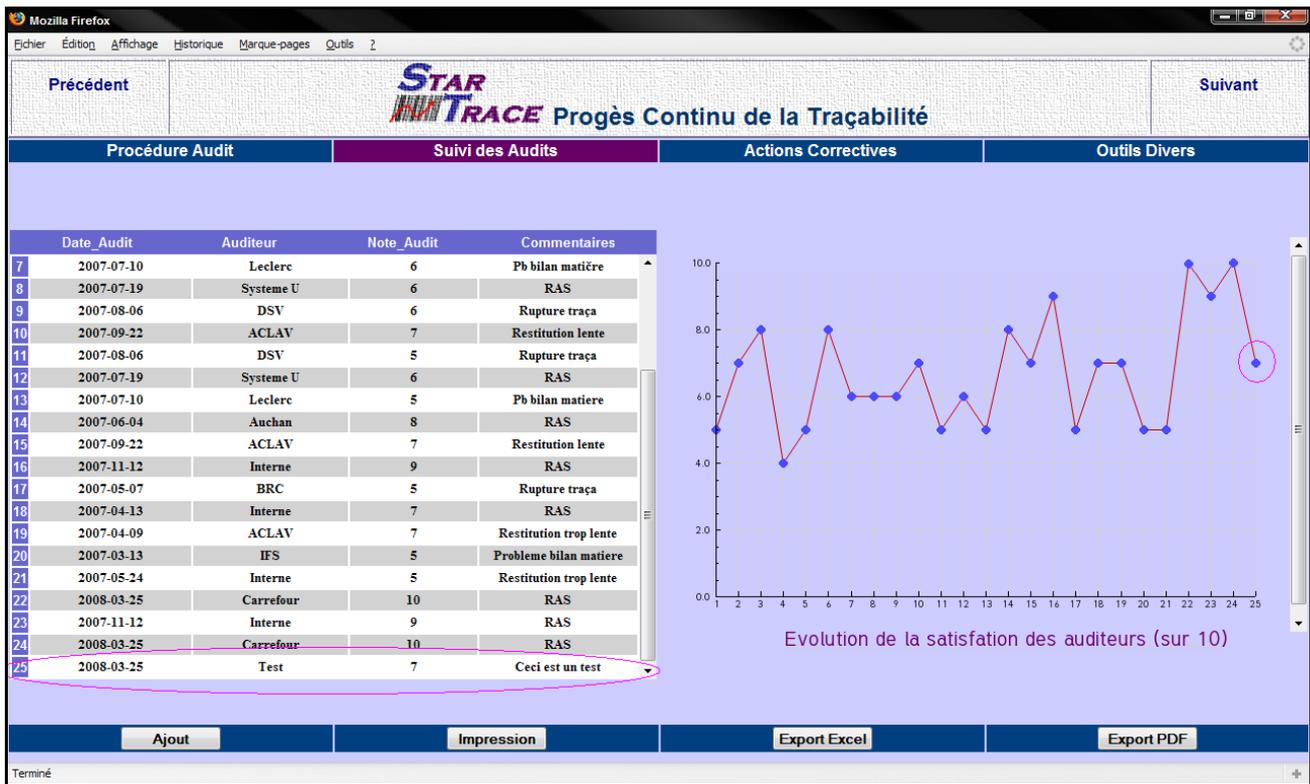


Figure 10.40 – Mise à jour de l'interface de suivi des audits

Quand la liste des audits est trop longue, il est possible de parcourir le graphique horizontalement à l'aide d'un curseur qui va s'afficher à partir d'une certaine longueur. L'utilisateur peut aussi l'afficher en plein écran par le biais d'un clic-droit.

5.3. Suivi des actions correctives du ST

Le principe d'une démarche de progrès continu consiste à analyser continuellement le système en question (le ST dans notre cas) pour détecter ses points perfectibles et à mettre en place des mesures correctives qui conviennent. En complément du tableau de bord (Cf. Section 4) et de l'interface de suivi des audits (Cf. § 5.2), nous avons intégré à Star Trace un outil dont la finalité est de répertorier les problèmes rencontrés au fil de l'utilisation du ST ainsi que l'avancement de leur résolution. Pour faire le lien avec la classification des acteurs interagissant avec le ST évoquée dans le second chapitre, il s'agit d'un outil permettant aux utilisateurs aval de communiquer avec les agents de support au sujet des dysfonctionnements du ST.

Comme le montre la copie d'écran de la Figure 10.41, chaque fois qu'un utilisateur aval (ex. responsable qualité) rencontre une anomalie au niveau du fonctionnement du ST, il l'enregistre, via le bouton *Nouvelle Anomalie*, en précisant l'objet informationnel concerné (N° de lot, code client...), la valeur de ce dernier et une brève description. Ensuite, l'anomalie en question est examinée par l'agent de support concerné (ex. un technicien du service informatique) qui va renseigner dans la 7^{ième} colonne sa cause et/ou l'action corrective menée. Si l'intervention de l'agent de support se solde par un changement de statut de l'anomalie examinée, ce dernier (statut) est aussi renseigné (résolue ou en cours de résolution). Une représentation graphique sous forme de camembert permet d'avoir une idée sur la part des anomalies résolues, celles qui sont en cours de résolution et celles qui sont en attente. Dans l'exemple de la Figure 10.41, sur l'ensemble des anomalies répertoriées, 22% sont solutionnées, 33% sont en cours de résolution et environ 45% n'ont encore fait l'objet d'aucune intervention.

A l'instar de ce que nous avons vu dans le module dédié à la restitution des données de traçabilité, il est toujours possible d'exporter la liste des anomalies vers un tableau de type Excel afin de les traiter statistiquement en faisant, par exemple, une analyse croisée entre les types d'anomalie et l'état d'avancement de leur résolution.

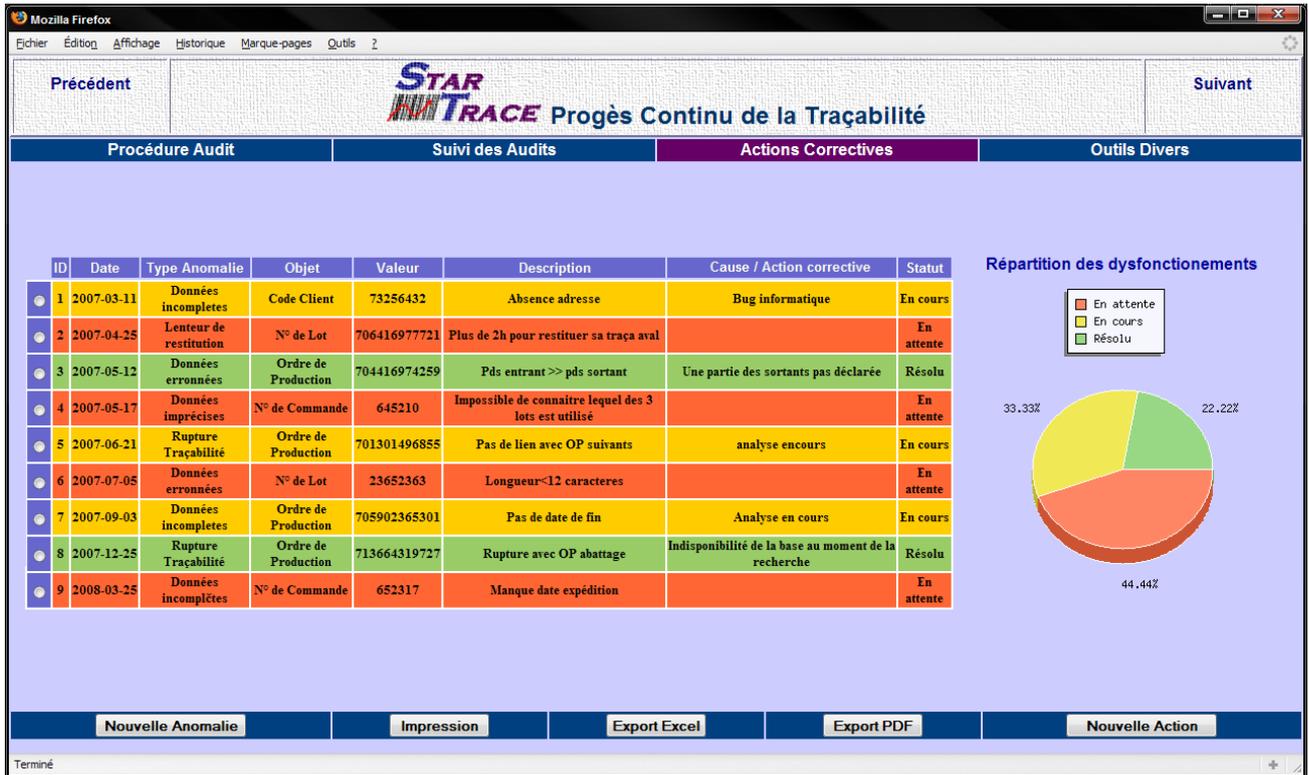


Figure 10.41 – Suivi des actions correctives du système de traçabilité

Pour enregistrer une nouvelle anomalie, on clique sur le bouton *Nouvelle Anomalie*, ce qui a pour effet l’ouverture du formulaire représenté dans la copie d’écran de la Figure 10.42.

The screenshot shows the 'Saisie d'une nouvelle anomalie' form. It includes dropdown menus for 'Type d'Anomalie' (set to 'Lenteur de restitution') and 'Objet Concerné' (set to 'N° de Lot'). A text field for 'Valeur Concernée' contains '719675109567'. A larger text area for 'Description' contains '1 heure pour retrouver les clients destinataires'. At the bottom, there are three buttons: 'Valider', 'Initialiser', and 'Annuler'.

Figure 10.42 – Enregistrement d'une nouvelle anomalie

La première liste déroulante permet à l'utilisateur de sélectionner le type d'anomalie dont il est question. Pour mémoire, il s'agit ici des cinq dysfonctionnements typiques d'un ST que nous avons mis en évidence dans le troisième chapitre (Cf. Chapitre III - § 2.2.2). Les deux listes déroulantes suivantes permettent, respectivement, de choisir l'objet informationnel concerné et de saisir sa valeur. Dans notre exemple, il s'agit du N° de lot 719675109567. Enfin, une brève description (100 caractères au maximum) permet de préciser la

nature du problème rencontré. En validant ce formulaire, la nouvelle anomalie est répertoriée avec le statut *En attente* (Cf. Figure 10.43).

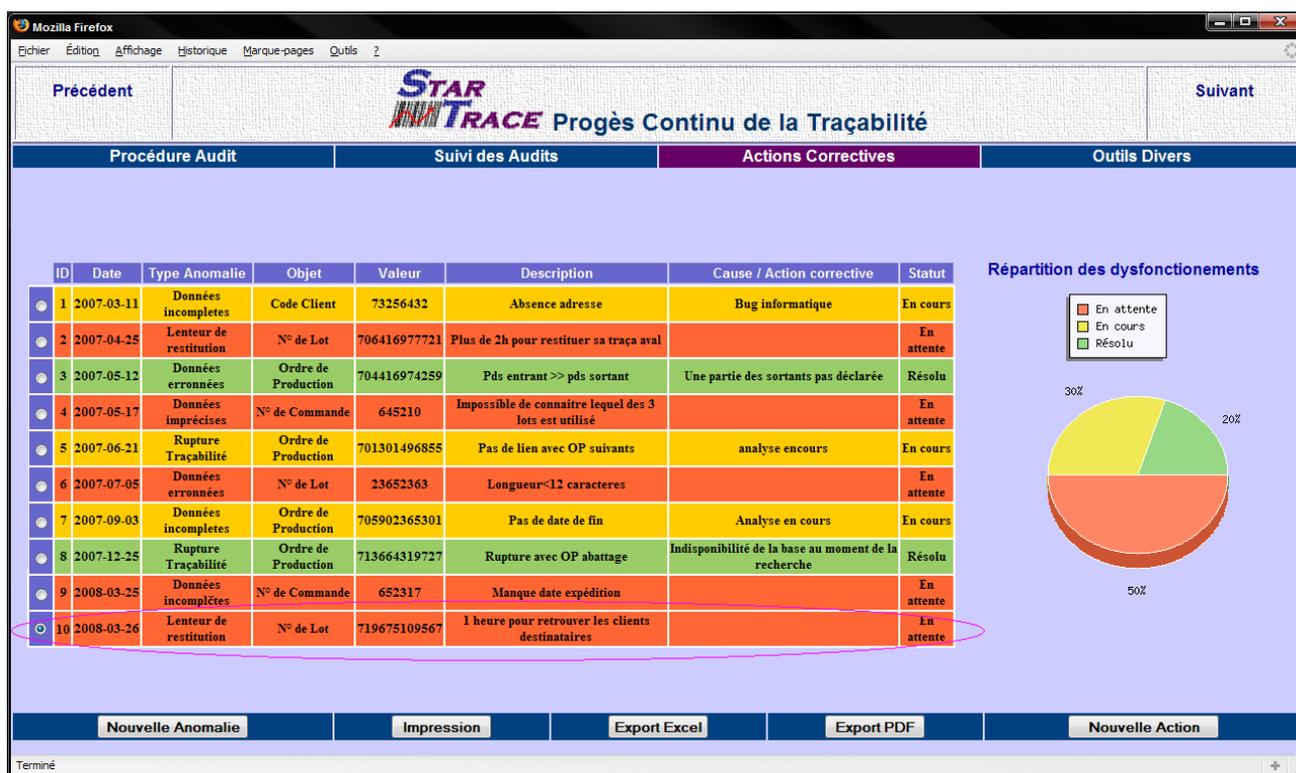


Figure 10.43 – Mise à jour de la liste des anomalies

Après avoir expliqué comment un utilisateur aval peut interagir avec l’outil de suivi des dysfonctionnements du ST, mettons nous maintenant à la place d’un agent de support dont la mission, rappelons-le, est d’œuvrer pour l’amélioration de la performance du ST. Pour intervenir sur l’anomalie N° 10 qui vient d’être enregistrée, on coche la case correspondante puis on clique sur le bouton *Nouvelle Action*. Un nouveau formulaire s’affiche à l’écran comme le montre Figure 10.44.



Figure 10.44 – Enregistrement d’une nouvelle action corrective

La première zone du formulaire représenté par la Figure 10.44 rappelle les caractéristiques de l'anomalie sélectionnée. La seconde zone permet de saisir la cause et/ l'action corrective mise en place puis de changer le statut de l'anomalie. En cliquant sur le bouton *Valider*, la liste des anomalies est actualisée comme le montre la Figure 10.45.

The screenshot shows the STAR TRACE software interface. At the top, there are navigation buttons 'Précédent' and 'Suivant'. Below that is the title 'STAR TRACE Progès Continu de la Traçabilité'. The main area is divided into four tabs: 'Procédure Audit', 'Suivi des Audits', 'Actions Correctives', and 'Outils Divers'. The 'Suivi des Audits' tab is active, displaying a table of anomalies. To the right of the table is a pie chart titled 'Répartition des dysfonctionnements' showing the distribution of anomalies by status: 'En attente' (30%), 'En cours' (30%), and 'Résolu' (40%). At the bottom, there are buttons for 'Nouvelle Anomalie', 'Impression', 'Export Excel', 'Export PDF', and 'Nouvelle Action'.

ID	Date	Type Anomalie	Objet	Valeur	Description	Cause / Action corrective	Statut
1	2007-03-11	Données incomplètes	Code Client	73256432	Absence adresse	Bug informatique	En cours
2	2007-04-25	Lenteur de restitution	N° de Lot	706416977721	Plus de 2h pour restituer sa traça aval		En attente
3	2007-05-12	Données erronées	Ordre de Production	704416974259	Pds entrant >> pds sortant	Une partie des sortants pas déclarée	Résolu
4	2007-05-17	Données imprécises	N° de Commande	645210	Impossible de connaître lequel des 3 lots est utilisé		En attente
5	2007-06-21	Rupture Traçabilité	Ordre de Production	701301496855	Pas de lien avec OP suivants	analyse encours	En cours
6	2007-07-05	Données erronées	N° de Lot	23652363	Longueur<12 caracteres		En attente
7	2007-09-03	Données incomplètes	Ordre de Production	705902365301	Pas de date de fin	Analyse en cours	En cours
8	2007-12-25	Rupture Traçabilité	Ordre de Production	713664319727	Rupture avec OP abattage	Indisponibilité de la base au moment de la recherche	Résolu
9	2008-03-25	Données incomplètes	N° de Commande	652317	Manque date expédition		En attente
10	2008-03-26	Lenteur de restitution	N° de Lot	719675109567	1 heure pour retrouver les clients destinataires	Bug informatique	Résolu

Figure 10.45 – Changement de statut de l'anomalie N°10

En permettant de tenir une traçabilité des anomalies du ST ainsi que les actions correctives correspondantes, cet outil sert également de moyen de capitalisation d'expérience. En effet, lorsqu'une anomalie déjà traitée resurgit quelques mois plus tard, on peut retrouver l'action corrective qui lui a été appliquée et la reproduire.

5.4. Outils divers pour la traçabilité

Le dernier groupe de fonctionnalités de la plate-forme Star Trace consiste en un ensemble d'outils que nous sommes en train de développer et qui constituent un complément aux autres outils que nous avons évoqués dans ce chapitre. Bien que cette partie ne soit pas encore fonctionnelle, nous allons, tout de même, donner un aperçu de son contenu.

En cliquant sur l'onglet *Outils Divers* (Cf. Figure 10.45), nous accédons à la fenêtre représentée à travers la copie d'écran de la Figure 10.46. Le principe consiste à sélectionner un outil en cochant la case correspondante pour voir s'afficher, dans la deuxième partie de l'écran, un formulaire permettant à l'utilisateur de spécifier les éléments de départ (opérandes) qui seront traités et aboutir à des résultats.

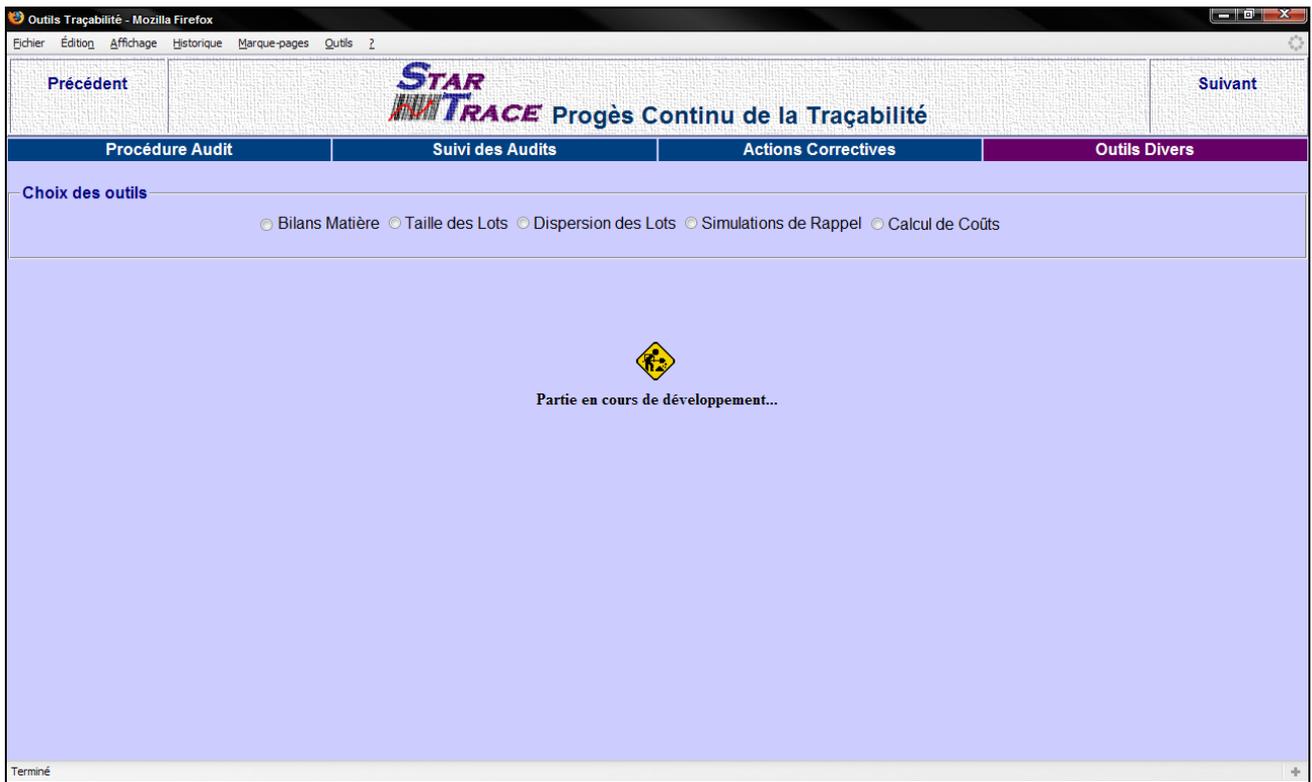


Figure 10.46 – Outils divers pour la gestion du système de traçabilité

5.4.1. Bilans matière

Au niveau du troisième chapitre de ce mémoire (Cf. Chapitre III - § 2.2.2), nous avons expliqué l'intérêt des bilans matière (ou comptabilité matière) en tant que moyen de vérification de l'authenticité des données quantitatives restituées par le ST. Par exemple, dans une opération de découpe de poulets, une bonne traçabilité exige que le poids des entrants et le poids des sortants soient systématiquement enregistrés. Si, au cours d'une consultation, le ST restitue un poids entrant trop différent du poids sortant, l'authenticité des données de traçabilité est mise en cause. Rien ne se crée, rien ne se perd, tout se transforme, comme disait Lavoisier.

Sans rentrer dans les détails, la copie d'écran de la Figure 10.47 montre l'aspect général de l'interface de calcul des bilans matière.

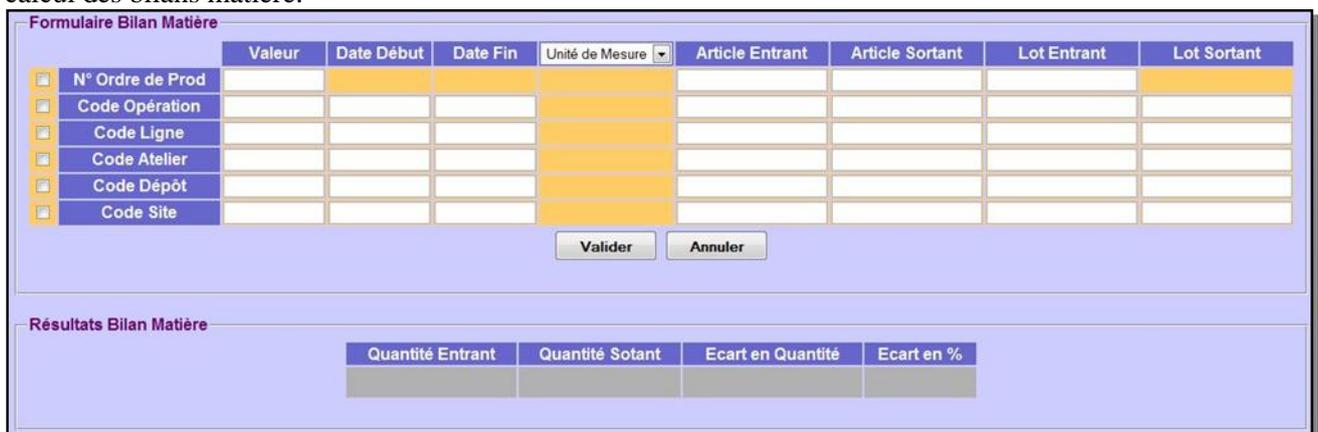


Figure 10.47 – Interface de calcul des bilans matière

L'utilisation la plus simple de la notion de bilan matière consiste à l'appliquer à un ordre de production. Pour ce faire, on coche la case correspondante, on saisit sa valeur et puis on sélectionne l'unité de mesure désirée (poids, nombre d'unités...). Quand il s'agit d'un ordre de production consommant plusieurs articles entrants pour produire plusieurs articles sortants, on peut affiner davantage le calcul en se limitant à un article (et/ou

lot) entrant et/ou un article sortant. A noter que la case *Lot Sortant* est désactivée car tous les sortants d'un ordre de production appartiennent au même lot (Cf. Chapitre IX – § 4.3). Après la validation du formulaire, les résultats sont affichés en bas de l'écran.

Pour effectuer le bilan matière sur une opération (et non plus sur un ordre de production précis), on coche la deuxième ligne du formulaire, on saisit le code de l'opération, on spécifie la période de calcul et on choisit l'unité de mesure. Un exemple serait de comparer le poids total des entrants et le poids total des sortants de la découpe de poulets entre le 1^{er} et le 5 novembre 2007. Il est également possible de spécifier des articles/lots entrants et/ou sortants de l'opération en question. Dans notre exemple, au lieu de prendre en compte tous les sortants de découpe, on peut restreindre le calcul uniquement aux cuisses de poulets. Au-delà de la traçabilité, cela peut avoir des applications en termes de calculs de rendements. De la même façon, on peut réaliser un bilan matière sur une ligne un atelier, un dépôt voire un site de fabrication. Cela peut être intéressant pour savoir, par exemple, sur une période donnée l'écart entre la quantité des produits qui entrent dans un atelier et la quantité des produits qui en sort. Des écarts importants peuvent être révélateurs de problèmes de traçabilité (rigueur au niveau de l'enregistrement des données) ou de disparition ou de vol de produits.

