TABLE DES MATIÈRES

Page

INTRODUCTION 1

CHAPITRE 1 PROBLÉMATIQUE ET OBJECTIFS DE LA RECHERCHE 5
1.1 Problématique de la recherche 5
1.2 Objectifs de la recherche 7

CHAPITRE 2 REVUE DE LITTÉRATURE 9
2.1 Introduction 9
2.2 Chaîne logistique forestière 9
2.2.1 Définition 9
2.2.2 Chaîne logistique forestière canadienne 10
2.2.3 Certifications et stratégies de développement durable 12
2.3 Traçabilité dans la chaine d'approvisionnement 14
2.3.1 Définition 14
2.3.2 Domaines d'application 15
2.3.3 Standards et législation 16
2.4 Système d'information de traçabilité 18
2.4.1 Systèmes d'information de traçabilité dans les différents domaines d'application 18
2.4.2 Système d'information de traçabilité dans le secteur forestier 21
2.5 Exigences d'un système d'information de traçabilité 24
2.5.3 Système d'identification de données 24
2.5.3.1 Identification par radio fréquence – RFID 24
2.5.3.2 Code-barres 27
2.5.4 Standards et structure des informations échangées 28
2.6 Limites des systèmes actuels 30
2.7 Conclusion 33

CHAPITRE 3 MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE 35
3.1 Introduction 35
3.2 Application de la méthodologie de la science de la conception 37
3.3 Conclusion 40

CHAPITRE 4 ARCHITECTURE DU SYSTÈME PROPOSÉ 41
4.1 Introduction 41
4.2 Exigences d'un système d'information de traçabilité 41
4.2.1 Les types d'acteurs de la chaine forestière 41
4.2.2 Identification du produit forestier 42
4.2.3 Standard et structure des informations échangées 43
4.3 Système d'information proposé dans le secteur forestier 44
4.3.1 Structure du système 45

4.4 Architecture TIC de « FTrace » 46
4.4.1 La couche applicative 48
4.4.2 La couche d'extraction des données 48
4.4.3 Le middleware 49
4.4.4 Les données forestières 50
4.4.5 Le portail web 53
4.5 Conclusion 54

CHAPITRE 5 PROTOTYPAGE DU SYSTÈME DE TRAÇABILITÉ....55
5.1 Introduction....55
5.2 Conception de l'application de traçabilité 55
5.2.1 Diagramme de séquence 55
5.2.2 Diagramme de paquetage.... 56
5.2.3 Diagramme de déploiement 58
5.3 Principales étapes de la réalisation 59
5.3.1 Architecture matérielle.... 59
5.3.2 Phase de développement de la couche applicative 60
5.3.3 Phase de développement de la couche d'extraction de données.... 61
5.3.4 Phase de développement de la couche middleware 62
5.3.5 Phase de développement du portail web.... 63
5.3.6 Généricité du système 64
5.4 Conclusion 65

CONCLUSION....67

ANNEXE I EXEMPLE DE DONNÉES ÉCHANGÉES DANS LA CHAINE DE PRODUCTION FORESTIÈRE....71

ANNEXE II ENVIRONNEMENT DE TRAVAIL....73

ANNEXE III ARTICLE....75

BIBLIOGRAPHIE....93

Tableau 2-1 Normes de certification forestière 12

LISTE DES FIGURES

Page

Figure 1.1 Collecte et utilisation de l'information 5

Figure 2.1 Exemple de chaine logistique forestière au Canada.....11

Figure 2.2 Architecture de système TIC.....22

Figure 2.3 Plateforme SOFIA.....23

Figure 2.4 Système de transmission RFID 25

Figure 2.5 Code-barres 1D et Code-barres 2D : Datamatrix et QR 27

Figure 2.6 Matrice de traçabilité de données de GS1.....29

Figure 3.1 Processus itératif de cycle de test.....36

Figure 3.2 Méthodologie de recherche proposée.....40

Figure 4.1 La chaine d'approvisionnement forestière 42

Figure 4.2 Structure des informations échangées.....44

Figure 4.3 Système d'information et de communication de « FTrace » 46

Figure 4.4 Architecture « FTrace » 47

Figure 4.5 Structure d'information forestière.....52

Figure 4.6 Structure de base d'un document XML 53

Figure 5.1 Diagramme de séquence UML de traçabilité dans le secteur forestier – Exemple de définition de scénario 56

Figure 5.2 Diagramme de paquetage.....58

Figure 5.3 Diagramme de déploiement 58

Figure 5.4 Architecture matérielle de la solution 59

Figure 5.5 Exemple d'application d'affaires d'un acteur forestier.....60

Figure 5.6 Exemple d'orchestration de processus de traçabilité 62

Figure 5.7 Portail web de « FTrace » 64

LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES

NBSK	Northern bleached softwood kraft
FSC	Conseil de Soutien de la forêt
CSA	Canadian Standards Association
SFI	Initiative pour une sylviculture durable
GS1	Global Standards
APF	Agricultural Policy Framework
GTSH	Global Traceability Standard for Healthcare
EFSA	Autorité européenne de sécurité des aliments
JIS	Japanese Industrial Standards
TIC	Technologies de l'information et de la communication
XML	Langage de balisage extensible
RFID	Radio Frequency Identification
QR	Quick Response
EPC	Electronic Product Code
eFIDS	e-Forestry Industry Data Standards
StandForD	Standard for Forest machine Data and Communication
ETL	Extract-Transform-Load
ESB	Enterprise Service Bus
UML	Unified Modeling Langage
GML	Geography Markup Language

Rapport-Gratuit.com

INTRODUCTION

L'industrie forestière canadienne présente une vaste gamme d'avantages économiques. Cette industrie a contribué pour 1,8 % du produit national brut du pays en 2010. Le Canada est reconnu mondialement en tant que source fiable de produits forestiers obtenus légalement et selon les principes du développement durable. Il peut produire de façon durable une grande variété de produits de qualité, dont le bois d'œuvre résineux, le papier journal, la pâte kraft blanchie de résineux de l'hémisphère nord (pâte NBSK - *Northern bleached softwood kraft*), les panneaux de bois et d'autres produits à valeur ajoutée (RNCAN., 2013).

Afin d'assurer cette gestion durable des forêts, le Canada s'appuie sur la certification forestière. Par exemple, au Québec, il existe trois systèmes de certification forestière reconnus internationalement : le Conseil de Soutien de la forêt (FSC), l'Association canadienne de normalisation (CSA) et l'Initiative pour une sylviculture durable (SFI). Ces systèmes de certification définissent des principes d'aménagement durable des forêts qui doivent être respectés par les acteurs forestiers.

La certification forestière est un outil visant à assurer aux clients et aux consommateurs la bonne gestion des forêts. Elle peut être appliquée dans les différentes étapes de la chaine de traçabilité forestière. Le maintien de la certification initialement attribuée à un produit, depuis la forêt puis dans les diverses étapes de transformation et de distribution jusqu'au consommateur final, est un grand défi.

Ainsi, le maintien de l'information est difficile, puisque les caractéristiques spécifiques pour chaque type de bois sont différentes pour chaque nœud de la chaine logistique forestière. Cette diversité mène à des pertes d'information et à des problèmes de synchronisation entre les différents partenaires forestiers. Comme l'information recueillie est perdue entre les étapes du processus forestier, les mesures doivent être répétées, ce qui engendre alors des informations non fiables et une réduction du contrôle sur la chaine de transformation du bois.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

La traçabilité devient un besoin évident pour s'assurer de la fiabilité et de la légalité du produit. Elle peut être la solution pour le maintien de l'information sur les étiquettes de certification. Elle est appliquée avec succès dans plusieurs secteurs, tels que les industries agroalimentaire et pharmaceutique, le marché du textile, etc. Par exemple, dans l'industrie agroalimentaire, la traçabilité permet le suivi des produits à travers la chaine de production et de distribution et d'identifier les risques, de maîtriser les dangers et de protéger la santé publique en s'assurant que les citoyens peuvent consommer en toute sécurité tous les produits alimentaires présents sur le marché.

La traçabilité aide les partenaires forestiers à repérer l'origine du bois, à contrôler l'utilisation de l'information sur la matière première, à tracer le portrait de la transformation et de la progression de la production du produit et à suivre le processus de transport dans la chaine de valeur forestière.

Le concept de traçabilité peut être également utilisé dans le secteur forestier. En effet, pendant la crise immobilière résidentielle aux États-Unis en 2011 (MFFP., 2012), les industries exportatrices canadiennes ont vu une baisse de la demande de produits du bois. Ils ont donc tenté de vendre leurs produits sur les marchés internationaux, par exemple en Europe. Ce projet a connu des difficultés, puisque chaque pays d'Europe a ses propres certifications (BBA (UK), CSTB (France), normes DIN/TÜV (Allemagne)), qui constituent des barrières d'entrée difficiles à surmonter. Pour remédier à ce problème, beaucoup d'entreprises ont eu recours à des solutions de traçabilité pour faire le suivi de leurs produits, de leur production à leur consommation, à fin de répondre aux questions et aux attentes des consommateurs.

Le secteur forestier est composé de plusieurs industries (l'usine de pâte à papier, les industries de première transformation, les industries de deuxième transformation et les industries du bois). Dans ce mémoire, nous allons nous intéresser seulement au secteur du bois.

En effet, l'objectif général de ce mémoire consiste principalement à proposer une approche opérationnelle, évolutive et interopérable pour implémenter un système d'information de traçabilité du bois, en utilisant des technologies d'identification automatique et de capture de données. Cette approche fournit aux partenaires forestiers des informations fiables, qui permettront de suivre le bois à différents stades du processus (le ramassage, le sciage, la production, les ventes, etc.) afin d'offrir de l'information sur la certification du produit et de la maintenir à jour.

Ce document est composé de quatre chapitres :

1. Le premier chapitre « PROBLÉMATIQUE ET OBJECTIFS DE RECHERCHE » présente en détail la problématique et les objectifs de la recherche.

2. Le deuxième chapitre « REVUE DE LITTÉRATURE » se consacre à la définition de la chaine logistique forestière. Nous y introduisons les concepts de base autour de la notion de traçabilité. Puis nous présentons une synthèse des différents systèmes existants pour pouvoir, par la suite, dégager les limites de chacune de ces approches.

3. Le troisième chapitre « MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE » décrit la structure de la méthodologie de recherche suivie.

4. Le quatrième chapitre « ARCHITECTURE DU SYSTÈME PROPOSÉ » porte l'accent sur la description du système proposé. En effet, nous décrivons les exigences nécessaires pour la mise en place de la notion de traçabilité dans le domaine forestier. Puis nous présentons l'architecture de traçabilité, ainsi que les principes et les défis de cette architecture.

5. Le cinquième chapitre « PROTOTYPAGE DU SYSTÈME DE TRAÇABILITÉ » est consacré à la description du prototype développé. Nous présentons en premier lieu la conception de l'application de traçabilité. Ensuite, nous expliquons les étapes qui mènent à l'implémentation de ce prototype.

La conclusion, les recommandations et les perspectives de recherche sont présentées à la fin du rapport.

CHAPITRE 1

PROBLÉMATIQUE ET OBJECTIFS DE LA RECHERCHE

1.1 Problématique de la recherche

À chaque nœud de la chaine logistique forestière, les caractéristiques spécifiques pour chaque type de bois sont différentes. Cette hétérogénéité de l'information mène à des pertes d'information et à des problèmes de synchronisation entre les différents partenaires forestiers. Häkli *et al.* (2013) soulignent que les propriétés des matériaux en bois ne sont mesurées qu'en cas de besoin dans la chaine de transformation du bois et que les données alors recueillies sont habituellement perdues entre les étapes du processus, comme indiqué à la figure 1.1. Par exemple, la mesure des dimensions de billes dans la forêt par l'abatteuse lors de la coupe et la remesure des dimensions de grumes lors du triage à la scierie visant à déterminer le volume du bois pour la deuxième fois, engendre à leur tour des informations non fiables pour le consommateur du produit final (Häkli *et al.*, 2013). La perte d'information signifie aussi une réduction du contrôle sur la chaine de transformation du bois, depuis la forêt jusqu'au produit final.

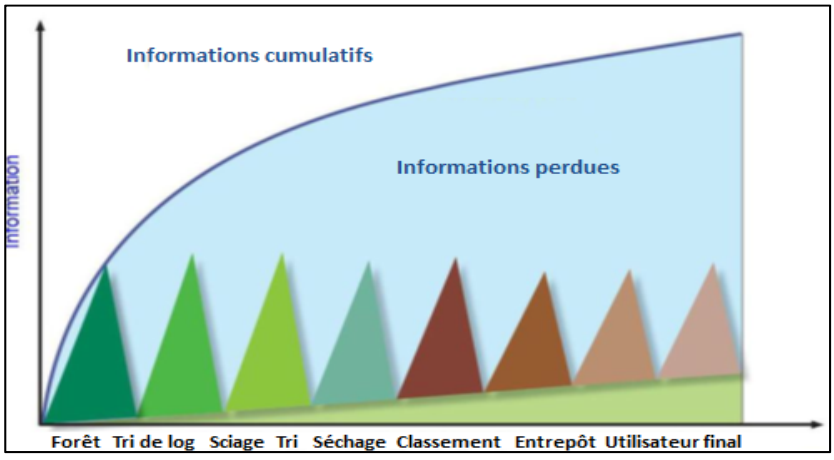


Figure 1.1 Collecte et utilisation de l'information
dans la chaine d'approvisionnement du bois
Tirée de (Häkli *et al.*, 2013)

La traçabilité du bois est une solution qui peut fournir des informations fiables aux consommateurs. Cette traçabilité peut être atteinte par l'identification des objets en bois. De ce fait, elle peut être utile pour maintenir l'information sur les étiquettes de certification tout au long du processus de transformation du bois. Par conséquent, la question de recherche importante qui émerge à ce niveau est la suivante : comment assurer une traçabilité efficace et évolutive du bois entre la forêt et les différents partenaires de la chaine de valeur tout au long du processus de transformation du bois?

La traçabilité est un problème à multiples couches et il y a encore de nombreux défis à relever pour sa mise en œuvre dans les grands réseaux (GS1, 2013). La littérature fait état de plusieurs travaux de recherche qui ont développé des systèmes d'information de traçabilité dans différents domaines d'application, tels que le textile, la santé, l'alimentation, etc. Cependant, l'intégration de ce concept dans le secteur forestier reste très faible, surtout dans le secteur forestier canadien.

Bien que quelques initiatives aient proposé des approches de traçabilité permettant le suivi du bois tout au long des différents stades de transformation dans la chaine logistique des forêts européennes, ces approches ne se basent pas sur une méthodologie précise, n'offrent pas une vision claire de la nature de l'information échangée entre les partenaires et n'assurent pas l'interopérabilité au niveau de la gestion de la chaine logistique forestière.

Nous pouvons diviser les modèles proposés dans la littérature en trois catégories :

- La première catégorie propose un modèle de traçabilité qui se limite au niveau de la forêt. Ainsi, le suivi du bois se fait entre les abbatteuses et la transportation interne à la forêt. Par conséquent, l'information sur le bois est perdue une fois que ce dernier est envoyé aux différents autres partenaires de la production (par exemple à la scierie).

- La deuxième catégorie consiste en un modèle de traçabilité depuis la forêt jusqu'aux différents partenaires. Dans ce modèle, nous n'avons pas accès à l'information sur la forêt qui a produit la matière première du produit.
- La troisième catégorie consiste en un modèle de traçabilité qui commence dans la forêt et chemine entre les différents partenaires pour arriver jusqu'au consommateur final. Cette dernière catégorie est plus opérante que les deux citées précédemment. Mais il reste les questions de l'efficacité de la méthode de la mise en place de ce modèle dans un cas réel et de la fiabilité de l'information offerte au consommateur final.

1.2 Objectifs de la recherche

L'objectif principal du projet consiste à définir une approche opérationnelle, évolutive et interopérable pour implémenter un système d'information de traçabilité dans le secteur forestier, en utilisant des technologies d'identification automatique et de capture de données. Cet objectif peut se résumer en trois sous-objectifs spécifiques :

1. Définir la structure des données échangées entre les différents acteurs forestiers pour en faire une représentation standardisée.
2. Définir une architecture de traçabilité évolutive, dynamique et interopérable, qui assure le suivi en temps réel du processus de transformation du bois depuis la forêt jusqu'au consommateur final, afin de maintenir l'accès à des informations fiables.
3. Gérer le flux des données échangées entre les différents partenaires afin d'assurer l'intégration et l'échange d'information avec les applications métiers.

CHAPITRE 2

REVUE DE LITTÉRATURE

2.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous dressons un portrait détaillé des concepts importants qui concernent notre sujet de recherche et qui vont assurer une meilleure compréhension de notre proposition. La première partie de ce chapitre sera consacrée à la définition de la chaine logistique forestière, ainsi qu'aux différents systèmes de certification appliqués pour l'aménagement durable des forêts. Par la suite, nous définissons le concept traçabilité dans les chaines logistiques. Enfin, nous allons démontrer l'importance du système d'information pour la mise en place de ce concept de traçabilité.

2.2 Chaîne logistique forestière

La présente section dresse un portrait de la chaine logistique forestière. Une définition descriptive générale de celle-ci est présentée dans la sous-section 2.2.1. Dans la section 2.2.2, nous faisons le point sur la situation de la chaine logistique forestière canadienne vis-à-vis de l'industrie forestière mondiale. Par la suite, nous définissons les acteurs impliqués dans la chaine de transformation du bois. Enfin, la section 2.2.3 présente le concept de certification et la stratégie de développement durable.

2.2.1 Définition

Depuis quelques décennies, le concept de chaine logistique est devenu un sujet d'intérêt dans l'industrie et au milieu académique. Plusieurs définitions de ce concept ont été élaborées dans la littérature (Musa, Gunasekaran et Yusuf, 2014; Thakur et Donnelly, 2010). En effet, la chaine logistique désigne un réseau d'acteurs, qui sont impliqués dans le processus de mise à disposition d'un produit, depuis sa conception jusqu'à sa livraison au client final. Musa *et al.* (2014) décrivent pour leur part la chaine logistique comme un ensemble d'entreprises

Rapport-Gratuit.com

dispersées géographiquement encadrant les différents cycles d'approvisionnement et un ensemble des flux physiques ou d'informations.

Afin de générer des profits pour l'entreprise et atteindre un haut niveau de satisfaction des clients, il faut effectuer une gestion appropriée de la chaine logistique.

Dans la littérature, il existe plusieurs définitions de la gestion de la chaine logistique (Folinas, Manikas et Manos, 2006; Riadh et Sophie, 2011; Thakur et Donnelly, 2010). Ainsi, elle consisterait à la coordination et la collaboration des flux et des activités entre les partenaires, visant à livrer le bon produit au bon moment et au meilleur coût possible à l'utilisateur final (Riadh et Sophie, 2011). La gestion de la chaine logistique implique donc un ensemble de maillons, qui sont à la fois autonomes et en forte interaction mutuelle. De ce fait, la gestion des flux et des informations échangées nécessite une coordination et une synchronisation minutieuses (Thakur et Donnelly, 2010). Dans la section suivante, nous allons décrire la chaine logistique forestière spécifique au Canada.

2.2.2 Chaîne logistique forestière canadienne

La forêt boréale occupe une importante superficie du Canada. Elle compte pour environ 30 % de la forêt boréale de la planète (Hevner *et al.*, 2004). Cette richesse naturelle a fait de l'industrie forestière un des piliers de cette société (Hevner *et al.*, 2004). Ainsi, le secteur forestier est un des principaux acteurs contribuant aux échanges commerciaux nets du Canada. En 2011, l'industrie forestière représentait environ 23,7 milliards de dollars dans l'économie canadienne (Rotherham, 2011). En outre, le Canada soutient l'aménagement forestier durable face aux changements climatiques (Ste-Marie, 2014). En effet, la traçabilité du volume des récoltes de bois permet aux aménagistes forestiers de vérifier si l'approvisionnement en bois durable est respecté (RNCAN., 2013).

La figure 2.1 montre un exemple de la chaine logistique forestière canadienne. Il existe plusieurs acteurs impliqués dans cette industrie. Comme indiqué dans la figure, cette chaine logistique est composée de deux grands types d'industrie :

- les opérations forestières;
- l'industrie de transformation.