A noter que cet outil est encore en cours de développement et il peut être sujet à des modifications plus ou moins importantes avant son déploiement.

5.4.2. Taille des lots

Au cours du septième chapitre, nous avons expliqué l'impact de la taille des lots de produits sur la précision du ST (Cf. Chapitre VII - § 6.2.2). Ce paramètre intervient également dans la caractérisation de la fonction technique FT1¹³⁰ (Cf. Chapitre VIII - § 4.1.2). Ainsi, vue son importance, il nous paraît intéressant de proposer aux utilisateurs de Star Trace un outil pratique et convivial pour l'évaluer. L'idée est de proposer un formulaire destiné à la saisie des critères selon lesquels nous voulons calculer la taille des lots. On, peut exemple, ne s'intéresser qu'aux lots achetés, aux lots vendus ou à une famille particulière d'articles voire à un article particulier. Il est aussi possible de calculer ce paramètre pour un atelier ou un site, ou encore sur une période donnée. Les sites utilisant des lots de petites tailles peuvent être perçus comme étant plus rigoureux par rapport à la précision de la traçabilité.

En validant le formulaire, une requête SQL sera envoyée à la base de données pour en extraire un échantillon représentatif sur lequel la taille moyenne du lot est calculée.

Comme nous l'avons évoqué, une taille de lot élevée engendre un manque de précision du ST, ce qui oblige l'entreprise, en cas de problème, à rappeler une grande quantité de produits. Un tel outil peut donc servir à vérifier si la taille des lots pour un produit sensible ne dépasse pas une certaine limite. Il peut aussi servir à la sélection des fournisseurs en privilégiant ceux dont la taille des lots est la plus petite, tout critère étant égal par ailleurs. Signalons enfin qu'à travers cette interface, on peut également calculer le critère d'appréciation technique CT1 en calculant également la taille moyenne des unités commerciales de l'entreprise voir (Cf. Chapitre VIII - § 4.1.2) pour plus de détails).

5.4.3. Dispersion des lots

En plus de la taille des lots, nous avons vu dans le septième chapitre que la précision d'un ST est également conditionnée par le degré de dispersion de ces lots [Dupuy, 2004]. Dans ce contexte, nous avons vu que la dispersion descendante d'un lot de matière première est le nombre de lots de produits finis qui contiennent une partie de ce lot de matière première. De même, la dispersion ascendante d'un lot de produits finis est le nombre de différents lots de matières premières utilisées dans ce lot. A l'image de ce que nous avons évoqué à travers le Cas d'étude 7.7, le principe est de formuler, à partir des éléments saisis par l'utilisateur, une requête consistant à prélever de la base de données un échantillon représentatif d'ordres de production. Sur la base de cet échantillon, les dispersions ascendantes et descendantes sont automatiquement calculées. Là aussi, l'évaluation peut être affinée en fonction d'une famille de produits, d'un atelier, d'un site, etc.

¹³⁰ Créer les lots de produits

5.4.4. Simulations de rappel

Selon la précision du ST, lorsque l'entreprise est confrontée à une crise alimentaire, elle doit effectuer le retrait et/ou le rappel d'une quantité plus ou moins importante de produits. L'idée ici est de proposer une interface qui permet aux utilisateurs de simuler une situation de rappel/retrait et d'évaluer la quantité de produits concernés, le nombre de clients en jeu ainsi que leur identité et leur localisation. La recherche peut se faire par lot ou par ordre de production. Par exemple, quand on a une suspicion de contamination sur une ligne de production, il serait intéressant de faire une simulation de rappel sur les lots de produits qui y sont traités. Ainsi, dans l'attente d'avoir les résultats des analyses, qui peuvent durer plusieurs jours, l'entreprise pourra prendre ses dispositions et se préparer à un éventuel retrait ou rappel. La copie d'écran de la Figure 10.48 montre l'allure de l'interface de simulation de rappels et retraits.

The screenshot shows a web interface titled 'Formulaire Simulation Rappel'. It has two input fields: 'N° Lot' and 'N° Ordre Prod', each with a 'Valider' button. Below these is a 'Résultats Simulation Rappel' section. It contains a table with three columns: 'En Kg', 'En Nombre UVC', and 'En Nombre Colis'. The first row is labeled 'Quantité à Rappeler :'. Below the table is a 'Nombre Clients Concernés :' field and a 'Détails' button.

Figure 10.48 – Interface de simulation de rappels et retraits

Le bouton *Détails* permet d'afficher la liste des clients concernés avec leurs coordonnées. Nous pensons également à la faisabilité de représenter la localisation de ces clients sur carte géographique pour donner un aperçu sur la dispersion des produits à rappeler sur le territoire. Le coût logistique d'un rappel/retrait étant proportionnel à cette dispersion.

5.4.5. Calcul de coûts

Dans le huitième chapitre, nous avons proposé une formule mathématique destinée à évaluer le coût financier lié à l'acquisition des données de traçabilité (Cf. Chapitre VIII - §4.5.3). L'idée est de créer un formulaire dans lequel on saisit les valeurs des différents paramètres mis en jeu pour obtenir une évaluation du coût. Dans une certaine mesure, cet outil peut aussi servir à simuler la variation du coût d'acquisition des données en jouant sur tel ou tel paramètre.

Au fur et à mesure de l'utilisation de Star Trace, les cinq outils que nous venons de voir vont être améliorés et complétés par d'autres fonctionnalités. De nouveaux outils y seront, sans doute, intégrés. Dans la section suivante, nous allons apporter un regard critique sur Star Trace tout en mettant en évidence les apports prévus suite à sa mise en place au niveau de la société Arrivé.

6. Analyse critique et perspectives de la plate-forme Star Trace

...*SUITE*

Un peu plus de trois ans après la rentrée en vigueur du règlement CE 178/2002, Christelle, l'assiste qualité de l'usine, a rendez-vous avec un auditeur de la DDSV, M. Laporte, qui vient vérifier la capacité de la société à maîtriser la traçabilité de ses produits. Grâce aux différentes mesures d'amélioration mises en place à l'issue du diagnostic du ST et plus particulièrement le déploiement de la plate-forme Star Trace, elle se sent beaucoup moins stressée qu'il y a trois ans. En effet, depuis que ce nouvel outil a été mis à sa disposition, la restitution des données de traçabilité ne lui pose plus de problème. A l'inverse de l'ancienne application, Star Trace lui offre plusieurs avantages notamment son interface graphique très conviviale, la flexibilité de spécifier et de combiner, comme elle le souhaite, plusieurs critères de recherche ou encore la possibilité d'exporter instantanément les résultats de sa requête dans un tableur Excel pour pouvoir les retraiter ou les envoyer à d'autres personnes. Pour Christelle, finie l'époque où elle devait passer des heures et des heures à

faire des copier/coller pour constituer la liste des clients ayant reçu un lot de produits donné. Une heure avant son rendez-vous, elle prend quelques minutes pour jeter un coup d'œil sur le tableau de bord du ST, qui est l'un des modules de Star Trace, pour voir comment se situent les différents indicateurs et s'ils n'étaient pas affectés par une panne informatique survenue il y a une semaine. Vue l'allure des courbes, apparemment tout est OK.

Après un passage par le quai d'expédition où il a récupéré le N° de lot figurant sur l'étiquette d'identification d'une barquette d'escalopes de poulet, M. Laporte est arrivé dans le bureau de Christelle. Après les salutations d'usage, il lui a donné le N° de lot en question en lui demandant de lui montrer, sur son écran, les détails des différentes opérations qu'il a subies depuis l'abattage. A travers l'interface de restitution de la traçabilité interne (Cf. Figure 10.10), Christelle a formulé sa requête et l'a validée pour obtenir la liste des OP concernés. En cliquant sur le premier de la liste, qui est le dernier subi par le produit en question, elle a montré à M. Laporte les données relatives à ses entrants, ses sortants, sa date de début, sa date de fin, etc. sur le diagramme représentant la généalogie des OP, elle a cliqué sur l'OP précédent pour visualiser le même type de données, et ainsi de suite jusqu'à l'OP d'abattage. Tout s'est bien passé mis à part le libellé d'un entrant qui n'était pas renseigné. Christelle a tout de suite imprimé l'écran correspondant pour pouvoir répertorier cette anomalie plus tard dans l'interface de suivi des actions correctives (Cf. Figure 10.41). M. Laporte, qui n'a pas caché son admiration pour le schéma de généalogie des lots qu'il trouve original, a demandé à Christelle, comme à son habitude, de faire un bilan matière sur l'OP de découpe afin de s'assurer de la cohérence entre le poids des poulets découpés et le poids total des sortants. Si le poids sortant est supérieur au poids entrant, cela peut être révélateur qu'une partie des escalopes, vendues sous le signe Label Rouge, soit issues d'autres lots de poulets, ce qui peut être perçu comme une fraude s'il s'agit de poulets standards. A la différence du dernier audit où il a fallu sommer sur une calculatrice les poids entrants, puis les poids sortants avant de calculer la différence, l'interface de calcul des bilans matière (Cf. Figure 10.47) a permis de prouver, en quelques secondes, la cohérence des données quantitatives de l'OF. Juste avant qu'il parte, Christelle demande à M. Laporte d'émettre un jugement, sur une échelle de 0 à 10, sur sa satisfaction vis-à-vis de l'audit qu'il vient d'effectuer. Surpris par cette question inhabituelle, elle lui explique qu'il s'agit d'une procédure mise en place dans le cadre d'une démarche d'amélioration continue du ST et lui montre le fonctionnement de l'interface de suivi des audits (Cf. Figure 10.38). Constatant la bonne impression de l'auditeur, Christelle a compris qu'en plus d'historiser les résultats des audits, cet outil peut aussi remplir une fonction de communication envers les auditeurs en leur démontrant la volonté de la société à améliorer continuellement son ST.

FIN

La plate-forme Star Trace dont les principales fonctionnalités ont été présentées au cours de ce chapitre nous a permis d'instrumenter un ensemble de résultats issus des chapitres précédents tout en apportant des réponses pratiques aux attentes de notre partenaire industriel. Dans cette section, nous allons mettre en évidence les points forts de Star Trace en comparaison avec l'existant chez Arrivé ainsi que les bénéfices attendus de sa mise en place. Nous attirons également l'attention sur certains aspects perfectibles de cette plate-forme et les perspectives de son amélioration.

6.1. Le module de restitution des données de traçabilité

Sur le plan de l'ergonomie, Star Trace dispose d'une interface graphique beaucoup plus conviviale que l'outil de restitution de la traçabilité utilisé chez Arrivé qui est basé sur une interface en mode caractère (Cf. Chapitre III - § 2.2). Concernant la formulation des requêtes, l'utilisateur dispose de beaucoup de latitude pour choisir aussi bien ses critères de recherche que les données à restituer. En effet, comme le montre la Figure 2.13, l'outil Integral utilise des critères de recherche figés et que l'utilisateur ne peut pas combiner à sa guise. De même, les résultats de la requête s'affichent sur des écrans dont le contenu est standard car l'outil ne permet pas à l'utilisateur de personnaliser sa requête en ne restituant que ce dont il a besoin.

Au niveau de Star Trace, nous avons voulu pousser la personnalisation des requêtes au maximum. Que ce soit en termes de traçabilité amont, interne ou aval, l'utilisateur a le choix entre plusieurs critères d'interrogation qu'il peut combiner comme il le souhaite. Et au lieu de nous limiter à l'opérateur égal dans la spécification

d'un critère, nous laissons à l'utilisateur le choix de plus de flexibilité comme le montre la liste déroulante représentée dans la Figure 10.49.



Figure 10.49 – Flexibilité dans la spécification d'un critère de recherche

Dans le cadre de l'analyse fonctionnelle technique du ST (Cf. Chapitre VIII), nous avons évoqué que les supports d'identification des produits peuvent être endommagés sous l'effet de conditions ambiantes agressives (chaleur, humidité, frottements, etc.). Par conséquent, on peut être amené à effectuer une recherche à partir du N° de lot marqué sur un code-barres dont le contenu est partiellement effacé. Dans ce cas, on peut utiliser des opérateurs comme *commence par*, ou *contient*. L'ajout d'autres critères tels que la date ou l'atelier de fabrication devra permettre d'affiner la recherche. Un deuxième aspect de la personnalisation des requêtes concerne la possibilité que l'utilisateur puisse choisir les données qu'il veut visualiser (Cf. Figure 10.4 par exemple). Outre l'optimisation des délais de réponse¹³¹, cette fonctionnalité permet à l'utilisateur de se concentrer uniquement sur les données qui l'intéressent. Un commercial, par exemple, n'a pas forcément le même besoin de données de traçabilité qu'un chef d'atelier. Dans ce cadre, l'une des perspectives de développement que nous nous sommes fixées consiste à sélectionner par défaut un ensemble de données de traçabilité en fonction de l'identité de l'utilisateur. Grâce à la notion de sessions, quand l'utilisateur se connecte à Star Trace, les éléments correspondant à ses préférences seront cochés par défaut au niveau du formulaire d'interrogation.

En discutant les faiblesses du ST Arrivé, nous avons aussi mis en évidence l'incapacité de l'outil de restitution en place à exporter les résultats d'une requête vers un tableur de type Excel où l'utilisateur peut les trier ou les filtrer à sa convenance (Cf. Chapitre III - § 2.2.1). Avec Star Trace, ceci est désormais possible via les boutons *Export Excel* que nous avons vus au niveau des fenêtres des résultats (Cf. Figure 10.19 par exemple). Une autre limite de l'outil existant chez Arrivé réside dans sa capacité à restituer les données de traçabilité relatives à certaines opérations telles que les écarts d'inventaires (Cf. Chapitre III - § 2.2.1). C'est pour y remédier que nous avons créé la table appelée *Evénement_Particulier* (Cf. Figure 10.2) qui va répertorier tout événement subi par les produits en dehors des réceptions, expéditions et ordres de production. A travers la troisième section de ce chapitre, nous avons vu d'autres éléments qui contribuent à la praticité de la restitution de la traçabilité sous Star Trace. Les hyperliens qui permettent d'accéder aux détails de certains objets (Cf. Figure 10.23 par exemple) ainsi que les diagrammes représentant la généalogie des lots et l'enchaînement des OP en constituent des exemples. D'après leurs réactions, les futurs utilisateurs de Star Trace sont particulièrement séduits par cette dernière fonctionnalité. En conclusion, la restitution des données de traçabilité avec Star Trace devient plus pratique, plus efficace et plus conviviale en comparaison avec l'outil utilisé chez Arrivé.

Il reste, cependant, certains quelques aspects à améliorer afin de parfaire la restitution de la traçabilité sous Star Trace. Par exemple, si l'on veut spécifier plusieurs critères d'interrogation, ces derniers sont par défaut reliés par l'opérateur logique *ET*. Par exemple, la requête spécifiée dans le formulaire de la Figure 10.18 vise à rechercher les données de traçabilité aval correspondant au code article *00101489 ET* à la date d'expédition comprise entre le premier et le 15 août 2007. Il serait intéressant de permettre à l'utilisateur de formuler sa requête en combinant différents critères avec l'opérateur logique *OU*. Un autre aspect qui mérite d'être souligné, toujours à propos des critères d'interrogation, concerne le fait qu'un champ de saisie ne peut recevoir qu'une seule valeur à la fois. Si l'on veut, par exemple, faire une recherche sur plusieurs N° de lot, il faut lancer autant de requêtes car on ne peut pas saisir ces différents N° de lot dans le champ *N° de Lot* au niveau du formulaire. Comme nous avons pu le constater, toutes les dates affichées dans les copies d'écran Star Trace sont au format US. Mais il ne s'agit que d'un problème de paramétrage qui va être réglé juste avant la mise en place de la plate-forme.

¹³¹ Le délai de réponse à une requête est proportionnel à sa longueur ; c'est-à-dire le nombre de critères et surtout le nombre de champs à restituer.

En ce qui concerne les résultats des requêtes, nous avons vu qu'en cliquant sur un N° de lot, nous pouvons visualiser ses détails et sa généalogie. Ceci permet de parcourir la chaîne de traçabilité d'une manière ascendante ou descendante. Ainsi, en partant d'un lot de produits finis, il est possible de remonter jusqu'aux lots de matières premières dont il est issu. En revanche, la version actuelle de Star Trace ne permet pas encore d'accéder aux ordres de production, à la localisation et aux événements particuliers subis par un lot sans passer par l'interface de restitution de la traçabilité interne. Par conséquent, quand on consulte les destinations d'un lot, via l'interface de restitution de la traçabilité aval, et que l'on veut savoir si ce lot n'aurait pas subi d'événements particuliers, il faut copier sa valeur puis ouvrir un formulaire de traçabilité interne pour effectuer cette recherche. Nous sommes en train d'étudier plusieurs possibilités pour permettre à l'utilisateur d'accéder à toutes les informations disponibles sur une URT donnée sans quitter l'interface en cours d'utilisation. De nombreuses autres perspectives d'amélioration du module de restitution des données sous Star Trace vont certainement voir le jour au fur et à mesure de son utilisation. Notons, par exemple, le fait de donner à l'utilisateur la possibilité de trier et filtrer les résultats d'une requête (ex. Figure 10.19) directement à l'écran sans passer par la case Excel. Il serait également opportun de pouvoir changer l'ordre d'affichage des différentes colonnes. Dans la Figure 10.19, cela permettrait, par exemple, de placer la colonne *Libellé_Client* juste après la colonne *Code_Client*.

6.2. Le module du tableau de bord du système de traçabilité

Dans le troisième chapitre (§ 2.2.1), nous avons souligné que le seul moyen que la société Arrivé utilisait pour évaluer la performance de son ST est d'effectuer des tests de traçabilité consistant à prendre un N° de lot au hasard et à vérifier s'il est possible de restituer assez rapidement les données de traçabilité le décrivant. Le tableau de bord développé dans le cadre de la plate-forme Star Trace constitue une alternative qui permet d'avoir, à tout moment, une vision plus complète de la performance du ST, et ce à travers une douzaine d'indicateurs. La courbe associée à chaque indicateur de performance est un moyen visuel pour suivre son évolution dans le temps.

Afin d'améliorer ce tableau de bord, il est souhaitable de lui intégrer des éléments complémentaires. Nous pensons, par exemple, à afficher à côté du champ *Valeur Courante* (Cf. Figure 10.26), un autre champ contenant la valeur moyenne de toutes les évaluations réalisées sur l'indicateur en question. Sur les graphiques représentant l'évolution des indicateurs, ce serait intéressant de faire apparaître les valeurs cibles, les valeurs minimales et les valeurs maximales que l'entreprise peut définir. Ce faisant, le graphique de l'exhaustivité de la traçabilité amont aura l'allure de la Figure 10.50.

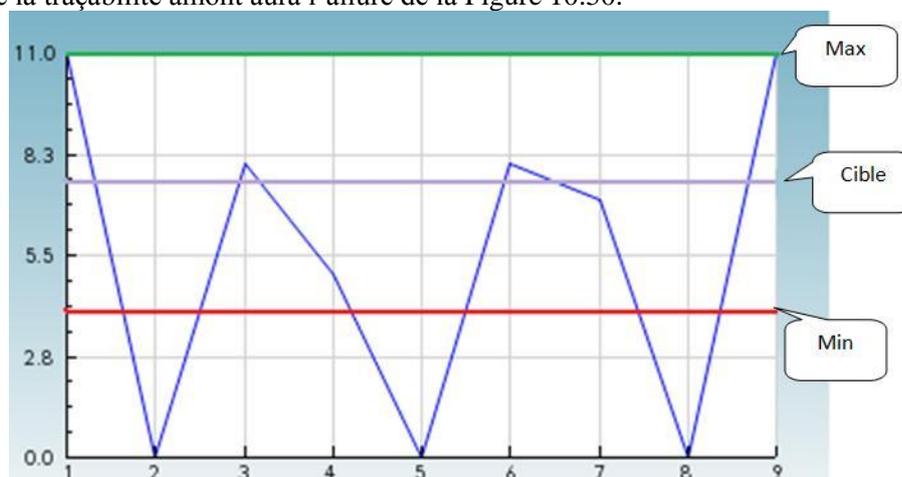


Figure 10.50 - Valeurs minimale, cible et maximale d'un indicateur de performance

Comme nous l'avons expliqué plus haut, l'évaluation de certains indicateurs se fait à partir d'un échantillon aléatoire composé de 100 URT. Dans ce cadre, l'une des évolutions à prévoir est de permettre à la personne effectuant l'évaluation de fixer la taille de l'échantillon sans être obligé de modifier le code source de l'application. Il se peut aussi qu'il y ait des situations où l'on désire limiter l'évaluation à une période, un article ou un site de production donnés. D'où l'intérêt de pouvoir fixer ces paramètres avant de lancer une nouvelle évaluation. Dans le même ordre d'idées, il serait intéressant de pouvoir programmer les différentes évaluations pour qu'elles soient générées automatiquement et d'une façon périodique sans aucune

intervention humaine. Si, à l'issue d'une évaluation, la valeur obtenue est en deçà de la cible, il peut être opportun de montrer quels sont les éléments responsables d'une telle contre-performance. En ce qui concerne l'authenticité, par exemple, l'utilisateur pourrait ainsi identifier les règles d'authenticité violées (Cf. Figure 10.28).

A travers le retour des utilisateurs, d'autres pistes d'amélioration du tableau de bord vont, sans doute, émerger. Nous essaierons de les intégrer petit à petit selon leur caractère prioritaire.

6.3. Le module de progrès continu du système de traçabilité

Initialement, ce module n'était pas prévu au niveau de la plate-forme Star Trace, ce qui explique le fait que son développement ne soit pas aussi bien avancé que celui des deux précédents. C'est notre contact permanent avec le terrain et les tâches opérationnelles que nous étions amenées à exercer chez Arrivé qui nous ont convaincu de son utilité. En plus d'achever les parties qui ne le sont pas encore, certains éléments de ce module méritent quelques commentaires.

En ce qui concerne la procédure d'audit, son intégration dans Star Trace se justifie, d'une part, par le fait que la société Arrivé ne dispose pas d'une procédure formalisée pour diagnostiquer son ST ; et d'autre part, par notre volonté d'instrumenter un maximum de résultats de notre thèse (y compris la démarche CATE) dans un seul package pour en faire profiter les bénéficiaires de Star Trace. L'interface de suivi des audits présente aussi un intérêt indéniable malgré sa simplicité et le caractère qui peut être subjectif des évaluations accordées par les auditeurs. Mais l'essentiel est d'avoir une idée sur la satisfaction de ces derniers de la performance du ST. Dans le quatrième chapitre, nous avons expliqué les différents rôles que nous avons joués au sein de la société Arrivé et parmi lesquels figure celui d'un agent de support qui assiste les utilisateurs du ST. Dans ce cadre, chaque fois qu'un utilisateur rencontre un problème dans le fonctionnement du ST, il nous en fait part. Si nous n'arrivons pas à le résoudre au sein du service de la gestion de la production, nous le communiquons au service informatique. Sans une traçabilité de ses dysfonctionnements, il était difficile de connaître l'état d'avancement de leur traitement. C'est ce vécu qui nous a inspiré pour développer l'interface intitulée *Actions Correctives* qui va permettre la communication entre les utilisateurs aval et les agents de support du ST à propos des anomalies détectées et des mesures correctives correspondantes. Comme nous l'avons évoqué, elle servira aussi d'outil de capitalisation d'expérience en la matière. Inutile de souligner qu'à l'issue des premières utilisations *in vivo*, cette interface pourrait s'améliorer en intégrant des fonctionnalités supplémentaires. Enfin, le dernier groupe de fonctionnalités regroupées dans l'interface *Outils Divers*, qui est plus le fruit d'un travail empirique que de la théorie, devra aider l'entreprise à déterminer des paramètres utilisables dans le cadre d'une démarche d'amélioration continue de son ST. Et là aussi, nous sommes tout à fait conscients du caractère potentiellement perfectible de cette *boîte à outils* dont le contenu sera probablement complété ou modifié au fil de sa mise en pratique.

7. Synthèse et conclusion

A travers ce chapitre, nous avons présenté les principales fonctionnalités de la plate-forme Star Trace que nous avons développée pour mettre en pratique et instrumenter certains livrables, plutôt de nature théorique, issus des chapitres précédents. Nous aurions aimé que ce chapitre relate les apports concrets du déploiement de cette plate-forme au niveau la société Arrivé. Malheureusement, les conséquences économiques de la crise de la grippe aviaire ont provoqué le report de plusieurs projets dont celui-ci. Nous avons tout de même pris le temps de la présenter et de la valider sur le plan fonctionnel avec certains utilisateurs, ainsi que sur le plan technique avec le service informatique de la société. Sa mise en place est prévue pour les prochains mois.

Après une présentation générale de Star Trace, nous avons commencé par décrire brièvement le schéma relationnel de la base de données sous-jacente qui est construite à partir du modèle de données qui a fait l'objet du chapitre précédent. Dans ce cadre, nous avons montré qu'à travers les différentes tables de cette base de données, il est possible de parcourir tout le cycle de vie de l'objet tracé en accédant à tous types d'informations le décrivant. Nous avons, ensuite enchaîné sur la présentation du premier module de Star Trace qui porte sur la restitution des données de traçabilité. A travers plusieurs dizaines de copies d'écran, nous avons expliqué les différentes fonctionnalités de ce module. Comme nous avons essayé de le démontrer plus haut, trois mots d'ordre nous ont guidés durant son développement, à savoir, la praticité (navigation facile, flexibilité des critères, export Excel...), la convivialité (hyperliens, diagrammes de généalogies...) et la personnalisation (des critères de recherches et des données à visualiser). Le deuxième module de la plate-

forme Star Trace est un tableau de bord destiné au pilotage des différentes composantes de la performance du ST. En associant un graphique à chaque indicateur de performance, on peut suivre son évolution dans le temps et enclencher des actions d'amélioration le cas échéant. Comme nous l'avons évoqué, les protocoles d'évaluation (proposés dans le septième chapitre) de certains de ces indicateurs ont été adaptés pour les rendre automatisables via Star Trace. Le troisième module de cette plate-forme comporte un ensemble d'outils destinés à la gestion et l'amélioration continue du ST. A ce jour, seules l'interface de suivi des audits et l'interface de suivi des actions correctives sont opérationnelles. Les autres sont en cours de développement.

Au niveau de l'avant dernière section de ce chapitre, nous avons essayé d'apporter un regard critique sur la plate-forme Star Trace en montrant aussi bien ses points forts que ses points perfectibles et les perspectives d'amélioration correspondantes. Pour ce faire, nous avons commencé par imaginer une suite à l'anecdote que nous avons racontée dans le deuxième chapitre afin de montrer, d'une manière vivante, comment les apports de notre thèse seraient ressentis par un utilisateur lambda (Christelle). Ensuite, nous avons passé en revue les différents modules de Star Trace en mettant en évidence leurs avantages par rapport au contexte initial mais aussi des pistes d'améliorations pour en parfaire les fonctionnalités.

Le prochain chapitre, qui est le dernier de ce mémoire, sera consacré à la conclusion générale de notre thèse, une analyse critique de ses résultats et les perspectives qu'elle ouvre.

CONCLUSION GENERALE

Bilan et Perspectives de la Thèse

Chaque progrès donne un nouvel espoir, suspendu à la solution d'une nouvelle difficulté. Le dossier n'est jamais clos.

Claude Lévi-Strauss - Ethnologue et académicien français

Pour conclure ce mémoire, nous faisons un point sur le travail mené dans le cadre de notre thèse en montrant dans quelle mesure il a permis d'apporter des éléments de réponse aux questions de recherche l'ayant motivé. Nous commençons, à travers la section 1, par rappeler succinctement notre problématique, les étapes qui ont été parcourues pour la traiter ainsi que les résultats qui en sont issus. Dans la deuxième section, nous tentons de porter un regard critique sur lesdits résultats en mettant en évidence aussi bien leur intérêt que leurs limites. A la lumière de ces dernières, nous identifions, au niveau de la troisième section, quelques perspectives qui peuvent être envisagées.

1. Bilan global de la thèse

Dans un contexte agroalimentaire caractérisé par des crises sanitaires récurrentes, les exigences réglementaires et commerciales en matière de traçabilité se sont considérablement renforcées. Dans le premier chapitre, nous avons particulièrement mis l'accent sur le règlement CE 178/2002 obligeant tous les acteurs de la chaîne alimentaire de l'Union Européenne à se doter de moyens leur permettant d'assurer la traçabilité des denrées qu'ils mettent sur le marché. Son entrée en vigueur, le premier janvier 2005, a coïncidé avec le début de nos travaux de thèse au sein de la société Arrivé qui est l'un des principaux opérateurs de la filière avicole française. Son engagement dans cette démarche scientifique s'inscrit dans un processus d'adaptation au nouveau contexte réglementaire en voulant évaluer son ST et améliorer sa performance.

Au cours du premier chapitre, nous avons tenté de fournir une image assez complète de la problématique de traçabilité en l'analysant selon divers points de vue. Nous avons d'abord commencé par exposer les principales caractéristiques du secteur agroalimentaire en expliquant leurs incidences en termes de traçabilité. Dans ce cadre, il a été question, par exemple, du rôle fondamental de la traçabilité dans le domaine de la sécurité alimentaire en permettant d'identifier et de localiser les produits risquant d'être nuisibles pour le consommateur. Nous avons aussi montré que sans la traçabilité, il est très difficile, voire impossible, de prouver la conformité des produits à certains attributs dits de confiance (AOC, Bio, Halal, etc.). Face à une législation qui stipule une obligation de résultats, sans préciser les moyens d'y parvenir, et en l'absence d'un cadre conceptuel et méthodologique solide, il n'est pas facile pour les entreprises de s'y retrouver. L'un des symptômes de ce constat est le foisonnement sémantique extraordinaire que nous avons mis en évidence et qui fait état de 44 types de traçabilité. Au-delà de se conformer à la réglementation et aux différentes normes en vigueur, la traçabilité, qui est en réalité une pratique ancestrale, peut aussi générer de la valeur sur d'autres plans comme la lutte contre la contrefaçon, la gestion de la production et la réduction des primes d'assurance relatives à la sécurité alimentaire. Dans le deuxième chapitre de ce mémoire, nous nous sommes penchés sur la présentation de notre terrain de recherche. Ainsi, après une brève présentation de la société Arrivé et de son processus de production, nous avons reconstitué une image factuelle de son ST et ce en adoptant une vision multidimensionnelle. Ceci nous a permis d'explicitier son mode de fonctionnement, les outils employés ainsi que les différents acteurs en jeu. En complément de cette description factuelle, nous avons consacré le troisième chapitre à la mise en évidence des points forts et des points faibles du ST de la société Arrivé. Pour ce faire, l'approche de diagnostic suivie a d'abord été explicitée. Ensuite, les résultats qui en découlent ont été présentés en distinguant les points forts des points faibles du ST analysé. Ce diagnostic a confirmé le besoin de l'entreprise d'un outil de restitution des données de traçabilité plus efficace et plus pratique ainsi que d'un tableau de bord pour le pilotage de la performance du ST.

Sur la base de cet état des lieux, nous avons défini dans le quatrième chapitre, la problématique de notre thèse en formulant et en démontrant l'intérêt des questions de recherche sous-jacentes. Cette problématique peut se résumer en l'ambition d'apporter des contributions méthodologiques et conceptuelles à la conception, la gestion et l'amélioration des systèmes de traçabilité de produits alimentaires. A l'instar de toute démarche scientifique de ce genre, nous avons effectué un état de l'art visant à déterminer dans quelle mesure la littérature fournit ou non des éléments de réponse à nos questions de recherche. Pour en rendre compte, nous avons consacré le cinquième chapitre à analyser quelques références portant sur la modélisation et l'évaluation des ST des produits. Il en ressort que les apports de la littérature, au regard de notre problématique, souffrent d'un ensemble de lacunes qui en limitent la capacité à répondre d'une façon satisfaisante à nos interrogations.

Partant d'une demande sociale reflétée par l'état des lieux et d'un manque méthodologique et conceptuel traduit par l'état de l'art, nous avons défini dans le sixième chapitre le plan d'action que nous nous sommes fixé. L'une des premières étapes de ce plan d'action consiste en une analyse fonctionnelle du besoin en termes de traçabilité qui a été évoquée à travers le septième chapitre. Dans ce cadre, nous avons commencé par

circonscrire le ST, identifier ses milieux environnants et ses différents bénéficiaires. Les services qui sont rendus à ces derniers par le ST ont été exprimés sous forme d'une douzaine de fonctions principales auxquelles nous avons associé des critères d'appréciation quantifiables. Tout en répondant aux besoins de ses bénéficiaires, le ST doit aussi s'adapter aux contraintes qui lui sont imposées par son environnement. C'est pour en rendre compte que nous avons introduit deux fonctions supplémentaires, dites d'adaptation, tout en proposant les critères d'appréciation correspondants. Toutes les idées avancées dans ce chapitre sont basées sur une logique purement fonctionnelle faisant abstraction de toute solution technique. C'est-à-dire que nous nous sommes intéressés à ce que fait le ST sans nous préoccuper de la manière dont il le fait. Ainsi, comme suite logique à l'analyse fonctionnelle du besoin, nous avons présenté au cours du huitième chapitre une analyse fonctionnelle technique ayant pour finalité d'explicitier le fonctionnement interne du ST en vue de satisfaire ses bénéficiaires. Il en résulte l'identification de neuf fonctions techniques pour lesquelles nous avons, là aussi, défini des critères d'appréciation avec les protocoles de mesures associés. Des exemples d'outils et de solutions qui peuvent être adoptés pour réaliser telle ou telle fonction technique ont été également fournis. La plupart de ces fonctions portent sur la manipulation des données de traçabilité (acquisition, enregistrement, etc.). Il est donc tout à fait logique de consacrer le chapitre suivant à faire un *zoom* sur ces données afin d'en expliciter la nature et la structure en proposant un modèle de données (*data model*) générique qui peut s'appliquer à différents contextes de production alimentaire. A l'aide du langage de modélisation UML, nous avons formalisé les différentes classes de données qu'un ST doit pouvoir gérer en tâchant de bien spécifier les liens permettant de parcourir le cycle de vie des objets tracés, et ce d'une manière ascendante et descendante. Pour illustrer nos propos les différents chapitres sont parsemés de cas d'études issus du terrain de recherche.

Le dixième chapitre de ce mémoire est dédié à la présentation d'une plate-forme informatique que nous avons développée personnellement sur la base des résultats des chapitres précédents. Un premier module de cette plate-forme consiste en une interface de restitution des données de traçabilité qui permet aux utilisateurs de saisir des requêtes multicritères et de visualiser les résultats correspondant d'une manière conviviale. Un deuxième module est un tableau de bord composé d'un certain nombre d'indicateurs destinés au suivi de la performance du ST. Enfin, dans un dernier module de cette plate-forme, nous proposons un ensemble d'outils divers utilisables dans le cadre d'une démarche d'amélioration continue de la traçabilité.

Après cette brève synthèse du contenu des différents chapitres de la thèse, nous faisons quelques commentaires critiques sur les apports de notre thèse en essayant de mettre en évidence leur intérêt, leur originalité et leurs limites.

2. Regard critique sur les résultats de la thèse

Au cours de notre thèse, nous avons tenté d'apporter une modeste contribution à un champ de recherche quasi-vierge malgré une relative augmentation ces deux dernières années des références bibliographiques s'y rapportant. Dans ce cadre, l'état des lieux présenté dans le premier chapitre peut être considéré comme un premier résultat dans la mesure où nous y avons tenté de dresser un panorama de la problématique de la traçabilité selon différents angles de vue. Nous avons analysé, entre autres, la diversité des perceptions qui sont faites du concept de traçabilité à travers la littérature et mis en exergue un ensemble de points nécessitant davantage d'implication de la part de la communauté scientifique pour permettre aux entreprises de valoriser au mieux leurs ST. Dans le souci de fournir au lecteur une description suffisamment exhaustive du terrain sur lequel se déroule notre recherche, nous y avons consacré deux chapitres présentant respectivement une image factuelle du ST de notre partenaire industriel puis une analyse critique de ce système. Même si nous ne l'avons pas suffisamment mise en valeur, l'approche de diagnostic CATE constitue un résultat issu d'un travail empirique et qui a prouvé son efficacité à travers les différents dysfonctionnements mis en évidence (plusieurs centaines de pages au niveau des divers rapports de diagnostic effectués).

Après avoir cerné notre problématique, nous avons présenté, dans le cinquième chapitre, un état de l'art se focalisant sur les facettes de la traçabilité qui sont couvertes par notre problématique. Dans ce cadre, nous avons tenté de proposer une cartographie des références existantes par type de publication (thèses, articles, livres, etc.) et puis en fonction des aspects abordés (réglementation, évaluation, outils, etc.). Bien que nous ne garantissons pas l'exhaustivité des publications étudiées, cette classification peut donner une idée, ne serait-ce qu'approximative, sur l'état de l'art actuel dans le domaine de la traçabilité. L'analyse des modèles de ST proposés dans la littérature via un ensemble de critères d'évaluation des ontologies peut, en soi, constituer un apport de la thèse qui peut servir de repère à d'autres chercheurs. Pour répondre aux questions de recherche

formulées, nous avons suivi une démarche dont l'originalité réside dans le fait de considérer chaque étape comme un processus transformant des objets entrant en des objets sortants. L'enchaînement logique des différentes étapes est assuré dans la mesure où les sortants d'une étape constituent les entrants de l'étape suivante.

Conscients du fait que l'utilité d'un travail de recherche en génie industriel se mesure par l'applicabilité de ses résultats, et compte tenu des moyens limités dont disposent les entreprises agroalimentaires (composées très majoritairement de PME), nous avons opté pour la proposition d'outils méthodologiques simples et faciles à mettre en œuvre. Cependant, cette attitude pourrait être perçue, dans certains cas, comme se faisant au dépend de la rigueur scientifique. Un exemple que nous avons déjà cité concerne le protocole de mesure du critère d'appréciation technique CT15 (sécurité des données de traçabilité) qui ne prend pas en compte tous les paramètres traditionnellement associés au concept de sécurité des données. Par ailleurs, la volonté de raisonner, autant que faire se peut, en termes génériques et fonctionnels explique le fait que nous évitions, parfois, de rentrer dans certains détails techniques.

Notre position sur le terrain nous a permis d'avoir un regard transversal sur les différentes facettes de la traçabilité que nous avons complété par une dimension théorique consistant à faire appel aux travaux existants et qui ne concernent pas uniquement la problématique de traçabilité. La Figure 11.1 montre la répartition des références citées dans ce mémoire en fonction des domaines auxquels elles appartiennent.

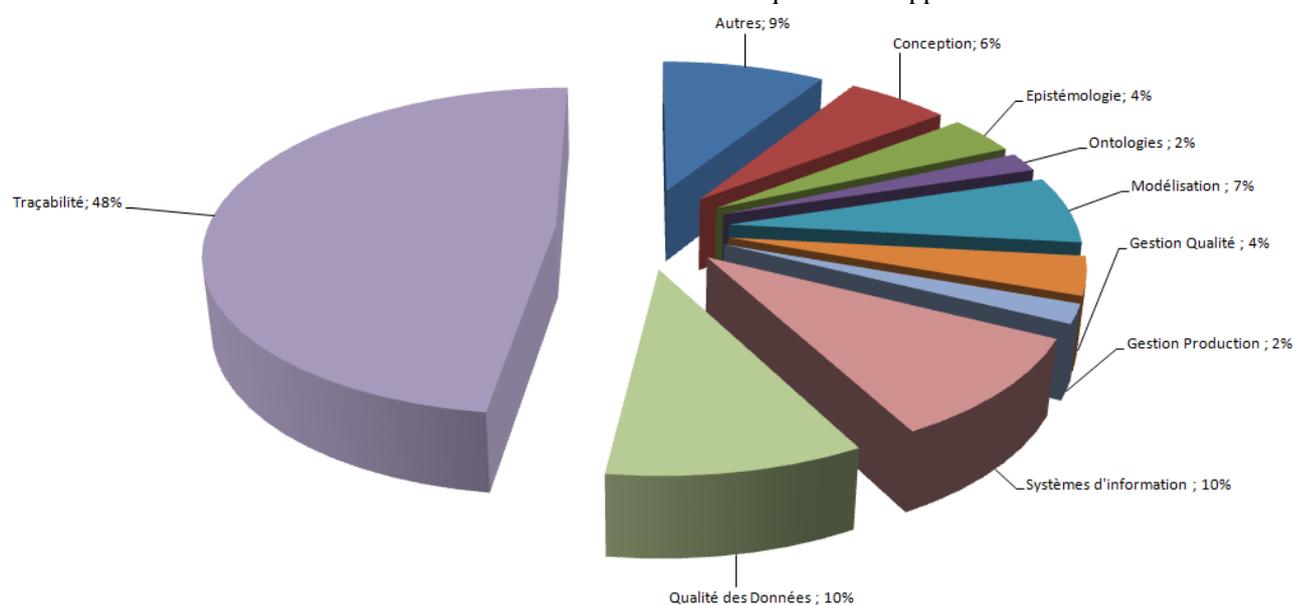


Figure 11.1 - Répartition des références citées dans ce mémoire

Dans la catégorie *Autres*, nous avons classé des références diverses traitant, par exemple, des statistiques sur les filières agroalimentaires ou encore de la métrologie.

Au regard de l'état des lieux et de l'état de l'art et malgré leurs limites, nous pensons (et nous l'avons en grande partie vérifié sur le terrain) que les apports de cette thèse présentent un intérêt certain aussi bien sur le plan scientifique que sur le plan pratique et managérial. Nous regrettons, toutefois, de ne pas avoir pu restituer dans ce mémoire les bénéfices réels de la mise en place de la plate-forme Star Trace à cause, notamment, des conséquences économiques de la grippe aviaire qui ont engendré le gel de plusieurs projets. Accessoirement, notre séjour au sein de la société Arrivé a débouché sur d'autres livrables de nature opérationnelle que nous n'avons pas abordés en détail dans ce mémoire. Il s'agit, par exemple, de la participation à la rédaction du cahier des charges fonctionnel du projet REGAT¹³², le développement d'une solution intermédiaire pour aider l'entreprise dans la restitution des données de traçabilité en attendant le déploiement de Star Trace (Cf. Cas d'étude 8.12) ou encore la mise en place de quelques indicateurs portant, entre autres, sur le suivi des bilans matières dans certains ateliers.

¹³² De par ses initiateurs, REGAT signifie « Réseau Glon Arrivé Traçabilité ». C'est le nom provisoire donné à un projet de ST inter-entreprise en cours de réalisation au sein du pôle de compétitivité Cluster WEST qui regroupe un ensemble d'acteurs économiques et académiques des régions de l'ouest de la France (www.cluster-west.fr)

Pour clore ce mémoire, nous consacrons sa dernière section à présenter les principales perspectives qui peuvent être envisagées à l'issue de nos travaux de thèse.

3. Perspectives de la thèse

A travers le travail de recherche-action dont les principaux résultats ont été présentés dans ce mémoire, nous avons essayé de contribuer à assoir des bases conceptuelles et méthodologiques permettant de mieux appréhender la problématique de la traçabilité des produits alimentaires. En plus des quelques pistes de recherche que nous avons déjà pointées à la fin du premier chapitre, d'autres perspectives peuvent être identifiées à commencer par achever le développement de la plate-forme Star Trace et compléter ses fonctionnalités en mettant en pratique les idées avancées précédemment (Cf. Chapitre X – Section 6). En outre, suite à son déploiement dans les sites de production de la société Arrivé, que nous allons piloter personnellement, et au *feedback* des utilisateurs, certaines fonctionnalités de Star Trace présentées dans ce mémoire sont susceptibles d'évoluer.

Par ailleurs, si l'arsenal réglementaire et normatif en termes de traçabilité devient plus précis sur certains points, comme la nature exacte des données à suivre et le délai de leur mise à disposition, un ensemble de critères de performance du ST que nous avons proposés seront amenés à être reformulés.

Bien qu'on ne puisse pas le réduire à un simple système d'information, un ST présente, tout de même, une dimension informationnelle dominante. De ce fait, il serait intéressant d'étudier dans quelle mesure un certain nombre de critères de performances (fonctionnels et techniques) que nous avons proposés ici peuvent être adaptés au pilotage d'un système d'information dans sa globalité. Par exemple, au lieu de restreindre les *règles d'authenticité* évoquées dans le dixième chapitre (Cf. Chapitre X - § 4.1) aux données de traçabilité, on peut les généraliser à d'autres types de données gérées dans le système d'information.

Ayant affaire à plusieurs sites de production au cours de nos travaux de thèse, nous avons constaté que les sites disposant d'un ST performant maîtrisent mieux leurs flux de produits. Ce constat s'explique par le fait qu'une traçabilité en bonne et due forme induit un mode de fonctionnement plus rigoureux et plus transparent (ex. enregistrements systématiques, séparation des lots, etc.). Ainsi, à l'instar du fameux *management par la qualité* introduit dans la norme ISO 9004 :2000, on peut imaginer l'émergence d'un nouveau paradigme que l'on peut désigner par le *management par la traçabilité*. Il consisterait, d'une part, à s'appuyer sur le ST pour mieux gérer les flux de produits et, d'autre part, à en tirer un maximum de profit en le valorisant à d'autres fins (Cf. Tableau 1.6).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Liste des Références Bibliographiques

- [1] **ACTA et ACTIA** (1998). Traçabilité : Guide pratique pour l'agriculture et l'industrie alimentaire Paris, Guide Coédité par les associations ACTA et ACTIA (une nouvelle édition est sortie en 2007). 80.
- [2] **ACTA et ACTIA** (2006). "Identification et catégorisation des systèmes et outils de traçabilité existant dans différentes filières agricoles". ACTA - ACTIA. Paris.
- [3] **AFAV** (1997). Qualité en Conception - La rencontre Produit -Besoin - Ressources. Paris, AFNOR. 304.
- [4] **AFNOR** (2002a). Lignes directrices pour l'établissement d'une démarche de traçabilité dans les filières agricoles et alimentaires. Paris, AFNOR. **Normes FDV 01-020**.
- [5] **AFNOR** (2002b). Traçabilité dans les filières agricoles et alimentaires. Paris, AFNOR.
- [6] **AFNOR** (2004). Management par la valeur et ses outils: Analyse fonctionnelle, analyse de la valeur, conception à objectif désigné Paris, AFNOR.
- [7] **Alfaro J et Rábade L** (2006). Analysis of traceability as a tool for innovation: A case study in the vegetable industry. Second European Conference on Management of Technology, Birmingham, United Kingdom, 10th to 12th September 2006.
- [8] **Allaert François-André , Dusserre Liliane et Leclercq Benoît** (1997). La sécurité des systèmes d'information médico-hospitaliers. In. P. P. Degoulet et M. Fieschi. Informatique et santé. Paris, Springer-Verlag France. 9.
- [9] **Allard-Poesi Florence et Perret Véronique** (2004). Les représentations du problème dans la recherche-action: Définitions et illustration au travers de l'élaboration d'un projet stratégique. 13ième Conférence de l'AIMS, Vallée de Seine, Normandie 2, 3 et 4 juin 2004.
- [10] **Allard-Poesi Florence et Maréchal Christine** (1999). Construction de l'objet de recherche. In. Raymond-Alain Thiétart. Méthodes de recherche en management. Paris, Dunod: 34-56.
- [11] **Althoff Gereon Schulze** (2003). "Making profit with traceability and improved Quality Management in agro-food chains along the Dutch German Border". GIQS / University of Bonn. Bonn. http://www.giqs.org/pdf/Fleisch/031020_Foodtrace_Paper.pdf?PHPSESSID=b5bbeb15710e6a20c98ed7c29d7f395d.
- [12] **Ambler Scott W.** (2004). The Object Primer: Agile Model-Driven Development with UML 2.0, Cambridge University Press. 545.
- [13] **Anciaux Nicolas , Bouganim Luc et Pucheral Philippe** (2005). "Data confidentiality: to which extent cryptography and secured hardware can help " Annals of telecommunications 60.
- [14] **Angele J. et Sure Y.** (2002). Whitepaper: Evaluation of Ontology-based Tools. Workshop on evaluation of ontology-based tools (EON2002), at the 13th Int. Conf. on Knowledge Engineering and Knowledge Management EKAW 2002, Sigüenza (Spain), September 2002.
- [15] **Apostolico Alberto, Melucci Massimo et Baeza-Yates Ricardo** (2006). "Advances in information retrieval: An introduction to the special issue." Information Systems 31 569-572.
- [16] **Baïna Salah** (2006). Une Approche Orientée Produit pour l'interopérabilité des systèmes d'entreprise. l'Université Henri Poincaré, Nancy I. Centre de Recherche en Automatique de Nancy. PhD. Docteur de l'Université Henri Poincaré. Gérard Morel et Hervé Panetto. 07/12/2006. Nancy
- [17] **Ballou D. P., Wang R. Y., Pazer H. et Tayi K. G.** (1998). "Modeling information manufacturing systems to determine information product quality." Management Science 44(4): 462 - 484.
- [18] **Ballou Donald P. et Pazer Harold L.** (1985). "Modeling Data and Process Quality in Multi-input, Multi-output Information Systems." Management Science 31(2): 150-162.
- [19] **Bantham Amy et Duval Jean-Louis** (2004). Connecting Food Chain Information for Food Safety / Security and New Value. 2004 IAMA World Food & Agribusiness, Montreux, Switzerland, June 12-15, 2004.
- [20] **Baraani-Dastjerdi Ahmad , Pieprzyk Josef et Safavi-Naini Reihaned** (1996). Security in Databases: A Suvey Study, TR-96-02, Department of Computer Science, University of Wollongong, Wollongong, Australia, Feb. 1996.
- [21] **Baraani-Dastjerdi Ahmad , Pieprzyk Josef , Safavi-Naini Reihaneh et Getta Janusz R.** (1995). A Model of Content-based Authorization in Object-Oriented Databases based on Object Views. In: T. Ling, A. Mendelzon et L. Vieille, Proceedings of The 4th International Conference on Deductive and Object-Oriented Databases Springer-Verlag. pp. 503-520
- [22] **Barreiros M.A. , Pinheiro T., Araujo M.F. , Costa M.M. et Palh M.** (2001). "Quality assurance of X-ray spectrometry for chemical analysis." Spectrochimica Acta Part B 56: 2095- 2106.
- [23] **Belkin N.J., Marchetti P.G. et Cool C.** (1993). "BRAQUE: Design of an Interface to Support User Interaction in Information Retrieval." Information Processing and Management 29(3): 325-344.