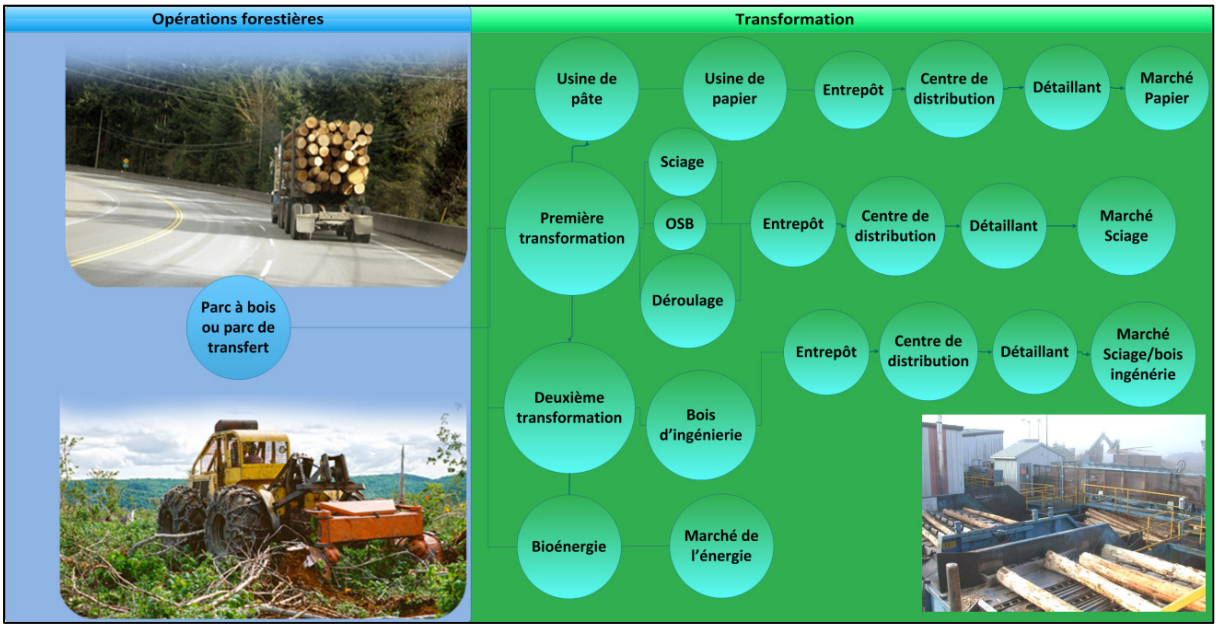


Figure 2.1 Exemple de chaine logistique forestière au Canada

Les opérations forestières impliquent l'exploitation de la forêt, ce qui inclut les activités d'abattage et de débardage. Le rôle des opérations forestières s'arrête une fois le bois déposé au bord de la route. L'industrie de la transformation est pour sa part composée des industries suivantes :

- l'usine de pâte à papier;
- les industries de première transformation;
- les industries de deuxième transformation;
- les industries connexes du bois.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

L'usine de pâte à papier inclut des acteurs de transformation du papier. Les industries de première transformation incluent des acteurs effectuant le sciage, le tranchage et le déroulage du bois. Les industries de deuxième transformation sont composées d'acteurs effectuant une ou plusieurs étapes de transformation supplémentaires d'un produit de première transformation pour en faire un produit fini ou semi-fini. Les industries connexes du bois incluent pour leur part les acteurs qui utilisent le bois dans le marché de l'énergie renouvelable. On peut placer dans cette catégorie les fabricants de charbon et les acteurs responsables du séchage du bois.

2.2.3 Certifications et stratégies de développement durable

Le Canada est reconnu mondialement comme source fiable de produits forestiers obtenus légalement et selon les principes du développement durable (Folinas, Manikas et Manos, 2006). Afin d'assurer une gestion durable des forêts, ce pays s'appuie sur la certification forestière. Au Québec, il existe trois organismes de certification forestière reconnus internationalement et qui encadrent les industries forestières, soit :

- le Conseil de Soutien de la forêt (*Forest Stewardship Council,* FSC);
- l'Association canadienne de normalisation (*Canadian Standards Association,* CSA);
- l'Initiative pour une sylviculture durable (*Sustaianble Forestry Initiative*, SFI).

Le tableau ci-dessous décrit ces trois certifications.

Tableau 2-1 Normes de certification forestière
Tirée de (Emeyriat, Arraiolos et Ginet, 2007)

Logo	Forest Stewardship Council FSC	SUSTAINABLE FORESTRY INITIATIVE	Norme canadienne d'aménagement forestier durable CANADIAN STANDARDS ASSOCIATION
Organisme responsable	FSC Canada	American Forest & Paper Association	Association canadienne de normalisation
Application	Internationale	Aux États-Unis et au	Au Canada

		Canada (avec accord de licence)	
Entrée en vigueur	Depuis 1993	Depuis 1994	Depuis 1996
Fondements	10 principes 56 critères universels d'aménagement forestier durable Indicateurs et moyens de vérification nationale et régionale	20 objectifs de foresterie durable reconnus 39 mesures de performance 114 indicateurs	6 critères du Conseil canadien des ministres des forêts 17 éléments CSA d'aménagement forestier durable Valeurs, objectifs, indicateurs, etc.

Le 1er avril 2013, près de 90 % des forêts appartenant à l'État étaient certifiées selon une de ces normes d'aménagement durable des forêts (Emeyriat, Arraiolos et Ginet, 2007):

- environ 24 millions d'hectares étaient certifiés selon le système FSC;
- près de 18 millions d'hectares selon le système SFI;
- près de 0,5 million d'hectares selon la norme CSA.

Ces systèmes de certification définissent des principes d'aménagement durable des forêts afin d'encadrer les acteurs forestiers. La certification forestière est un outil visant à assurer aux clients et aux consommateurs la bonne gestion des forêts. De plus, c'est un outil abordable et rentable pour ceux qui la détiennent, qu'il s'agisse de propriétaires, de gestionnaires ou d'exploitants forestiers. Puisque le système forestier est complexe et diversifié, les systèmes de certification sont basés sur des méthodes objectives et fondées sur des données scientifiques et génériques portant sur un grand nombre de types de forêts (Rotherham, 2011).

Le système de certification indique que le produit forestier contient des matières dérivées d'une forêt certifiée et bien aménagée. Le maintien minutieux de l'information sur la certification tout au long de la chaine de production forestière un grand défi, relevable si un système de traçabilité et d'identification efficace est implémenté dans ce secteur industriel.

2.3 Traçabilité dans la chaine d'approvisionnement

2.3.1 Définition

La traçabilité est essentielle pour accroître la valeur des opérations de la chaine d'approvisionnement. Selon la norme ISO 9000-2005, elle est définie comme la capacité de déterminer l'historique, l'utilisation ou l'emplacement d'une entité précise. Il existe plusieurs autres définitions de la traçabilité dans la littérature. Par exemple, (Sirkka, 2008) définit la traçabilité comme le suivi des interactions dynamiques entre les processus et les objets. Lins da Silva *et al.* (2010) définissent pour leur part la traçabilité comme un processus de pratiques systématiques et d'informations échangées entre les différents acteurs de la chaine, afin d'être en mesure de préserver l'identité du produit et son origine. Björk *et al.* (2011) soutiennent que la traçabilité est le moyen par lequel nous pouvons rendre l'information disponible aux différents stades de la chaine de production. Enfin, le standard GS1 définit la traçabilité comme la capacité de retracer l'historique, l'utilisation ou l'emplacement d'un produit bien défini (GS1, 2010).

D'après les recherches précédentes, il est clair que la définition de la traçabilité peut varier et dépend du contexte. Ainsi, dans cette recherche, nous définissons la traçabilité comme le suivi de l'information initialement attribué à un produit, tout au long le processus de transformation jusqu'à sa destination finale. Plus précisément, afin de localiser un produit, nous devons lier l'information aux mouvements du produit dans la chaine d'approvisionnement, de l'origine à la destination, pour pouvoir remonter jusqu'à la source. Cette liaison a pour principal objectif de maintenir la certification du produit tout au long du processus de transformation dans la chaine d'approvisionnement.

Ainsi, il est possible de connaitre l'origine géographique d'un produit, d'assurer la mise en œuvre de bonnes pratiques et de respecter l'application des règlements en s'appuyant sur la traçabilité comme élément de preuve comme quoi ce qui est annoncé comme règlement a été bien réalisé. La traçabilité est importante pour de nombreuses raisons, dont la maximisation de la chaine de valeur (Björk *et al.*, 2011). Elle joue un rôle considérable au

niveau de la qualité, augmentant celle du produit fini par l'utilisation optimale des ressources en choisissant la bonne matière première pour le bon produit final (Möller, 2011).

La traçabilité permet de suivre un produit et maintenir sa certification durant l'ensemble de son processus de production et jusqu'à sa distribution. Cela ouvre la possibilité de remonter à la source des problèmes et de corriger les défauts. Björk et al. (2011) utilisent un modèle de simulation pour démontrer l'importance de la traçabilité. Ce modèle permet de recueillir des données de traçabilité fiables tout au long de la chaine de valeur du bois pour mettre au point des améliorations. Hakli et al. (2010) et Sirkka (2008) expliquent pour leur part que la traçabilité améliore le contrôle dans la chaine d'approvisionnement, en fournissant des informations précises et complètes sur l'origine d'un produit fini. De plus, la traçabilité est un outil de gestion durable des ressources, puisqu'elle minimise les déchets et l'impact environnemental tout en augmentant la rentabilité et les revenus (Björk *et al.*, 2011; Hakli *et al.*, 2010; Möller, 2011).

2.3.2 Domaines d'application

La traçabilité dans la chaine d'approvisionnement devient un besoin évident pour s'assurer de la fiabilité et de la légalité du produit. Plusieurs travaux ont été menés sur ce sujet dans plusieurs domaines d'application, tels que l'agroalimentaire, le médical, le marché du textile, le secteur forestier, etc.

Traçabilité agroalimentaire : La traçabilité des aliments se réfère aux systèmes de suivi qui offrent la possibilité d'identifier le chemin et l'histoire d'un animal, d'un produit alimentaire ou des ingrédients à travers la chaine d'approvisionnement alimentaire (Cebeci et al., 2009; Costa et al., 2013; Ene, 2013; Thakur et Hurburgh, 2009). Le gouvernement du Canada et les gouvernements provinciaux et territoriaux travaillent avec le secteur agricole et agroalimentaire et mettent en œuvre un cadre stratégique pour l'agriculture (Agricultural Policy Framework (APF)). L'objectif de l'APF est de faire du Canada le chef de file mondial

en matière de sécurité alimentaire, d'innovation et de production respectueuse de l'environnement (Huang *et al.*, 2010; Thakur et Hurburgh, 2009).

Traçabilité médicale : Il est essentiel, dans le domaine médical, que les dispositifs médicaux soient basés sur des logiciels sûrs et efficaces. Répondre à cette responsabilité requiert d'assurer la traçabilité des données (Regan *et al.*, 2013). De même, la traçabilité est essentielle dans le secteur pharmaceutique. Elle consiste à suivre les médicaments codés par des identifiants, depuis les laboratoires jusqu'aux patients (Howard, Edge et Grant, 2012; Pardal *et al.*, 2013).

Traçabilité forestière : Dans le domaine forestier, les consommateurs n'ont plus la confiance absolue sur la nature du bois, à moins que celui-ci soit certifié ou garanti. La traçabilité est une solution efficace pour faire le suivi des produits de leur production à leur consommation, afin de répondre aux questions et aux attentes des consommateurs (Björk *et al.*, 2011; Häkli *et al.*, 2013; Lins da Silva *et al.*, 2010). De plus, le suivi du volume de récolte permet aux aménagistes forestiers de vérifier si l'approvisionnement en bois durable est respecté (RNCAN., 2013).

2.3.3 Standards et législation

Plusieurs types de standards, de normes et de législations ont été développés dans les domaines d'application cités précédemment, pour assurer un système de traçabilité fiable.

La règlementation de la traçabilité agroalimentaire est un élément clé de la législation alimentaire (par exemple UE Reg. 178/2002) et des normes de sécurité sanitaire des aliments (par exemple, ISO 22000) (Ene, 2013). L'organisation internationale de normalisation (ISO) a publié la norme « ISO 22005:2007 » pour la traçabilité dans la chaine agroalimentaire. Cette norme définit des principes généraux et des exigences de base pour la conception et la mise en œuvre d'un système de traçabilité dans la chaine alimentaire (ISO, 2007). Les standards de traçabilité agroalimentaire deviennent de plus en plus importants (Casey et Mc Caffery, 2011).

En fait, ces normes et ces réglementations sont sur le point de devenir une exigence pour l'importation et l'exportation internationale dans de nombreux pays. En Europe, la loi impose l'obligation de la traçabilité dans la filière de la viande à la suite de la crise de la vache folle (Granjou, 2003). Les normes de traçabilité agroalimentaire existent pour assurer un niveau de conformité. Les règlements et les normes ont été développés conformément à la nature des diverses industries alimentaires. Le suivi des origines des animaux d'élevage, par exemple, est un processus différent du suivi du lait, qui est vendu en vrac (Howard, Edge et Grant, 2012). En Europe, la traçabilité des aliments est sous le contrôle de l'EFSA (Autorité européenne de Sécurité des Aliments) (Regan *et al.*, 2013). Elle est chargée de vérifier l'exécution des règles et des bonnes pratiques dans le domaine de traçabilité des denrées alimentaires.

De même dans le domaine médical, GS1 a défini le standard de traçabilité GTSH (Global Traceability Standard for Healthcare) pour accroître la qualité, la sécurité et l'efficacité des dispositifs médicaux (GS1, 2013). De même, les standards ANSI / AAMI / CEI 62304:2006 sont utilisés pour la traçabilité des dispositifs médicaux. Ils traitent les processus du cycle de vie et le développement des logiciels propres aux dispositifs médicaux (RNCAN., 2013). En plus, la traçabilité pharmaceutique, bien plus qu'une préoccupation essentielle, est une obligation réglementaire. En effet, les règlementations européenne et américaine imposent aux laboratoires pharmaceutiques de mettre en place la traçabilité, en prenant en compte le numéro de lot et la date de péremption (Ene, 2013; Howard, Edge et Grant, 2012). L'équipe de GS1 en Amérique a développé un standard pour l'industrie pharmaceutique américaine afin d'améliorer la sécurité des patients, de lutter contre la contrefaçon et de renforcer l'intégrité de la chaine d'approvisionnement (Cebeci et al., 2009). Il en va de même pour le secteur automobile où, par exemple, le standard JIS (JISx0510) a été développé pour suivre les composants automobiles dans les usines de Toyota (JIS, 2004).

Dans l'industrie forestière, il existe plusieurs types de certification, comme décrit à la section 2.2.3. Cependant, il n'existe pas de standard de traçabilité bien défini qui maintiendrait la production d'information fiable sur l'origine du bois tous au long de la

chaine de production. En plus, il n'existe aucune législation canadienne imposant aux secteurs forestiers la mise en place d'un tel standard. L'industrie forestière pourrait tirer bénéfice de l'expérience des autres secteurs afin de définir un standard de traçabilité pour le maintien de la certification du bois tous au long de la chaine de production.

Dans la section qui suit, nous allons traiter de l'utilité du système d'information pour mettre en place la traçabilité dans les chaines logistiques.

2.4 Système d'information de traçabilité

Plus récemment, pour supporter et valider l'utilisation potentielle de la notion de traçabilité dans le secteur forestier, certains projets de recherche ont exploré l'usage de systèmes de technologies de l'information et de la communication (TIC) (Nikitin, Terziyan et Lappalainen, 2010). Les systèmes des TIC permettent d'échanger, de stocker et de manipuler les données depuis les acteurs de la chaine d'approvisionnement. Dans cette section, nous allons décrire le système d'information de traçabilité en partant du général (les différents domaines d'application comme l'agroalimentaire et la pharmaceutique) pour aller vers le spécifique (le secteur forestier).

2.4.1 Systèmes d'information de traçabilité dans les différents domaines d'application

Pour atteindre les objectifs de traçabilité tout au long de la chaine d'approvisionnement en grain, les acteurs devraient échanger l'information sur le grain d'une manière fiable et sûre. Thakur et Hurburgh (Thakur et Hurburgh, 2009) proposent une méthode d'implémentation d'une plateforme de traçabilité agroalimentaire visant à assurer la qualité et la sécurité des grains en vrac aux États-Unis. Ils ont développé deux modèles pour assurer la traçabilité des grains, l'un conçu pour assurer la traçabilité interne et l'autre pour assurer la traçabilité externe. Ces deux modèles permettent l'échange des informations entre les acteurs de la chaine d'approvisionnement.

Pour assurer l'échange et le partage de l'information, ces chercheurs utilisent le langage de balisage extensible (XML) et une base de données relationnelle pour la gestion des données. Par ces choix, ils ont simplifié le concept de traçabilité, mais ce n'est pas suffisant pour offrir un système de traçabilité extensible et interopérable.

Afin de mettre en place le système proposé, Thakur et Hurburgh (Thakur et Hurburgh, 2009) ont défini des exigences d'utilisation du système de traçabilité pour tous les acteurs de la chaine d'approvisionnement. En effet, ils exigent de chacun de ces acteurs qu'il détermine son propre plan de traçabilité. Ce plan se base sur trois facteurs essentiels, qui sont la nécessité de la règlementation, la définition du besoin de l'entreprise et les préférences des clients.

Néanmoins, le système proposé par Thakur et Hurburgh (Thakur et Hurburgh, 2009) ne supporte pas le stockage en temps réel des informations de traçabilité dans la base de données du système. Par conséquent, le système qu'ils proposent ne synchronise pas de façon fiable les exigences, présentées précédemment, afin d'offrir des informations crédibles et sûres aux consommateurs finaux.

Cebeci et al. (2009) proposent pour leur part un système TIC qui s'appelle « feedTRace », qui vise à améliorer la gestion de la chaine d'approvisionnement en aliments composés pour les animaux, pour augmenter la sécurité d'alimentation et pour contrôler la qualité des aliments. Ce contrôle se fait en enregistrant le flux des informations échangées tout au long de la chaine d'approvisionnement d'alimentation des animaux. Ces informations incluent les caractéristiques et les propriétés fonctionnelles des aliments. « FeedTRace » est conçu pour fonctionner au niveau national, en impliquant toutes les entreprises du secteur des aliments composés en Turquie dans le but de créer un standard de traçabilité alimentaire. C'est une démarche similaire qu'a menée l'Association canadienne de commerce alimentaire, qui a uni ses forces avec le Conseil canadien du commerce électronique pour tenter d'élaborer une norme de traçabilité nationale et un système de suivi des produits alimentaires au Canada.

Rapport-Gratuit.com

Contrairement au système proposé par Thakur et Hurburgh (Thakur et Hurburgh, 2009), celui de Cebeci et al. (Cebeci et al., 2009) supporte le stockage d'informations en temps réel. Ainsi, même si les systèmes de collecte de données ne sont pas connectés à un réseau Internet, un mécanisme d'échange de données peut être appliqué entre elles.

Récemment, en pharmaceutique, la traçabilité a pris une importance considérable. En effet, elle permet l'identification efficace, la correction ou la suppression des facteurs de risque tout au long de la chaine de production des médicaments, afin de ne fournir que des produits sûrs et de qualité pour les consommateurs. Howard *et al.* (2012) et Pardal *et al.* (2013) proposent un système TIC qui se base sur l'identification par la technologie RFID.

Pardal *et al.* (2013) propose un système qui se base sur un réseau distribué P2P (*peer to peer*) pour accumuler les données. Le réseau P2P est une approche qui facilite la gestion d'un grand nombre d'objets largement espacés, qui sont en mesure de communiquer les uns avec les autres. Le système TIC de (Pardal *et al.*, 2013) permet l'extraction des données appropriées de traçabilité à travers le réseau P2P en temps réel et facilite leur analyse. En plus, ce système explore une extraction des règles métiers et des exigences de données à partir des modèles de processus d'affaires des organisations.

Néanmoins, cette extraction ne se base pas sur une méthode automatique. En effet, le système organise les données extraites selon des connaissances ontologiques sur le suivi et la traçabilité des objets. Cette approche ontologique conduit à créer un stockage complet de données et même plus: elle permet d'organiser les données de manière universelle, ce qui permet l'intégration entre les systèmes et les données grâce à l'interopérabilité.

Similairement à Pardal et al. (Pardal et al., 2013), Howard, Edge et Grant (Howard, Edge et Grant, 2012) proposent un système appelé « Pharmax », qui permet la traçabilité dans la chaine d'approvisionnement pharmaceutique. Cette approche porte l'accent sur l'application des règlementations et la lutte contre la contrefaçon.

Le but de « Pharmax » est donc de clarifier la relation complexe entre les acteurs associés, afin de permettre une intégration transparente des règlementations au sein de chaque acteur. Ce système se base sur des codes d'identification pouvant être lus automatiquement par des lecteurs RFID, afin que l'information sur les produits pharmaceutiques puisse être enregistrée directement dans le système.

Dans la littérature, un autre système TIC de traçabilité a été proposé par Cleland-Huang, Zemont et Lukasik (Cleland-Huang, Zemont et Lukasik, 2004), appelé traçabilité pour les systèmes complexes (TraCS). Cette approche applique des techniques hétérogènes pour intégrer un cadre de traçabilité extensible. Elle fournit une faible intégration avec les utilisateurs, car ces derniers doivent prendre les décisions eux-mêmes tout au long du processus de traçabilité. En effet, il n'existe pas de liaison entre le processus de traçabilité et les règles métier de chaque acteur de la chaine. « TraCS » est testé dans un exemple d'étude de cas, pour contrôler des réactions chimiques dans une installation de catalyseur.

Dans cette section, nous avons fait le tour des différents systèmes d'information de traçabilité utilisés dans plusieurs domaines d'application. Dans la section qui suit, nous allons décrire des systèmes d'information de traçabilité implémentés dans le secteur forestier.

2.4.2 Système d'information de traçabilité dans le secteur forestier

L'utilisation des systèmes d'information pour assurer la traçabilité des produits dans le secteur forestier reste très faible (Castrén et Pillai, 2011). Le projet « Indisputable Key » est l'une des premières initiatives du genre (Häkli *et al.*, 2013). Häkli et al. (2013) proposent un système TIC pour la collecte de données provenant de différents acteurs forestiers, afin d'offrir une gestion efficace de la chaine d'approvisionnement, telle qu'illustrée à la figure 2.2 (Häkli *et al.*, 2013). Ce système est basé sur une architecture qui utilise des standards de communication et la technologie RFID pour l'identification du bois.

L'architecture proposée dans le projet « Indisputable Key » comprend trois modules: les adaptateurs, le système de messagerie collaborative et les services de traçabilité. Les

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

adaptateurs sont utilisés pour extraire des informations de traçabilité depuis le processus de transformation. Ils font la connexion entre les observations d'objets et les données de processus, génèrent des événements, puis envoient les événements au système de messagerie. Le système de messagerie collaborative est responsable de l'envoi des messages d'événements aux bons acteurs. Les services de traçabilité sont chargés de stocker les données de traçabilité et de les présenter aux utilisateurs dans un format adéquat.