- [24] **Bello L.L., Mirabella O. et Torrisi N.** (2005a). A general approach to model traceability systems in food manufacturing chains. 10th IEEE Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA 2005) Catania, Italy, 19-22 September 2005.
- [25] **Bello Lucia Lo , Mirabella Orazio et Torrisi Nunzio** (2005b). Modelling traceability systems in food manufacturing chains, Dipartimento di Ingegneria Informatica e delle Telecomunicazioni – Facoltà di Ingegneria – Università degli studi di Catania, ITALY.
- [26] **Ben Ahmed W., Mekhilef M., Yannou B. et Bigand M.** (2008). "Evaluation Framework for the Design of an Engineering Model " submitted to AI EDAM: Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing.
- [27] **Bendaoud M.** (2003). Modélisation et diagnostic des systèmes de traçabilité interne dans les industries agroalimentaires. Ecole Centrale Paris. Laboratoire Génie Industriel. DEA Génie des Systèmes Industriels. Lecomte Catherine. 25 septembre 2003. Paris
- [28] **Bendaoud M., Lecomte C. et Yannou B.** (2007a). Traceability systems in the agri-food sector: A functional analysis. 16th International Conference on Engineering Design, Paris, 28-31 August 2007.
- [29] **Bendaoud Mhamed , Lecomte Catherine et Yannou Bernard** (2007b). Modélisation des systèmes de traçabilité de produits alimentaires: Une analyse de l'état de l'art. 7e Congrès International de Génie Industriel, Trois-Rivières, Québec (CANADA), 5-8 juin 2007.
- [30] **Bermès Emmanuelle** (2005). Des identifiants pérennes pour les ressources numériques: L'expérience de la BnF, Bibliothèque nationale de France.
- [31] **Bertolini Massimo, Bevilacqua Maurizio et Massini Roberto** (2006). "FMECA approach to product traceability in the food industry." Food Control **17**(2): 137-145.
- [32] **BITKOM** (2005). RFID White Paper Technology, Systems, and Applications, German Association for Information Technology, Telecommunications and New Media.
- [33] **Blaha Michael et Rumbaugh James** (2005). Modélisation et conception orientées objet avec UML2. Paris, Pearson Education. 600
- [34] **Blancou J.** (2001). "Histoire de la traçabilité des animaux et des produits d'origine animale." Rev. sci. tech. Off. int. Epiz **20**(2): 413-419.
- [35] **Bolnot F.H. et Fleuryncq C.** (2002a). "Traçabilité des aliments (2° partie : Les « écosystèmes tracés » : application à la restauration hors foyer (RHF) " Bull. Soc. Vét. France **86**(5): 306 - 322.
- [36] **Bolnot F.H. et Fleuryncq C.** (2002b). "Traçabilité des aliments, 1° partie : La traçabilité globale, utopie ou réalité ? ." Bull. Soc. Vét. France **86**(3): 152-173.
- [37] **Bonnin Coralie Angélique et Ngo Mai-Anh** (2007). Enjeux juridiques de la traçabilité alimentaire. 1ère journée de recherche ComIndus sur les relations entre industrie et grande distribution alimentaire, Avignon - France, 29 mars 2007.
- [38] **Boonmak Supattra** (2007). Influence of Human Factors on Information Security Measures Effectiveness, Submit to 2007 AAA-IS Section Mid-Year Conference January 3-6, 2007 Savannah, Georgia, U.S.A.
- [39] **Bouganim Luc** (2006). Sécurisation du contrôle d'accès dans les bases de données. Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines. Rapport scientifique pour l'obtention de l'HDR en informatique. HDR. 27 janvier 2006. Versailles
- [40] **Bretesche B. de la**, Ed. (2000). La méthode APTE - Analyse de valeur, analyse fonctionnelle. Paris, Pétrelle.
- [41] **Buckingham R. A., Hirschheim R. A., Land F. F. et Tully C. J.** (1987). Information systems curriculum: A basis for course design *In*. R. A. Buckingham, R. A. Hirschheim, F. F. Land et C. J. Tully. Information systems education: recommendations and implementation. Cambridge University Press.
- [42] **Byrne David** (2004). The Regulation of Food Safety and the Use of Traceability/Tracing in the EU and USA: Convergence or Divergence? *In, Proceedings of Food Safety Conference*, Washington DC, 19 March 2004. pp.
- [43] **Bytheway Charles W.** (2005). "Genesis of FAST." VaLue W O R L D **28**.
- [44] **Can-Trace** (2006). Canadian Food Traceability Data Standard - Version 2.0, Can-Trace (Electronic Commerce Council of Canada) - URL: <http://www.can-trace.org/portals/0/docs/CFTDS%20version%202.0%20FINAL.pdf>.
- [45] **Capron H.L.** (1986). Systems Analysis and Design. Redwood City - Massachusetts, Benjamin - Cummings Publishing Company, Inc. 525 pages.

- [46] **CE** (2002). Règlement (CE) N° 178/2002 du Parlement Européen et du Conseil, Journal officiel des Communautés européennes.
- [47] **CE** (2004). Orientations pour la mise en œuvre des articles 11, 12, 16, 17, 18, 19 et 20 du règlement (ce) n° 178/2002 sur la législation alimentaire générale - Conclusions du comité permanent de la chaîne alimentaire et de la santé animale, Commission Européenne - URL: http://ec.europa.eu/food/food/foodlaw/guidance/guidance_rev_7_fr.pdf.
- [48] **Cerbah F. et Euzenat J.** (2001). "Traceability between models and texts through terminology." *Data & Knowledge Engineering* **38**(1): 31- 43.
- [49] **Chesnais Laurence et Pijaudier-Cabot Florence** (2007). Industrie Agroalimentaire : Le nouvel Essor. *Industries (Revue mensuelle publiée par le ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie)*. **124 (Juillet 2007)**.
- [50] **Chien Hung-Yu et Chen Che-Hao** (2007). "Mutual authentication protocol for RFID conforming to EPC Class 1 Generation 2 standards." *Computer Standards & Interfaces* **29**(2): 254-259.
- [51] **Clemens Roxanne** (2003). "Meat Traceability in Japan". Center for Agricultural and Rural Development - Iowa State University. <http://www.agmrc.org/NR/rdonlyres/90D9F247-84B7-4E10-9480-0C88153BF6B5/0/meattraceability.pdf>
- [52] **Coff Christian** (2003). *Consumers food ethics: tracing the production story*. In, *Proceedings of EurSafe 4th congress*, Toulouse, March 20th to 22nd pp.
- [53] **Cornu Jean-Michel** (1998). Guide de l'information numérique: Comment traiter les données lisibles par machine et les documents numériques, Office des publications officielles des Communautés européennes, Luxembourg.
- [54] **Coyle Karen** (2006). "Identifiers: Unique, Persistent, Global." *The Journal of Academic Librarianship* **32**(4): 428-431.
- [55] **CTA** (2004). "Les règlements de la Communauté Européenne sur la traçabilité et l'équivalence, au regard de l'Accord SPS : Examen des principaux aspects juridiques". Centre Technique de Coopération Agricole et Rurale ACP-UE. <http://agritrade.cta.int/fr/content/view/full/1696>
- [56] **Dan Ngoc François** (2006). *A Secure Access Controller for XML Documents*. Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines. PhD Thesis. PhD. Philippe Pucheral. 15 Février 2006. Versailles
- [57] **Darby M. R. et Karni E.** (1973). "Free Competition and the Optimal Amount of Fraud." *The Journal of Law and Economics* **16**(4): 67-88.
- [58] **De Bièvre P. et Reher DFG.** (2000). "Traceability of measurements of radioactivity and of amount substance." *Applied Radiation and Isotopes* **53**: 13-21.
- [59] **De Castro Neto M., Rodrigues MBL., Aguiar Pinto P. et Berger I.** (2003). *Traceability on the Web – A Prototype for the Portuguese Beef Sector*. EFITA 2003 Conference, Debrecen, Hungary, 5-9. July 2003.
- [60] **de Loupy Claude** (2000). *Évaluation de l'Apport de Connaissances Linguistiques en Désambiguïsation Sémantique et Recherche Documentaire*. Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse. Laboratoire Informatique d'Avignon. Doctorat. Marc El-Bèze et Pierre-François Marteau. Avignon
- [61] **Delone W. H. et McLean E. R.** (1992). "Information Systems Success: The Quest for the Dependent Variable." *Information Systems Research* **3**(1): 60-95.
- [62] **Denton W.** (2003). Tracefish: the development of a traceability scheme for the fish industry: Labelling, Monitoring and Traceability. In. J. Lutén, J. Oehlenschläger et G. Olafsdóttir. *Quality of Fish from Catch to Consumer*. Wageningen (The Netherlands), Wageningen Academic Publishers: 75-91.
- [63] **Descamps P.** (2000). La traçabilité. *Oléagineux Corps Gras Liquides*. **17**.
- [64] **DGAL** (2005). Contrôle de la traçabilité dans le cadre du Règlement (CE) n°178/2002 - Dispositions relatives aux denrées alimentaires (hors production primaire), Direction Générale de l'Alimentation - France.
- [65] **DGCCRF, DGS et DGAL** (2005). "Guide d'aide à la gestion des alertes d'origine alimentaire entre les exploitants de la chaîne alimentaire et l'administration lorsqu'un produit ou un lot de produits est identifié." DGCCRF. Paris. http://www.ccc-france.fr/upload/File/guide%20dgal%20du_27%20mai%202005_aide%20gestion%20alertes.pdf
- [66] **Dickinson David L. et Bailey DeeVon** (2002). "Meat Traceability: Are U.S. Consumers Willing to Pay for It?" *Journal of Agricultural and Resource Economics* **27**(2): 348-364.

- [67] **Duflos Sandrine, Kervella Brigitte et Horlait Eric** (2001). Vers une sécurité de bout en bout pour le support des applications distribuées. GRES'2001 - Gestion de REseau et de Service, Marrakech, 17 - 21 Décembre 2001.
- [68] **Dupuy C., Botta-Genoulaz V. et Guinet A.** (2005). "Batch dispersion model to optimise traceability in food industry." *Journal of Food Engineering* **70**(3): 333-339.
- [69] **Dupuy Clément** (2004). Analyse et conception d'outils pour la traçabilité de produits agroalimentaires afin d'optimiser la dispersion des lots de fabrication. Institut National des Sciences Appliquées de Lyon. Informatique et Information pour la Société (EDIIS) - Spécialité Productique. Ph. D. Grade de Docteur. 28 septembre 2004. Lyon
- [70] **EAN** (2003). EAN•UCC Traceability Implementation - TRACE-I Project Deliverable, EAN International.
- [71] **Ebert Bob** (2006). Identification of Beef Animals, Alabama Cooperative Extension System. **YANR-170**.
- [72] **EC** (2004). Guidance on the implementation of articles 11, 12, 16, 17, 18, 19 and 20 of Regulation (EC) No 178/ 2002 on General Food Law: Conclusions of the Standing Committee on the Food Chain and Animal Health.
- [73] **Elbers A.R.W. , Moser H., Ekker H.M. , Crauwels P.A.A. , Stegeman J.A. , Smak J.A. et Pluimers F.H.** (2001). "Tracing systems used during the epidemic of classical swine fever in the Netherlands, 1997- 1998." *Rev. sci. tech. Off. int. Epiz.* **20**(2): 614-62.
- [74] **Engels Daniel W.** (2002). On the design of Globally Unique Identification Schemes, Auto-ID Center, MIT.
- [75] **Fabbe-Costes N. et Lemaire C.** (2001). "La traçabilité totale d'une Supply Chain: principes, obstacles et perspectives de mise en oeuvre " *Revue Française de Gestion Industrielle* **20**(3): 23-52
- [76] **Fabbe-Costes N. et Romeyer C.** (2003). La traçabilité des activités de soin par les systèmes d'information hospitaliers : un constat d'échec ou un phénomène émergent ? Colloque GISEH 2003, Lyon, janvier 2003. FUCAM.
- [77] **FFIEC** (2006). Information Security Booklet, Federal Financial Institutions Examination Council.
- [78] **FIPS** (2004). Standards for Security Categorization of Federal Information and Information Systems, Federal Information Processing Standards Publication 199.
- [79] **Fisheler Claude** (1990). L'Homnivore. Paris, Odile Jacob. 414.
- [80] **Fox M.S., Chionglo J. et Fadel F.** (1993). Common-Sense Model of the Enterprise. In, *Proceedings of The 2nd Industrial Engineering Research Conference*, Norcross, GA, USA. Institute for Industrial Engineers. pp. 425-429
- [81] **Fox Mark S. et Gruninger Michael** (1998). "Enterprise Modeling." *American Association for Artificial Intelligence Press*: 109-121.
- [82] **Främling Kary, Kärkkäinen Mikko, Ala-RISKU Timo et Hölmström Jan** (2004). Managing Product Information in Supplier Networks by Object Oriented Programming Concepts. In: Marco Taisch, Erastos Filos, Paolo Garello, Kevin Lewis et Marco Montorio, *Proceedings of IMS International Forum*, Cernobbio, Italy, 17-19 May 2004. pp. 1424-1431
- [83] **Garcia Andres, Seok Chang Yoon et Valverde Ricardo** (2006). "Impact of new identification and tracking technologies on a distribution center." *Computers & Industrial Engineering* **51**(3): 542-552.
- [84] **Gellynck X. et Verbeke W.** (2001). "Consumer perception of traceability in the meat chain." *Agrarwirtschaft (German Journal of Agricultural Economics)* **50**(6): 368-374.
- [85] **Gellynck Xavier , Januszewska Renata , Verbeke Wim et Viaene Jacques** (2005). Firm's costs of traceability confronted with consumer requirements. 92nd Seminar - Quality Management and Quality Assurance in Food Chains, Göttingen (Germany), 2-4 March 2005.
- [86] **Gencod** (2001). La traçabilité dans les chaînes d'approvisionnement : de la stratégie à la pratique. Paris, Gencod EAN France (devenu GS1 France) - Il peut être commandé sur http://www.gs1.fr/gs1_fr/publications/. 98.
- [87] **Giraud G. et Amblard C.** (2002). Viande bovine tracée et labellisée, quelle perception par le consommateur ? Clermont-Ferrand, ENITA. 71.
- [88] **GIRAUD Georges et Halawany Rafia** (2006). Consumers' Perception of Food Traceability in Europe. World Food & Agribusiness Symposium, Buenos Aires, Argentina, JUNE 10-11 2006.
- [89] **Giuliani Elizabeth** (2003). L'essor de la numérotation internationale. Journée d'information AFNOR/CG46, 20 novembre 2003. Bibliothèque nationale de France.

- [90] **Golan Elise, Krissoff Barry et Kuchler Fred** (2004a). Food Traceability : One Ingredient in a Safe and Efficient Food Supply. *Amber Waves*, **2**: 14-21.
- [91] **Golan Elise, Krissoff Barry, Kuchler Fred, Linda Calvin, Nelson Kenneth et Price Gregory** (2004b). "Traceability in the U.S. Food Supply: Economic Theory and Industry Studies". United States Department of Agriculture. <http://www.ers.usda.gov/publications/aer830/aer830.pdf>
- [92] **Golberg R.A.** (1968). Agribusiness coordination: a system approach to the wheat, soybean and florida orange economics. Boston Graduate school of business administration, Harvard university. 256
- [93] **Goodhue D. L.** (1995). "Understanding User Evaluations of Information Systems " *Management Science* **41**(12): 1827-1844.
- [94] **Gracia Azucena et Zeballos Gabriela** (2005). "Attitudes of Retailers and Consumers toward the EU Traceability and Labeling System for Beef." *Journal of Food Distribution Research* **36**(3): 45-56.
- [95] **Green B. et Bide M.** (1997). Unique Identifiers: A Brief Introduction. London, Book Industry Communication.
- [96] **Green R. et Hy M.** (2003). "Sécurité alimentaire et traçabilité." *Cahier du LORIA (Laboratoire d'Organisation Industrielle Agroalimentaire)* **2003-01**.
- [97] **Green Raúl et Hy M.** (2002). "La traçabilité : un instrument de la sécurité alimentaire." *AGROALIMENTARIA* **15**: 19-28.
- [98] **Gruber Thomas R.** (1993). Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing. In. Nicola Guarino et Roberto Poli. Formal Ontology in Conceptual Analysis and Knowledge Representation. Kluwer Academic Publishers.
- [99] **GS1** (2005). GS1 Traceability Standard - Version 1, GS1 - URL: http://www.tracabilite.org/Media/pdf/documentation/brochures/Global_Traceability_Standard.pdf.
- [100] **GS1** (2007). Les Européens et la traçabilité. Présentation faite dans le cadre du Congrès Traçabilité 2007, Paris. GS1 France.
- [101] **Hannus Thomas , Poignée Oliver et Schiefer Gerhard** (2003). The implementation of a web based supply chain information system - Experiences with a regional quality grain program. EFITA 2003 Conference, Debrecen, Hungary, 5-9. July 2003.
- [102] **Hoagland James A., Pandey Raju et Levitt Karl N.** (1998). "Security Policy Specification Using a Graphical Approach". Department of Computer Science - University of California, Davis. <http://www.cs.ucdavis.edu/research/tech-reports/1998/CSE-98-3.pdf>
- [103] **Hobbs Jill E.** (2003). Consumer Demand for Traceability. The International Agricultural Trade Research Consortium Annual Meeting, Monterey, California, December 15–17.
- [104] **Houston R.** (2001). "A computerised database system for bovine traceability." *Rev. sci. tech. Off. int. Epiz* **20**(2): 652-661.
- [105] **Hugon M.- A. et Seibel C.** (1988). Recherches impliquées, recherches action: le cas de l'éducation. Bruxelles, De Boeck Université.
- [106] **Hulzebos L. et Koenderink N.** (2006). Modelling food supply chains for tracking and traceability. In. I. Smith et A. Furness. Improving traceability in food processing and distribution. Cambridge, England, Woodhead Publishing Limited: 67-87.
- [107] **IDE** (2004). Identification bovine en France - Cahier des charges national des opérations de terrain, Ministère de l'Agriculture - Institut de l'Elevage (France).
- [108] **Irani Zahir** (2002). "Information systems evaluation: navigating through the problem domain." *Information & Management* **40**(1): 11-24.
- [109] **Iyer B. , Mehrotra S. , Mykletun E., Tsudik G. et Wu Y.** (2004). A Framework for Efficient Storage Security in RDBMS. International Conference on Extending Database Technology.
- [110] **Jakobson R.** (1963). Essai de Linguistique Générale. Paris, Seuil.
- [111] **Jansen-Vullers M. H., van Dorp C. A. et Beulens A. J. M.** (2003). "Managing traceability information in manufacture." *International Journal of Information Management* **23**(5): 395-413.
- [112] **Jarke M. et Vassiliou Y.** (1997). Data Warehouse Quality: A Review of the DWQ Project. The 2de International Conference on Information Quality, Cambridge.
- [113] **Jensen Helen H. et Hayes Dermot J.** (2006). Private Sector Approaches to Secure Traceability, Transparency and Quality Assurance in Food Chains. IATRC Summer symposium "Food Regulation and Trade: Institutional Framework, Concepts of Analysis and Empirical Evidence", Bonn - Germany, May 28-30, 2006.

- [114] **Jody J. Daniels et Rissland Edwina L.** (1995). A Case-Based Approach to Intelligent Information Retrieval. Th 18th Annual International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval, Seattle - Washington - USA, July 09-13.
- [115] **Jouison Estèle** (2007). La recherche action: oubliée des cadres opératoires dans le domaine de l'entrepreneuriat XVIème Conférence Internationale de Management Stratégique, Montréal (Canada), 6-9 Juin 2007.
- [116] **Junji Yamato et Toshiaki Asahi** (2003). "MIT Auto-ID Center Advances the Standardization of RFID Tags." NTT Technical Review **1**(5): 95-97.
- [117] **Kaufman J. Jerry, CVS et FSAVE** (2003). Building FAST Models Based on Issues of Concern, SAVE International.
- [118] **Kim H., Fox M.S. et Gruninger M.** (1995). An Ontology of Quality for Enterprise Modelling. In, *Proceedings of The Fourth Workshop on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises*. IEEE Computer Society Press. pp. 105-116
- [119] **Kim H.M.** (1999). Representation and Reasoning About Quality using Enterprise Models. University of Toronto. Enterprise Integration Laboratory, Department of Mechanical and Industrial Engineering. PhD. Toronto
- [120] **Koenderink N. et Hulzebos L.** (2006). Dealing with bottlenecks in traceability systems. In. I. Smith et A. Furness. Improving traceability in food processing and distribution. Cambridge, England, Woodhead Publishing Limited: 88-106.
- [121] **Krichel Thomas** (2007). "Information retrieval performance measures for a current awareness report composition aid." Information Processing and Management **43** (2007): 1030–1043.
- [122] **Larman Craig** (2003). UML et les Design Patterns. Paris, CampusPress. 600.
- [123] **Lasnier Gilles** (2006). Amélioration des performances par l'analyse de la valeur. Paris, Hermès - Lavoisier 208
- [124] **Lasswell H.C** (1948). The structure and function of communication in society. In. L. Bryson. The communication of ideas. New York, Institute for Religious and Social Studies: 203-243.
- [125] **Le Pallec Sophie** (2005). La convergence des identifiants numériques. JRES 2005 : Journées Réseaux 2005 Marseille, 7 Décembre 2005.
- [126] **Lecomte C., Saidi-Kabeche D. et Vergote M-H.** (2004). "Vers une typologie des problématiques de traçabilité dans les industries alimentaires." Revue Française de Gestion Industrielle **23**(3): 5-24.
- [127] **Lecomte C., Ta Chi-Dung et Vergote MH.** (2006). Analyser et améliorer la traçabilité dans les industries agroalimentaires. Paris, AFNOR. 214.
- [128] **Lee Yang W., Strong Diane M., Kahn Beverly K. et Wang Richard Y.** (2002). "AIMQ: A methodology for information quality assessment." Information & Management **40**: 133-146.
- [129] **Lehtonen Mikko , Staake Thorsten , Michahelles Florian et Fleisch Elgar** (2006). From Identification to Authentication : A Review of RFID Product Authentication Techniques. Workshop on RFID Security 6 RFIDSec 06, Graz (Austria), July 2006.
- [130] **Lehu JM.** (2000). La traçabilité peut-elle permettre d'assurer la sécurité alimentaire du consommateur en Europe?. Les troisièmes Rencontres Internationales de la Recherche en Logistique, Trois-Rivières (Canada), 9, 10 et 11 mai 2000.
- [131] **Lesdos-Cauhapé Claire** (2007). Les comptes prévisionnels de l'agriculture pour 2007: Envolée des prix des céréales et hausse du revenu agricole. INSEE Première. **1168**.
- [132] **Liu Junrong** (2002). "Investigation on traceability of fish products in Iceland - A traceability study for fish processing industry in China". The United Nations University - Fisheries Training Programme in Iceland. Reykjavik, Iceland. <http://www.unuftp.is/proj02/Liu1PRF.pdf>
- [133] **Loos Peter** (2001). Gozintographs for By-Products and Cyclic Production: An Approach for ERP System Application. In, *Proceedings of Seventh Americas Conference on Information Systems*, Boston - Massachusetts, USA, 3 to 5 August 2001. pp.
- [134] **Lootsma F.A.** (1980). "Saaty's priority theory and the nomination of a senior professor in operations research." European Journal of Operational Research **4**: 380-388.
- [135] **Losee Robert M.** (1999). "Communication Defined as Complementary Informative Processes." Journal of Information, Communication and Library Science **5**(3): 1–15.
- [136] **Love Peter E. D. et Irani Zahir** (2004). "An exploratory study of information technology evaluation and benefits management practices of SMEs in the construction industry." Information & Management **42**(1): 227-242.