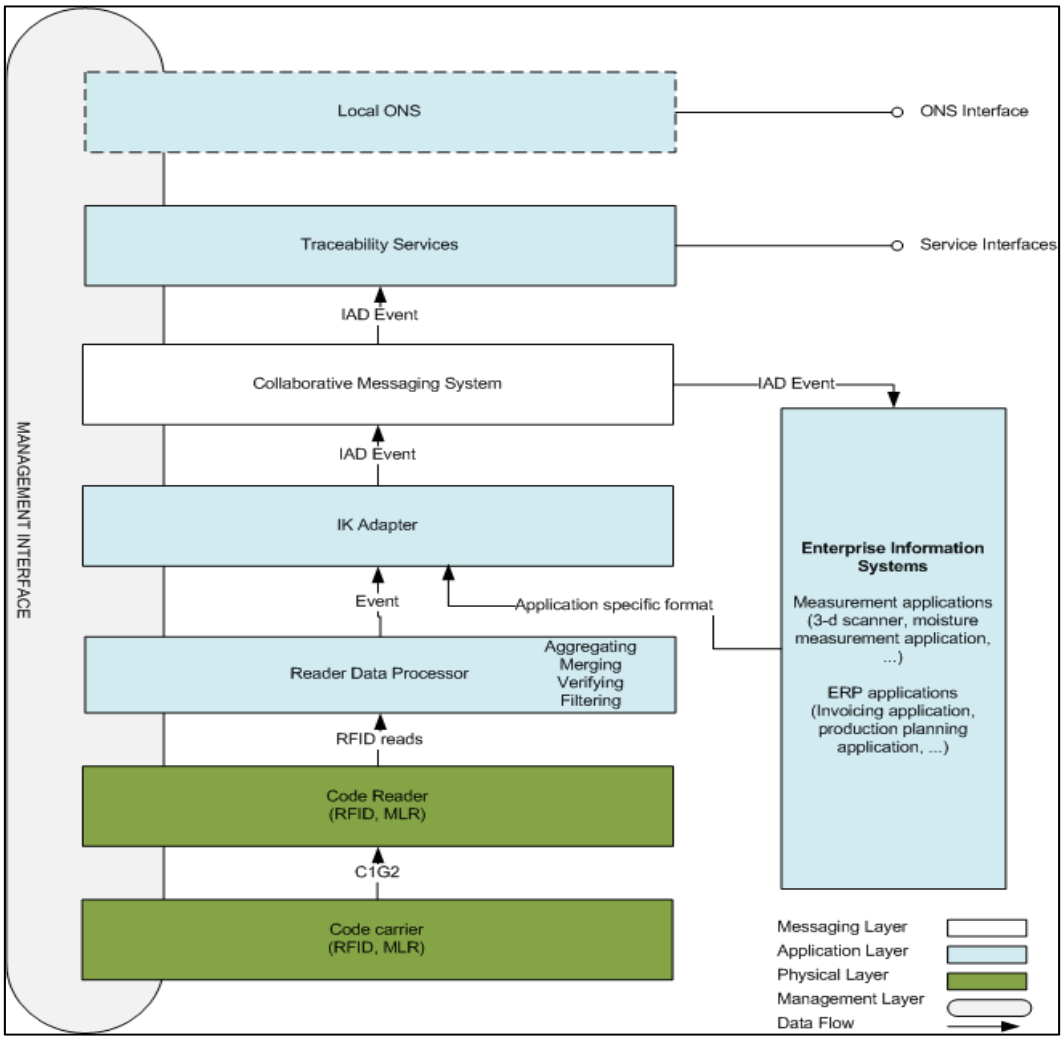


Figure 2.2 Architecture de système TIC
Tirée de (Häkli et al., 2013)

Un autre modèle de traçabilité a été proposé par Lins da Silva *et al.* (Lins da Silva et al., 2010) pour la chaine d'approvisionnement des forêts de l'Amazonie. Ces auteurs ont défini

des exigences de base pour gérer l'information échangée tout au long la chaine de production en bois. Ils utilisent une architecture orientée vers les services pour la gestion de l'information de traçabilité du bois, afin d'établir un modèle de référence pour l'interopérabilité entre le système de transport de bois, le système de production et le système de traçabilité.

Une autre initiative importante qui a été développée pour implémenter le concept de traçabilité dans le domaine forestier s'appelle « SOFIA » (*Seamless Operation of Forest Industry Application*) illustrée à la figure 2.3. SOFIA est une plateforme qui optimise la gestion des demandes des acteurs forestiers et elle a été développée dans le secteur forestier en Finlande (Nikitin, Terziyan et Lappalainen, 2010). C'est une proposition innovante de solution TIC pour la foresterie, qui assure une gestion durable pour les opérations forestières. Elle intègre plusieurs technologies, y compris l'architecture orientée vers les services (SOA), les technologies des agents et le web sémantique, pour permettre l'intégration et l'interopérabilité.

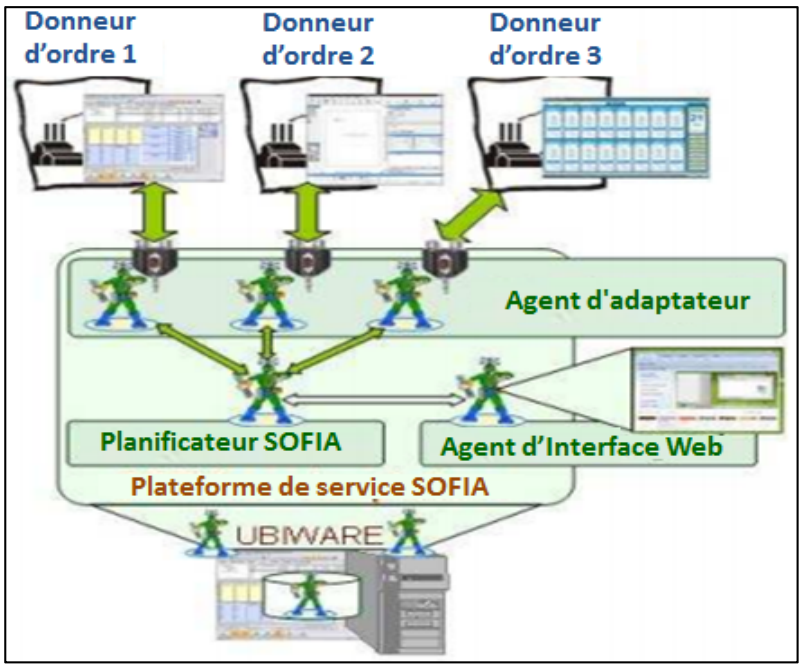


Figure 2.3 Plateforme SOFIA
Tirée de (Nikitin, Terziyan et Lappalainen, 2010)

2.5 Exigences d'un système d'information de traçabilité

Pour implémenter un système d'information de traçabilité dans le secteur forestier, Lins da Silva *et al*. (Lins da Silva et al., 2010) ont proposé des exigences. Dans cette section, nous allons décrire deux principales exigences pour mettre en place un système de traçabilité de bois:

- l'identification du produit forestier;
- la standardisation de la structure des informations échangées entre les acteurs forestiers.

2.5.3 Système d'identification de données

L'implémentation d'un système de traçabilité exige l'utilisation de systèmes d'identification pour collecter de l'information fiable sur un produit donné, aux différentes étapes du processus de transformation. L'identification automatique dans la chaine logistique forestière élimine le besoin de prendre des mesures et des inventaires répétés sur le bois (Hakli *et al.*, 2010). Il existe par ailleurs une variété de technologies d'étiquetage pour l'identification du bois, telles que la peinture de traçage classique, la peinture de traçage chimique, les étiquettes code-barres et les étiquettes RFID (Dykstra *et al.*, 2003).

Pour une acquisition automatique des données, les étiquettes code-barres et les étiquettes RFID sont les plus appropriées (ASLOG, 2012). Dans ce qui suit, nous allons décrire ces deux technologies d'identification.

2.5.3.1 Identification par radio fréquence – RFID

L'identification par radiofréquence (RFID) est une technologie qui permet d'identifier à distance des objets sans contact physique ni visuel et qui est relativement simple à mettre en œuvre. La technologie RFID consiste à récupérer puis stocker des données via des transpondeurs appelés *tags* ou parfois *étiquettes*, contenant une antenne et une puce

électronique, incorporées sur les objets à identifier. Cette technologie utilise des lecteurs, qui permettent d'interroger ces tags par radiofréquence et d'un système de traitement de données, comme le montre la figure ci-dessous.

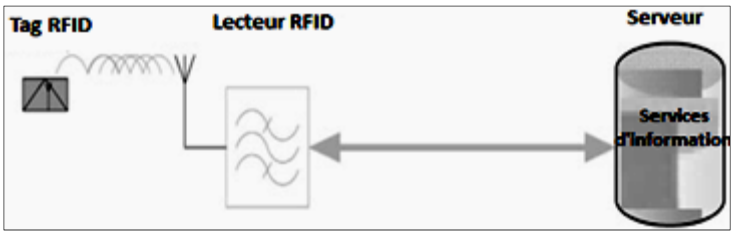


Figure 2.4 Système de transmission RFID
Tirée de (Yan Zhang, 2010)

Les tags RFID : sont de petits objets (Alex et LeRoy, 2009), tels que des étiquettes autoadhésives, qui peuvent être collés ou incorporés dans des produits. La plupart des transpondeurs ou tags RFID sont sans source d'énergie (batterie) et sont appelés transpondeurs passifs. Le bloc d'alimentation d'un tag est le champ RF généré par le lecteur. Le tag passif génère sa propre tension d'alimentation par redressement de la tension induite à partir des signaux RF du lecteur.

Les tags passifs les plus utilisés actuellement sont les puces EPC (Electronic Product Code). Il en existe cinq classes:

- **Classe 0 :** tags passifs à lecture seule et préprogrammée (on ne peut que lire l'identifiant unique du tag);
- **Classe 1 :** tags passifs à programmer une seule fois : WORM (*Write Once Read Many*), contient seulement l'identifiant;
- **Classe 2 :** tags passifs à fonctions additionnelles (comme l'écriture mémoire), jouent le rôle de mini base de données;
- **Classe 3 :** tags semi-passifs permettant le transfert permanent de données sur sollicitation du lecteur RFID;
- **Classe 4 :** tags actifs permettant la communication entre étiquettes et avec d'autres systèmes de lecture, réception et transmission (Dabouis et Perrin, 2008).

Il existe aussi des tags actifs, qui ont une source d'énergie intégrée (batterie interne) et qui se comportent de la même manière que les tags passifs, mais avec des performances accrues. Ces tags ont besoin d'une alimentation embarquée pour générer des données en réponse. Leur activation est principalement déclenchée par le signal d'un lecteur. Ces tags réagissent et renvoient les informations vers le récepteur grâce à l'énergie qu'ils contiennent. Ce type de tag est plus coûteux que ceux qui sont dits passifs (Zhang, 2008).

Les tags RFID comprennent une antenne qui leur permet de recevoir et de répondre aux requêtes radio émises par l'émetteur-récepteur.

Le lecteur : Le lecteur comporte une antenne qui transmet un signal et qui fournit également l'énergie nécessaire à l'étiquette passive pour déchiffrer la transmission et répondre à la requête. Ce signal est déclenché par le lecteur à la demande de l'application (Yan Zhang, 2010). Il existe différents types de lecteurs ayant différentes portées, selon les besoins d'utilisation. Généralement, il fonctionne selon quatre modalités :

- la lecture de proximité : entre 10 et 25 cm;
- la lecture de voisinage : jusqu'à 1 mètre;
- la lecture à moyenne distance : de 1 à 9 mètres;
- la lecture longue portée : jusqu'à plusieurs centaines de mètres.

L'antenne : L'antenne est un élément primordial du système RFID, qui peut être intégré au lecteur RFID ou bien connecté au lecteur (Alex et LeRoy, 2009). Elle permet d'activer les tags, afin de recevoir des données et de transmettre des informations. La plupart des lecteurs de proximité intègrent une antenne RFID, mais pour les lecteurs de moyenne et de longue portée, l'ajout d'une ou de plusieurs antennes RFID externes est nécessaire afin de capter les informations contenues dans le tag RFID à travers de longues distances.

Parmi les cas d'utilisations de la technologie RFID se trouve « la lutte contre la contrefaçon d'un actif ». Dans ce cas, un fabricant prend note de l'identificateur unique de chaque article

étiqueté RFID qu'il expédie, puis il compare l'identifiant figurant sur le produit au point de vente et celui qu'il avait enregistré avant l'expédition pour établir l'authenticité du produit.

La technologie RFID fonctionne sur l'hypothèse que chaque étiquette est unique. Autrement dit, il n'existe pas de tags avec le même numéro d'identifiant. Cette hypothèse permet au lecteur d'identifier un tag et de savoir exactement quels sont les objets qui se trouvent à la portée du lecteur.

2.5.3.2 Code-barres

Le code-barres est la représentation d'un code numérique ou alphanumérique sous la forme d'un symbole composé de barres parallèles de diverses épaisseurs et séparations (code 1D) ou d'une forme de carrés et d'espaces (code 2D), dont l'épaisseur varie en fonction des données ainsi codées. Il peut être lu de manière optique par balayage transversal. La reconnaissance de code-barres permet l'extraction des données de ce dernier, quel que soit l'angle du document. La figure ci-dessous représente un code-barres 1D et deux autres 2D (Datamatrix et QR).

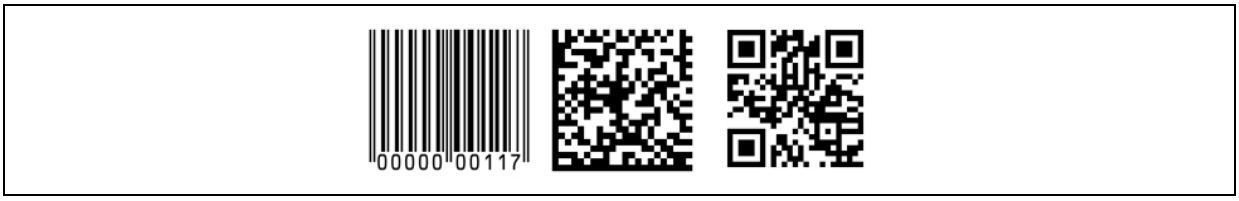


Figure 2.5 Code-barres 1D et Code-barres 2D : Datamatrix et QR
Tirée de (Aryx, 2010)

- **Code-barres 1D**

  Les code-barres 1D contiennent un nombre limité d'informations encodées. Ils nécessitent un bon contraste et un angle de lecture limité pour pouvoir les analyser (Nomadvance, 2008).

- **Code-barres 2D**

Les code-barres 2D (en deux dimensions) sont une évolution directe du code-barres 1D (en une dimension) et sont utilisés notamment sur les produits de grande consommation. On rencontre de nos jours deux principaux formats de code-barres 2D : les Datamatrix et les codes QR (*Quick Response*), tous les deux ayant pour objectif d'être lus par un système informatisé. Les codes QR contiennent des informations relatives à un produit ou à un service.

Les avantages des codes QR est que ces données:

- présentent une compression plus grande que les code-barres traditionnels;
- supportent les caractères exotiques (accentués et japonais);
- peuvent être lus même quand ils sont abimés (dégradation de max. 30 %).

À titre de comparaison, un code-barres 1D peut contenir jusqu'à 13 caractères numériques. On a donc, pour une surface quasi équivalente, 240 fois plus de caractères numériques pour un Datamatrix et 545 fois plus pour un code QR (Aryx, 2010).

2.5.4 Standards et structure des informations échangées

Un des plus grands défis dans la traçabilité de la chaine d'approvisionnement est l'échange d'informations dans un format standardisé entre les différents maillons de la chaine (Thakur et Donnelly, 2010). Pour faciliter l'échange électronique des informations sur les produits, plusieurs standards d'échange de l'information ont été développés dans différents domaines d'application, afin d'assurer un système de traçabilité fiable. Comme la norme de traçabilité globale des soins de santé utilisée dans le secteur médical (GS1, 2013), le standard de traçabilité des aliments ISO 22005 (ISO, 2007) et la norme JIS (JISx0510) pour le suivi des pièces de voiture dans les usines de Toyota (JIS, 2004), etc. Folinas et al. (2006) a déclaré que les standards doivent décrire comment l'information peut être construite, envoyée et reçue, et aussi comment les attributs de l'information doivent être identifiés, mesurés, interprétés et enregistrés.

Il existe aussi des standards de communication de l'information dans le secteur forestier, comme le eFIDS, le GS1, le StanForD et PapiNet :

- eFIDS (*e-Forestry Industry Data Standards*) est une norme de méta-données pour échanger les informations au sein de l'industrie forestière (Riadh et Sophie, 2011). C'est une norme d'échange de données électroniques pour la facturation et l'expédition. Le standard eFIDS est la propriété du EBF (e-business forum group) qui a été constitué en vue de promouvoir et d'accompagner les industriels dans l'application du e-business (Emeyriat, Arraiolos et Ginet, 2007). Le standard est basé sur le langage XML et s'appuie sur le schéma XML-GML pour l'échange des documents XML entre les acteurs forestiers géographiquement distant, mais elle ne définit pas les documents eux-mêmes ce qui conduit à un conflit de documents.

- Le GS1 fournit une matrice de données de traçabilité, illustrée à la figure 2.6, qui dépend des types des produits et de la relation contractuelle. Elle est divisée en quatre catégories d'information: publique, privée, données de base et données transactionnelles (GS1, 2010).

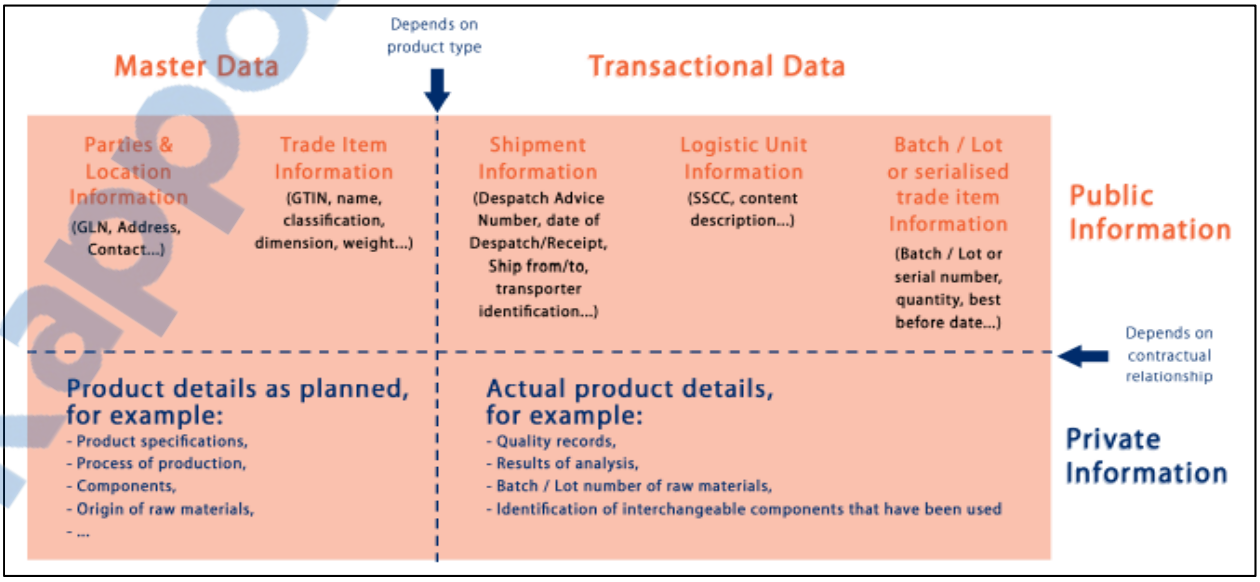


Figure 2.6 Matrice de traçabilité de données de GS1
Tirée de (GS1, 2010)

Rapport-Gratuit.com

- StanForD (*Standard for Forest machine Data and Communication*) est utilisé pour contrôler la récolte ainsi que le suivi de la production des abatteuses et des porteurs (StanForD, 2007). C'est ce standard qui a été utilisé dans le projet « Indisputable Key ».

- PapiNet est un standard ouvert que n'importe qui peut modifier (PapiNet, 2000). Il prend en charge les activités d'affaires de l'industrie forestière. Cependant il repose sur des outils d'échanges propriétaires comme le portail d'échange des messages qui est payant.

Les deux standards StanForD et PapiNet utilisent la technologie XML pour représenter les informations. Ces standards demeurent indépendants, mais chacun peut supporter l'autre. Ainsi, le standard PapiNet est utilisé pour échanger des informations entre les acteurs forestiers alors que le standard StanForD est utilisé uniquement à l'intérieur de la forêt pour envoyer les informations des abatteuses et porteurs vers le premier récepteur qui envoie les données à l'extérieur de la forêt. PapiNet et StanForD représentent deux standards complémentaires.

2.6 Limites des systèmes actuels

Plusieurs défis sont à relever pour assurer une traçabilité efficace dans des réseaux complexes (Wu *et al.*, 2011). Il existe une panoplie d'outils sur le marché, qui proposent des systèmes de traçabilité, comme « *IBM Theseos architecture* » et « BRIDGE » (*Building Radio Frequency Identification for the Global Environment*) (Wu *et al.*, 2011), qui se basent sur le cadre conceptuel proposé par EPC Global Architecture (Lee *et al.*, 2008), Sun EPC Network (A et M, 2005), SAP Auto-ID Infrastructure (Bornhovd *et al.*, 2005), Oracle Sensor Edge Server (Oracle, 2005) et IBM WebSphere RFID Premises Server (IBM, 2005), etc.

Le premier défi de ce projet est de dépasser la phase de collecte d'information proposée par ces outils. En effet, le premier axe du projet se concentre sur l'orchestration de l'ensemble

des processus d'affaires de plusieurs entités, afin de garantir la traçabilité tout au long de la chaine de valeur. Un autre défi qui s'ajoute dans le cadre de ce projet est la gestion des événements complexes et des données fournies par l'utilisation de la technologie RFID pour capter l'information. Il nous faut, de plus, définir une structure standardisée qui assure l'échange des données et le maintien de l'information sur la certification.