- [137] **Love Peter E. D., Irani Zahir, Standing Craig, Lin Chad et Burn Janice M.** (2005). "The enigma of evaluation: benefits, costs and risks of IT in Australian small-medium-sized enterprises." *Information & Management* **42**(7): 947-964.
- [138] **Macaingne Alain** (2001). *La Clé du Code à Barres*, Interscan.
- [139] **Mandke V.V. et Nayar M.K.** (1999). *Implementing Information Integrity Technology- A Feedback Control System Approach*. IFIP TC11 WG11.5 Third Working Conference on IICIS, Amsterdam - The Netherlands, November 18-19. Kluwer Academic Publishers.
- [140] **Marcus Vincent** (2004). *Le coût de la main-d'oeuvre en France et en Allemagne*. Insee Première.
- [141] **Marouseau Gilles** (2007). *Crise de la vache folle et coordination de la filière de la viande bovine française*. 1ère journée de recherche ComIndus sur les relations entre industrie et grande distribution alimentaire, Avignon - France, 29 mars 2007.
- [142] **Martin Sylvain** (2006). *Fiabilité technique et opposabilité juridique des systèmes de traçabilité*. Paris, Conférence sur la traçabilité des emballages organisée par GS1 France et ASLOG le 3 octobre 2006.
- [143] **McGrann J. et Wiseman H.** (2001). "Animal traceability across national frontiers in the European Union." *Rev. sci. tech. Off. int. Epiz* **20**(2): 406-412
- [144] **METI-Japan** (2003). "Improvement of Product Traceability". Ministry of Economy, Trade and Industry, Japan. <http://www.meti.go.jp/english/information/downloadfiles/cTraceabilityfulle.pdf>
- [145] **Meyen D. M. et Willshire M. J.** (1997). *Data Quality Engineering Framework*. The 2de International Conference on Information Quality, Cambridge.
- [146] **Moe T.** (1998). "Perspectives on traceability in food manufacture." *Trends in Food Science & Technology* **9**(5): 211-214.
- [147] **Moles Abraham, A.** (1972). *Théorie de l'information et perception esthétique*. Paris, Denoël. 327.
- [148] **Moody Daniel L.** (1998). *Metrics for Evaluating the Quality of Entity Relationship Models*. In: T.W. Ling, S. Ram et M.L. Lee, *Proceedings of The Seventeenth International Conference on Conceptual Modelling (ER '98)*, Singapore, November 16-19. Elsevier Lecture Notes in Computer Science. pp.
- [149] **Moody Daniel L.** (2003). *Measuring the Quality of Data Models: An Empirical Evaluation of the Use of Quality Metrics in Practice*. The 11th European Conference on Information Systems Naples - Italy, 16-21 June 2003.
- [150] **Morris R. J. T. et Truskowski B. J.** (2003). "The evolution of storage systems." *IBM Systems Journal* **42**(2): 205 - 217.
- [151] **Morrison C.** (2001). *The role of traceability in food labelling*. In: R. Blanchfield. *Food labelling*. Cambridge, Woodhead Publishing.
- [152] **Muller Pierre-Alain et Gaertner Nathalie** (2000). *Modélisation objet avec UML*. Paris, Eyrolles. 540.
- [153] **Nelson P.** (1970). "Information and consumer behaviour." *Journal of Political Economy* **78**(2): 311-329.
- [154] **Nyanchama G. Matunda et Osborn Sylvia L.** (1989). "Mandatory Security in an Object Oriented Database." *Proceedings of the 1989 ACM OOPSLA conference on object-oriented programming* **24**(10): 203 - 210.
- [155] **NZTE** (2006). "Traceability: A platform for product knowledge and value". A report for New Zealand Trade and Enterprise. <http://www.nzte.govt.nz/common/files/traceability-report.pdf>
- [156] **OMG** (2003). *UML 2.0 Infrastructure Specification*, Object Management Group.
- [157] **Opara Linus U.** (2003). "Traceability in agriculture and food supply chain: a review of basic concepts, technological implications, and future prospects." *Food, Agriculture & Environment* **1**(1): 101-106.
- [158] **Pahl G. et Beitz W.** (1996). *Engineering Design*. London, Springer.
- [159] **Pedrot Ph.**, Ed. (2003). *Traçabilité et Responsabilité*. Paris, Economica.
- [160] **Peupert M. et Theuvsen L.** (2003). *Tracking and Tracing Meat Products – The Role of Modern Information Technologies* EFITA 2003 Conference, Debrecen, Hungary, 5-9. July 2003.
- [161] **Piet Laetitia** (2005). "La construction socio-juridique de la traçabilité des viandes bovines, entre politique sanitaire et organisation du marché (1960-2002)." *Cahiers d'économie et sociologie rurales* **74**: 108-138.
- [162] **Pillonel Laurent** (2004). *Analytical development and traceability in food chemistry : examples of application to Swiss and foreign Emmental cheese*. Université de Neuchâtel Faculté des sciences - Institut de chimie. Thèse de doctorat. Raphaël Tabacchi. 4 mars 2004. Neuchâtel - Suisse
- [163] **Pipino Leo L., Lee Yang W. et Wang Richard Y.** (2002). "Data Quality Assessment." *Communications of the ACM* **45**(4ve): 211-218.

- [164] **Prudhomme G, Zwolinski P et Brissaud D** (2003). "Integrating into the design process the needs of those involved in the product life-cycle." *Journal of Engineering Design* **14**(3): 333 - 353.
- [165] **Pucheral Philippe** (2005). Ubiquité et confidentialité des données. *In*. Nicole Bidoit, Luis Fariñas Del Cerro, Serge Fdida et Brigitte Vallée. *Paradigmes et enjeux de l'Informatique*. Paris, Hermès - Lavoisier.
- [166] **Quevauvillier Ph. et Donard O.F.X.** (2001). "Stated references for ensuring traceability of chemical measurements for long-term environmental monitoring." *Trends in Analysis Chemistry* **20**(11).
- [167] **Radhouani Saïd , Chevallet Jean-Pierre et Géry Mathias** (2004). *Extraction et indexation de chemins de lecture pour la Recherche d'Information sur le WEB*. Eight Maghrebien Conference on Software Engineering and Artificial Intelligence MCSEAI'04, Sousse, Tunisie 9-12 mai 2004.
- [168] **Rapoport R.N.** (1970). "Three dilemmas in action research." *Human Relations* **23**(4): 499-513.
- [169] **Redman T** (1998). "The Impact of Poor Data Quality on the Typical Enterprise." *Communications of the ACM* **41**(2): 79-82.
- [170] **Regattieri A., Gamberi M. et Manzini R.** (2007). "Traceability of food products: General framework and experimental evidence." *Journal of Food Engineering* **81**(2): 347-356.
- [171] **Roberts C. M.** (2006). "Radio frequency identification (RFID)." *Computers & Security* **25**(1): 18-26.
- [172] **Romeyer C.** (2000). *Le rôle de la traçabilité de l'activité dans la gestion de la chaîne logistique intra-organisationnelle* Third Internal Meeting for Research in Logistics, Trois-Rivières (Québec), May 9, 10 and 11 2000.
- [173] **Roos Gun et Dulsrud Arne** (2004). *The meaning of information on traceability of fish for establishment of consumer trust*. 2nd International Seminar on political consumerism, Oslo, August 26-29.
- [174] **Roques Pascal et Vallée Franck** (2002). *UML en action - 2e édition De l'analyse des besoins à la conception en Java*. Paris, Eyrolles. 388.
- [175] **Ross Ron , Katzke Stu , Johnson Arnold , Swanson Marianne , Stoneburner Gary , Rogers George et Lee Annabelle** (2005). Information Security, National Institute of Standards and Technology (USA).
- [176] **Rowe Franz** (2002). *Faire de la recherche en systèmes d'information* Paris, Vuilbert
- [177] **Sahin E., Dallery Y. et Gershwin S.** (2002). *Performance evaluation of a traceability system. An application to the radio frequency identification technology*. *In, Proceedings of 2002 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, Hammamet, Tunisie, 6-9 Oct. 2002*. pp.
- [178] **Sakai Tetsuya** (2006). "On the reliability of information retrieval metrics based on graded relevance." *Information Processing and Management* **43** (2007): 531-548.
- [179] **Sanders Anselm Kamperman** (2006). "Limits to database protection: Fair use and scientific research exemptions." *Research Policy* **35**(6): 854-874.
- [180] **Sandhu Ravi S. et Jajodia S.** (1990). *Integrity mechanisms in database management systems*. *In, Proceedings of 13th NIST-NCSC National Computer Security Conference, Washington D.C, October 1990*. pp. 526-540
- [181] **Sarig Y.** (2003). "Traceability of Food Products." *Agricultural Engineering International: the CIGR Journal of Scientific Research and Development*. **V**(December 2003).
- [182] **Schwagele F.** (2005). "Traceability from a European perspective." *Meat Science* **71**(1): 164-173.
- [183] **Shannon C.E. et Weaver W.** (1949). *The mathematical theory of communication*. Urbana, University of Illinois Press.
- [184] **Sharp Kevin R** (1990). *Automatic Identification: Making It Pay*. New York, Van Nostrand Reinhold Computer. 276
- [185] **Shingu Kazuhiro et Nakasha Seiji** (2003). Guidelines for Introduction of Food Traceability Systems, Committee on the Guidelines for Introduction of Food Traceability Systems - Japan.
- [186] **Skoglund T. et Dejmek P.** (2007). "Fuzzy Traceability: A Process Simulation Derived Extension of the Traceability Concept in Continuous Food Processing." *Food and Bioproducts Processing* **85**(4): 354-359.
- [187] **Smith I. et Furness A., Eds.** (2006). *Improving traceability in food processing and distribution*. Cambridge, AIM Europe.
- [188] **Soman Chetan Anil, van Donk Dirk Pieter et Gaalman Gerard** (2004). "Combined make-to-order and make-to-stock in a food production system." *International Journal of Production Economics* **90**(2).

- [189] **Song Eunjee , Yin Shuxin et Ray Indrakshi** (2006). "Using UML to model relational database operations." *Computer Standards & Interfaces* **29** (2007): 343–354.
- [190] **Souza-Monteiro Diogo M. et Caswell Julie A.** (2004). "The Economics of Implementing Traceability in Beef Supply Chains : Trends in Major Producing and Trading Countries (Working Paper No. 2004-6)". University of Massachusetts Amherst - Department of Resource Economics.
<http://people.umass.edu/resec/workingpapers/documents/resecworkingpaper2004-6.pdf>
- [191] **Steele Daniel** (1995). "Structure for lot-tracing design." *Production and Inventory Management Journal* **36**(1): 53.
- [192] **Stoneburner Gary , Goguen Alice et Feringa Alexis** (2002). Risk Management Guide for Information Technology Systems, National Institute of Standards and Technology (USA).
- [193] **Sumner Daniel, A. et Pouliot Sébastien** (2006). "Traceability, Liability and Incentives for Food Safety and Quality". Agricultural Issues Center University of California.
<http://www.agmrc.org/NR/rdonlyres/5177225F-3EF6-4BB4-9310-FDF240CEE4F2/0/traceabilityandliability1106pdf.pdf>
- [194] **Sylvander Bertil, Lagrange Louis et Monticelli Christine** (2004). Colloque international AIEA2 / SCAE et Ateliers de la SCAE, Université Laval - Québec, 23-24 août 2004. Les signes officiels de qualité et d'origine européens : quelles perspectives dans la globalisation ?
- [195] **Ta Chi-Dong** (2002). *Traçabilité totale en agroalimentaire, Méthodologie, pratique et suivi*. Paris, AFNOR.
- [196] **Tannier X.** (2006). "Recherche d'Information dans les Documents XML". Centre Génie Industriel et Informatique - Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne. Saint-Etienne, France.
- [197] **Tellkamp Christian** (2006). *The impact of Auto-ID technology on process performance – RFID in the FMCG supply chain*. University of St. Gallen. Doctor of Business Administration. Doctor of Business Administration. Elgar Fleisch et Thomas Rudolph. January 17, 2006. St. Gallen - Swiss
- [198] **Terzi Sergio** (2005). *Elements of Product Lifecycle Management: Definitions, Open Issues and Reference Models*. Université Henri Poincaré Nancy I / Politecnico di Milano. Doctoral dissertation. MOREL Gérard. 27 May 2005. Nancy
- [199] **Thomson James Muir , Jerome Sean , Ryan Peter, Clarke Gregory et Fleet Bernard** (2004). *Creating Sustainable Value in the Food Chain – the Role of Traceability*. 2004 IAMA World Food & Agribusiness, Montreux, Switzerland, June 12-15, 2004.
- [200] **Töyrylä Ilkka** (1999). *Realising the Potential of Traceability - A case study research on usage and impacts of product traceability*. University of Technology (Espoo, Finland). Department of Industrial Management. Doctor of Technology (Equivalent du PhD). 26th of March 1999. Espoo
- [201] **TRACE** (2007). "Recommendations for Good Traceability Practice in the food industry". Guide publié dans le cadre du projet européen TRACE
<http://193.156.107.66/ff/po/TraceFood/Microsoft%20Word%20-%20Official%20GTP.pdf>
- [202] **TraceneWS** (2005). "Livre Blanc de la Traçabilité Agroalimentaire". Guide publié par le portail d'information TraceneWS.info. [http://www.traceneWS.info/a21286-Nouvelle edition du livre blanc de la tracabilite 2006 .html](http://www.traceneWS.info/a21286-Nouvelle%20edition%20du%20livre%20blanc%20de%20la%20tracabilite%202006.html)
- [203] **Trienekens Jacques et Beulens Adrie** (2001). *The implications of EU food safety legislation and consumer demands on supply chain information systems*. 2001 IAMA World Food and Agribusiness Symposium, Sydney, Australia, June 27-28, 2001.
- [204] **Vaidyanathan Ganesh** (2005). *Automated identification and data collection in global supply chain*. In, *Proceedings of 22nd Annual Information Systems Education Conference*, Columbus, Ohio (USA), October 6-9 2005. pp.
- [205] **van der Heijden Conny et Vernède Raoul** (2004). Food Safety at which costs? *North-South Policy Brief*. 2004-1.
- [206] **van Dorp C.A.** (2003a). *A Traceability Application Based On Gozinto Graphs*. In, *Proceedings of EFITA 2003 Conference*, Debrecen, Hungary, 5-9. July 2003. pp.
- [207] **van Dorp C.A.** (2003b). *Tracking and Tracing Business Cases: Incidents, Accidents and Opportunities*. EFITA 2003 Conference, Debrecen, Hungary, 5-9. July 2003.
- [208] **Van Dorp Conerlis Adrianus** (2004). *Reference Data Modeling for tracking and tracing*. Wageningen University. Ph. D. Thesis. Ph. D. Prof. Ir. A.J.M. Beulens et Prof. Dr. Ir. G. Beers. 30 March 2004 Wageningen

- [209] **Verbeke J.S., Hund E. et Massart D.L.** (2001). "Operational definitions of uncertainty." *Trends in Analysis Chemistry* **20**(8): 2001.
- [210] **Verdenius F.** (2006). Using traceability systems to optimise business performance. *In*. I. Smith et A. Furness. *Improving traceability in food processing and distribution*. Cambridge, England, Woodhead Publishing Limited: 26-51.
- [211] **Vergote Marie-Hélène et Lecomte Catherine** (2005). Traçabilité : les PME agroalimentaires face à la nouvelle réglementation. *Revue des Industries Alimentaires et Agricoles*. **Mai 2005**: 18 - 24.
- [212] **Vernadat F.** (1999). *Techniques de modélisation en entreprise : Applications aux processus opérationnels*, Economica. 129.
- [213] **Vernède Raoul, Verdenius Floor et Broeze Jan** (2003). "Traceability in Food Processing Chains - State of the art and future developments". Agrotechnology & Food Innovations bv. Wageningen
- [214] **Viruega J-L. et Vernet M.** (1999). "Le nouvel usage de la traçabilité dans le secteur français de la viande bovine." *Revue Française de Gestion Industrielle* **18**(4).
- [215] **Viruega Jean-Luc** (2005). *Traçabilité : outils, méthodes et pratiques*. Paris, Editions d'organisation. 237.
- [216] **Vitiello D.J. et Thaler A.M.** (2001). "Animal identification: links to food safety." *Rev. sci. tech. Off. int. Epiz* **20**(2): 598-604
- [217] **Voyatzakis Ariane** (2005). "PME, Innovation technologique et Secteurs d'application - Synthèse 2004". OSEO Anvar (Organisme français qui a pour mission de financer et d'accompagner les PME). http://www.oseo.fr/notre_mission/publications/etudes_rapports/thematiques/archives_bilans_sectoriels_innovation
- [218] **Wacheux F.** (1996). *Méthodes qualitatives et recherche en gestion* Paris, Economica.
- [219] **Wand Y. et Wang R. Y.** (1996). "Anchoring data quality dimensions in ontological foundations." *Communications of the ACM* **39**(11): 86-95.
- [220] **Wang R.Y. et Strong D.** (1996). "Beyond Accuracy: What Data Quality Means to Data Consumers." *Journal of Management Information Systems* **12**(4): 5-34.
- [221] **Wang Richard Y.** (1998). "A Product Perspective on Total Data Quality Management." *Communications of the ACM* **41**(2): 58-65.
- [222] **Wang Ye Diana et Forgionne Guisseppi** (2005). "A decision-theoretic approach to the evaluation of information retrieval systems." *Information Processing and Management* (2006) **42** (2006): 863-874.
- [223] **Wiklund Patricia, Orava Markus, Brännback Malin et Heer Aart Jan de** (2002). "The Present State of the Field of Food Diagnostics". Turku School of Economics and Business Administration / Innomarket Turku (Finland). <http://www.tukkk.fi/innomarket/Reports/9752.pdf>
- [224] **WIXSON J. R.** (1999). *Function Analysis and Decomposition using Function Analysis Systems Technique*. IX International Council on Systems Engineering (INCOSE 99), Brighton, England, June 1999.
- [225] **Wray Bruce** (2007). ISBT 128 An Introduction to Bar Coding Version 2 0 1. St. Paul, MN, USA, Computype, Inc.
- [226] **Yang W. Lee et Strong D. M** (2003). "Knowing-Why About Data Processes and Data Quality." *Journal of Management Information Systems* **20**(3): 13-39.
- [227] **Yannou B. et Limayem Frej** (2002). "Les méthodes de comparaison par paires - Intérêt fondamental, Méthodes pratiques, Avancées scientifiques, Logiciel -Deuxième partie : Les méthodes classiques et des avancées récentes." *La Valeur des produits, procédés et services* **93**: 15 - 18.
- [228] **Yannou Bernard** (1998). Analyse Fonctionnelle et Analyse de la Valeur. *In*. Michel Tollenaere. *Conception de produits mécaniques, Méthodes, Modèles, Outils*. Paris, Hermes: 77-104.
- [229] **Yialelis Nicholas** (1996). *Domain-Based Security for Distributed Object Systems*. Imperial College London. PhD. October 1996. London
- [230] **Zmud R.** (1978). "Theories and Techniques: An Empirical Investigation of the Dimensionality of the Concept of Information." *Decision Sciences* **9**(2): 187-195.

ANNEXES

Annexes du Mémoire

Annexe 1 – Cas d'étude illustrant la traçabilité d'un flux de produits

Flux Physique	Flux Process	Flux Traçabilité		
		Identifiants	Données Saisies	Liens E/S
Entrant 1 03000514 Pintade Vivante		N° de bande: 0540303 (= N° lot <i>Date 1</i>)	Lot entrant: 0540303 Quantité entrant: 5043 Kg	N° OF Abattage + N° lot <i>Date 1</i>
	OF 1 601104868513 Abattage		Date début: 05/01/06 à 05:40 Date fin : 05/01/06 à 06:29	
Sortant 1-1 04009021 Pintades avariées		N° lot fabrication: 601104868513 N° lot <i>Date 1</i> : 0540303	Lot sortant: 601104868513 Quantité sortant: 28 Kg	
Sortant 1-2 04550301 Pintade certifiée		N° lot fabrication: 601104868513 N° lot <i>Date 1</i> : 0540303	Lot sortant: 601104868513 Quantité sortant: 3560 Kg	
	OF 2 601110275076 Ressuage		Date début: 05/01/2006 à 10:00 Date fin : 05/01/2006 à 10:06	N° OF Ressuage + N° lot <i>Date 1</i>
Sortant 2 04551301 Pintade certifiée		N° lot fabrication: 601110275076 N° lot <i>Date 1</i> : 0540303	Lot sortant: 601110275076 Quantité sortant: 3512 Kg	
	OF 3 601364874233 Découpe		Date début : 06/01/2006 à 07:36 Date fin : 06/01/2006 à 08:26	N° OF Découpe + N° lot <i>Date 1</i>
Sortant 3-1 05555001 Cuisse Pintade		N° lot fabrication: 601364874233 N° lot <i>Date 1</i> : 0540303	Lot sortant: 601364874233 Quantité sortant: 129 Kg	
Sortant 3-2 04504002 Filet pintade		N° lot fabrication: 601364874233 N° lot <i>Date 1</i> : 0540303	Lot sortant: 601364874233 Quantité sortant: 5 Kg	
Sortant 3-3 04504001 Suprême Pintade		N° lot fabrication: 601364874233 N° lot <i>Date 1</i> : 0540303	Lot sortant: 601364874233 Quantité sortant: 108 Kg	

...Suite

Flux Physique	Flux Process	Flux Traçabilité		
		Identifiants	Données Saisies	Liens E/S
<p>Sortant 3-3 04504001 Suprême Pintade</p> <p>Entrant 2 01007280 Film</p>		N° lot fabrication: 601364874233 N° lot <i>Date 1</i> : 0540303	Lot sortant: 601364874233 Quantité sortant: 129 Kg	N° OF Conditionnement + N° lot <i>Date 1</i>
	OF 4 601754878407 Conditionnemen	Les articles de conditionnement ne sont pas gérés par lots	Fournisseur : SAS CFS FRANCE CONVENIENCE	
			Date début : 09/01/2006 à 10:28 Date fin : 09/01/2006 à 10:40	
<p>Sortant 4 05504001 Suprême Pintade</p>		N° lot fabrication: 601754878407 N° lot <i>Date 1</i> : 0540303	Lot sortant: 601754878407 Quantité sortant: 52,80 Kg	N° OF Prépa commandes + N° lot <i>Date 1</i>
	OF 5 601901395787 Prép commandes		Date début: 09/01/2006 à 12:34 Date fin : 09/01/2006 à 12:36 Client : Metro HAsselt N° Commande : 467554 -005	
<p>Sortant 5 00000849 Suprême Pint MC</p>		N° lot fabrication: 601901395787 N° lot <i>Date 1</i> : 0540303	Lot sortant: 601901395787 Quantité sortant: 22,16 Kg	N° OF Prépa commandes + N° lot <i>Date 1</i>
	OF 6 601901395810 Prép commandes		Date début: 09/01/2006 à 16:44 Date fin : 09/01/2006 à 16:45 Client : Stephani Viktualienmar N° Commande : 467651-016	
<p>Sortant 6 00000849 Suprême Pint MC</p>		N° lot fabrication: 601901395810 N° lot <i>Date 1</i> : 0540303	Lot sortant: 601901395810 Quantité sortant: 6,92 Kg	N° OF Prépa commandes + N° lot <i>Date 1</i>
	OF 7 601901399083 Prép commandes		Date début: 10/01/2006 à 11:42 Date fin : 10/01/2006 à 11:46 Client : Schwann / Markant N° Commande : 470396-002	
<p>Sortant 7 00000849 Suprême Pint MC</p>		N° lot fabrication: 601901399083 N° lot <i>Date 1</i> : 0540303	Lot sortant: 601901399083 Quantité sortant: 6,99 Kg	

Tableau 13.1 - Cas d'étude illustrant la traçabilité d'un flux de produits

Annexe 2 – Description et illustration du fonctionnement de l’outil de restitution des données de traçabilité

La page d’accueil de l’application Integral qui permet de restituer les données de traçabilité est présentée à travers la copie d’écran de la Figure 13.1.

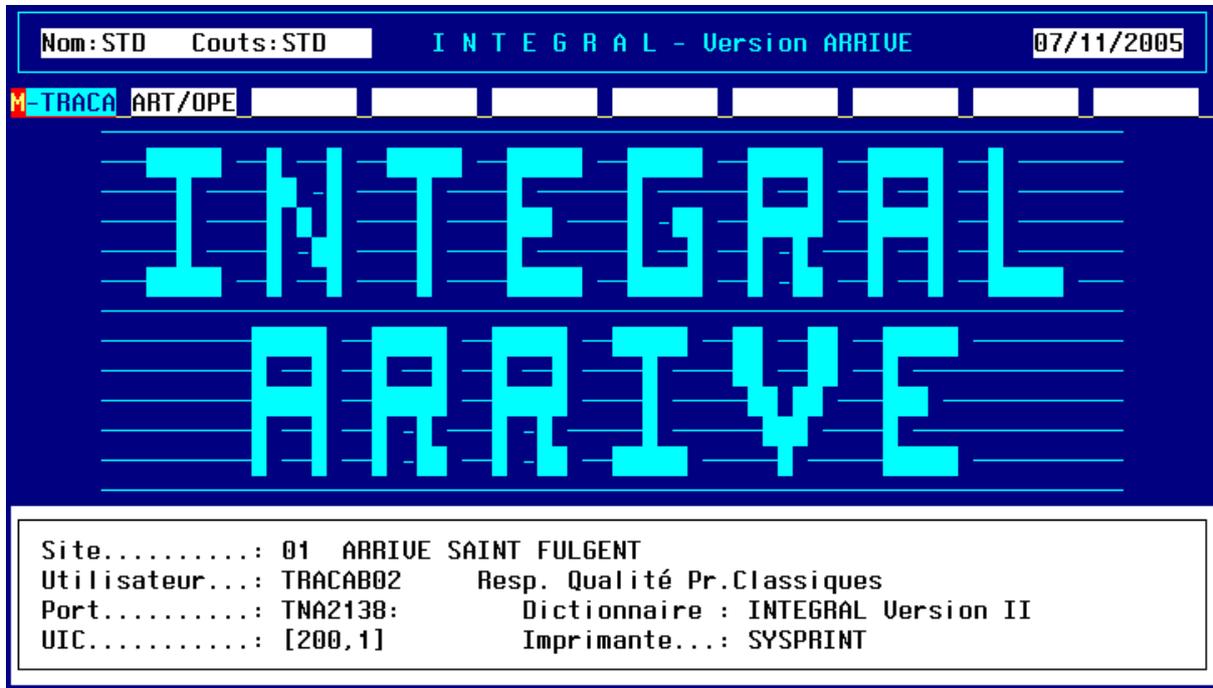


Figure 13.1 - Page d'accueil Integral Traçabilité

Le deuxième écran qui s’affiche permet à l’utilisateur de spécifier un ou plusieurs critères d’interrogation de la base de données traçabilité comme le montre la Figure 13.2 :

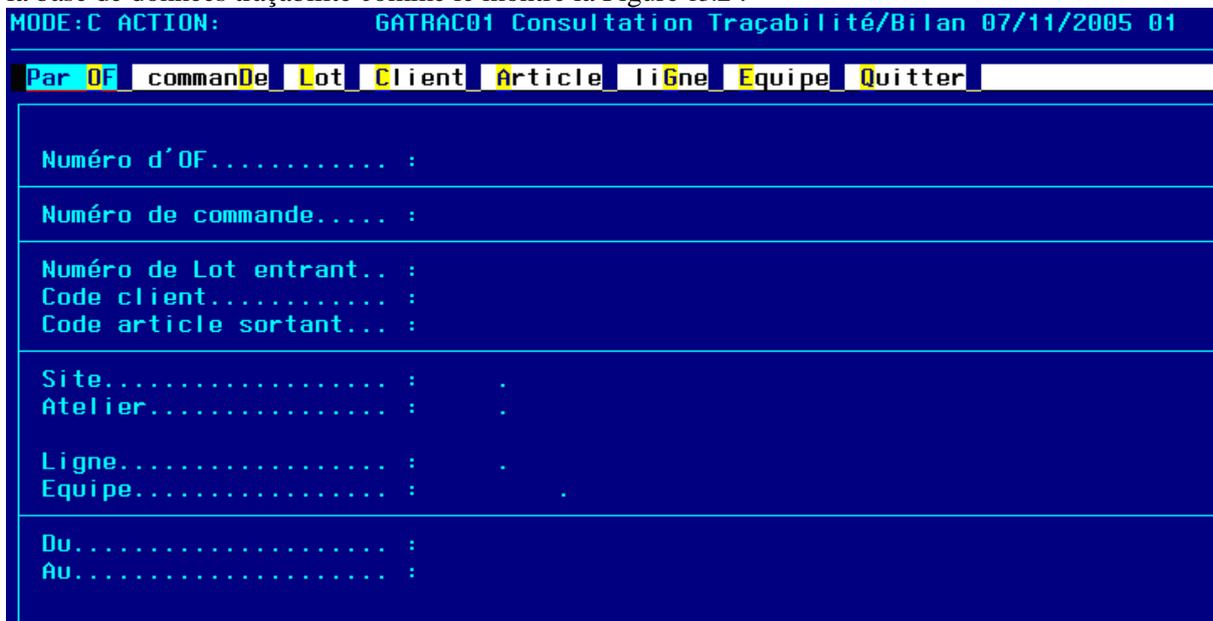


Figure 13.2 -Ecran de saisie des critères d'interrogation

On a le choix entre plusieurs critères : le numéro d’ordre fabrication (OF), le N° de commande client, le N° de lot, article, la ligne de fabrication et l’équipe ayant fabriqué le produit.

Exemples d’illustration

Pour illustrer le fonctionnement de cet outil, nous allons prendre quelques exemples réels de recherche de données de traçabilité.

Recherchons l'ensemble des ordres de fabrication qui ont été réalisés sur la ligne A1 de l'atelier de Découpe label et Certifié (0136) du site Saint Fulgent (01) entre le premier et le 7 novembre 2005. La Figure 13.3 montre la saisie de ces critères.

```

MODE:C ACTION:          GATRAC01 Consultation Traçabilité/Bilan 07/11/2005 01
-----
Par OF  commande  Lot  Client  Article  ligne  Equipe  Quitter
-----
Numéro d'OF..... :
Numéro de commande.... :
Numéro de Lot entrant.. :
Code client..... :
Code article sortant... :

Site..... : 01 .      ARRIVE SAINT FULGENT
Atelier.... : 0136.   DECOUPE LABEL ET CERTIFIE

Ligne..... : A1 .    DECOUPE LABEL LIGNE A1
Equipe..... :          .

Du..... : 01/11/2005
Au..... : 07/11/2005

Recherche en cours. Veuillez patientez...
  
```

Figure 13.3 - Saisie des critères d'interrogation

Après un bref délai de recherche dans la base de données, on accède à un écran dans lequel on a la liste de tous les OF répondant aux critères d'interrogation spécifiés. C'est ce qu'on peut voir sur la Figure 13.4

```

MODE:C ACTION:          GATRACS8  Tracab : OF d'une ligne  07/11/2005 01
-----
Cherche  Selection  Quitte
-----
Site.... : 01      ARRIVE SAINT FULGENT          Dates : du 01/11/2005
Atelier.. : 0136   DECOUPE LABEL ET CERTIFIE          au 07/11/2005
Ligne... : A1     DECOUPE LABEL LIGNE A1
-----

```

Numéro OF	Désignation opération	Date fin fab.	Quantité Cde	Origine
501364644319	DEC PLT LAB A NOIR NBR SST SSC	02/11/2005	40,00 UN	
501364644320	DEC PLT LAB B NOIR NBR SST SSC	02/11/2005	137,00 UN	
501364644321	DEC PLET B BL MIX NBRID SSTARS	02/11/2005	570,00 UN	
501364644322	DEC PLET A JA MIX NBRID SSTARS	02/11/2005	240,00 UN	
501364644323	DEC PLET B JA MIX NBRID SSTARS	02/11/2005	158,00 UN	
501364644324	DEC PINTA CERT B NBRID SSTARS	02/11/2005	467,00 UN	
501364644325	DEC PINTA CERT A NBRID SSTAR	02/11/2005	418,00 UN	
501364644326	DEC PINTA A UEG NBRID SST C93	02/11/2005	455,00 UN	
501364644327	DEC PINTA B UEG NBRID SST C70	02/11/2005	42,00 UN	
501364644328	DEC PINTA B UEG NBRID SST C93	02/11/2005	56,00 UN	
501364644329	DEC PINTA B UEG NBRID SSTARS	02/11/2005	547,00 UN	
501364644332	CDT TOURNED FLT DIND CERX2(MT)	02/11/2005	180,00 UN	

Figure 13.4 - Liste des OF répondant aux critères d'interrogation

A partir d'un OF donné, on peut visualiser un ensemble de données de traçabilité qui le caractérisent, à savoir : les produits entrants, les produits sortants, l'équipe qui a traité l'OF, les clients auxquels les sortants

En sélectionnant l'un de ces deux OF, on peut voir toutes les données qui lui sont associées (entrants, sortants, équipe...). On peut aussi continuer la montée de la chaîne de traçabilité jusqu'à l'OF d'abattage : c'est la traçabilité ascendante.

2. La Descente de l'OF

A partir l'OF de départ (découpe de pintade), on peut descendre la chaîne de traçabilité et visualiser les OF fils (ou aval). C'est-à-dire les OF ayant comme entrants les sortants de notre OF. Il s'agit, dans ce cas, de 5 OF comme le montre la Figure 13.7 :

MODE:C ACTION: GATRAC06 Tracab : Descente de l'OF 08/11/2005 01			
Cherche Selection Quitte			
Numéro OF.....: 501364644325 DEC PINTA CERT A NBRID SSTAR			
Site.....: 01 ARRIVE SAINT FULGENT			
Atelier.....: 0136 DECOUPE LABEL ET CERTIFIE			
Ligne.....: A1 DECOUPE LABEL LIGNE A1			
Opération.....: 01360401 DEC PINTA CERT A NBRID SSTAR			
Cadence théorique.: 1 500,00 Réelle.: 41,25 Origine commande.:			
Numéro OF	Désignation	Orig. Cde	Quantité
501364645997	CAL CUIS PINTA VEG SHANC UR		166,62 KG
501701113806	COMP CUIS PINTA B VEG SHANC UR	CC	114,55 KG
501701113809	COMP SUPREME PINTA B VEG SU	CC	34,36 KG
501754650698	CDT SUPREME PINTA VEG SU4		14,00 UN
501754650739	CDT SUPREME PINTA VEG SU4		261,00 UN

Figure 13.7 - Descente d'un OF

A partir de ces OF, il est possible de continuer la traçabilité descendante jusqu'à arriver au client auquel le produit fini est destiné. Prenons par exemple l'OF de niveau n+1 501754650739 (conditionnement suprême pintade). A travers la Figure 13.8 nous avons des informations générales sur cet OF :

MODE:C ACTION:C GATRAC04 Tracab : Détail de l'OF 08/11/2005 01			
Montée Descente Entrant Sortant Client Equipe Comment. Déta Ench Quit			
Numéro OF.....: 501754650739 CDT SUPREME PINTA VEG SU4			
Site.....: 01 ARRIVE SAINT FULGENT COMMENTAIRE = N			
Atelier.....: 0175 CONDITIONNEMENT S-VIDE + P.ENT			
Ligne.....: U1 CONDIT. URAC/NU/SU LIGNE U1			
Opération.....: 01750099 CDT SUPREME PINTA VEG SU4			
Cadence théorique.: 593,00 Réelle.: 355,91 Origine commande.:			
Quantité Commandée..:		261,00 UN	172,26 KG
Quantité Produite...:		261,00 UN	172,26 KG
Dates	Date de lancement.....:	03/11/2005 à 10:24	Par 01STPED3
	Début de déstockage.....:	03/11/2005 à 10:24	Par 01STPED3
	Fin de déstockage.....:	03/11/2005 à 10:30	Par 01STPED3
	Début de production.....:	03/11/2005 à 10:41	Par 01CURU11
	Fin de production.....:	03/11/2005 à 10:52	Par 01CURU11
	Date de fin prévue.....:	03/11/2005 à 18:30	
	Date de disponibilité....:	03/11/2005 à 18:30	

Figure 13.8 - Données générales sur un OF de niveau n+1

Pour cet OF, on trouve 4 OF de niveau n+2 qui correspondent à des opérations de préparation de commandes que présente la Figure 13.9.

MODE:C ACTION: GATRAC06 Tracab : Descente de l'OF 08/11/2005 01

Cherche Selection Quitte

Numéro OF.....: 501754650739 CDT SUPREME PINTA UEG SU4

Site.....: 01 ARRIVE SAINT FULGENT

Atelier.....: 0175 CONDITIONNEMENT S-VIDE + P.ENT

Ligne.....: U1 CONDIT. URAC/NU/SU LIGNE U1

Opération.....: 01750099 CDT SUPREME PINTA UEG SU4

Cadence théorique.: 593,00 Réelle.: 355,91 Origine commande.:

Numéro OF	Désignation	Orig. Cde	Quantité
501901173966	COMP SUPREME PINTA UEG MC SU4	CC	200,00 UN
501901173969	COMP SUPREME PINTA UEG MC SU4	CC	176,00 UN
501901173972	COMP SUPREME PINTA UEG MC SU4	CC	176,00 UN
501901173973	COMP SUPREME PINTA UEG MC SU4	CC	192,00 UN

Figure 13.9 - Liste des OF de niveau n+2

Si l'on prend l'OF 501901173966, on peut afficher les clients auxquels ses sortants sont destinés. Pour ce faire, il suffit de valider l'onglet *Client* comme on peut le remarquer au niveau de la Figure 13.10 :

MODE:C ACTION: GATRAC04 Tracab : Détail de l'OF 08/11/2005 01

Montée Descente Entrant Sortant Client Equipe Comment. Déta Ench Quit

Numéro OF.....: 501901173966 COMP SUPREME PINTA UEG MC SU4

Site.....: 01 ARRIVE SAINT FULGENT COMMENTAIRE = N

Atelier.....: 0190 COMPOSTAGE

Ligne.....: ZA LIGNE PREP.CDE AUTOMATIQUE ZA

Opération.....: 01900849 COMP SUPREME PINTA UEG MC SU4

Cadence théorique.: 3 000,00 Réelle.: 1 328,41 Origine commande.: CC

Quantité Commandée...: 200,00 UN 120,00 KG

Quantité Produite...: 200,00 UN 153,07 KG

Dates

Date de lancement.....: 04/11/2005 à 13:57

Début de production.....: 04/11/2005 à 14:20

Fin de production.....: 04/11/2005 à 14:29

Date de fin prévue.....: 04/11/2005 à 16:30

Figure 13.10 - Fonction permettant d'accéder aux clients

Ensuite, sur un autre écran (voir la Figure 13.11) s'affichent les codes et les noms des clients, les N° de commandes ainsi que les quantités correspondantes

MODE:C ACTION: GATRAC11 Tracab : Commandes de l'OF 08/11/2005 01

Cherche Selection Quitte

Numéro OF.....: 501901173966 COMP SUPREME PINTA UEG MC SU4

Site.....: 01 ARRIVE SAINT FULGENT
 Atelier.....: 0190 COMPOSTAGE
 Ligne.....: ZA LIGNE PREP.CDE AUTOMATIQUE ZA
 Opération.....: 01900849 COMP SUPREME PINTA UEG MC SU4
 Cadence théorique.: 3 000,00 Réelle.: 1 328,41 Origine commande.: CC

Client	Nom	Commande	Quantités Commandées
39030110	DE PASTRE ESSEN/NAGEL AIRFREIG	01 115427 001	24 colis 192 UUC
43200120	FR.PAR/ZD2 FAR02 ZUNDORF HURTH	01 121229 001	1 colis 8 UUC

Figure 13.11 - Données sur les clients

On revient à notre OF de niveau n (découpe de pintade - Figure 13.5) pour continuer l'exploration des autres fonctionnalités.

3. La commande Entrant

Comme le montre la Figure 13.12, cette commande permet d'afficher le ou les articles entrants dans l'OF. Il s'agit ici, de 418 pintades de classe A non bridées et sans tarse :

MODE:C ACTION: GATRAC07 Tracab : Entrants de l'OF 08/11/2005 01

Cherche Selection Quitte

Numéro OF.....: 501364644325 DEC PINTA CERT A NBRID SSTAR

Site.....: 01 ARRIVE SAINT FULGENT
 Atelier.....: 0136 DECOUPE LABEL ET CERTIFIE
 Ligne.....: A1 DECOUPE LABEL LIGNE A1
 Opération.....: 01360401 DEC PINTA CERT A NBRID SSTAR
 Cadence théorique.: 1 500,00 Réelle.: 41,25 Origine commande.:

Article	Désignation	Tr	Qt Initiale	Qté Princ.	Qté Second.
04551301	PINTA CERT A NBRID SSTAR	93	418,00 UN	418,00 UN	536,40 KG

Figure 13.12 - Données générales sur l'entrant de l'OF

Pur avoir davantage d'informations sur cet entrant (notamment le ou les numéros de lot concernés), on valide sur le code article (première colonne de l'écran présenté dans la Figure 13.13) :

MODE:C ACTION: GATRAC09 Tracab : Détail de l'entrant 08/11/2005 01

Cherche Selection Quitte

Numéro OF.....: 501364644325 DEC PINTA CERT A NBRID SSTAR

Site.....: 01 ARRIVE SAINT FULGENT
 Atelier.....: 0136 DECOUPE LABEL ET CERTIFIE
 Ligne.....: A1 DECOUPE LABEL LIGNE A1
 Opération.....: 01360401 DEC PINTA CERT A NBRID SSTAR
 Cadence théorique.: 1 500,00 Réelle.: 41,25 Origine commande.:

Article.....: 04551301 PINTA CERT A NBRID SSTAR
 Tranche.....: 93 01,250 ` 01,350
 Quantité initiale.: 418,00 UN

Lot	Date début	DLU	Lot date 1	Cont	Qté Princip.	Qté Second.
501110227928	31/10/2005	04/11/2005	0539401	1	98,00 UN	126,05 KG
501110227974	31/10/2005	04/11/2005	0539401	1	320,00 UN	410,35 KG

Figure 13.13 - Identifiants des lots entrants

Au niveau de ce tableau, on remarque que la première colonne (lot) comporte deux valeurs différentes alors que la quatrième colonne (lot date 1) comporte la même valeur. Ceci s'explique par la structure multi-niveaux de la notion de lot chez Arrivé. En effet, les pintades découpées sont issues de deux OF de ressuage différents (l'OF 501110227928 et l'OF 501110227974) mais elles appartiennent à la même bande d'élevage (0539401).

Maintenant si l'on prend l'un de ces deux lots, on peut en avoir une vue plus détaillée comme le montre la Figure 13.14:

MODE:C ACTION: GATRAC09 Tracab : Détail de l'entrant 08/11/2005 01

Dépôts de provenance Commentaires Détails Quitter

Numéro OF.....: 501364644325 DEC PINTA CERT A NBRID SSTAR

Site.....: 01 ARRIVE SAINT FULGENT
 Atelier.....: 0136 DECOUPE LABEL ET CERTIFIE
 Ligne.....: A1 DECOUPE LABEL LIGNE A1
 Opération.....: 01360401 DEC PINTA CERT A NBRID SSTAR
 Cadence théorique.: 1 500,00 Réelle.: 41,25 Origine commande.:

Article.....: 04551301 PINTA CERT A NBRID SSTAR Tranche..: 93
 Lot entrant.....: 501110227928 Lot du stock déstocké.....: 501110227928
 Estampille.....: 85.215.01 Nombre de contenants.....: 1
 Quantité initiale.: 418,00 UN Princ.: 98,00 UN Sec.: 126,05 KG

Date 1.....: A Abattage 31/10/2005 11:03 Lot.....: 0539401
 Date 2.....: Lot.....:
 Date 3.....: Lot.....:
 D.L.U.....: 04/11/2005 23:59 Réf. DLU...: Oui
 Dépôt provenance..: 0101 STOCK PETITES VOLAILLES

Figure 13.14 - Détails d'un entrant

4. La commande *Sortant*

Comme son nom l'indique, cette commande permet de visualiser le ou les produits sortant de l'OF. Dans notre cas, il s'agit de 5 sortants différents listés à travers la copie d'écran de la Figure 13.15

MODE:C ACTION: GATRAC08 Tracab : Sortants de l'OF 08/11/2005 01

Cherche Selection Quitte

Numéro OF.....: 501364644325 DEC PINTA CERT A NBRID SSTAR

Site.....: 01 ARRIVE SAINT FULGENT
 Atelier.....: 0136 DECOUPE LABEL ET CERTIFIE
 Ligne.....: A1 DECOUPE LABEL LIGNE A1
 Opération.....: 01360401 DEC PINTA CERT A NBRID SSTAR
 Cadence théorique.: 1 500,00 Réelle.: 41,25 Origine commande.:

Article	Désignation	Tr	Qt Initiale	Qté Princ.	Qté Second.
04502003	AILERON+POINTE PINTA VEG UR		41,80 KG	29,18 KG	584,00 UN
04504001	SUPREME PINTA VEG UR		0,00 KG	165,39 KG	829,00 UN
04504006	SUPREME PINTA B VEG UR		0,00 KG	9,89 KG	40,00 UN
04505004	CUIS PINTA VEG SHANC UR		0,00 KG	166,62 KG	837,00 UN
04505005	CUIS PINTA B VEG SHANC UR		0,00 KG	4,87 KG	25,00 UN

Figure 13.15 - Liste des sortants de l'OF

Si l'on prend, par exemple, le deuxième sortant (SUPREME PINTA VEG VR), on peut accéder à un ensemble d'informations le concernant : N° de lot, quantité, DLU, dépôt de destination, etc. c'est ce qu'on peut voir sur Figure 13.16.

MODE:C ACTION: GATRAC10 Tracab : Détail du sortant 08/11/2005 01

Dépôts de destination Commentaires Détails Quitter

Numéro OF.....: 501364644325 DEC PINTA CERT A NBRID SSTAR

Site.....: 01 ARRIVE SAINT FULGENT
 Atelier.....: 0136 DECOUPE LABEL ET CERTIFIE
 Ligne.....: A1 DECOUPE LABEL LIGNE A1
 Opération.....: 01360401 DEC PINTA CERT A NBRID SSTAR
 Cadence théorique.: 1 500,00 Réelle.: 41,25 Origine commande.:

Article.....: 04504001 SUPREME PINTA VEG UR
 Tranche.....:

Estampille.....: 85.215.01 Nbre de contenants....: 9
 Quantité initiale.: 0,00 KG Princ.: 165,39 KG Sec.: 829,00 UN
 Indicateur DLU....: A Abattage Type dt.: DATE2 D Découpe
 Date 1.....: A Abattage 31/10/2005 11:03 Lot.....: 0539401
 Date 2.....: D Découpe 02/11/2005 11:33 Lot.....: 501364644325
 Date 3.....: Lot.....:
 D.L.U.....: 04/11/2005 23:59 Durée vie.: 10/11/2005
 Dépôt destination.: 0113 DEPOT STOCK NAVETTE

Figure 13.16 - Détails d'un sortant

5. La commande *Client*

Cet onglet permet d'afficher les clients auxquels un produit fini est destiné. Ainsi, on ne s'en sert que pour les OF en fin de chaîne de traçabilité, c'est-à-dire les OF de compostage (préparation de commande).

6. La commande *Equipe*

Comme le montre la copie d'écran de la Figure 13.17, cette commande permet de connaître l'équipe d'opérateurs qui a effectué l'OF en question :

MODE:C ACTION:C			GATRAC13		Tracab : Equipes de l'OF		08/11/2005 01	
Cherche Selection Quitte								
Numéro OF.....: 501364644325 DEC PINTA CERT A NBRID SSTAR								
Site.....: 01 ARRIVE SAINT FULGENT								
Atelier.....: 0136 DECOUPE LABEL ET CERTIFIE								
Ligne.....: A1 DECOUPE LABEL LIGNE A1								
Opération.....: 01360401 DEC PINTA CERT A NBRID SSTAR								
Cadence théorique.: 1 500,00 Réelle.: 41,25 Origine commande.:								
Equipe				Env	Pers			
23180001 EQUIPE DECOUPE LABEL				2.00	4.00			

Figure 13.17 - Données sur l'équipe ayant traité l'OF

Sur la copie d'écran de la Figure 13.17 cet écran on voit notamment le code et le libellé de l'équipe ainsi que son effectif. Dans cet exemple, on a un chef d'équipe, son adjoint et quatre opérateurs. Soit un total de six personnes.

7. La commande *Comment*

Elle permet de visualiser d'éventuels commentaires ou remarques particulières liées au déroulement de l'OF. Aucun commentaire n'a été enregistré dans notre cas comme le montre la Figure 13.18 :

MODE:C ACTION:			GATRAC14		Tracab : Commentaires de l'OF		08/11/2005 01	
Cherche Selection Quitte								
Numéro OF.....: 501364644325 DEC PINTA CERT A NBRID SSTAR								
Site.....: 01 ARRIVE SAINT FULGENT								
Atelier.....: 0136 DECOUPE LABEL ET CERTIFIE								
Ligne.....: A1 DECOUPE LABEL LIGNE A1								
Opération.....: 01360401 DEC PINTA CERT A NBRID SSTAR								
Cadence théorique.: 1 500,00 Réelle.: 41,25 Origine commande.:								
Rubrique	Commentaire							

Aucun enregistrement ne correspond aux valeurs choisies ou d'index.

Figure 13.18 - Ecran affichant d'éventuels commentaires sur l'OF

8. La commande *Déta*

Comme on peut le voir sur la Figure 13.19, cette commande permet d'accéder à un ensemble de détails complémentaires sur l'OF :

En revanche, si l'on prend l'OF N° 504634629400 concernant une opération de barattage des émincés de cuisses de poulet, on remarque que cet OF est enchaîné sur les deux OF qui sont en amont ; à savoir l'OF de préparation de viande et l'OF de préparation des ingrédients. Comme on est dans un mode de gestion par flux tiré, en créant l'OF de barattage, on crée en même temps les OF de préparation de viande et de préparation des ingrédients (voir la Figure 13.21 et la Figure 13.22).