La littérature fait état de plusieurs systèmes qui ont fait de grands progrès pour assurer la traçabilité dans plusieurs domaines d'application comme l'agroalimentaire, la pharmaceutique, etc. (Cebeci et al., 2009; Cleland-Huang, Zemont et Lukasik, 2004; Howard, Edge et Grant, 2012; Pardal et al., 2013; Thakur et Hurburgh, 2009). Plusieurs standards ont été définis, comme « ISO 22005:2007 » pour la traçabilité dans la chaine agroalimentaire. De ce fait l'industrie forestière doit bénéficier de l'expérience des autres secteurs afin de définir un standard de traçabilité pour le maintien de la certification du bois.

Il existe des systèmes de traçabilité qui ont été proposés dans le secteur forestier, comme le projet « Indisputable Key » qui a été développé en Europe (Häkli *et al.*, 2013). Cependant, « Indisputable Key » ne prend pas en considération l'extensibilité et la gestion dynamique du processus de traçabilité. En fait, ses créateurs ne précisent pas clairement comment l'ajout de nouveaux acteurs (fournisseurs) est possible dans le système après la mise en place de celui-ci dans la chaine d'approvisionnement forestière. Le projet « Indisputable Key » a défini un standard de traçabilité pour l'échange d'information entre les acteurs forestier, mais il ne prend pas en considération le maintien de l'information sur la certification du bois depuis l'origine jusqu'à la destination finale.

De même, Lins da Silva et al. (Lins da Silva et al., 2010) ont proposé un modèle de traçabilité dans la chaine d'approvisionnement des forêts d'Amazonie. Ils présentent les problèmes et les exigences pour l'élaboration d'un système de traçabilité, mais ils ne développent aucun prototype pour valider l'architecture proposée.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Une autre solution proposée pour implémenter la traçabilité dans le secteur forestier en Finlande s'appelle « SOFIA » (*Seamless Operation of Forest Industry Application*) (Nikitin, Terziyan et Lappalainen, 2010). Cette plateforme s'oriente davantage vers l'optimisation de la gestion des demandes des acteurs forestiers. Néanmoins, cette solution reste un projet préparatoire et il n'existe pas de preuve de concept pour valider cette plateforme dans l'industrie.

Malgré que plusieurs modèles soient proposés dans la littérature sur le sujet, il apparaît que la majorité des approches de traçabilité proposées est philosophique et non systématique, ce qui rend difficile leur application dans le monde réel.

De plus, il n'existe pas d'approche se concentrant sur le maintien de l'information sur la certification tout au long de la production forestière. Pour ce faire, il faut une méthode de collecte très fiable. Ainsi, une des difficultés auxquelles sont confrontées les entreprises est le manque d'interopérabilité des systèmes et des applications logicielles permettant la collecte de l'information. Les organisations sont à la recherche de nouvelles méthodes de travail, car souvent l'échange d'informations avec de nouveaux partenaires est impossible à exécuter automatiquement dans un format électronique. Cela est principalement dû à des problèmes d'incompatibilité dans la représentation de l'information et dans les méthodes d'application des logiciels adoptés.

L'architecture que nous proposons offre une solution fiable, extensible et évolutive visant deux objectifs importants. D'une part, elle offre la possibilité de gérer différentes technologies de capture d'information. D'autre part, l'architecture proposée est en mesure de suivre les produits en temps réel, dans la forêt et à l'extérieur entre les différents acteurs, puis l'utilisation de cette information pouvant permettre aux décideurs d'agir et de prendre des décisions rapidement.

Cette solution exige certains prérequis pour que nous puissions l'implémenter dans un cas réel, à savoir: la définition des types d'acteurs impliqués au processus de transformation de

bois, l'identification du produit forestier et la standardisation de la structure des informations échangées entre les acteurs.

2.7 Conclusion

Nous avons pu constater dans ce chapitre les problèmes et les exigences propres à l'implémentation d'un système de traçabilité dans le secteur forestier. Ces éléments vont nous guider dans la description et l'élaboration de l'approche proposée. Cette approche sera présentée et développée davantage dans les pages qui suivent.

CHAPITRE 3

MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE

3.1 Introduction

Dans ce chapitre nous définirons la méthodologie qui s'adapte le mieux à la nature du système à élaborer et couvrirons son cycle de vie de développement. La méthodologie scientifique utilisée est celle de la science de la conception (*Design Science*). Il s'agit d'une méthodologie utilisée pour supporter la recherche dans le domaine des systèmes d'information (SI). Dans ce projet de recherche, nous allons adopter cette méthodologie puisque notre réflexion s'inscrit dans cette discipline.

Hevner et al. (2004) fournissent une méthodologie constituée de sept lignes directrices, dont l'objectif est d'aider les chercheurs à comprendre les exigences nécessaires à la réalisation d'une recherche efficace en science de la conception :

1. La conception d'un artefact : la méthodologie de la science de la conception doit produire un artefact viable qui peut prendre plusieurs formes, comme une construction, un modèle, une méthode ou une instanciation.

2. La pertinence d'un problème : un problème peut être défini comme la différence entre un état désiré et l'état actuel d'un système. La pertinence est le fait de développer et de mettre en œuvre une solution dont l'objectif est de répondre à un problème jusqu'à présent non résolu.

3. L'évaluation : est un composant essentiel du processus de recherche selon (Hevner *et al.*, 2004). L'utilité, la qualité et l'efficacité de la conception de l'artefact doivent être rigoureusement démontrées par des méthodes d'évaluations bien exécutées. Ces auteurs proposent pour ce faire cinq méthodes d'évaluation, à savoir : l'observation, la méthode

analytique, l'expérimentation, le test et la méthode descriptive. Le choix des méthodes d'évaluation doit être adapté à l'artefact conçu.

4. Les contributions de la recherche : une efficace recherche en science de la conception doit fournir des contributions claires et vérifiables, qui portent sur l'artefact, sur le processus de la conception de ce dernier et/ou sur son évaluation (à savoir la méthodologie). Hevner et al. (2004) définissent trois types de contributions à la recherche sur la base de la nouveauté, la généralité et l'importance de l'artefact conçu. Ainsi, ils soulignent qu'au moins une de ces contributions doit être trouvée dans un projet de recherche donné.

5. La rigueur de la recherche : la recherche en science de la conception repose sur l'application de méthodes rigoureuses pour la construction et l'évaluation de la conception de l'artefact.

6. La mise en œuvre d'un processus de recherche itératif : une recherche en science de la conception repose sur la conception et la mise en œuvre d'un processus de recherche itératif pour atteindre les objectifs souhaités, tout en satisfaisant les lois de l'environnement (Figure 3.1).

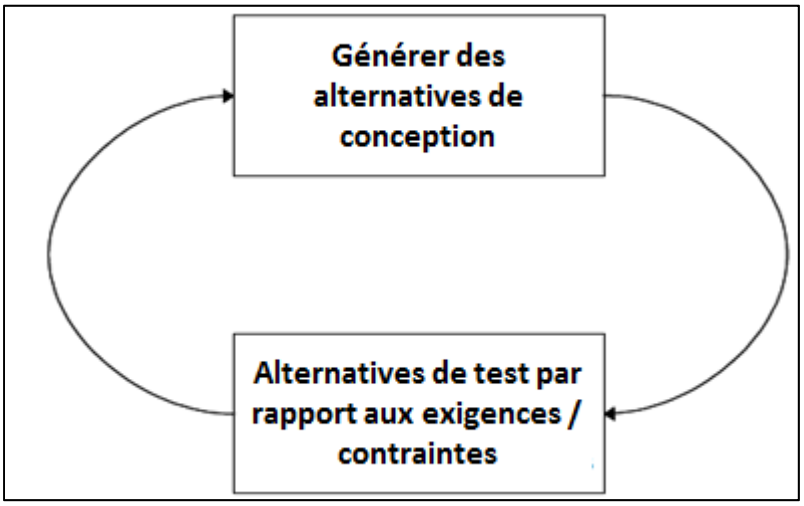


Figure 3.1 Processus itératif de cycle de test
Tirée de (Hevner et al., 2004)

7. La communication de la recherche : communiquer le problème et les résultats de la recherche pour une audience spécialisée à la fois dans la technique et dans le management.

3.2 Application de la méthodologie de la science de la conception

Dans ce travail de recherche, nous avons appliqué la méthodologie de la science de la conception proposée par (Hevner *et al.*, 2004) :

1. La conception d'un artefact : dans ce projet de recherche, nous proposons une architecture de traçabilité pour le secteur forestier: « FTrace » (qui est un modèle).

2. La pertinence d'un problème : nous développons une nouvelle architecture de traçabilité pour répondre au problème du maintien de l'information sur la certification tout au long la chaine de production forestière, un problème jusqu'à présent non résolu.

3. L'évaluation : une méthode expérimentale a été suivie, qui repose sur le développement d'un prototype en laboratoire permettant de dégager des prérequis pour implémenter « FTrace » comme système de traçabilité fiable dans le secteur forestier.

4. Les contributions de la recherche : l'efficacité de cette recherche repose sur les contributions fournies par la conception du système de traçabilité « FTrace ». Ainsi, ce système couvre deux critères de contribution définis par *Hevner et al.* (2004), à savoir la nouveauté et l'importance de l'artefact conçu. La nouveauté puisque « FTrace » est un système qui offre de nouvelles fonctionnalités comme l'évolutivité, l'interopérabilité et l'extensibilité, et l'importance puisque l'implémentation du concept de traçabilité est importante pour le secteur forestier. En effet, la correspondance de la matière première au produit fini améliore la qualité du produit et offre une meilleure maîtrise de la consommation de la forêt, tout en réduisant l'impact environnemental.

5. La rigueur de la recherche : la conception de « FTrace » repose sur l'application de méthodes rigoureuses dans la construction et l'évaluation. Elle s'est déployée dans une approche déductive (allant du général au particulier) en explorant le concept de traçabilité

dans différents domaines d'application pour en déduire une approche de traçabilité adaptée au domaine forestier.

6. La mise en œuvre d'un processus de recherche itératif : le processus de recherche adopté est un processus itératif. Ainsi nous avons commencé par développer un prototype qui implémente la première version proposée pour l'architecture « FTrace ». Nous avons observé, identifié les problèmes, implémenté de nouvelles solutions pour combler les lacunes identifiées, et le cycle est ensuite répété. Par conséquent, non seulement nous avons abouti à l'architecture « FTrace », mais des exigences pour implémenter un système de traçabilité dans le secteur forestier et un standard d'échange d'informations entre les acteurs ont également été proposés.

7. La communication de la recherche : ce travail de recherche a été communiqué lors de trois conférences, deux nationales et une internationale (voir à ce propos l'annexe III).

Dans le but de suivre les sept lignes directrices citées précédemment, nous présentons ici sommairement les principales phases à suivre afin de réaliser une efficace recherche en science de la conception (figure 3.2) :

- **Phase 1 – Revue de la littérature :** cette phase inclut deux critères de la méthodologie de la science de la conception à savoir : la conception d'un artefact et la rigueur de la recherche. Ainsi, cette phase consiste à faire une revue de littérature qui porte principalement sur :

    - la définition de la traçabilité;
    - les systèmes de traçabilité dans différents domaines d'application (agroalimentaire, pharmaceutique, etc.);
    - les différents standards de l'information échangée;
    - les potentiels bénéfices de l'expérience de la traçabilité des autres industries (agroalimentaire, pharmaceutique, etc.) pour les acteurs forestiers.

Cette revue de littérature sert à définir les traits de base d'une approche de traçabilité en temps réel générique et interopérable dans le domaine forestier.

- **Phase 2 – Identification de la problématique de recherche :** cette phase prend en considération le critère de la pertinence d'un problème. Elle comprend la définition du cadre de la recherche qui inclut :

    - l'identification de la problématique;
    - la définition des exigences principales.

- **Phase 3 – Proposition d'une approche de traçabilité générique et interopérable dans le domaine forestier:** cette phase concerne la conception de l'artefact et la description de la contribution de la recherche. En outre, elle a comme objectif de définir une approche de traçabilité dans laquelle il y a:

    - la définition du système d'information dans le secteur forestier;
    - la conception de l'architecture du système de traçabilité forestière appelée « FTrace ».

- **Phase 4 – Prototypage de l'approche proposée** : cette phase prend en considération le critère de l'évaluation, composant essentiel devant être intégré à toute méthodologie en science de la conception. Ainsi, au cours de cette phase a lieu la conception du prototype qui implémente l'architecture de traçabilité en temps réel.

- **Phase 5 – Communication des résultats de recherche** : au cours de cette phase, un article de conférence est soumis et publié.

La Figure 3.2 résume ces phases prenant en considération les sept lignes directrices proposées par Hevner et al. (Hevner et al., 2004).

Rapport-Gratuit.com

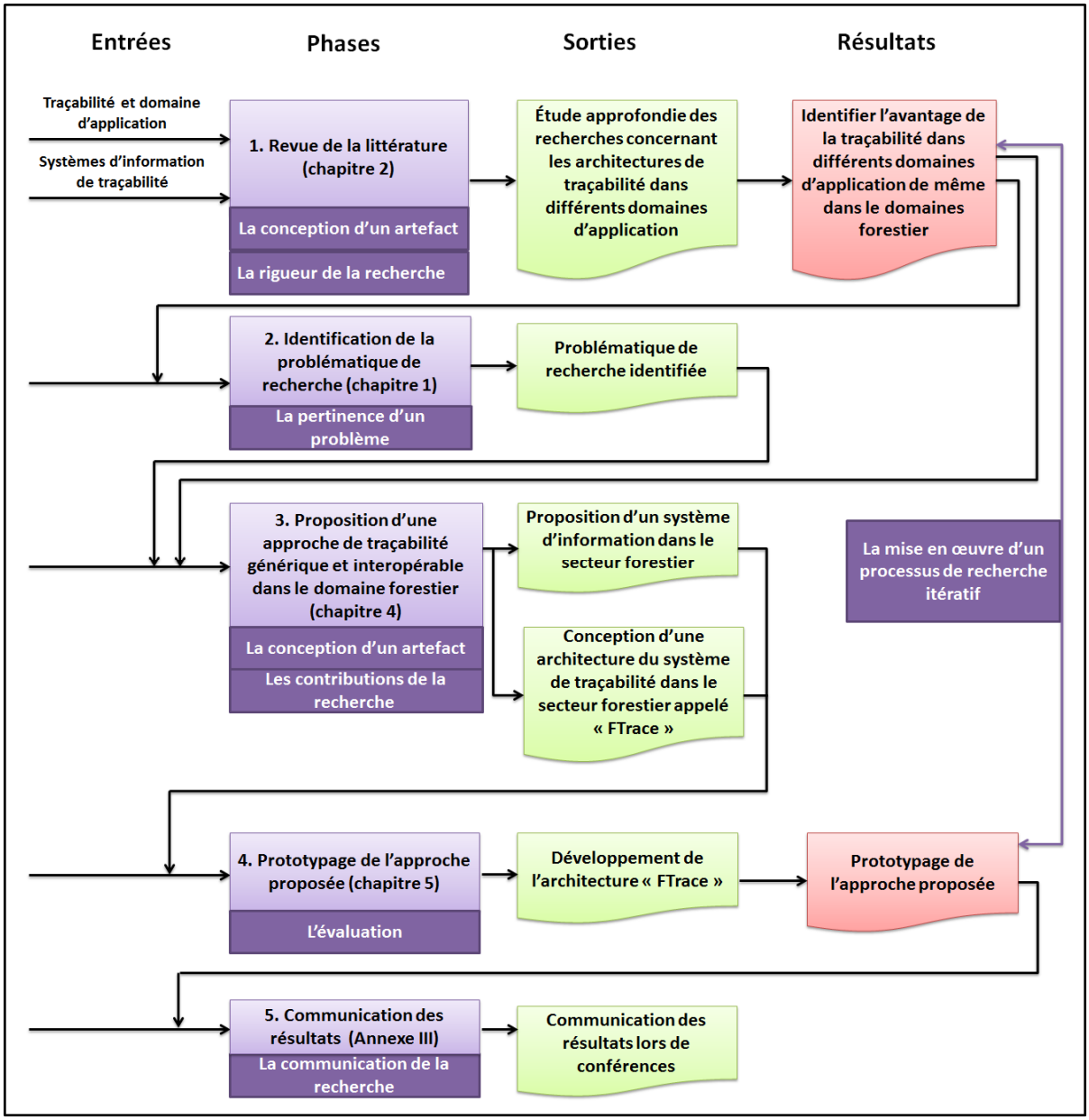


Figure 3.2 Méthodologie de recherche proposée

3.3 Conclusion

Au cours de ce chapitre, nous avons présenté la méthodologie de la science de la conception et ses différentes étapes de réalisation. Ensuite, nous avons défini les étapes que nous allons suivre pour nous conformer à cette méthodologie. La description du système proposé fera l'objet du prochain chapitre.

CHAPITRE 4

ARCHITECTURE DU SYSTÈME PROPOSÉ

4.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous allons commencer par définir les exigences d'un système d'information de traçabilité. Ensuite, nous allons décrire l'approche de traçabilité proposée dans laquelle il y aura la définition du système d'information dans le secteur forestier et la description de l'architecture TIC de traçabilité forestière désigné « FTrace ».

4.2 Exigences d'un système d'information de traçabilité

Pour implémenter un système d'information de traçabilité efficace dans le secteur forestier canadien, nous avons identifié certaines exigences de base, qui sont inspirées des précédents projets de recherche ainsi que de la collaboration avec notre partenaire de recherche. Ainsi, les exigences de traçabilité sont composées de trois éléments de base, qui sont:

- la définition des types d'acteurs impliqués au processus de transformation de bois;
- l'identification du produit forestier;
- la standardisation de la structure des informations échangées entre les acteurs forestiers.

4.2.1 Les types d'acteurs de la chaine forestière

La maîtrise de la chaine d'approvisionnement forestière est essentielle pour concevoir un système de traçabilité du bois. Aussi est-il primordial de connaitre quels sont les acteurs qui vont participer au processus de transformation de bois, de l'origine jusqu'au consommateur final.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

La chaine d'approvisionnement de bois proposée se compose de quatre types de fournisseurs: les moissonneurs, le dépôt de tri des grumes, la scierie et les détaillants.

La figure 4.1 illustre les différentes étapes du processus de production de bois, à partir de l'extraction de la matière première de la forêt jusqu'à la vente au consommateur final. Pour extraire la matière première de la forêt, l'arbre est abattu et découpé en grumes par un moissonneur. Un agent de distribution transfère les grumes au dépôt de tri des grumes pour la collecte du bois. Par la suite, les grumes sont transportées à la scierie, où elles sont sciées, séchées, triées, finies puis transportées au détaillant pour la vente aux clients.

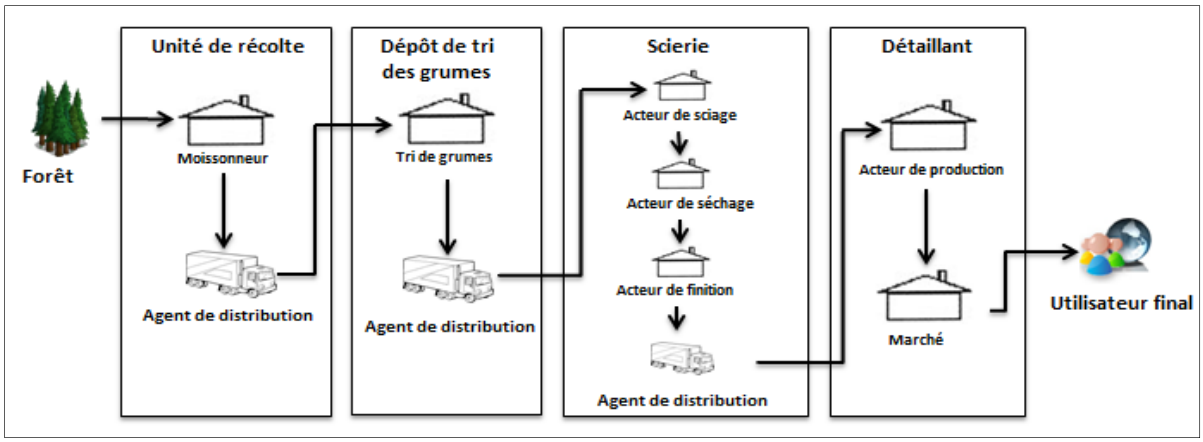


Figure 4.1 La chaine d'approvisionnement forestière

4.2.2 Identification du produit forestier

Dans ce mémoire, deux types d'identifications ont été étudiés (voir la section 2.5.3). Dans cette section nous allons faire la comparaison entre les deux technologies afin de choisir celle qui convient le mieux aux besoins de notre projet.

La RFID permet à la fois la lecture et l'écriture sur l'étiquette (possibilité de réaliser une mise à jour « en temps réel »), alors que le code-barres permet seulement la lecture. La RFID présente aussi l'avantage de pouvoir stocker beaucoup de données sur le produit alors que le code-barres présente une taille limitée de stockage. Si la RFID est une technologie plus

coûteuse que le code-barres, ces derniers peuvent être masqués par la poussière, la moisissure, la neige et l'humidité, ce qui en complique la lecture, alors que ces facteurs n'affectent pas la lecture des étiquettes RFID. La RFID autorise la lecture à distance, sans forcément voir l'étiquette.

La littérature fait état de plusieurs travaux sur la traçabilité développés pour différentes applications industrielles en se basant sur la RFID (Angulo *et al.*, 2013; Barchetti *et al.*, 2010; Costa *et al.*, 2013; Sarac, Absi et Dauzère-Pérès, 2010; Wu *et al.*, 2011). Nombreuses sont les recherches qui affirment que la RFID est la technologie la plus appropriée pour l'identification des bois dans le secteur forestier (Dykstra *et al.*, 2003; Hakli *et al.*, 2010; Lins da Silva *et al.*, 2010; Timpe et FSCN., 2006). En effet, Björk et al. (2011) affirment que la RFID pourrait être un bon candidat pour remplacer la peinture de traçage. La RFID peut permettre un transfert d'informations plus fiable que le code-barres dans la chaine logistique de l'industrie forestière. Ainsi, le système TIC de traçabilité proposé est capable de gérer différentes technologies d'identification.