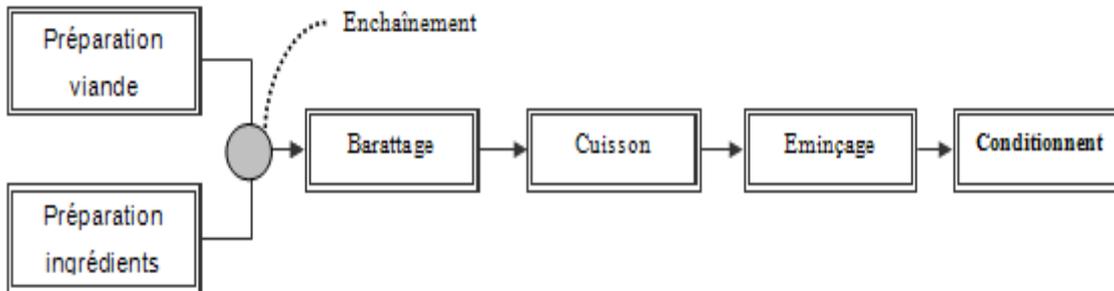


Figure 13.21 - Schéma illustrant l'enchaînement des OF

Mont ench	Desc ench	Entrant	Sortant	Client	Equipe	Comment.	Détail	Quit
Numéro OF.....: 504634629400 BAR EMINCE CUIS PLET MEXIC								
Site.....: 04 ARRIVE CHAUVAGNES PAILLERS								
Atelier.....: 0463 BARATTAGE								
Ligne.....: BA11 BARATTE N. 11								
Opération.....: 04630190 BAR EMINCE CUIS PLET MEXIC								
Cadence Théorique.: 1500,00 KG Réelle: 0,00 KG Origine Commande:								
Quantité Commandée..: 86,00 KG 860 UN								
Quantité Produite...: 86,00 KG 860 UN								
Dates								
Date de lancement.....: 28/10/2005 à 06:58 Par 04ATPU02								
Début de production.....: 28/10/2005 à 09:02 Par 04ATBA01								
Fin de production.....: 28/10/2005 à 09:02 Par 04ATBA01								
Date de fin prévue.....: 28/10/2005 à 12:07								
Date de disponibilité....: 28/10/2005 à 12:07								

Figure 13.22 - Exemple d'un OF enchaîné

En validant sur l'onglet *Mont ench*, on accède aux deux OF sur lesquels l'OF de barattage est enchaîné comme on peut le voir sur la Figure 13.23

MODE:C ACTION: GATRAC17 Visu enchaînement OF 08/11/2005 01			
Cherche Selection Quitte			
Numéro OF.....: 504634629400 BAR EMINCE CUIS PLET MEXIC			
Site.....: 04 ARRIVE CHAUVAGNES PAILLERS			
Atelier.....: 0463 BARATTAGE			
Ligne.....: BA11 BARATTE N. 11			
Opération.....: 04630190 BAR EMINCE CUIS PLET MEXIC			
Cadence Théorique.: 1500,00 KG Réelle: 0,00 KG Origine Commande:			
Numéro OF	Désignation	Orig. Cde	Quantité
504614629401	PR UD EMINCE CUIS PLET MEXIC		89,10 KG
504624629402	PR SAU EMINCE CUIS PLET MEXIC		17,20 KG

Figure 13.23 - Enchaînement d'OF

Les fonctions Montée Enchaînement et descente Enchaînement ont le même principe que les fonctions Montée / descente de l'OF que nous avons vues précédemment. La différence ne se situe pas au niveau de la traçabilité mais elle se trouve au niveau de la gestion de la production dans la mesure où le lancement des deux OF ci-dessus implique automatiquement le lancement de l'OF suivant (le barattage).



Figure 13.26 - Exemple d'étiquette colis

❖ **Étiquettes UVC** utilisées pour l'identification des unités consommateurs (voir Figure 13.27) :



Figure 13.27 - Exemple d'étiquette UVC

En plus des étiquettes codes- barres évoquées ci-dessus, une autre forme d'identification consiste à imprimer, au moment du conditionnement, sur les UVC le numéro de lot et la DLC correspondant.

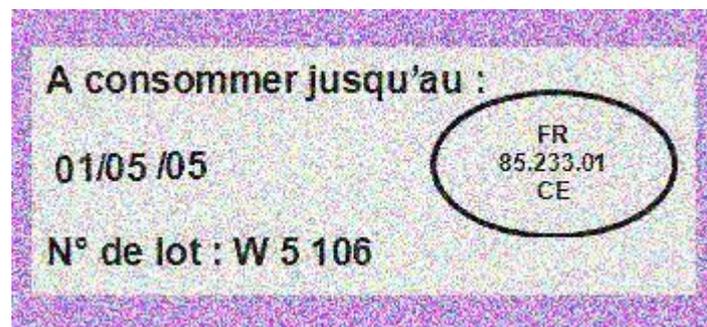


Figure 13.28 - Exemple de N° de lot imprimé sur une UVC

Sur la photographie de la Figure 13.28 apparaît un N° de lot d'un sachet Coq Ailes conditionné sur l'ensacheuse B le 23 juin 2005 sur le site de Sainte Hermine.

Annexe 4 – Synthèse de la description tridimensionnelle du système de traçabilité Arrivé

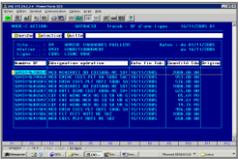
Fonctions du ST	Identification des produits	Saisie des données	Enregistrement des données	Restitution des données
Angles de vue				
Dimension Process	Séparation des lots Identification physique des produits	Déstockage des entrants + Déclaration des sortants		
Dimension Informationnelle	Génération automatique des identifiants et leur affectation aux produits	Création des liens entre les OF et les lots de produits correspondant	Stockage des données de traçabilité dans une BdD Oracle	Extraction des données stockées dans la BdD
Dimension Humaine	Agents de support			
	Utilisateurs amont			Utilisateurs aval

Tableau 13.2 - Synthèse de la description tridimensionnelle du système de traçabilité Arrivé

A travers ce tableau, nous avons essayé de présenter d'une manière très synthétique les trois dimensions sur la base desquelles nous avons décrit le système de traçabilité de la société Arrivé. Tout en faisant le lien avec les quatre fonctions principales remplie par ce système.

Annexe 5 – Illustration du manque d'ergonomie de l'outil de restitution de la traçabilité

Nous partons d'un OF de découpe d'ailes de poulets qui a eu lieu dans le site des Essarts comme le montre la copie d'écran de la Figure 13.29.

```

MODE:C ACTION:          GATRAC01 Consultation Traçabilité/Bilan 02/12/2005 01
Par OF commande Lot Client Article ligne Equipe Quitter
-----
Numéro d'OF..... : 503224686969
Numéro de commande..... :
Numéro de Lot entrant.. :
Code client..... :
Code article sortant... :
Site..... :
Atelier..... :
Ligne..... :
Equipe..... :
Du..... :
Au..... :
  
```

Figure 13.29 - Ecran de saisie des critères d'interrogation

Pour arriver aux OF de préparation de commandes qui sont réalisés dans la plate-forme logistique de Mornant, on doit parcourir 17 écrans qui correspondent aux différentes étapes du cycle de vie du produit (transfert Inter-sites, préparation viande, barattage...) comme le montre la Figure 13.30:

```

MODE:C ACTION:          GATRAC06 Tracab : Descente de l'OF 02/12/2005 01
Cherche Selection Quitte
-----
Numéro OF..... : 501020752535 INTERSITE Cde:871244 Lig:013
-- Transfert IS --
Site Frn/CLI..... : 0102 TERMINE LE 17/11/2005 A 02:58
N° groupage..... : 3201 MORN DEP MER 14H00 ARR JEU 01H
  
```

Numéro OF	Désignation	Orig. Cde	Quantité
502901155571	COMP GRIGNOT NAT250G CAREF SAC	CC	84,00 UN
502901155589	COMP GRIGNOT NAT250G CAREF SAC	CC	216,00 UN
502901156167	COMP GRIGNOT NAT250G CAREF SAC	CC	36,00 UN
502901157355	COMP GRIGNOT NAT250G CAREF SAC	CC	528,00 UN
502901157380	COMP GRIGNOT NAT250G CAREF SAC	CC	300,00 UN

Figure 13.30 - Liste des OF de préparation de commandes

On peut sélectionner un OF pour visualiser les clients auxquels ses sortants sont destinés avant de revenir à l'écran ci-dessus pour sélectionner un autre OF. Mais, en effectuant cette marche-arrière, (via la touche (-) du clavier), on est renvoyé à l'écran de départ (Figure 13.29) et on est donc obligé de ressaisir la requête puis de parcourir les 17 écrans ! D'où une perte de temps considérable.

Annexe 6 – Illustration du problème de données de traçabilité manquantes

La copie d'écran présentée dans la Figure 13.31 montre un ensemble d'OF de préparation de commandes pour lesquels l'outil de restitution de la traçabilité n'affiche pas les quantités commandées par ces clients.

MODE:C ACTION: GATRACS1 Tracab : OF d'une commande 02/12/2005 01

Cherche Selection Quitte

Numéro de commande.. : 01 549089
Code client..... : 21110110 9219 ATAC SAINT QUENTIN

Ligne de Cde.	Numéro OF	Désignation opération	Date fin fabrica.	Quantité commandée	Or ig
001/000	501904650565	COMP ESCA DIND VEG MC BQ3	04/04/2005	300,00 UN	CC
002/000	501904652270	COMP CUIS DIND VEG SMED BQ1	04/04/2005	120,00 UN	CC
003/000	505804654399	CP WINGS PARTY NAT 4006 MC SAC	04/04/2005		UN CC
004/000	505804654396	CP WINGS PARTY MEX 4006 MC SAC	04/04/2005		UN CC
005/000	505804654408	CP WINGS PARTY IND 4006 MC SAC	04/04/2005		UN CC

Figure 13.31 - Copie d'écran montrant l'absence de quantités commandées

Cela ne signifie pas que ces données sont complètement perdues car il est toujours possible de les retrouver en demandant par exemple au service de la télévente qui est chargé de la réception des commandes passées par les clients. Mais cela risque de prolonger le délai de restitution de la traçabilité.

La Figure 13.32 représente une copie d'écran qui montre l'absence de la DLC (Date Limite de Consommation) au niveau de la traçabilité d'un autre produit.

MODE:C ACTION: GATRAC12 Tracab : Commandes de l'OF 12/02/2008 01

Cherche Selection Quitte

Numéro OF..... : 702901786827 CP COQ AILE NAT250 MC SAC LOT2

Site..... : 02 ARRIVE MORNANT
Atelier..... : 0290 COMPOSTAGE MORNANT
Ligne..... : 62 POSTE MANUEL G2
Opération..... : 02901916 CP COQ AILE NAT250 MC SAC LOT2
Cadence théorique.: 3 000,00 Réelle.: 3 240,00 Origine commande.: CC

Client : 02440880 R086 SOCORDIS 71213 Commande : 02 260222 004

Article : 00001916 COQ AILES NATU250G MC SAC LOT2 12 UN 6,00 KG
Cde : 2 Colis 12 UUC Réel : 2 Colis 12 UUC 6,000 Kg
DLC : PCB :6
-- TICKET PUC --
TPUC : 01009999 PAS DE TICKET PUC
MASQUE : T000/
Prix : ----- Devise : EU
EAN13 : -----

Figure 13.32 - Copie d'écran montrant l'absence de la DLC

Annexe 7 – Illustration d'incohérences au niveau des bilans matière

L'analyse des données restituées par le système de traçabilité montre que lorsque l'on fait un bilan matière des entrants et sortants d'un OF donné, il arrive de constater des équilibres plus ou moins flagrants. En voici un exemple au travers des quatre prochaines figures.

MODE:C ACTION: GATRAC07 Tracab : Entrants de l'OF 01/12/2005 01					
Cherche Selection Quitte					
Numéro OF.....: 501354011060 FAB ESCA DIND CERT EXTRA FINE					
Site.....: 01 ARRIVE SAINT FULGENT					
Atelier.....: 0135 DECOUPE ELABOREE					
Ligne.....: E1 LIGNE M.A.T.					
Opération.....: 01350020 FAB ESCA DIND CERT EXTRA FINE					
Cadence théorique.: 1 500,00 Réelle.: 111,30 Origine commande.:					
Article	Désignation	Tr	Qt Initiale	Qté Princ.	Qté Second.
04434007	NOIX DIND CERT SPEAU INTERM UR	94	3060,00 KG	1194,94 KG	1256,00 UN
04434007	NOIX DIND CERT SPEAU INTERM UR	95	3060,00 KG	964,38 KG	813,94 UN
04434007	NOIX DIND CERT SPEAU INTERM UR	96	3060,00 KG	903,16 KG	440,00 UN

Figure 13.33 - Les entrants de l'OF

La Figure 13.33 montre les entrants d'un OF de fabrication d'escalopes de dindes. Le poids total des entrants est de 3062,48 Kg. En sortie de cette opération, on a déclaré les sortants donnés en Figure 13.34.

MODE:C ACTION: GATRAC08 Tracab : Sortants de l'OF 01/12/2005 01					
Cherche Selection Quitte					
Numéro OF.....: 501354011060 FAB ESCA DIND CERT EXTRA FINE					
Site.....: 01 ARRIVE SAINT FULGENT					
Atelier.....: 0135 DECOUPE ELABOREE					
Ligne.....: E1 LIGNE M.A.T.					
Opération.....: 01350020 FAB ESCA DIND CERT EXTRA FINE					
Cadence théorique.: 1 500,00 Réelle.: 111,30 Origine commande.:					
Article	Désignation	Tr	Qt Initiale	Qté Princ.	Qté Second.
04404001	ESCA DIND VEG SUPERIEUR UR		630,00 KG	1588,06 KG	13607,00 UN
04434017	ESCA DIND CERT EXTRA FINE UR		1800,00 KG	1811,76 KG	15797,00 UN
04434018	ESCA DIND CERT SUPERIEUR UR		630,00 KG	605,36 KG	5186,00 UN

Figure 13.34 - Les sortants de l'OF

La somme des poids sortants est de 4005,18 Kg. Soit un écart de 942,70 Kg. Compte tenu du fonctionnement du système de traçabilité, la cause probable de ce déséquilibre serait un déstockage (informatique) incomplet des entrants. C'est-à-dire qu'au moment de l'envoi des produits sur la chaîne de fabrication, la totalité des bacs n'aurait pas été scannée (enregistrée).

On peut aussi rencontrer des déséquilibres dans le sens inverse comme le montre l'exemple de la Figure 13.35 d'un OF de conditionnement d'escalopes de poulet.

MODE:C ACTION: GATRAC07 Tracab : Entrants de l'OF 01/12/2005 01					
Cherche Selection Quitte					
Numéro OF.....: 501503982728 CDT ESCA PLT BL UG SSAT BQ2(BL)					
Site.....: 01 ARRIVE SAINT FULGENT					
Atelier.....: 0150 CONDITIONNEMENT DES DECOUPES					
Ligne.....: C1 LIGNE CONDITIONNEMENT C1					
Opération.....: 01504001 CDT ESCA PLT BL UG SSAT BQ2(BL)					
Cadence théorique.: 392,00 Réelle.: 41,67 Origine commande.:					
Article	Désignation	Tr	Qt Initiale	Qté Princ.	Qté Second.
01003473	BQ SATM PSE 1523/10 BLCH (LP7)		224,00 UN	50,00 UN	455,00 G
01003535	FILM SATM SUP SLICE PACK L715		10,81 M2	2,41 M2	4,92 ML
04034003	FLT PLET BL UEG CLASSIQ UR		53,76 KG	53,76 KG	447,97 UN

Figure 13.35 - Entrant de l'OF de conditionnement

La copie d'écran de la Figure 13.35 montre qu'à l'entrée de l'OF on a un poids de 53,76 Kg de filets de poulets. La Figure 13.36 montre le poids qui a été déclaré à la fin de l'OF.

MODE:C ACTION: GATRAC08 Tracab : Sortants de l'OF 01/12/2005 01					
Cherche Selection Quitte					
Numéro OF.....: 501503982728 CDT ESCA PLT BL UG SSAT BQ2(BL)					
Site.....: 01 ARRIVE SAINT FULGENT					
Atelier.....: 0150 CONDITIONNEMENT DES DECOUPES					
Ligne.....: C1 LIGNE CONDITIONNEMENT C1					
Opération.....: 01504001 CDT ESCA PLT BL UG SSAT BQ2(BL)					
Cadence théorique.: 392,00 Réelle.: 41,67 Origine commande.:					
Article	Désignation	Tr	Qt Initiale	Qté Princ.	Qté Second.
05034201	ESCA PLET BL UEG SSAT BQ2 (BL)		224,00 UN	50,00 UN	12,00 KG

Figure 13.36 - Sortants de l'OF de conditionnement

A travers ces deux figures, on peut constater que le poids du sortant est inférieur de 41,76 Kg au poids des produits entrants. Ceci peut s'expliquer par le fait qu'une partie des produits sortants n'aurait pas été déclarée à la clôture de l'OF, ou encore par une erreur de saisie.

Annexe 8 – Illustration d'un cas d'OF « en boucle »

La Figure 13.37 illustre une copie d'écran présentant un OF de conditionnement de Coq Ailes Nature.

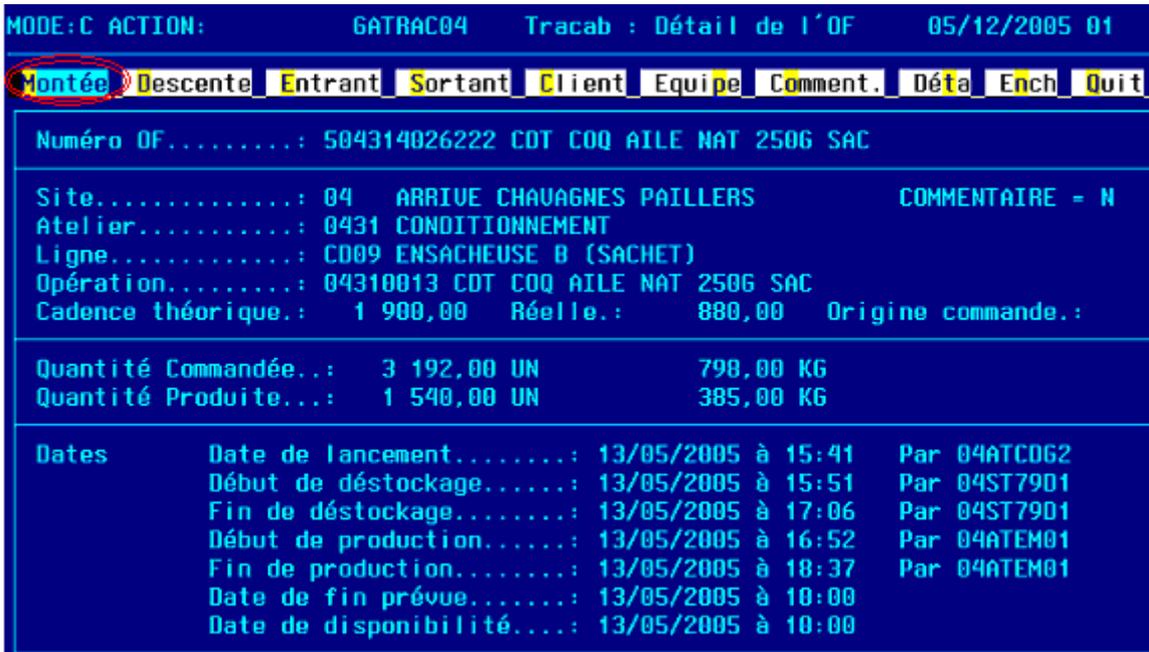


Figure 13.37 - L'OF fils de départ

En voulant remonter cet OF, (visualiser ses OF pères), on retombe sur le même OF ! C'est ce montre la copie d'écran présentée dans la Figure 13.38.



Figure 13.38 - OF père identique à l'OF fils !

C'est comme si l'on disait que les entrants de l'OF en question sont les mêmes que ses sortants; ce qui est impossible. Et si l'on continue la montée ou la descente de cet OF, on reste dans une espèce de boucle sans fin illustrée par la Figure 13.39. Il s'agit donc d'un type d'incohérence détectable informatiquement.



Figure 13.39 - Illustration du problème de l'OF en boucle

Annexe 9 – Illustration des dates irréelles

La Figure 13.40 représente une copie d'écran de l'outil de restitution des données de traçabilité qui affiche des dates complètement aberrantes au niveau de la *date de début* et de la *DLU*.

MODE:C ACTION: GATRAC09 Tracab : Détail de l'entrant 15/02/2006 01

Cherche Selection Quitte

Numéro OF.....: 601600159936 CDCP PLET LAB BL ERTECO BQ1

Site.....: 01 ARRIVE SAINT FULGENT
 Atelier.....: 0160 COND-COMPOSTAGE PCS ENTIERES
 Ligne.....: P1 LIGNE P1 CONDT-COMP DES P.E.
 Opération.....: 01600664 CDCP PLET LAB BL ERTECO BQ1
 Cadence théorique.: 3 000,00 Réelle.: 1 217,39 Origine commande.: CC

Article.....: 04101401 PLET LAB A BL BRID SSTARS
 Tranche.....: 90 00,000 a 00,000
 Quantité initiale.: 0,00 UN

Lot	Date début	DLU	Lot date 1	Cont	Qté Princip.	Qté Second.
601110293495	16/06/9194	16/06/9194		1	219,00 UN	387,65 KG
601110294360	16/06/9194	16/06/9194		1	189,00 UN	264,60 KG
601110294410	16/06/9194	16/06/9194		1	52,00 UN	147,20 KG

Figure 13.40 - Exemple de données aberrantes

Ce problème s'explique par un bug informatique au niveau du progiciel de préparation des commandes.

Annexe 10 – Illustration des dates d'OF incohérentes

La Figure 13.41 représente une copie d'écran de l'outil de restitution des données de traçabilité montrant que l'heure de fin d'un OF de conditionnement est antérieure à l'heure de son début !

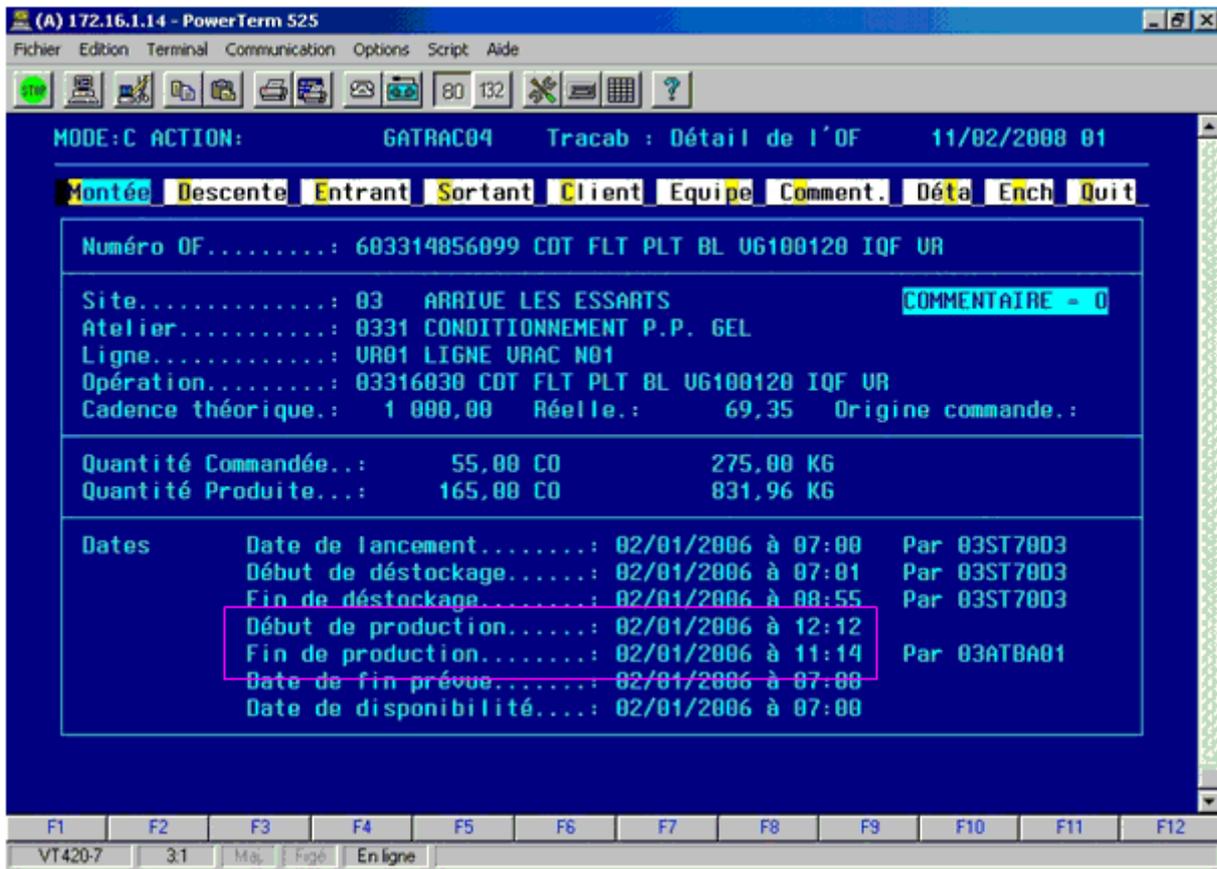


Figure 13.41 - Exemple d'OF dont la date de début est postérieure à la date de fin

Là également, après investigation de l'anomalie, il s'est avéré qu'elle est due à un bug informatique.

Annexe 11 – Illustration d'une rupture de traçabilité

Le premier décembre 2005, 3822 sachets de Coq Ailes ont été conditionnés sur le site de Chavagnes comme le montre la copie d'écran de la Figure 13.42.

MODE:C ACTION:		GATRAC04	Tracab : Détail de l'OF		05/12/2005 01				
Montée	Descente	Entrant	Sortant	Client	Equipe	Comment.	Déta	Ench	Quit
Numéro OF.....: 504314746210 CDT COQ AILE NAT 250G SAC									
Site.....: 04 ARRIVE CHAVAGNES PAILLERS COMMENTAIRE = 0									
Atelier.....: 0431 CONDITIONNEMENT									
Ligne.....: C009 ENSACHEUSE B (SACHET)									
Opération.....: 04310013 CDT COQ AILE NAT 250G SAC									
Cadence théorique.: 1 900,00 Réelle.: 1 777,67 Origine commande.:									
Quantité Commandée..: 3 900,00 UN 975,00 KG									
Quantité Produite...: 3 822,00 UN 955,50 KG									
Dates									
Date de lancement.....: 01/12/2005 à 07:30 Par 04ATCDG2									
Début de déstockage.....: 01/12/2005 à 07:31 Par 04ST79D1									
Fin de déstockage.....: 01/12/2005 à 09:58 Par 04ST79D1									
Début de production.....: 01/12/2005 à 08:35 Par 04ATEM01									
Fin de production.....: 01/12/2005 à 10:44 Par 04ATEM01									
Date de fin prévue.....: 01/12/2005 à 10:00									
Date de disponibilité....: 01/12/2005 à 10:00									

Figure 13.42 - OF de conditionnement de Coq Ailes

En descendant la chaîne de traçabilité, on trouve que sur les 3822 pièces conditionnées, 2448 ont été transférées à la plate-forme de Saint Fulgent pour y être expédiées vers les clients (voir Figure 13.43).