4.2.3 Standard et structure des informations échangées

Au cours de nos recherches, il est apparu qu'il n'existe actuellement pas de standard pour l'échange des informations de la forêt jusqu'au client final. Pour cette raison, dans le système proposé, nous avons défini un standard d'échange des informations commun à toute la chaine de production forestière, en combinant les standards PapiNet et StanForD et en faisant référence au standard GS1.

Les informations échangées sont classifiées en deux principales catégories :

- les informations publiques sont divisées en deux catégories (données maîtresses (*master data*) et données transactionnelles), qui contiennent principalement les attributs suivants: adresse, contact, identifiant de produit, identifiant de lot, longueur, diamètre, espèce, quantité de lots du bois, chargement, déchargement, temps d'attente

(h), identifiant partenaire d'origine, identifiant partenaire de destination, durée de stockage maximale, etc.

- les informations privées contiennent principalement les attributs suivants (identifiant de lot d'origine, type d'identificateur, volume du bois, prix, format (palettes ou grumes), numéro du bloc de coupe, coût de récolte, coût de transport, certificat, identifiant de la forêt, etc.).

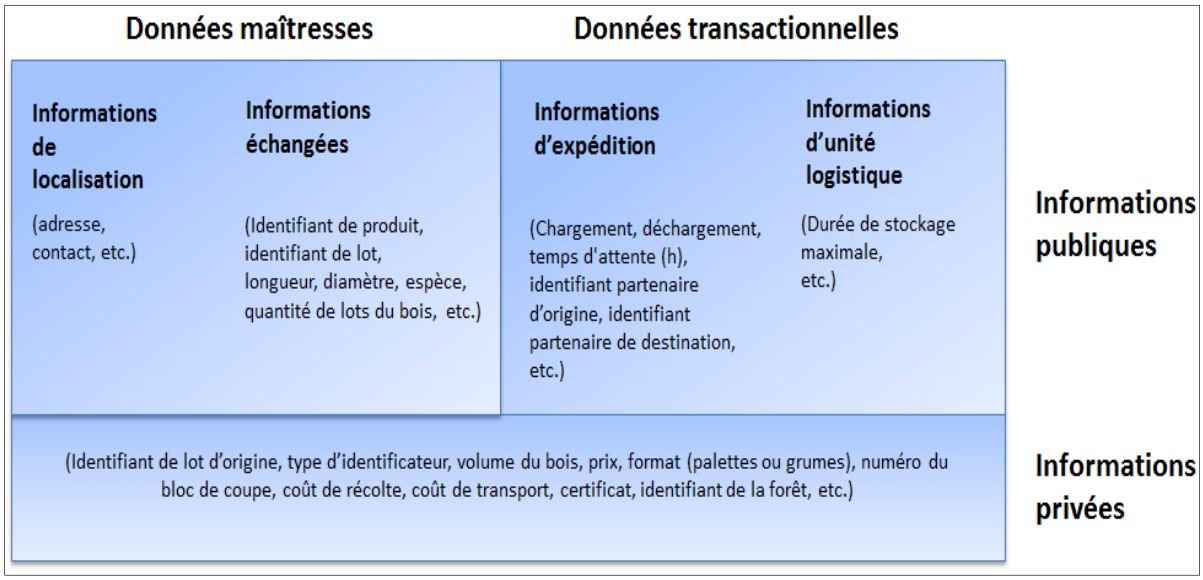


Figure 4.2 Structure des informations échangées

4.3 Système d'information proposé dans le secteur forestier

Dans ce projet de recherche, nous proposons un système TIC de traçabilité forestière appelé « FTrace ». « FTrace » est conçu pour recueillir des informations auprès des acteurs de la chaine d'approvisionnement forestière, et ensuite utiliser ces informations pour retracer efficacement les matériaux en bois dans toute la chaine d'approvisionnement. Le système offre également la possibilité de comprendre et d'évaluer la chaine de valeur forestière pour pouvoir prendre les bonnes décisions.

Cette plateforme crée un lien d'information entre le produit à base de bois, les acteurs participant au processus de production et la forêt d'origine du bois.

4.3.1 Structure du système

« FTrace » est composé de trois principaux modules (Figure 4.3) :

- Module 1: Traçabilité des processus d'affaires;
- Module 2: Applications d'affaires;
- Module 3: Portail web.

Le module « Traçabilité des processus d'affaires » comprend les parties les plus importantes du système d'information « FTrace », comme le serveur FTrace qui gère les activités de traçabilité des différents processus de la chaine d'approvisionnement. Le serveur FTrace se connecte avec le module « Applications d'affaires » via une connexion Internet pour la sauvegarde des activités et la collecte des informations auprès des fournisseurs de la chaine d'approvisionnement. Par la suite, les informations sauvegardées sont stockées dans une base de données, pour enfin être affichées au client via un portail web. « FTrace » permet l'interopérabilité et l'intégration des systèmes actuellement utilisés par les acteurs forestiers. De plus, il peut se connecter avec différents types de technologies de capture de données (codes à barres, lecteur RFID, etc.) et des technologies d'intégration de données (services web, fichiers XML, etc.). À la section 4.4, nous allons décrire les composants de l'architecture TIC de « FTrace ».

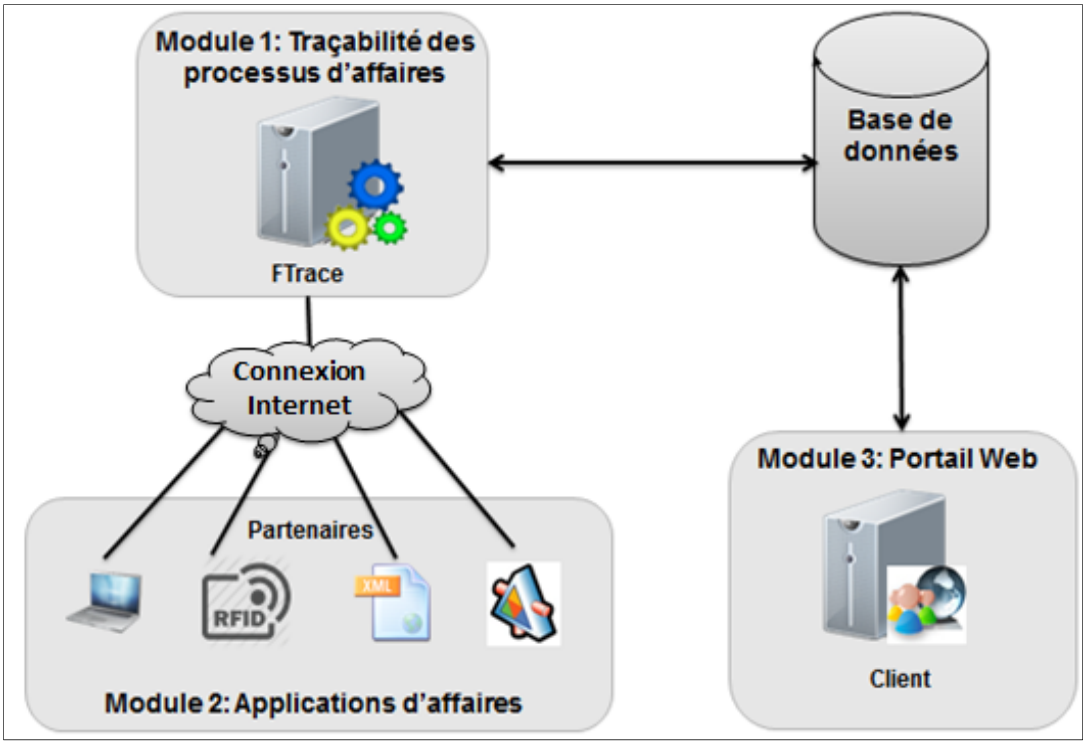


Figure 4.3 Système d'information et de communication de « FTrace »

4.4 Architecture TIC de « FTrace »

« Ftrace » est une architecture qui assure l'interopérabilité entre les acteurs forestiers. Elle peut connecter entre différents types de technologies (web services, RFID, fichiers XML, etc.). La figure 4.4 présente en détail l'architecture « FTrace » proposée. Cette architecture offre une solution de traçabilité fiable, évolutive et extensible. Elle offre deux avantages majeurs qui sont essentiels pour être implémentés dans le secteur forestier: d'une part la possibilité d'accepter et de gérer tous types d'outils et de l'autre, un système évolutif, où il est possible d'ajouter ou de retirer un acteur de la chaine d'approvisionnement. « FTrace » permet une traçabilité des produits du bois en temps réel et avec précision, dans la forêt comme à l'extérieur de celle-ci, chez les différents autres acteurs. Ensuite, elle utilise cette information pour prendre des décisions métier. Ces décisions aident à améliorer la flexibilité et la vitesse de la chaine d'approvisionnement.

L'architecture « FTrace » est composée des éléments suivants :

- la couche applicative;
- la couche d'extraction;
- le middleware;
- les données forestières;
- le portail web.

Dans ce qui suit, nous allons décrire chacun de ces composants.

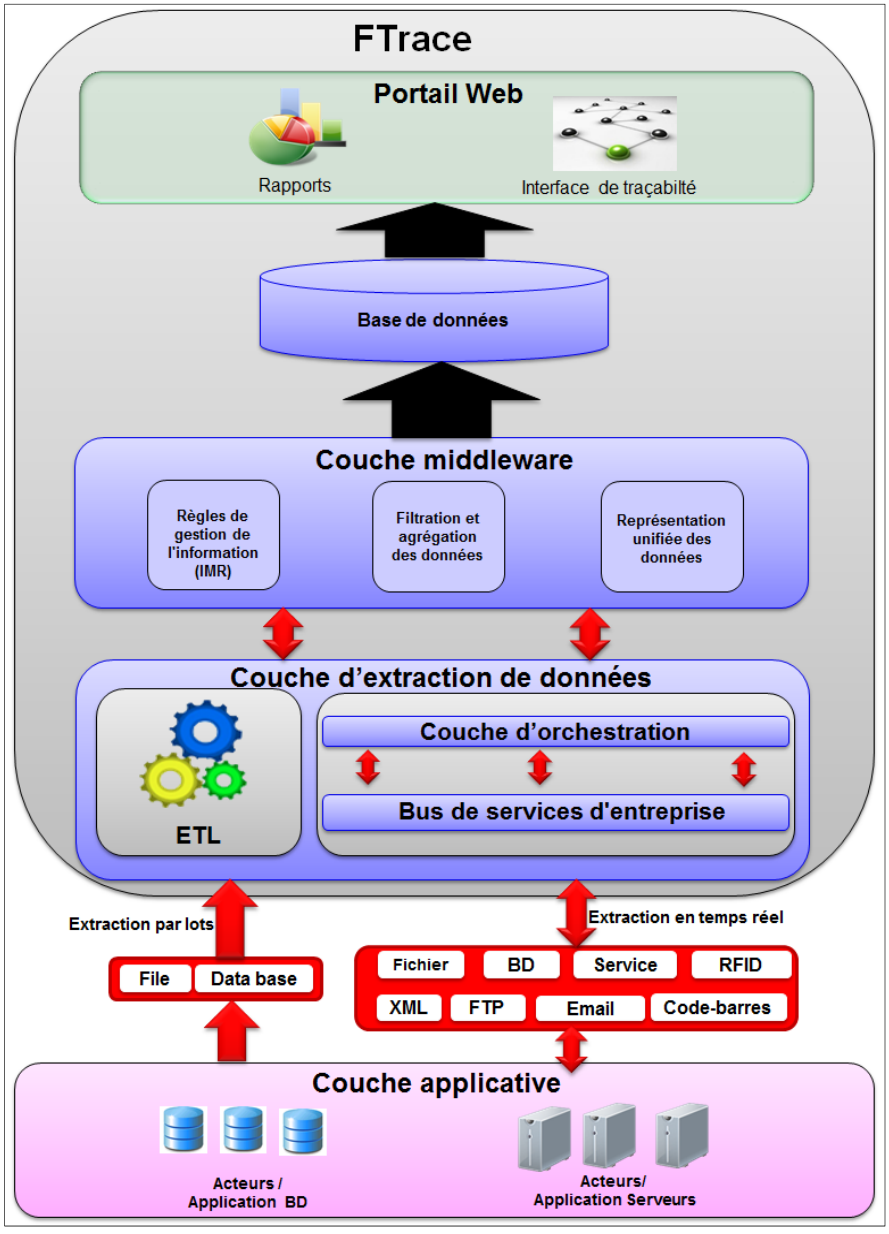


Figure 4.4 Architecture « FTrace »

4.4.1 La couche applicative

Cette composante décrit les applications métier utilisées par chaque partenaire forestier. Cette couche communique entre les autres composantes de « FTrace », afin de recueillir des informations de traçabilité. Nous pouvons définir deux méthodes pour recueillir les données: l'extraction en temps réel (en utilisant le serveur BizTalk) ou l'extraction par lots de données avec les services d'intégration des données ETL.

En effet « FTrace » peut se connecter aux applications d'affaires des acteurs forestiers à l'aide de différents types d'adaptateurs (service web, code-barres, tags RFID...) servant à l'extraction de l'information en temps réel. Également, « FTrace » peut se connecter directement à la base de données interne de chaque acteur pour l'extraction par lots de données. Dans la section qui suit, nous allons décrire plus en détail ces deux méthodes d'extraction de données.

4.4.2 La couche d'extraction des données

Cette couche permet l'intégration de chaque acteur dans l'architecture « FTrace ». Celle-ci offre deux méthodes d'extraction de données: l'extraction par lots et l'extraction en temps réel:

- *L'ETL (Extract-Transform-Load) :* est un processus visant à extraire des données depuis une source de système (fichiers, bases de données, etc.) et à les placer dans une autre base de données en suivant la logique d'extraction des données. Le rôle de l'ETL dans « FTrace » est d'extraire des données depuis les bases de données internes de chaque acteur et de les sauvegarder dans la base de données forestière générale de « FTrace ».

- *La couche d'orchestration :* orchestre et partage des données entre les acteurs forestiers. En effet, cette couche alimente la base de données avec des informations

de traçabilité recueillies tout au long du processus de la chaine d'approvisionnement forestière. Flexible, cette couche permet l'ajout ou la suppression d'un acteur dans la chaine d'approvisionnement forestière. En effet, chacun de ces acteurs possède une orchestration dépendante pour extraire des données et alimente la base de données de « FTrace » par des informations de traçabilité. Pour ajouter un nouvel acteur dans une chaine d'approvisionnement existante, il suffit de développer un nouveau processus d'orchestration et de l'intégrer dans le système TIC de traçabilité existant déjà développé.

- *L'ESB* (*Enterprise Service Bus) :* permet l'interopérabilité des applications existantes. C'est une approche flexible pour l'intégration qui ne requiert pas d'écrire de codes. Par exemple, dans cette couche, pour extraire des informations à partir d'un tag RFID, nous avons utilisé BizTalk RFID, qui orchestre des processus et partage des données RFID. BizTalk RFID permet de découvrir, de communiquer, de gérer et d'intégrer des tags RFID dans les applications utilisées par les différents acteurs forestiers.

4.4.3 Le middleware

La couche de middleware propose des fonctionnalités telles que le filtrage, l'intégration et la coordination des données. En effet, cette couche filtre intelligemment plusieurs ensembles de données résultant des multiples lectures des produits qui passent par plusieurs antennes, ou encore par les multiples applications d'affaires des différents acteurs. Cette couche est composée de trois blocs:

- *Les règles de gestion de l'information (IMR) :* définissent les besoins des clients en termes d'informations de traçabilité (implémentés via des fichiers XML). Le processus d'affaires est défini les IMR, afin d'offrir toutes les informations de traçabilité nécessaires.

Rapport-Gratuit.com

- *La représentation unifiée des données :* définit les attributs et la structure de la base de données en utilisant les normes PapiNet, StanForD et GS1. Cette couche définit le format des données (les propriétés du bois, les mesures, etc.), qui seront échangées par les acteurs forestiers.

- *La filtration et l'agrégation des données :* pour envoyer et afficher les informations de traçabilité nécessaires.

4.4.4 Les données forestières

La chaine d'approvisionnement forestière est un processus complexe. En fait, chaque acteur impliqué dans ce processus peut prendre des décisions indépendantes des autres. En outre, les caractéristiques et les mesures du bois recueillies sont diverses à chaque étape du processus. Ces attributs sont généralement consignés de façons variées, dans des bases de données appartenant à divers acteurs. L'hétérogénéité des attributs conduit à des problèmes de synchronisation en ce qui a trait aux informations échangées entre les acteurs forestiers. Ainsi, il existe un besoin réel d'un modèle de données unifiées pour la définition des termes dans la base de données du système de traçabilité de la chaine d'approvisionnement forestière.

Dans cette section, nous allons définir la structure du modèle de données forestières développé, en nous basant sur la structure des informations échangées définie à la section 4.2.3 et visant à assurer un échange d'information fiable et extensible entre les différents acteurs impliqués dans la chaine d'approvisionnement forestière. Ce modèle permet de capturer la séquence de procédés et des flux d'information afin de fournir un système de traçabilité fiable.

Pour définir notre modèle, de nombreuses activités réalisées sur des lots de bois ont eu lieu à différents points de la chaine d'approvisionnement forestière, tels que décrit ci-dessous:

- Mouvement : un lot de bois est déplacé d'un acteur de la chaine d'approvisionnement à l'autre. Par exemple, après la collecte de bois dans les dépôts de grumes, celui-ci est transporté à la scierie.

- Agrégation : un lot de bois est regroupé avec d'autres lots. Par exemple, à la scierie, le bois est scié et trié, puis transporté en lots au détaillant. Selon les spécifications de l'acheteur, le lot de bois vendu par le détaillant aux clients peut contenir des bois de plusieurs autres lots.

- Ségrégation : un lot de bois entrant est divisé en plusieurs lots de bois différents. Par exemple, un lot de bois est acheté d'un détaillant. Ce lot de bois peut être divisé et attribué pour la construction de plusieurs produits différents (fenêtre, table, etc.). Cela conduit à la ségrégation d'un lot de bois entrant.

- Stockage : un lot de bois peut être stocké pendant une certaine période de temps, ce qui provoque un changement de ses propriétés physiques ou chimiques. Par exemple, la teneur en eau peut varier pendant le stockage.

- Transformation : un lot de bois ou une partie de celui-ci peuvent être utilisés comme matières premières pour produire un produit.

- Destruction : un lot de bois ou une partie de celui-ci peuvent être détruits au cours d'une opération de traitement pour diverses raisons.

Le modèle proposé doit couvrir toutes les activités citées précédemment. La figure 4.5 décrit le modèle d'information forestière proposé. Pour définir un modèle évolutif, nous nous sommes basée sur les standards de communication de l'information StandForD, Papinet et GS1. De même, nous avons pris en considération des modèles fournis par l'entreprise avec laquelle nous avons collaboré, qui représentent un exemple d'échange d'information entre un « *Harvaster* » et un « *Transfer Yard* » (voir Annexe I).

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Dans le modèle proposé, nous définissons les informations nécessaires pour assurer la traçabilité du bois tout au long de la chaine d'approvisionnement forestière. La table *TrackingActivity* définit toutes les activités se produisant au long de la chaine de transformation. Cette table fait le lien entre le lot du produit et les différents acteurs forestiers, afin de capturer l'information nécessaire sur chaque produit.

« FTrace » produit un code d'identification unique pour chaque produit. De ce fait, les activités de production sont toutes liées au processus de production approprié pour ce code. De cette façon, les entrées et les sorties de toute activité de production peuvent être déterminées facilement. Par exemple après l'abattage de l'arbre, chaque grume est marquée par un code unique, qui est transmis par ondes radio à une base de données. Ce code comprend toutes les informations nécessaires: la taille, le diamètre, le type de grume, la date de la coupe, etc. Ces informations pourront ensuite être utilisées pour optimiser les différents processus de transformation, depuis la grume jusqu'aux plots et aux planches.