MODE:C ACTION:C		GATRAC04	Tracab : Détail de l'OF		05/12/2005 01				
Montée	Descente	Entrant	Sortant	Client	Equipe	Comment.	Déta	Ench	Quit
Numéro OF.....: 504010770776 INTERSITE Cde:858201 Lig:014									
-- Transfert IS -- COMMENTAIRE = N									
Site Frn/Cli.....: 0401 TERMINE LE 01/12/2005 A 11:48									
N° groupe.....: 4204 EXP. CHAVAGNES-STFULGENT 11H00									
Quantité Commandée..: 2 448,00 UN 612,00 KG									
Quantité Produite...: 2 448,00 UN 612,00 KG									
Dates									
Date quai.....: 01/12/2005 à 11:00 Par 05SITQ12									
Début réception.....: 01/12/2005 à 11:15 Par 05SITQ12									
Fin réception.....: 01/12/2005 à 11:15 Par 05SITQ12									

Figure 13.43 - Transfert Inter-sites de Chavagnes à Saint Fulgent

Jusque là, rien d'anormal. Mais si l'on veut connaître ce que deviennent les Coq Ailes transférés, on se heurte à une rupture de traçabilité illustrée par la Figure 13.44.



Figure 13.44 - Exemple de rupture de traçabilité

A cause de cette rupture, nous ne pouvons pas déterminer la localisation de nos Coq'Ailes ni savoir ce qu'ils sont devenus.

Annexe 12 – Illustration d'une imprécision de traçabilité

La copie d'écran de la Figure 13.45 montre que, pour honorer des commandes clients, les cuisses de dinde déstockées appartiennent à plusieurs lots.

MODE:C ACTION: GATRAC09 Tracab : Détail de l'entrant 12/02/2008 01

Cherche Selection Quitte

Numéro OF.....: 701651207822 CP CUIS DIND VEG CASINO BQ1

Site.....: 01 ARRIVE SAINT FULGENT
 Atelier.....: 0165 COMPOSTAGE SEUL PCS ENTIERES
 Ligne.....: 25 LIGNE 25 COMP. SEMI-AUTO.
 Opération.....: 01651376 CP CUIS DIND VEG CASINO BQ1
 Cadence théorique.: 3 000,00 Réelle.: 1 513,04 Origine commande.: CC

Article.....: 04405001 CUIS DIND VEG SSCROS AUPEAU UR
 Tranche.....: 94 00,000 a 00,000
 Quantité initiale.: 0,00 UN

Lot	Date début	DLU	Lot date 1	Cont	Qté Princip.	Qté Second.
701DE0111837	05/02/2007	09/02/2007	2267602	1	3,00 UN	2,66 KG
701DE0111838	05/02/2007	09/02/2007	2267801	1	1,00 UN	0,69 KG
701DE0111839	05/02/2007	09/02/2007	2267801	1	20,00 UN	14,62 KG
701DE0111840	05/02/2007	09/02/2007	2267801	1	20,00 UN	14,80 KG

F1 F2 F3 F4 F5 F6 F7 F8 F9 F10 F11 F12
 VT420-7 22:1 Maj. Figé En ligne

Figure 13.45 - Une partie des lots déstockés pour un OF de préparation de commandes

L'OF de préparation de commande consiste généralement à mettre les produits déstockés dans des colis en leur associant éventuellement des étiquettes promotionnelles. Ces colis sont ensuite dispatchés à destination des clients les ayant commandés. La Figure 13.46 montre une partie des clients destinataires des cuisses de dinde en question.

MODE:C ACTION: GATRAC11 Tracab : Commandes de l'OF 12/02/2008 01

Cherche Selection Quitte

Numéro OF.....: 701651207822 CP CUIS DIND UEG CASINO BQ1

Site.....: 01 ARRIVE SAINT FULGENT
 Atelier.....: 0165 COMPOSTAGE SEUL PCS ENTIERES
 Ligne.....: 25 LIGNE 25 COMP. SEMI-AUTO.
 Opération.....: 01651376 CP CUIS DIND UEG CASINO BQ1
 Cadence théorique.: 3 000,00 Réelle.: 1 513,04 Origine commande.: CC

Client	Nom	Commande	Quantités Commandées
01290710	CS 953 BEZIERS RTE DE PEZENAS	01 294246 009	2 colis 12 UUC
01290950	CM 809 ALBI	01 294207 004	1 colis 6 UUC
01290970	CM 449 ALBI	01 294203 006	1 colis 6 UUC
01291021	CG 857 ALBASUD MONTAUBAN	01 294196 014	1 colis 6 UUC
01291090	CM 448 BAZAS	01 294201 004	1 colis 6 UUC
01291100	TL 983 CAHORS	01 294251 005	1 colis 6 UUC
01300480	CS 812 MONTPELLIER R.DE GANGE	01 294232 005	1 colis 6 UUC

F1 F2 F3 F4 F5 F6 F7 F8 F9 F10 F11 F12
 VT420-7 22:1 Maj. Figé En ligne

Figure 13.46 - Une partie des clients destinataires des commandes préparées

Comme nous l'avons illustré à travers la Figure 3.8, le système de traçabilité Arrivé ne permet pas de savoir exactement de quel(s) lot(s) proviennent les cuisses de dinde expédiées à tel ou tel client, d'où une précision limitée.

Annexe 13 – Conclusions du rapport de diagnostic de la traçabilité sur un Site Arrivé

A travers ce document, nous avons parcouru les différents ateliers du site de Sainte Hermine en vue d'évaluer la fiabilité de la traçabilité des produits qui y sont traités. Pour ce faire, trois indicateurs ont été utilisés. A savoir :

- ❑ La **rupture de traçabilité** qui traduit l'inaptitude du système de traçabilité à descendre ou à remonter l'historique d'un OF ou d'un lot de produits. C'est le cas par exemple quand le système ne permet pas de restituer l'origine d'un lot de produit,
- ❑ La **perte de traçabilité** qui se produit lorsque certaines informations ne sont pas restituées. Il peut s'agir par exemple des poids déstockés ou déclarés sur un OF donné,
- ❑ La **traçabilité erronée** qui résulte d'un décalage entre les données restituées par le système de traçabilité et la réalité. Ce type d'anomalie peut être rencontrée, par exemple, quand les poids déstockés informatiquement sont différents de ceux qui sont déstockés physiquement.

Pour donner la vision qui soit la plus exhaustive possible de la traçabilité de chaque atelier audité, nous avons adopté une démarche qui consiste à :

- ❑ Décrire chaque type de problème : rupture de traçabilité, perte de traçabilité et traçabilité erronée,
- ❑ L'illustrer à travers des exemples notamment sous forme de copies d'écran,
- ❑ Le quantifier afin de donner une idée sur son ampleur,
- ❑ Expliquer ses causes,
- ❑ Montrer ses conséquences,
- ❑ Proposer des mesures d'amélioration permettant d'y remédier.

D'une manière très sommaire, les principaux points faibles en termes de traçabilité sur le site de Sainte Hermine s'expliquent par les causes suivantes :

- ❑ L'absence d'*Origine Matière* : Les lots de produits entrés en stock via des mouvements non associés à des OF, tels que les Entrées Diverse et les Ecart d'Inventaire, provoquent des ruptures de traçabilité. C'est-à-dire l'incapacité du système de traçabilité à remonter leur historique,
- ❑ Non-déclaration de TOUS les sortants sur les OF dont ils sont réellement issus. Les sous-produits sont particulièrement concernés. Ceci génère des écarts considérables entre les poids entrants et les poids sortants de certains OF,
- ❑ Erreurs de saisie lors du déstockage des entrants ou de la déclaration des sortants des OF, ,
- ❑ L'huile de tournesol n'est pas gérée par lot. Ainsi, sur l'historique des OF réalisés sur la ligne Dixie, n'apparaissent ni le N° de lot ni la DLU de cet entrant. L'une des conséquences de ce mode de fonctionnement est que le système de traçabilité est incapable de remonter à son origine. Rappelons que ceci est une obligation réglementaire selon le règlement CE 178/2002.

Ainsi, ce que nous devons retenir de cet audit c'est que la traçabilité au niveau du site de Sainte Hermine est globalement satisfaisante par rapport à d'autres sites; mais un certain nombre de points sont à améliorer. Les causes sont diverses et relèvent principalement de ce que nous pouvons qualifier de mauvaises manipulations du flux de produits : non déstockage informatique des entrants, non déclaration informatique des sortants, saisie de fausses quantités, déclaration de sortants d'un OF sur d'autres OF, etc. D'autres problèmes, notamment les ruptures de traçabilité, relèvent de la capacité du système de traçabilité à suivre certains mouvements de stock que les opérateurs effectuent à travers les écrans GPAO. A titre d'exemple, l'ajustement des stocks au travers des mouvements d'Entrée Diverses est l'une des fonctionnalités mises à la disposition des opérateurs. Toutefois, le système de traçabilité est incapable de remonter l'origine de produits concernés. C'est ce qui explique certains cas de rupture de traçabilité que nous avons évoqués dans ce document.

Les différents dysfonctionnements que nous avons mis en évidence engendrent des répercussions qui mettent en cause la capacité de la société à répondre aux exigences réglementaires et commerciales en termes de traçabilité. Il faut aussi savoir que les conséquences de certaines anomalies dépassent largement la sphère de la traçabilité. Par exemple, quand les poids saisis par les déstockeurs sont incorrects¹³⁴, il est clair qu'au-delà de la traçabilité c'est l'ensemble du système d'information qui est alimenté par des données ne reflétant pas la réalité. Rappelons que c'est à partir des informations fournies par ce système que les activités de la société sont pilotées quotidiennement.

Pour conclure, il convient de signaler les efforts déployés par le site de Sainte Hermine afin de fiabiliser la gestion des flux de produits et leur traçabilité au sein de ses différents ateliers. Ainsi, la mise en place d'un ensemble d'indicateurs relatifs à la GPAO est une initiative louable dans la mesure où elle permet de mettre en évidence et de quantifier des dysfonctionnements qui ont un impact sur la fiabilité des flux de produits. A titre d'exemple, l'indicateur *Fiabilité GP* consiste à calculer l'écart entre le poids entrant et le poids sortant des OF. Quand cet écart dépasse un seuil de tolérance, l'OF est considéré non-conforme.

¹³⁴ Voir les parties consacrées à la « traçabilité erronée »

Annexe 14 - Essai de classification des non-conformité alimentaires

A travers le Tableau 13.3, nous avons essayé de faire une classification des principales causes pouvant engendrer une opération de rappel ou de retrait de produits alimentaires.

Nature de non conformité	Explication	Exemples
Contamination radioactive	Présence de substances radioactives dans le produit	Aliments issus de matières premières agricoles contaminées suite à une fuite accidentelle d'une centrale nucléaire
Contamination chimique	Présence de trace de produits chimiques toxiques ou cancérigènes dans le produit	Contamination, en novembre 2005, du lait Nestlé pour bébé par l'isopropylthioxanthone, un fixateur de l'encre de l'emballage Tetra Pack
Contamination microbiologique	Présence d'agents pathogènes dans le produit: bactéries ou leurs toxines, virus, prions...	En mars 2005, la Société Fromagerie Fermière de Juchy (Seine-et-Marne) a procédé au retrait de certains de ces produits suite à une contamination par <i>Listeria monocytogenes</i> .
Non conformité de composition	Non respect des dosages des composants du produit ou présence de corps étrangers	Manque d'un ingrédient ou présence accidentelle d'objets étrangers
Non conformité organoleptique	Odeur, aspect ou goût non conformes mais sans aucune menace pour la santé du consommateur	Des biscuits trop sucrés ou mous, chocolat fondu, etc.
Non conformité quantitative	Non respect du poids ou du volume requis pour les unités consommateur	Des barquettes de filets de poulets dont le poids est de 185 g au lieu de 200 g
Non conformité de présentation	La présentation est tout ce qui est lié à l'aspect visuel du produit : forme, emballage, étiquetage...	Manque d'étiquettes d'identification du produit, forme géométrique du produit non conforme...

Tableau 13.3 - Types de non conformités pouvant impliquer un rappel de produits alimentaires

Seules les trois premières non-conformités peuvent être considérées comme nocives en ce sens qu'elles peuvent porter atteinte à la santé du consommateur.

Annexe 15 - Modèle de fiche d'évaluation de l'authenticité de la traçabilité interne

L'exemple présenté dans le Tableau 13.4 montre l'évaluation de l'authenticité de la traçabilité interne au niveau de certaines opérations faisant partie du processus de production de cuisses de poulet chez Arrivé.

Opérations	Nature des données enregistrées	Valeurs collectées sur le terrain	Valeurs restituées par le ST	Ecart
Réception volailles vivantes	N° de lot	017520	017520	Non
	Nombre de volailles	2300	2450	Oui
	Nom Eleveur	Mr. X	Mr. .X	Non
Abattage	N° OF	61250524	61250524	Non
	Date et heure	20/04/2006 à 10h	20/04/2006 à 10h	Non
	N° de lot	017520	017520	Non
	Nombre de poulets	2270	2270	Non
Découpe	N° OF	61350246	61350246	Non
	Date et heure	21/04/2006 à 10h	21/04/2006 à 10h	Non
	N° lot poulets entrants	017520 et 017522	017520	Oui
	N° lot cuisses sortant	61350246	61350246	Non
	Poids poulets entrants	1800	1800	Non
	Poids cuisses sortants	1520	1600	Oui
Conditionnement des cuisses	N° OF	61557219	61557219	Non
	Date et heure	21/04/2006 à 15h	21/04/2006 à 15h	Non
	N° lot entrant	61350246	61350246 et 61350247	Oui
	N° lot sortant	61557219	61557219	Non
	Poids entrant	700	740	Oui
	Poids sortant	685	785	Non

Tableau 13.4 - Exemple de fiche d'évaluation de l'authenticité de la traçabilité interne

A travers cet exemple, nous constatons que, sur les 19 informations restituées par le ST, 14 sont authentiques. On en déduit une authenticité de traçabilité interne de 74 %.

Comme nous l'avons expliqué dans auparavant, dans la pratique, il faut prendre un échantillon d'opérations assez représentatif afin d'obtenir l'évaluation la plus précise possible.

Annexe 16 - Exemple de Fiche d'évaluation de la dispersion descendante des entrants

Le Tableau 13.5 représente une fiche type pouvant servir au calcul de la dispersion descendante moyenne au niveau d'un ensemble d'opérations subies par les produits.

Opérations	Produits Entrants	Dispersion descendante moyenne
Opération 1	Entrant 11	2
	Entrant 12	1
	Entrant 1i	2
Opération 2	Entrant 21	4
	Entrant 22	1
Opération i	Entrant i1	4
	Entrant i2	3
	Entrant ii	1
La moyenne des valeurs obtenues donne la dispersion descendante moyenne		

Tableau 13.5 - Exemple de fiche d'évaluation de la dispersion descendante des entrants

Annexe 17 - Exemple de Fiche d'évaluation de la dispersion ascendante des sortants

Le Tableau 13.6 représente une fiche type pouvant servir au calcul de la dispersion ascendante moyenne au niveau d'un ensemble d'opérations subies par les produits.

Opérations	Produits Sortants	Dispersion ascendante moyenne
Opération 1	Sortant 11	2
	Sortant 12	1
	Sortant 1i	2
Opération 2	Sortant 21	4
	Sortant 22	1
Opération i	Sortant i1	4
	Sortant i2	3
	Sortant ii	1
La moyenne des valeurs obtenues donne la dispersion ascendante moyenne		

Tableau 13.6 - Exemple de fiche d'évaluation de la dispersion ascendante des sortants

Annexe 18 - Comparaison entre les code-barres et les puces RFID

Le

Tableau 13.7 présente une comparaison entre les supports d'identification les plus répandus. A savoir, les codes-barres et les puces radiofréquence :

Caractéristiques	Code à Barre	Code bidimensionnel	Etiquette RFID
Capacité (nb de caractères)	1 à 40	5 à 3000	qq caractères à plusieurs ko
Visibilité de l'étiquette	Indispensable	Indispensable	Non Indispensable
Distance de lecture	0 à 5 mètres (Selon densité du code à barre)	15 à 100 cm (Selon densité du code à barre)	qq cm à volume de 1m ³
Sécurité	Interne CRC ¹³⁵	Différents niveaux de cryptage CRC	Interne CRC
Lecture	OUI	OUI	OUI
Ecriture	NON	NON	OUI (option)
Avantages	Large gamme de vecteurs Langage universel Génération/reproduction simple Faible coût de génération	Capacité importante Très haute densité Notion de fichier portable Génération/reproduction simple Faible coût de génération	Lecture/écriture sans contact Protection page par mot de passe Possibilité de réinscrire, donc de recycler l'étiquette Gestion multi-pages
Contraintes	Etiquette non réinscriptible Capacité mémorisation limitée Pas de lecture à l'œil nu	Etiquette non réinscriptible Lecteur Décodeur spécifique Pas de lecture à l'œil nu	Coût plus important Pas de lecture à l'œil nu Nécessité d'étiquetage en clair
Coût (*)	0,01 à 2 Euros	0,01 à 2 Euros	0,5 à 20 Euros
Systèmes périphériques (*) (lecture en poste fixe)	Lecteurs et décodeurs de 100 à 10 000 Euros	Lecteurs et décodeurs de 1 000 à 5 000 Euros	Antennes et décodeurs de 100 à 10 000 Euros
Saisie sur terminal (*) (Portable ou Embarqué)	Terminaux portables "Batch" de 300 à 5 000 Euros Transmission radio fréquence de 1 500 à 7 500 Euros	Terminaux portables "Batch" de 300 à 5 000 Euros Transmission radio fréquence de 1 500 à 7 500 Euros	Terminaux portables "Batch" de 300 à 5 000 Euros Transmission radio Fréquence de 1 500 à 7 500 Euros
Génération (*)	Imprimantes Laser ou Transfert thermique de 200 à 10 000 euros	Imprimantes Laser ou Transfert thermique de 200 à 10 000 euros	Identique au système de lecture Poste fixe ou embarqué

Tableau 13.7 -Caractéristiques des codes barres et des étiquettes RFID136

¹³⁵ Contrôle de redondance cyclique (CRC, Cyclic Redundancy Check) est un moyen de contrôle, qui, grâce à des codes du même nom (CRC), garantit l'intégrité des données. Ce type de contrôle est utilisé, entre autres, pour assurer une bonne transmission sur les réseaux, dont Internet, ou protéger des logiciels contre la copie. (Source : <http://www.01net.com/article/250727.html>)

* Les prix en Euros HT sont donnés à titre indicatif (2003)

¹³⁶ Source : <http://cerig.efpg.inpg.fr/memoire/2004/rfid.htm>

Annexe 19 – Quelques attributs de la qualité des données rencontrés dans la littérature

Le Tableau 13.8, que nous empruntons à Lee et al. [Lee et al., 2002] présente une synthèse et une classification d'un ensemble d'attributs relatifs à la qualité des données.

	Qualité intrinsèque	Qualité contextuelle	Qualité représentationnelle	Qualité d'accessibilité
[Wang et Strong, 1996]	Accuracy Believability Reputation Objectivity	Value-Added Relevance Completeness Timeliness Appropriate Amount	Understandability Interpretability Concise Representation Consistent Representation	Accessibility Ease of Operations Security
[Zmud, 1978]	Accurate Factual	Quantity Reliable/Timely	Arrangement Readable Reasonable	
[Jarke et Vassiliou, 1997]	Believability Accuracy Credibility Consistency Completeness	Relevance Usage Timeliness Source currency Data warehouse currency Non-volatility	Interpretability Syntax Version control Semantics Aliases Origin	Accessibility System availability Transaction availability Privileges
[Delone et McLean, 1992]	Accuracy Precision Reliability Freedom from Bias	Importance Relevance Usefulness Informativeness Content Sufficiency Completeness Currency Timeliness	Understandability Readability Clarity Format Appearance Conciseness Uniqueness Comparability	Usableness Quantitativeness Convenience of Access*
[Goodhue, 1995]	Accuracy Reliability	Currency Level of Detail	Compatibility Meaning Presentation Lack of Confusion	Accessibility Assistance Ease of Use (of H/W, S/W) Locatability
[Ballou et Pazer, 1985]	Accuracy Consistency	Completeness Timeliness		
[Wand et Wang, 1996]	Correctness Unambiguous	Completeness	Meaningfulness	

Tableau 13.8 - Quelques attributs de la qualité des données rencontrés dans la littérature

(d'après [Lee et al., 2002])

* Classé comme attribut décrivant la qualité du système plutôt que celle des données.

Annexe 20 – Principales menaces humaines aux systèmes d'information d'après Stoneburner et al. [Stoneburner et al., 2002]

Le tableau présente un panorama des principales menaces humaines courantes auxquelles un système d'information peut être sujet, les motivations et les actions correspondantes d'après [Stoneburner et al., 2002].

Threat-Source	Motivation	Threat Actions
Hacker, cracker	Challenge Ego Rebellion	<ul style="list-style-type: none"> • Hacking • Social engineering • System intrusion, break-ins • Unauthorized system access
Computer criminal	Destruction of information Illegal information disclosure Monetary gain Unauthorized data alteration	<ul style="list-style-type: none"> • Computer crime (e.g., cyber stalking) • Fraudulent act (e.g., replay, impersonation, interception) • Information bribery • Spoofing • System intrusion
Terrorist	Blackmail Destruction Exploitation Revenge	<ul style="list-style-type: none"> • Bomb/Terrorism • Information warfare • System attack (e.g., distributed denial of service) • System penetration
Industrial espionage (companies, foreign governments, other government interests)	Competitive advantage Economic espionage	<ul style="list-style-type: none"> • Economic exploitation • Information theft • Intrusion on personal privacy • Social engineering • System penetration • Unauthorized system access (access to classified, proprietary, and/or technology-related information)
Insiders (poorly trained, disgruntled, malicious, negligent, dishonest, or terminated employees)	Curiosity Ego Intelligence Monetary gain Revenge Unintentional errors and omissions (e.g., data entry error, programming error)	<ul style="list-style-type: none"> • Assault on an employee • Blackmail • Browsing of proprietary information • Computer abuse • Fraud and theft • Information bribery • Input of falsified, corrupted data • Interception • Malicious code (e.g., virus, logic bomb, Trojan horse) • Sale of personal information • System bugs • System intrusion • System sabotage • Unauthorized system access

Tableau 13.9 - Principales menaces humaines aux systèmes d'information d'après Stoneburner et al. [Stoneburner et al., 2002]

Résumé

Face aux crises sanitaires ayant secoué le secteur agroalimentaire ces dernières années telles que la maladie de la vache folle, les exigences législatives et normatives en matière de sécurité sanitaire des aliments deviennent de plus en plus draconiennes. A titre d'exemple, le règlement CE 178/2002 stipule, notamment, l'obligation que chaque entreprise dispose de moyens lui permettant d'assurer la traçabilité des denrées qu'elle met sur le marché. C'est dans ce contexte que nous avons mené un travail de recherche-action dont l'ambition est de contribuer à asseoir des bases méthodologiques et conceptuelles pour traiter la problématique de la traçabilité des produits alimentaires. Notre approche part d'une analyse fonctionnelle du besoin visant notamment à identifier les bénéficiaires d'un système de traçabilité (noté ST), à caractériser ses fonctions de service et proposer des critères quantifiables permettant d'en apprécier la performance. Après cette phase fonctionnelle, nous enchaînons sur une phase technique consistant à définir et caractériser les fonctions techniques réalisées par le ST dans le but de répondre aux attentes de ses bénéficiaires. Des exemples de solutions et des critères d'appréciation mesurables sont associés à chaque fonction. Ensuite, nous proposons un modèle de données générique décrivant la nature et la structure des informations que le ST doit pouvoir gérer. Sur ces bases, nous avons développé une plate-forme informatique composée d'un ensemble de modules destinés à la restitution des données de traçabilité et au pilotage du ST.

Mots clefs : Traçabilité, Agroalimentaire, Conception, Analyse fonctionnelle, Performance, Système d'information

Abstract

The various crisis, like mad cow disease, that have shaken the agri-food sector during the last years resulted in tightened regulations and standards on food safety. For instance, EC Regulation 178/2002 makes it mandatory that food companies be provided with means allowing them to trace and track their products. The present action-research aims at contributing to establish a methodological and conceptual framework to deal with food traceability issue. Our approach starts from applying the need functional analysis method to a traceability system (noted herein TS) in order to identify its beneficiaries, characterize its functions through a set of quantifiable assessment criteria. This functional stage is followed by a technical one in which we define and characterise technical functions performed by the TS so as to satisfy its beneficiaries' needs. For each technical function, solution examples and measurable assessment criteria are also provided. Subsequently, we suggest a generic data model describing the attributes and relationships between the informational objects handled by the TS. On these basis, we have developed a computer platform intended to recover traceability data and to pilot ST performance.

Key-words: Traceability, Agri-food, Design, Functional Analysis, Performance, Information System