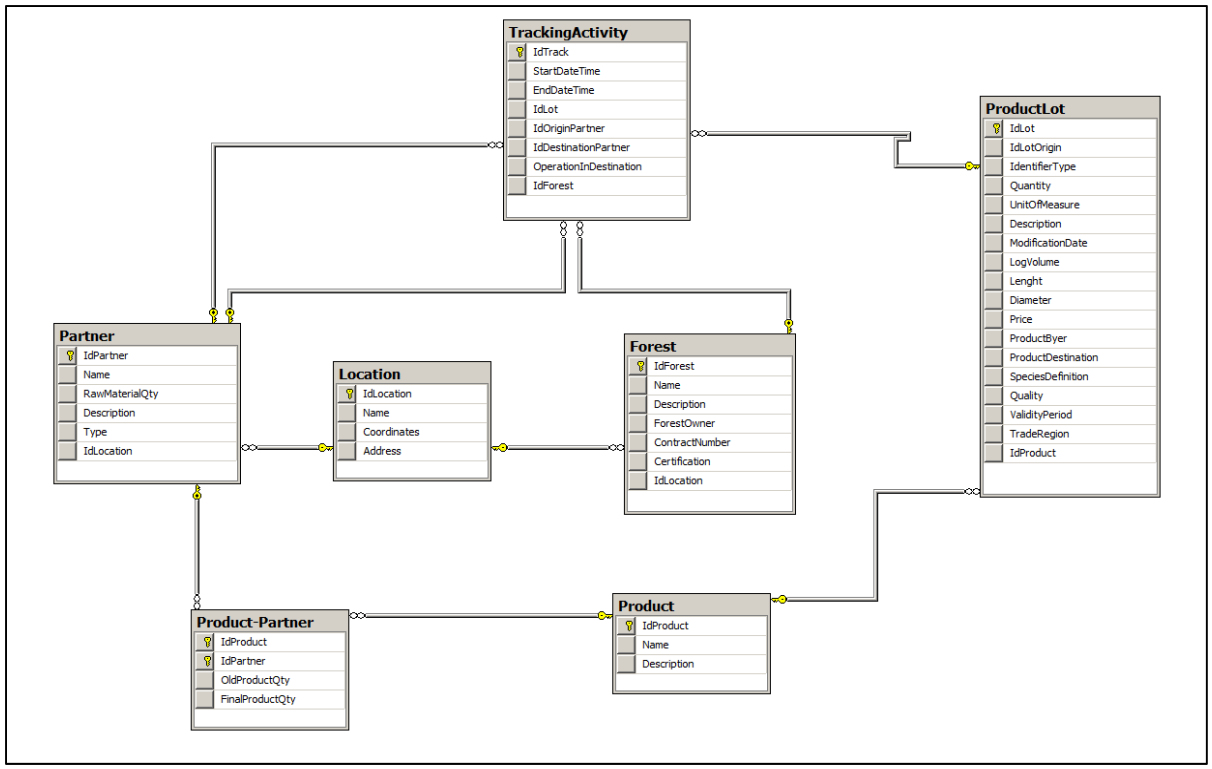


Figure 4.5 Structure d'information forestière

Un document XML est créé pour chaque action relative à un produit. Les éléments de base du standard défini comprennent l'identifiant de chaque produit, l'expéditeur et le récepteur d'informations, l'identification de l'unité de traçabilité et les relations de traçabilité. La figure 4.6 montre la structure de base d'un document XML pour l'acquisition de l'information sur les produits du bois. Les entités utilisées ici sont déjà définies dans le modèle de base de données illustré à la figure 4.5.

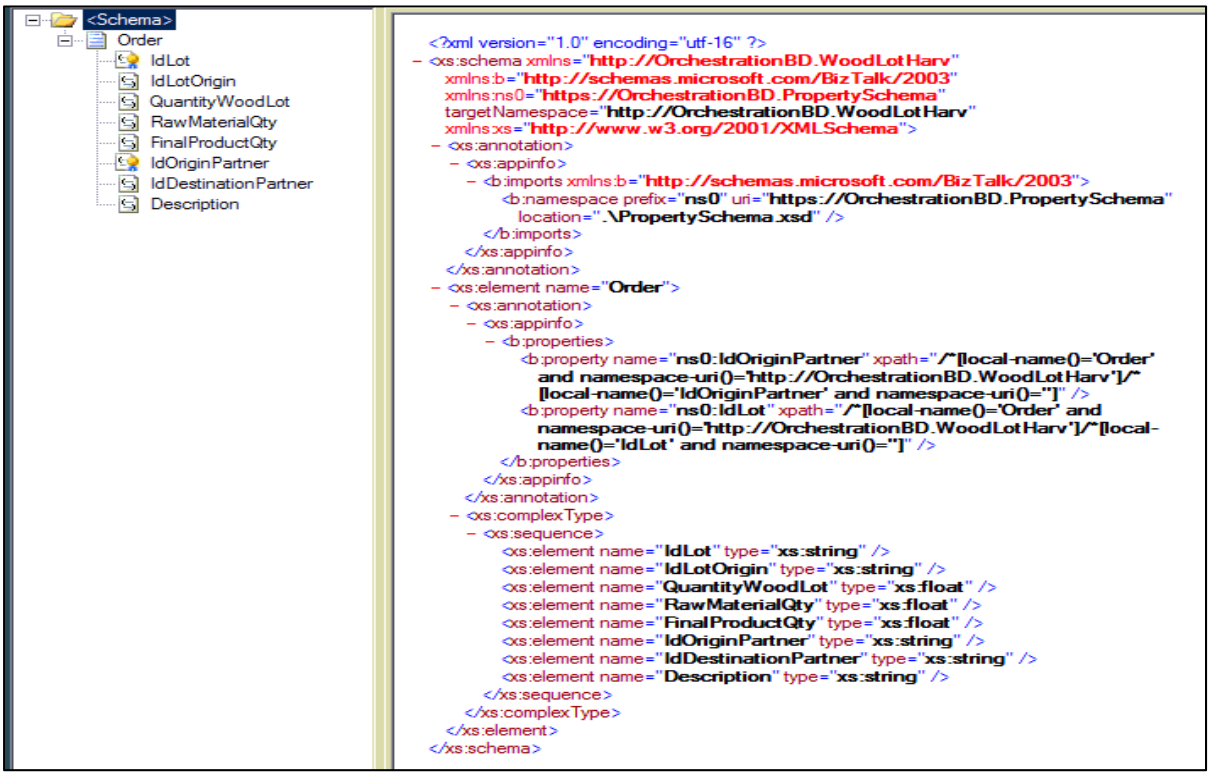


Figure 4.6 Structure de base d'un document XML

4.4.5 Le portail web

Le portail web fournit une vision globale des informations de traçabilité (la liste des acteurs, les forêts, les produits et leurs caractéristiques, etc.). Ainsi, elle offre un accès flexible pour les clients. En effet, il suffit à l'utilisateur de saisir l'identifiant du produit dans l'interface appropriée pour que toutes les informations de traçabilité soient accessibles à l'utilisateur (depuis la création du produit jusqu'au moment où il veut en faire le suivi).

4.5 Conclusion

Au cours de ce chapitre, nous avons défini le cadre de la recherche et présenté l'architecture « FTrace » proposée pour répondre à la problématique de traçabilité forestière. En vue de s'assurer du bon fonctionnement de « FTrace », une approche de validation a été mise en œuvre, qui fait l'objet du prochain chapitre.

CHAPITRE 5

PROTOTYPAGE DU SYSTÈME DE TRAÇABILITÉ

5.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous entamons la quatrième phase de la méthodologie, soit celle du prototypage de l'approche proposée. Au cours de cette phase, nous décrivons le prototype qui implémente l'architecture de traçabilité « FTrace » mise à l'essai. Nous allons commencer par la conception du prototype, pour ensuite décrire les principales étapes de sa réalisation.

5.2 Conception de l'application de traçabilité

Le formalisme que nous utilisons pour modéliser le prototype à développer se base sur le langage UML (*Unified Modeling Language*). Le langage UML « se définit comme un langage de modélisation graphique et textuel destiné à comprendre et décrire des besoins, spécifier et documenter des systèmes, esquisser des architectures logicielles, concevoir des solutions et communiquer des points de vue. UML unifie à la fois les notations et les concepts orientés objet. Il ne s'agit pas d'une simple notation, mais les concepts transmis par un diagramme ont une sémantique précise et sont porteurs de sens au même titre que les mots d'un langage. UML a une dimension symbolique et ouvre une nouvelle voie d'échange de visions systématiques précises. Ce langage est certes issu du développement logiciel, mais pourrait être appliqué à toute science fondée sur la description d'un système. Dans l'immédiat, UML intéresse fortement les spécialistes de l'ingénierie système. » (Roques et Vallée, 2007).

5.2.1 Diagramme de séquence

Un diagramme de séquence est conçu pour montrer l'échange d'information dans la chaine d'approvisionnement forestière lorsqu'un utilisateur demande des informations supplémentaires sur un produit donné. La figure 5.1 montre un diagramme de séquence UML

décrivant les interactions réelles effectuées entre les acteurs de la chaine d'approvisionnement, le client et le système « FTrace » que nous proposons.

Tout d'abord, le client définit les informations de traçabilité qui leur sont nécessaires. Afin de recueillir des informations de traçabilité (pour chaque produit en stock), les acteurs engagés dans la chaine d'approvisionnement forestière envoient l'information de traçabilité au système « FTrace » via une connexion Internet. Enfin, le portail web affiche des informations de traçabilité depuis « FTrace », comme une réponse spécifique à une demande du client.

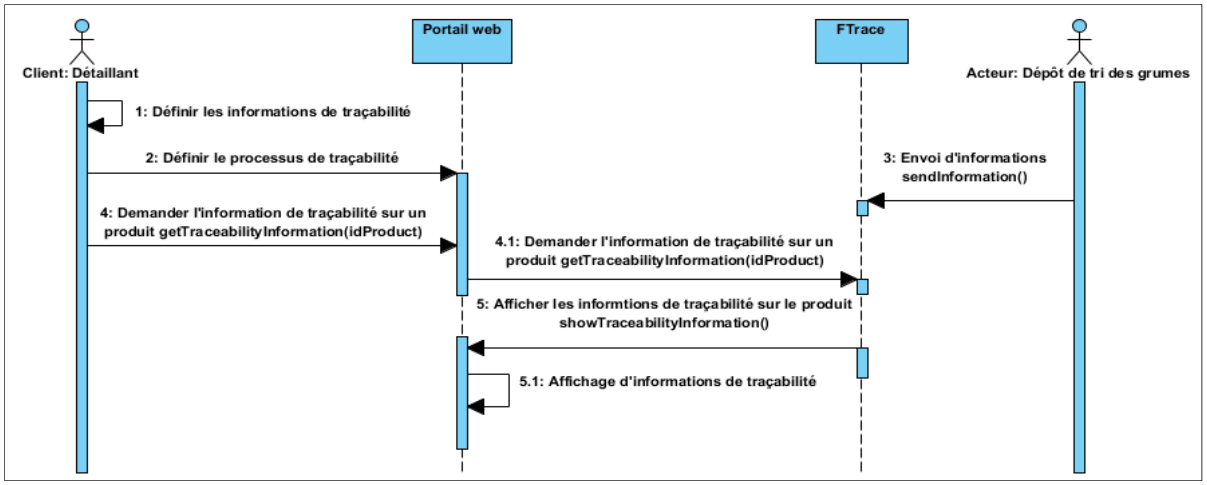


Figure 5.1 Diagramme de séquence UML de traçabilité dans le secteur forestier – Exemple de définition de scénario

5.2.2 Diagramme de paquetage

La représentation par diagramme de paquetage sert à définir et représenter les liaisons entre les différents paquetages que contient le système que nous avons conçu. La représentation illustrée à la figure 5.2 montre que notre système de traçabilité est décomposé en différents éléments nommés paquetages, chacun réalisant une fonctionnalité bien déterminée. Nous trouvons dans ce schéma les quatre principaux paquetages de notre système:

- **Paquetage de traçabilité :** ce paquetage contient quatre principaux sous-paquetages :

    - **Paquetage d'extraction :** ce paquetage permet d'extraire les informations sur le produit du bois à partir des différents acteurs.

    - **Paquetage de filtration :** ce paquetage permet de filtrer les données extraites chez plusieurs acteurs, puis de les envoyer au portail web pour afficher les informations de traçabilité.

    - **Paquetage de structuration de données :** ce paquetage permet de définir une structure standard des données de traçabilité dans des fichiers XML. Ces fichiers contiennent la structure des informations et des activités qui vont jouer le rôle de points de contrôle dans le processus de traçabilité.

    - **Paquetage de stockage de données :** ce paquetage permet de stocker les données extraites dans une base de données.

- **Paquetage d'orchestration :** ce paquetage permet d'orchestrer le processus métier à l'aide du serveur BizTalk.

- **Paquetage d'affichage de données :** ce paquetage permet d'afficher les données de traçabilité aux clients.

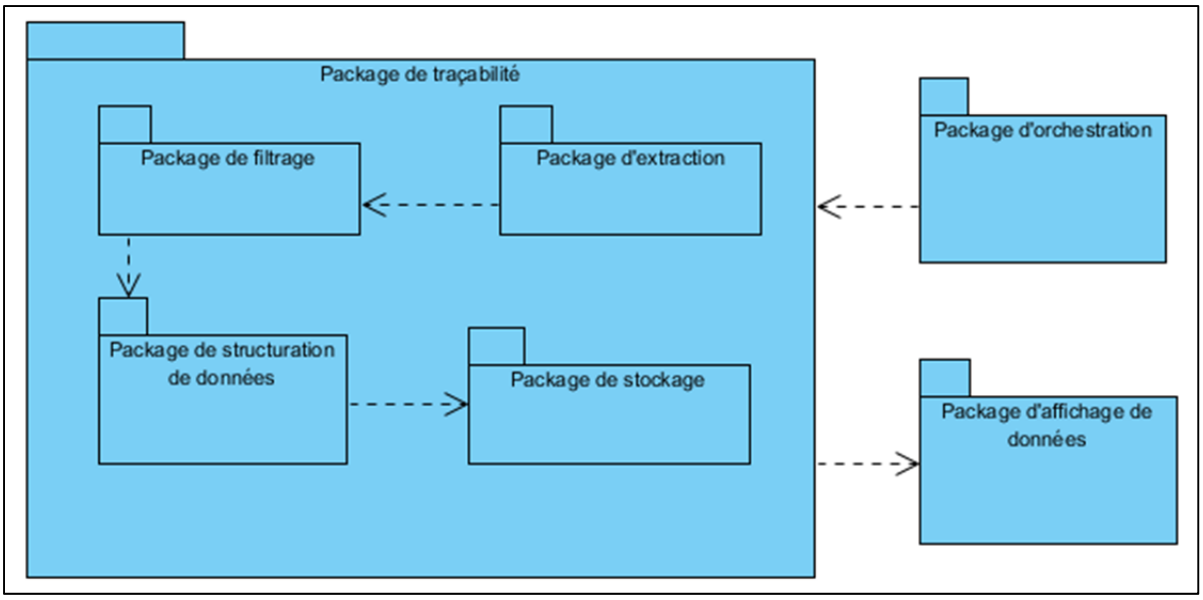


Figure 5.2 Diagramme de paquetage

5.2.3 Diagramme de déploiement

Le diagramme de déploiement, illustré par la figure 5.3, présente une vue générale des différentes parties du système. Il montre d'une façon plus explicite le fonctionnement de notre solution. Le schéma suivant illustre les différents modules de notre système.

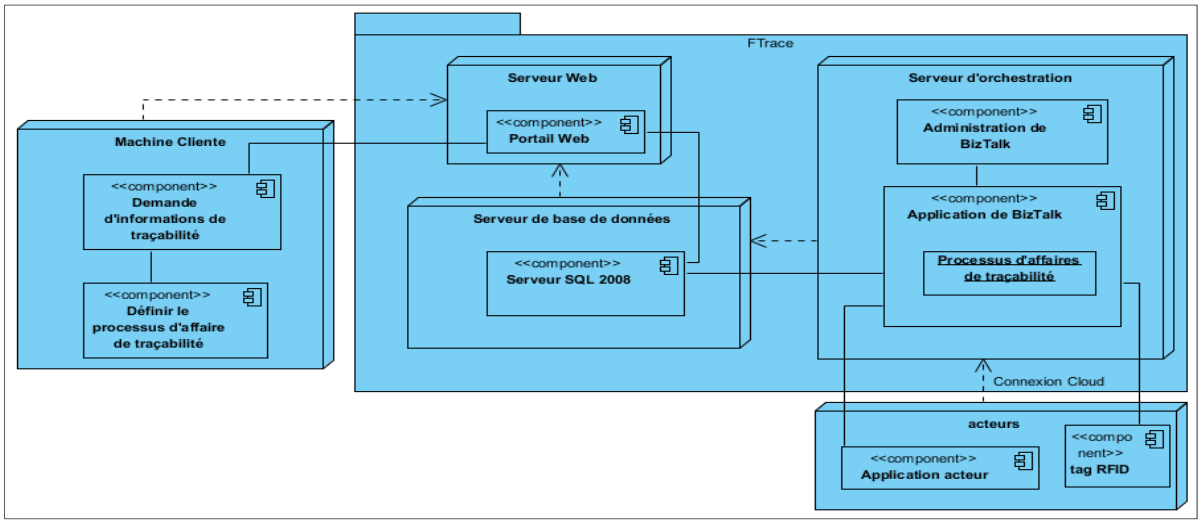


Figure 5.3 Diagramme de déploiement

5.3 Principales étapes de la réalisation

5.3.1 Architecture matérielle

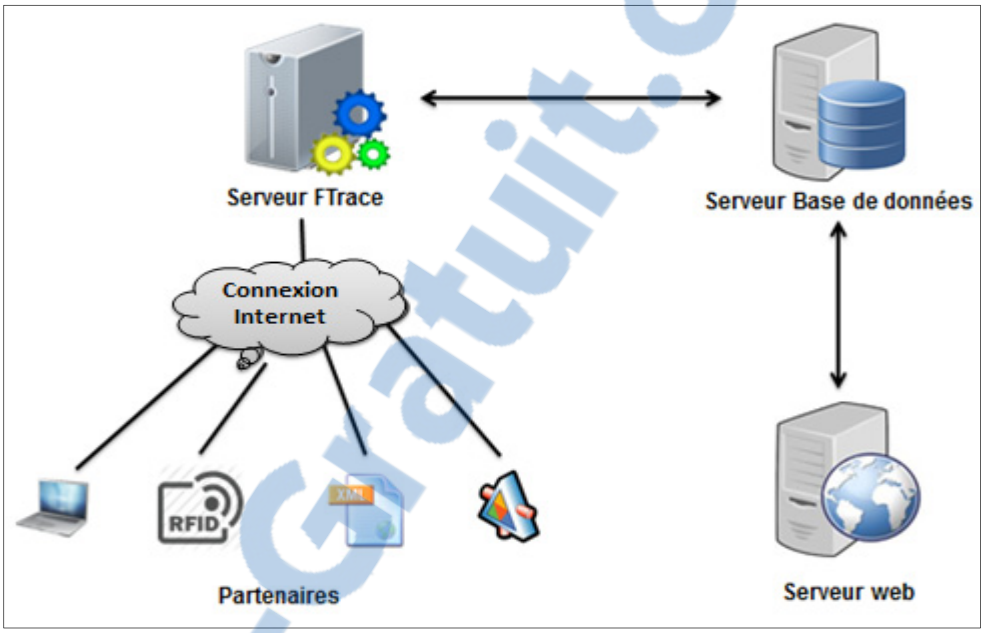


Figure 5.4 Architecture matérielle de la solution

Comme le montre la figure ci-dessus, le serveur de traçabilité « FTrace », sur lequel est installé le serveur Biztalk, est relié par une connexion Internet assurant une communication sécurisée entre les différentes partenaires. « FTrace » peut se connecter avec différentes technologies de capture de données (services web, code-barres, lecteur RFID, fichiers XML, etc.) pour assurer l'interopérabilité et l'intégration des systèmes utilisés par les acteurs forestiers.

Le serveur « FTrace » sauvegarde les activités et les informations de traçabilité chez les acteurs forestiers, puis les stocke dans une base de données pour enfin les afficher au client via le portail web. L'architecture proposée a été implémentée et testée dans un scénario de cas réel.

Rapport-Gratuit.com

5.3.2 Phase de développement de la couche applicative

« FTrace » est un système interopérable: il peut se connecter avec différentes technologies de capture de données. Dans ce prototype, nous avons développé en .Net des applications qui simulent les activités des acteurs forestiers pour communiquer avec le système « FTrace » à l'aide des fichiers XML. Ces applications sont mises en œuvre à différents nœuds du processus forestier, afin de recueillir des informations de traçabilité depuis les différents acteurs participant au processus de transformation du bois.

La figure 5.5 décrit l'interface de l'application d'affaires de l'acteur « dépôt de tri de grumes ». Cette interface présente les informations nécessaires au suivi des activités de cet acteur. En cliquant sur le bouton « Procédé », un fichier XML (figure 4.6) contenant cette information sera envoyé au système « FTrace » pour être traité. L'information traitée sera alors disponible pour le client, qui pourra accéder à des informations spécifiques sur l'origine (nom de certification attribué, nom de la forêt d'origine, nom des acteurs participants à la transformation du produit, etc.).

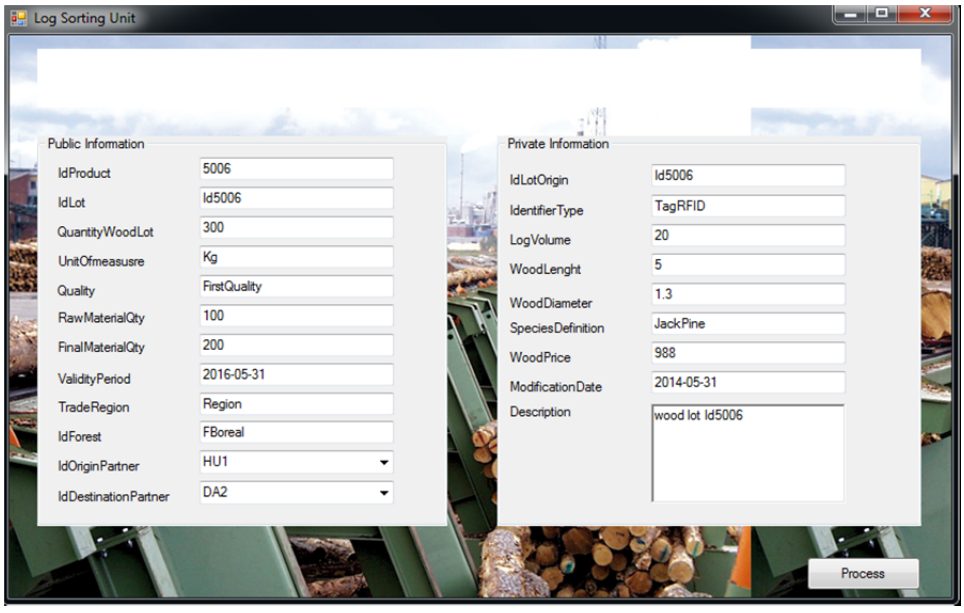


Figure 5.5 Exemple d'application d'affaires d'un acteur forestier

5.3.3 Phase de développement de la couche d'extraction de données

Afin d'échanger des informations entre des acteurs de la chaine d'approvisionnement qui sont géographiquement éloignés, nous proposons une solution de traçabilité interopérable équipée d'une connexion Internet. Nous utilisons BizTalk comme serveur d'orchestration pour assurer les fonctionnalités citées précédemment. BizTalk fournit une connexion entre les informations du processus et l'information sur le produit. Grâce à l'utilisation de BizTalk, le système est alimenté automatiquement et en temps réel par des données fiables. La figure 5.6 présente un exemple d'orchestration de processus d'affaires de traçabilité en utilisant le serveur BizTalk.

Cette figure décrit les messages échangés entre les acteurs de la chaine d'approvisionnement forestière (l'acteur « dépôt de tri de grumes » dans ce cas) et le système « FTrace ». Pour offrir un système évolutif, nous pouvons facilement gérer, ajouter ou supprimer un ou plusieurs acteurs. Par exemple, pour ajouter un nouveau type d'acteur dans la chaine d'approvisionnement forestière, il suffit d'ajouter une nouvelle orchestration (comme illustré à la figure 5.6) et de la connecter au système TIC de traçabilité déjà en place.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

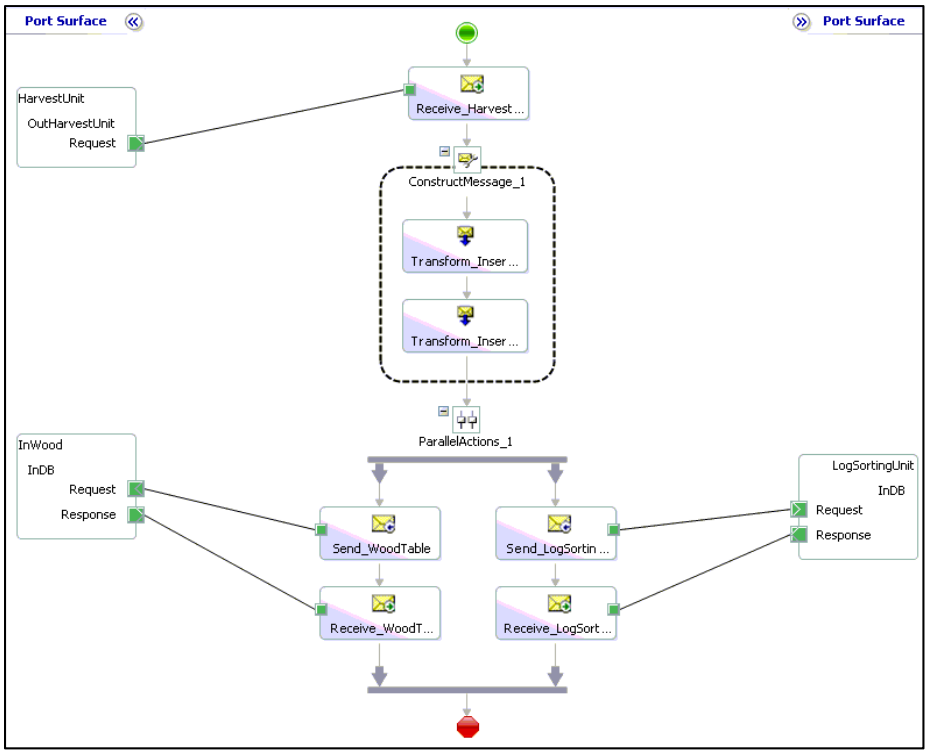


Figure 5.6 Exemple d'orchestration de processus de traçabilité

5.3.4 Phase de développement de la couche middleware

Dans la couche de middleware, nous avons développé des fonctions de filtrage, d'intégration et de coordination des données. Cette couche est composée principalement des trois couches suivantes :

- Les règles de gestion de l'information (IMR): des fichiers XML seront définis pour implémenter les besoins des clients en termes d'informations de traçabilité. Le processus d'affaires est défini par l'IMR, afin d'offrir toutes les informations de traçabilité nécessaire. Cette couche inclut aussi la gestion du processus de transformation de produit. Elle permet la gestion de l'identification de lots, de sous-lots, de palettes ou de bois inclus dans ce sous-lot et permet de remonter l'information jusqu'à l'origine du produit. Si, par exemple, un fournisseur veut savoir l'origine du lot reçu dans une commande, cette couche permet de lui offrir tout le processus de

transformation de produit. En plus, elle offre de l'information sur la certification du bois avec lequel ce produit est construit. Enfin, elle indique dans quelle forêt d'origine est abattu le bois.

- La représentation unifiée des données: nous avons développé un standard pour structurer l'information échangée entre les acteurs forestiers et fournir des informations de traçabilité fiables sur le produit finalement construit. Ce standard se base sur les normes PapiNet, StanForD et GS1. De plus, le centre de recherche avec lequel nous avons collaboré nous a offert des documents donnant une idée des types d'information échangés tout au long de la chaine de production forestière (voir l'annexe I). Nous avons donc classifié les informations échangées en deux catégories: les informations privées et les informations publiques, comme illustré à la figure 4.2.

- Filtration et agrégation des données: nous avons développé des fonctions de filtrage et d'agrégation pour filtrer les données extraites chez plusieurs acteurs puis envoyées au portail web affichant les informations de traçabilité nécessaires selon les options choisies par le client.

5.3.5 Phase de développement du portail web

Pour voir d'une manière conviviale les informations de traçabilité, le client peut consulter un portail web. Ce portail web reçoit des requêtes depuis le système « FTrace » pour afficher des informations de traçabilité fiable, comme le montre la figure 5.7. Le portail web est responsable de présenter les données de traçabilité au le client selon différentes vues, selon un standard défini à l'avance.

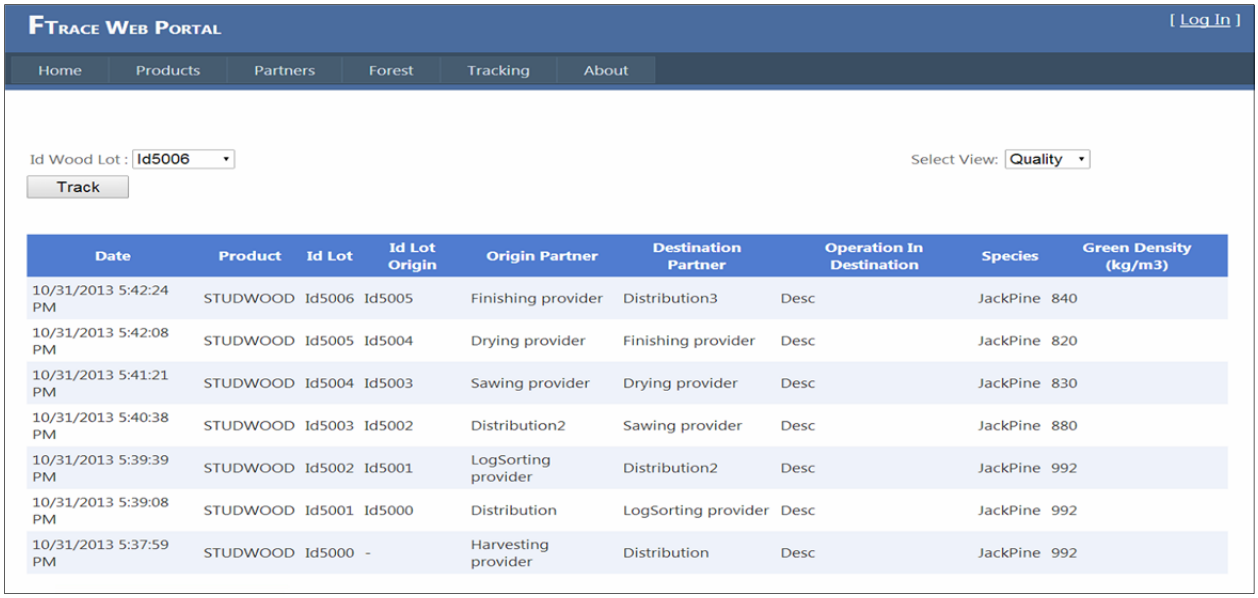


Figure 5.7 Portail web de « FTrace »

5.3.6 Généricité du système

Jusqu'à présent, nous n'avons illustré que le cas d'application du système proposé dans le domaine forestier. La question qui se pose à ce niveau est de savoir quels seront les changements à faire si nous voulons utiliser le même système dans un autre domaine, l'agroalimentaire par exemple.

En effet, le système « FTrace » proposé est assez générique pour être utilisé dans n'importe quel domaine, sans l'ajout de la moindre ligne de code. En effet, il suffit de définir :

- Les acteurs impliqués dans la chaine de production agroalimentaire : spécifier le processus métier que nous voulons et suivre son exécution;
- La méthode d'identification du produit à tracer;
- Les informations échangées entre les acteurs pour les impliquer au standard de représentation d'information de traçabilité : choisir les activités et les informations à tracer.

Suite à cela, il suffit de générer pour chaque acteur une orchestration BizTalk, puis de mettre en marche le processus de traçabilité pour l'extraction, le stockage et l'analyse des données.

« FTrace » est testé en laboratoire (un cas réel pour le domaine forestier) et peut être implémenté sur N études de cas réels (à établir) pour couvrir d'autres domaines d'application (l'agroalimentaire, la pharmaceutique, le marché du textile, etc.).

5.4 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté le prototypage de la solution proposée, au cours duquel a eu lieu la conception de l'approche. Par la suite nous avons décrit les différentes étapes pour réaliser le système de traçabilité « FTrace ».

CONCLUSION

Le principal objectif de ce mémoire était de définir une approche opérationnelle, évolutive et interopérable pour implémenter un système d'information de traçabilité du bois de la forêt au consommateur final, en utilisant des technologies de capture de données et d'identification automatique.

Pour atteindre cet objectif, une démarche méthodologique issue de la science de la conception nous a permis de concevoir le système d'information de traçabilité attendu. Cette démarche débute par la définition de la structure des données échangées entre les différents acteurs forestiers dans le but d'en produire une représentation standardisée. Ensuite a été définie une architecture de traçabilité évolutive et interopérable appelée FTrace, qui assure le suivi en temps réel du processus de transformation du bois, et ce afin de garantir l'accès à des informations fiables. Enfin a été géré le flux des données acquises auprès de partenaires, afin d'assurer l'intégration et l'échange d'information avec les applications métiers.

L'architecture de traçabilité proposée permettra aux acteurs suivant un parcours de traçabilité d'accéder à de nouveaux marchés, en particulier si les clients imposent l'utilisation de tout type de certification. Ainsi, les fournisseurs doivent fournir la preuve que leurs produits sont certifiés, sous la forme d'un certificat de chaine de traçabilité (CoC). Cela signifie que les produits du fournisseur ont été fabriqués à partir de bois provenant de « forêts bien gérées ».

Un autre avantage d'implémenter un système de traçabilité dans le secteur forestier est que l'information recueillie pourrait aider les entreprises à optimiser leur chaine de valeur, en se basant sur une meilleure gestion des flux de transport des matières premières, en conservant le bon inventaire au meilleur endroit.

La solution proposée augmente la collaboration entre les différents acteurs de la chaine d'approvisionnement grâce au suivi de l'exécution des processus d'affaires, à l'orchestration des différents fournisseurs et à l'intégration des différentes applications informatiques

utilisées tout au long du processus de transformation du bois. En effet pour un client qui achète du bois, FTrace offre une connexion de son système d'information aux systèmes de ses fournisseurs et une utilisation d'un standard pour communiquer avec ses fournisseurs afin d'avoir une plus grande transparence sur sa chaîne d'approvisionnement.

L'approche proposée permet la correspondance de la matière première au produit fini, ce qui améliore la qualité de ce dernier et offre une meilleure maîtrise de la consommation de la forêt, tout en réduisant son impact environnemental. L'architecture proposée est basée sur un système générique; elle peut être utilisée dans d'autres domaines d'application (santé, alimentation, etc.) en définissant d'autres chaines logistiques et d'autres structures d'information.

En vue de tester le fonctionnement de l'architecture proposée, nous avons appliqué cette dernière sur un cas d'étude réel. Cela nous a permis de dégager quelques recommandations pour des travaux futurs, qui permettraient d'améliorer l'approche proposée:

- Dans ce projet, et en ce qui a trait à l'extraction de données, nous avons testé deux adaptateurs pour communiquer avec la couche d'application (le fichier XML et les tags RFID). Dans le futur, nous pourrions ajouter d'autres adaptateurs, tels que les services web et le code-barres;

- Dans ce projet, un modèle unifié de représentation des données primitives est proposé, sur la base de trois standards de communication: GS1, Papinet et StanForD. Comme recherche future, une spécification plus précise de la représentation de données devrait être faite, afin de garantir la disponibilité de l'information nécessaire aux fins de certification;

- L'approche proposée est basée sur un système d'information centralisé. Les informations collectées depuis les différents partenaires sont sauvegardées dans une base de données centralisée, puis les données sont affichées au consommateur. Cette

approche comporte des limites et des avantages. Son principal avantage est de garantir l'unicité de l'information et le contrôle de son intégrité à travers la mise en place d'un référentiel global, ce qui est essentiel pour une traçabilité légale. Cependant, pour interagir entre des partenaires répartis géographiquement, cela nécessite un dimensionnement précis de la bande passante pour éviter le problème de congestion des données. Comme travail futur, nous pourrions orienter l'approche proposée vers une architecture décentralisée, basée sur une structure flexible et adaptable, qui interagit avec les consommateurs à la demande et permet d'adapter la production des usines aux ressources disponibles et aux nouveaux besoins. Ainsi l'abattage, la transformation du bois et la production seraient adaptés en fonction de la consommation du marché et non pas de façon aléatoire;

- Nous recommandons d'implanter des technologies d'avant-garde pour minimiser les coûts d'exploitation (des technologies d'identification, des systèmes d'information pour chaque acteur forestier pour communiquer l'information, etc.);

- Nous recommandons de mener des analyses poussées portant sur la qualité des données échangées, par exemple en définissant des méthodes pour classer automatiquement les données selon les catégories suivants : données inexploitables, données doublons, données fausses, niveau de qualité des données, données non conformes, etc. Ces analyses se révèlent intéressantes pour améliorer la qualité des données, pour construire un système décisionnel et pour mesurer, par exemple, le niveau d'obsolescence des données pour le client.

Rapport-Gratuit.com

ANNEXE I

EXEMPLE DE DONNÉES ÉCHANGÉES DANS LA CHAINE DE PRODUCTION FORESTIÈRE

La figure ci-dessous représente des informations échangées entre les acteurs « *Cutblock* » et « *Transfer yards* », qui sont :

- l'unité de gestion;
- le numéro du bloc de coupe;
- le format (palettes ou grumes);
- la longueur de grume;
- l'espèce;
- le volume du bois;
- le partenaire de destination.

	Management Unit	Allocation	Cut block	Species	Format	Name	Length/log (m)	Volume/stem (m³/stem)	Volume (m³/ha)	Volume (m³)	Destination
2	Unknown territory	Mill Yard	GPA_02	Other softwood	Logs	Pulp 16'	$5,01	$0,12	$1,74	$17 353,07	Transfer yard: Mill Yard
3	Unknown territory	Mill Yard	GPA_03	Other softwood	Logs	Pulp 16'	$5,01	$0,12	$0,35	$3 470,24	Transfer yard: Mill Yard
4	Unknown territory	Mill Yard	GPA_04	Other softwood	Logs	Pulp 16'	$5,01	$0,12	$3,25	$32 528,66	Transfer yard: Mill Yard
5	Unknown territory	Mill Yard	GPA_05	Other softwood	Logs	Pulp 16'	$5,01	$0,12	$2,87	$28 714,90	Transfer yard: Mill Yard
6	Unknown territory	Mill Yard	GPA_06	Other softwood	Logs	Pulp 16'	$5,01	$0,12	$2,64	$26 391,20	Transfer yard: Mill Yard
7	Unknown territory	Mill Yard	GPA_08	Other softwood	Logs	Pulp 16'	$5,01	$0,12	$6,65	$66 514,61	Transfer yard: Mill Yard
8	Unknown territory	Mill Yard	GPA_09	Other softwood	Logs	Pulp 16'	$5,01	$0,12	$0,70	$7 002,14	Transfer yard: Mill Yard
9	Unknown territory	Mill Yard	GPA_10	Other softwood	Logs	Pulp 16'	$5,01	$0,12	$1,10	$10 965,66	Transfer yard: Mill Yard
10	Unknown territory	Halfway House	GPA_13	Other softwood	Logs	Pulp 16'	$5,01	$0,12	$0,87	$8 692,35	Transfer yard: Halfway House
11	Unknown territory	912165	GPA_14	Other softwood	Logs	Pulp 16'	$5,01	$0,12	$2,61	$26 135,37	Transfer yard: 912165
12	Unknown territory	912165	GPA_17	Other softwood	Logs	Pulp 16'	$5,01	$0,12	$0,94	$9 352,19	Transfer yard: 912165
13	Unknown territory	Mill Yard	U01	Other softwood	Logs	Pulp 16'	$5,01	$0,12	$2,34	$23 379,91	Transfer yard: Mill Yard
14	Unknown territory	Halfway House	U07	Other softwood	Logs	Pulp 16'	$5,01	$0,12	$3,35	$33 529,77	Transfer yard: Halfway House
15	Unknown territory	Halfway House	U11	Other softwood	Logs	Pulp 16'	$5,01	$0,12	$3,63	$36 263,77	Transfer yard: Halfway House
16	Unknown territory	Halfway House	U12	Other softwood	Logs	Pulp 16'	$5,01	$0,12	$0,98	$9 749,77	Transfer yard: Halfway House
17	Unknown territory	Halfway House	U16	Other softwood	Logs	Pulp 16'	$5,01	$0,12	$0,93	$9 249,85	Transfer yard: Halfway House
18	Unknown territory	Halfway House	U17	Other softwood	Logs	Pulp 16'	$5,01	$0,12	$1,58	$15 839,24	Transfer yard: Halfway House

Figure - A I-1 Exemple d'informations échangées entre les acteurs « *Cutblock* » et « *Transfer yards* »

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

La figure ci-dessous représente des informations échangées entre les acteurs « *Transfer yards* » et « *PA pulp mill* », qui sont :

- l'identifiant de lot d'origine;
- le type d'identificateur;
- le format (palettes ou grumes);
- la quantité;
- l'identifiant partenaire de destination;
- l'identifiant du transporteur;
- le chargement, le déchargement et le temps d'attente (h)

Origin	Type	Name	Format	Quantity	Destination	Loader	Transport	Bulk factor (%)	Loading, unloading,
912165	Transfer yard	SawLog Tree lenght	Chips	556,536.2 m³	Pulp and paper: PA	<No loader>	Super B Train (Chips)	37	1.00
912165	Transfer yard	Pulp 16'	Chips	35,487.6 m³	Pulp and paper: PA	<No loader>	Super B Train (Chips)	37	1.00
Big River	Multimodal transfer	SawLog Tree lenght	Logs	98,736.6 m³	Pulp and paper: PA	<No loader>	Super B Train (wood)	N/A	1.25
Big River	Multimodal transfer	Pulp 16'	Logs	113,079.4 m³	Pulp and paper: PA	<No loader>	Super B Train (wood)	N/A	1.25
Halfway House	Transfer yard	SawLog Tree lenght	Chips	182,924.9 m³	Pulp and paper: PA	<No loader>	Super B Train (Chips)	37	1.00
Halfway House	Transfer yard	Pulp 16'	Chips	378,280.4 m³	Pulp and paper: PA	<No loader>	Super B Train (Chips)	37	1.00
Mill Yard	Transfer yard	Pulp 16'	Chips	503,152.6 m³	Pulp and paper: PA	<No loader>	Super B Train (Chips)	37	1.00
Mill Yard	Transfer yard	SawLog Tree lenght	Chips	61,802.3 m³	Pulp and paper: PA	<No loader>	Super B Train (Chips)	37	1.00
PA Pulp	Pulp and paper	Pulp 16'	Chips	916,920.6 m³	<No destination>	<No loader>	Super B Train (Chips)	37	1.00
PA Pulp	Pulp and paper	SawLog Tree lenght	Chips	801,263.4 m³	<No destination>	<No loader>	Super B Train (Chips)	37	1.00
PA Pulp	Pulp and paper	Pulp 16'	Logs	113,079.4 m³	<No destination>	<No loader>	Super B Train (wood)	N/A	1.25
PA Pulp	Pulp and paper	SawLog Tree lenght	Logs	98,736.6 m³	<No destination>	<No loader>	Super B Train (wood)	N/A	1.25

Figure - A I-2 Exemple d'informations échangées entre les acteurs « *Transfer yards* » et « *PA pulp mill* »

ANNEXE II

ENVIRONNEMENT DE TRAVAIL

Dans cette partie, nous allons présenter l'ensemble des outils techniques que nous avons utilisés tout au long de ce projet, ainsi que les choix que nous avons faits en ce qui concerne les environnements logiciel et matériel.

Environnement logiciel :

Nous allons maintenant présenter les différents choix logiciels qui ont été maintenus tout au long de la phase de développement du prototype de traçabilité. Les choix que nous avons faits sont les suivants :

- La plateforme .Net (avec le langage VB) comme langage de développement et les potentialités de XML pour l'échange de flux et de données entre les applications;
- Microsoft Visual Studio 2010, qui offre une plateforme simple de développement d'application .Net;
- SQL Server 2008 comme SGBD;
- BizTalk server 2010 comme serveur d'orchestration;
- Visual Paradigm for UML 10 .0 comme éditeur UML.

Environnement matériel :

Le développement se passe sur :

- Une machine serveur pour la base de données, dans laquelle nous avons enregistré les données qui vont servir pour la traçabilité. Ses caractéristiques sont :
    - Processeur Intel Core i7
    - Mémoire RAM de 12 GO
    - Disque dur de 12 Tera
    - Système d'exploitation : Windows Server 2008 R2

- Une machine pour le serveur FTrace, dans laquelle nous avons installé et déployé le serveur d'orchestration « BizTalk » pour orchestrer les différentes instances de l'application de traçabilité. Ses caractéristiques sont :
    - Processeur Intel Core i7
    - Mémoire RAM de 12 GO
    - Disque dur de 12 Tera
    - Système d'exploitation : Windows Server 2008 R2
- Un serveur web dont les caractéristiques sont les suivantes :
    - Processeur Core i7 2.8 GHz
    - Mémoire RAM de 4 Go
    - Disque dur de capacité 1Tera
    - Système d'exploitation : Windows 7
- Un ordinateur sur lequel nous avons implémenté le simulateur d'une application d'un acteur impliqué à la chaine d'approvisionnement forestier, qui se caractérise principalement par:
    - Processeur Intel Core i7
    - Mémoire RAM de 4 GO
    - Disque dur de 1 Tera

ANNEXE III

ARTICLE

Proceedings of the 2014 Industrial and Systems Engineering Research Conference Y. Guan and H. Liao, eds.

Forestry Wood Supply Chain Information System Using RFID Technology

Fatma Mtibaa
École de technologie supérieure, Montreal, Canada

Amin Chaabane
École de technologie supérieure, Montreal, Canada

Abstract

Radio Frequency Identification (RFID) is an enabling technology that promises to create value through greater visibility in the forestry wood value chain network, higher product velocity, more efficient transportation management, improved quality control, and reduced human error. However, it is still not clear how these objectives can be fully achieved. In this paper, we propose a real time tracking architecture for implementing a traceability system in the forestry wood supply chain based on RFID technology. The proposed architecture will help some specific partners in the value chain to track the origin of wood, control information of raw material utilization, trace transformation and production progress and track the transportation process. The proposed architecture will also provide managers with meaningful information allowing them to track and trace wood at different process stages (cutting tree, collecting wood, production, sales, etc.) to achieve a more competitive advantage. The proposed solution is validated in the Canadian forestry context and demonstrates the additional value of creating a sustainable wood value chain.

Keywords

Traceability, RFID, Forest Supply Chain

1. Introduction

In forestry, the wood is treated generally as raw materials and it is graded at the final stages of production. Significant savings can be achieved if the right quantity, type, and quality of wood are available for the final product that is best adapted for so that unnecessary decommissioning is minimized and the yield of the desired product is maximized. Better overall control of the information and material flows might optimize the efficiency of production in the forestry network and minimize environmental impact (Hakli *et al.*, 2010). The key for implementing this control is the identification and traceability of the wood products through the value chain. As an example, the Chain of Custody (CoC) certification for forest and wood products ensures that the forestry and wood products come from certified, well-managed forests and their authenticity as they travel through the supply chain from processing to the customer. According to the International Organization for Standardization **(**ISO), in the ISO 9000-2005 standard (ISO, 2005), traceability is defined as "*the ability to trace the history, application or location of that which is under consideration*". From product identification, we are able to trace some important data related to this product. Several technologies have been used for tracking wood. They include conventional and special paint markings smart cards, barcode tags, and Radio Frequency Identification (RFID) tags. RFID technology has a number of advantages when compared to the other marking methods in the forestry: line of sight is not needed, the reading can be done over a distance allowing highly automated identification, the transponders are not sensitive to dirt or moisture, and there are a large number of unique identification codes or memory for coded data. In addition, (Timpe, 2005) stated that RFID could be the best tool for the identification of wood.

Although RFID is an enabling technology that promises to create value through greater visibility in the forestry wood value chain network, higher product velocity, more efficient transportation management, improved quality control, and reduced human error; it is still not clear how these objectives can be fully achieved. Moreover, there is still no consensus on how the information system should be developed to address with success the basic traceability issues in the forest sector. To better understand and validate the potential use of RFID technology in this sector, more recently some research projects have been made in

relation with the use Information and Communication Technology (ICT) systems to enhance forestry traceability. The Indisputable Key project (Häkli *et al.*, 2013) is one of these initiatives. They propose an ICT system for data collection from different providers in the value chain in order to offer an efficient supply chain management (Castrén et Pillai, 2011). However, the proposed architecture is unable to capture a dynamic process management. In fact, they don't clearly specify how adding new actors (providers) is possible in the system after the operation of the forestry supply chain. Another important initiative is the "*Seamless Operation of Forest Industry Application*" (SOFIA). SOFIA is a platform that optimizes contractors order logistic management and developed in the forestry sector in Finland [12]. It's an innovative proposal of ICT solution for forestry, but it remains preparatory project and there is no validation proof of this platform in industry.

In this paper we propose an extensible ICT traceability architecture that offers a dynamic process management and a unified data communication for tradable information through the forestry supply chain providers that enhance traceability. This architecture helps some specific partners in the value chain to track the origin of wood, control information of raw material utilization, trace transformation and production progress and track the transportation process. The proposed architecture will also provide managers with meaningful information allowing them to track and trace wood at different process stages (cutting tree, collecting wood, production, sales, etc.) to achieve a more competitive advantage. The proposed solution is validated in the Canadian forestry context and demonstrates the additional value of creating a sustainable wood value chain. The remaining of this paper is organized as follows. In section 2, we introduce the research problem. In section 3, related works are discussed. Proposed approach and a real time tracking architecture is put forth and discussed in details in section 4. Conclusion and future works are presented in section 5.

2. Problem Description

The forestry wood supply chain considered in this paper is illustrated in Figure 1. This figure show the different stages in the wood production process, starting from the extraction of the forest raw material and finishing by sale to a consumer (Lins da Silva *et al.*, 2010). In

addition, for simplification purposes, the proposed wood supply chain is composed of four types of providers: Harvest Units, Log Sort Yards, Sawmills and Retailers. To extract the raw material from the forest, the tree is felled and cut to logs by a “Harvester”. A “Distribution agent” transfers the logs to the “Log Sort Yard” to collect wood. Thereafter, the logs are transported to the Sawmill. In the “Sawmill”, logs are sawn, drying, sorted, finished and then transported to the retailer for sale to Clients.

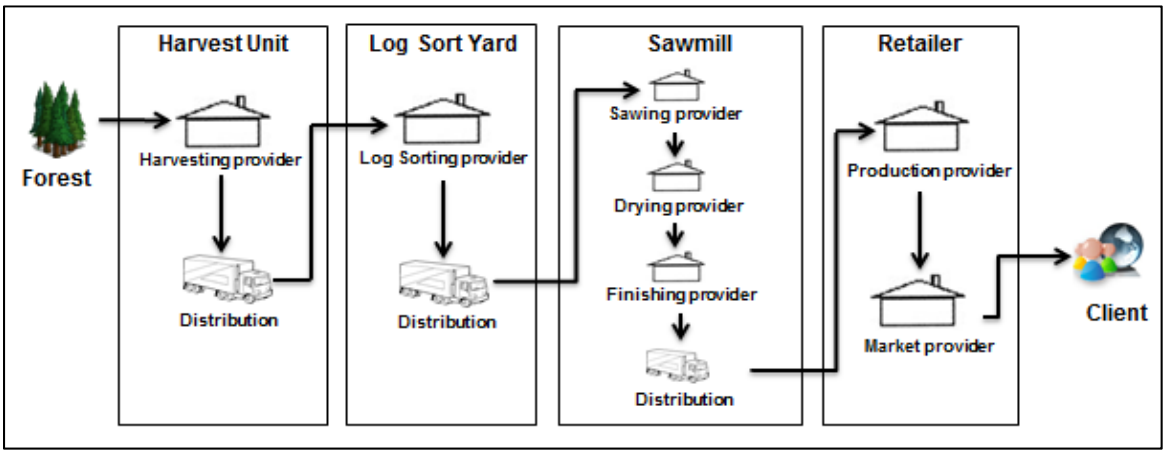


Figure 1: Forestry wood supply chain

The forestry wood supply chain is a complex process. In fact, each provider involved in the wood supply chain can take independent decisions. Moreover, wood characteristics and some specific measurements collected at each step of the wood chain process are diverse. The heterogeneity of information lead to some synchronization issues regarding the information exchanged between partners. Based on an extensive literature review, we can assume that it’s a big challenge to make the connection between the information exchanged between partners and have reliable information that meets the customer’s needs. Traceability and identification of assets can be a solution to this (Björk *et al.*, 2011; Hakli *et al.*, 2010; Kribach, Boulmalf et Harroud, 2010; Lins da Silva *et al.*, 2010). Traceability in the supply chain presents a clear potential that might help to ensure quality control and legality of the product. It is used in different manufacturing and services applications such as Apparel, Consumer packaged goods (CPG), healthcare, logistics, Manufacturing, Defense, Pharmaceutical, etc. Different standards and norms have been developed in different areas to ensure reliable traceability

systems such as the global traceability standard for healthcare used in the medical sector (GS1, 2013), ISO 22005 feed and food traceability standard (ISO, 2007) and the JIS (JISx0510) to track car components in Toyota plants (JIS, 2004), etc.

Although the literature about traceability based on RFID is well developed in different industrial applications (Angulo *et al.*, 2013; Barchetti *et al.*, 2010; Costa *et al.*, 2013; Sarac, Absi et Dauzère-Pérès, 2010; Wu *et al.*, 2011), we are not able to find a clear and well-defined traceability standard or a framework for its implementation in the forest sector. This is why we should define and clarify the traceability concept in the forest sector. Indeed we have to establish the basic requirements for a traceability system in the forest sector. These requirements include wood identification, definition of traded information structure and availability of this information among forestry stages.

To achieve this objective, the challenge is to define a generic ICT traceability system to manage information exchange between partners. The new system will ensure interoperability between partners and communicate reliable information to the traceability system for a dynamic process execution. The new system should provide a dynamic and generic platform with a unified data communication between different providers involved in the traceability process. Thus, the main objective of this study is to discuss a visionary approach and develop a generic and interoperability traceability platform in order to track forest wood during its operation, transportation, processing and in its distribution chain, from the forest to the final consumer. This platform creates an information link between the final wood-based product and the forest from which the woods was collected and answer the following questions: How to exchange information? What kind of information that should be exchanged? And how we can ensure interoperability among partner's systems?

3. Related work

Traceability is essential to increase the value of supply chain operations. There are several traceability definitions in the literature. For example, in (Sirkka, 2008), the author defined traceability as the tracking of dynamic interactions between process and objects. Moreover,

Rapport-Gratuit.com

traceability provides means to verify the chain of custody and the origin of the timber (Hakli *et al.*, 2010). (Lins da Silva *et al.*, 2010) defined traceability as a process of systematic practice and information traded among different providers in the chain to be able to preserve the product identity and its origin. (Björk *et al.*, 2011) cited that traceability is the way by which we can make information available at different stages along the forestry-wood production chain. Finally, GS1 defines traceability as the ability to trace the history, application or location of that which is under consideration (GS1, 2010).

Traceability is important for many reasons such as wood value chain maximization (Björk *et al.*, 2011). It increases the end product quality by optimal use of resources when allocate the right raw material for the right final product (Möller, 2011). (Hakli *et al.*, 2010; Sirkka, 2008) state that traceability improves control during the wood processes in the supply chain by providing the accurate and complete information about the wood origin. Indeed, traceability minimizes waste and environmental impact while increasing profitability and earnings (Björk *et al.*, 2011; Hakli *et al.*, 2010; Möller, 2011). In (Björk *et al.*, 2011), the use of a simulation model to analyze improvements by collecting reliable traceability data throughout all wood value chain demonstrate the importance of traceability. From the previous research, it is clear that traceability definition might be different and context dependent.

Thus, in this research we define traceability as following: "*Traceability can be defined as the monitoring of traded information between processes and wood from their origin to their destination*". More specifically, to locate a product, we must link information and wood movements though the forestry supply chain from origin to destination to be traced back. Implementing traceability in the forestry value chain requires that several technologies are combined and integrated to operate as a system (Möller, 2011). ICT traceability system is the core of traceability concept. Movement detection of each product in different process stage requires the implementation of ICT architecture to collect reliable information. In the literature, we can find different models to implement an ICT architecture in different type of supply chain (Wu *et al.*, 2011) such as freight transportation networks (Bendriss, 2011), food chain (Cebeci et al., 2009; Ene, 2013), and bulk grain supply chain (Thakur et Hurburgh,

2009). For example, a framework of traceability called Traceability for Complex Systems (TraCS) proposed by (Cleland-Huang, Zemont et Lukasik, 2004). This approach applies heterogeneous techniques to integrate an extensible traceability framework. Nevertheless, they provide a poor integration with users because they must make these decisions themselves throughout traceability process. TraCS is tested in an example drawn from a system to control chemical reactions at a catalyst plant. In (Thakur et Hurburgh, 2009), the authors present a traceability system in the bulk grain supply chain. They use the Extensible Markup Language (XML) for information exchange (e-information) and a relational database for data management. By using XML and a relational database, the author simplify the traceability concept, but this is not enough to offer an extensible and interoperable traceability system.

The ICT penetration in the forest sector is still very low (Castrén et Pillai, 2011). SOFIA is one of the platforms that optimize contractors order logistic management developed for the forestry sector in Finland [12]. It ensures a sustainable ICT infrastructure for forestry operations. The SOFIA platform integrates several technologies including Service-Oriented Architecture (SOA), agent technologies and the Semantic Web for allowing integration and interoperability. It's an innovative proposal of ICT solution for forestry, but it remains preparatory project and there is no validation proof of this platform in industry. In (Lins da Silva *et al.*, 2010), the authors proposed a forestry traceability model and they present basic requirements to manage information of the wood supply chain from the Amazon Forest. They use SOA to manage traceability. The Indisputable Key project develop an ICT traceability system to manage forestry supply chain based on RFID identification (Häkli *et al.*, 2013). However they don't take into consideration the dynamic and the interoperability aspects in the proposed traceability system.

To create an efficient ICT traceability system in the Canadian forest sector, we identified some basic requirements inspired from the previous projects and from collaboration with our research partner. Thus, the traceability requirements are composed of three basic elements:

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

- **Provider's (type) identification :** For an effective traceability system, we have to identify production process stage in forestry supply chain and type of generic actors whose product goes through. The proposed wood supply chain is composed of four types of providers: Harvest Units, Log Sort Yards, Sawmills and Retailers.
- **Product identification :** Product identification is required in traceability to make reliable information available about different process stages. Automated identification in forestry eliminates multiple measurements needs and repeated inventories of wood (Hakli *et al.*, 2010). We can find a variety of labeling technologies for wood identification such as conventional paint and chisel labels, hammer branding, tracer paints, barcode tags, chemical and genetic fingerprinting and RFID (Dykstra *et al.*, 2003). Many previous researches affirm that RFID is the most appropriate to be used for wood identification in forestry (Dykstra *et al.*, 2003; Hakli *et al.*, 2010; Lins da Silva *et al.*, 2010; Timpe et FSCN., 2006). Indeed (Björk *et al.*, 2011) claimed that RFID could be a good candidate to replace marking stamps, at the same time as possibly enabling the transfer of valuable information in the logistic chain of the forest industry. So, the ICT system should be able to handle different labeling technologies.
- **Communication information standard :** The third traceability required is the communication standard. It is a set of standard information that specifies product information exchange with the different supply chain partners. Examples of communication standards in forestry sector are eFIDS, GS1, StanForD and Papinet. eFIDS (e-Forestry Industry Data Standards) is a metadata standard for traded information within forestry industry. It is based on no named exchanged XML documents among supply chain which leads to a conflict of documents. The GS1 provides traceable data matrix that depends on product types and contractual relationship, and it's divided in public and private information (GS1, 2010). StanForD (Standard for Forest machine Data and Communication) is used to control harvesting as well as monitoring the production of harvesters and forwarders (StanForD, 2007), and it's used in Indisputable KEY project. PapiNet standard is an open standard that anyone can contribute to (PapiNet, 2000). It supports the forest industry business

areas. StanForD and PapiNet use XML technology to represent the information. These standards will remain independent but each one could support the other. However PapiNet standard is used for exchanged information between providers or StanForD used into the forest for sending information from harvesters and forwarders to the first receiver of data. PapiNet and StanForD represent two complementary standards. In our project, we combine these standards presented in section 4 for defining a global communication standard.

4. Traceability Proposed System

4.1 Forestry information system

In this article, we propose an ICT forest traceability system called "FTrace". FTrace is developed to collect information from forestry supply chain providers, and then use it effectively in order to trace wood material throughout the supply chain. The system offers also the possibility to understand, evaluate the forest value chain and take the right decisions. This system is composed of three modules (see Figure 2):

- Module 1: Traceability business processes.
- Module 2: Business application.
- Module 3: web portal.

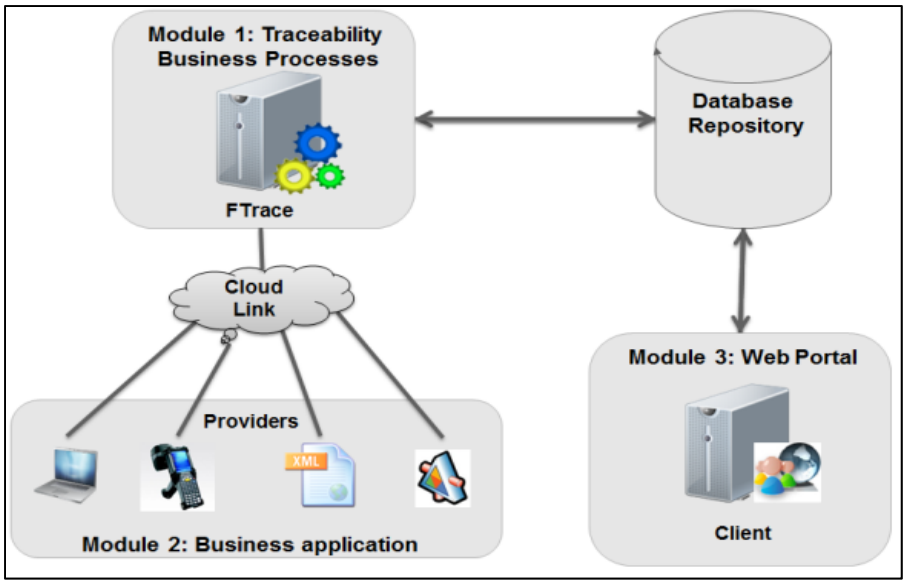


Figure 2: FTrace Information and Communication System

The "Traceability Business Processes" module includes the most important parts of the FTrace information system like the FTrace server that manage the traceability activities of the different supply chain processes. FTrace server connects with business application module through a cloud connection for recording activities and collects information from supply chain providers. Information recorded is stored in a database for finally showing traceability information needs to client in web portal. In order to allow a transparent traceability between providers, it is necessary to provide information on all internal transformations of each provider's system. FTrace allows interoperability and integration with existing provider systems. FTrace can connect with different types of ICT provider system (web service, barcode, RFID reader, XML file…). In the following section we will describe the FTrace ICT architecture components.

4.2 FTrace ICT architecture

FTrace allow interoperability between providers and information system. It can connect different types of technologies (service, RFID, XML file, etc.). Figure 3 presents in details the FTrace architecture for the proposed solution. FTrace architecture is composed of the following components:

- **Application layer**: this component describes the business applications used by each provider (partner). This layer communicates with other FTrace components in order to collect traceability informations. We can define two methods for collected data: real time data extraction (using BizTalk) or Batch data extraction with ETL. Indeed FTrace can connect to provider's business applications with different adapter's type (web service, barcode, RFID…) for real time information extraction, or connecting to provider's internal database for batch extraction.
- **Data Extraction Layer**: this layer helps the integration of each provider in FTrace architecture. FTrace offer two data integration methods, batch extraction and real time extraction:
  - *ETL*: Extract-Transform-Load is a process to pull data out of one source systems (files, database, etc.) and place it into another database by following data extraction logic. The role of ETL in FTrace is to extract data from internal database of each provider in supply chain into FTrace database repository.
  - *Orchestration Layer*: this layer orchestrates and share data between providers. Indeed this layer feeds database with traceability information collected throughout forestry supply chain process. This layer enables a flexible and generic provider addition in the forestry supply chain. Each provider in the supply chain has a dependent orchestration for extract data and feeds the FTrace database by traceability information. For adding a new provider in the existing supply chain, we need just develop a new orchestration process to integrate the new provider to the existing ICT traceability system already developed.
  - *Enterprise Service Bus*: allows interoperability with existing applications. Enterprise Service Bus is a flexible approach to integration without writing code. For example in this layer, to extract information from RFID tags, we use BizTalk RFID that orchestrates RFID-related end-to-end processes and share RFID data. BizTalk RFID allows discovering, communicating, managing and integrating RFID devices into different existing applications on different providers.
- **Middleware Layer**: the Middleware layer proposes features like baseline filtering capabilities, reader integration and coordination. We should be able to intelligently

filter multiple data sets resulting from multiple reading of objects that go through several antenna fields.

  - *Information Management Rules (IMR)*: Define the client traceability information needs (implemented via XML files). The business process was defined by the IMR to offer all required traceability information.
  - *Unified Data Representation*: Define attributes and structuring the database using Papinet and StanForD standard. This layer defines the data format (wood properties, measurements, etc.) that will be traded by providers.
  - *Filtration and data aggregation*: In order to send and display needed information.

- **Database Repository**: Represent the data model for the whole supply chain. After extracting traceability information from each supply chain providers, all these information will be processed and stored in the database repository.
- **web Portal**: Provide a global view of traceability information (list of providers, forests, products, etc.). Offer a flexible access to client: the user need just to enter the product identification in the interface and all the tractability information will be show to the user (since the product creation until today).

This architecture offers a reliable, extensible and scalable traceability solution. It provides two major benefits that are really critical to implement in the forest sector. In one hand, it offers the ability to accept and manage any devices. On the other hand, it offers scalable system that can subsequently adding or removing a provider in forestry wood supply chain. The proposed architecture is able to track product in real time, accurately in the forest and outside at different other providers and then using this information to make business decision that help improve the flexibility and speed of their supply chain.

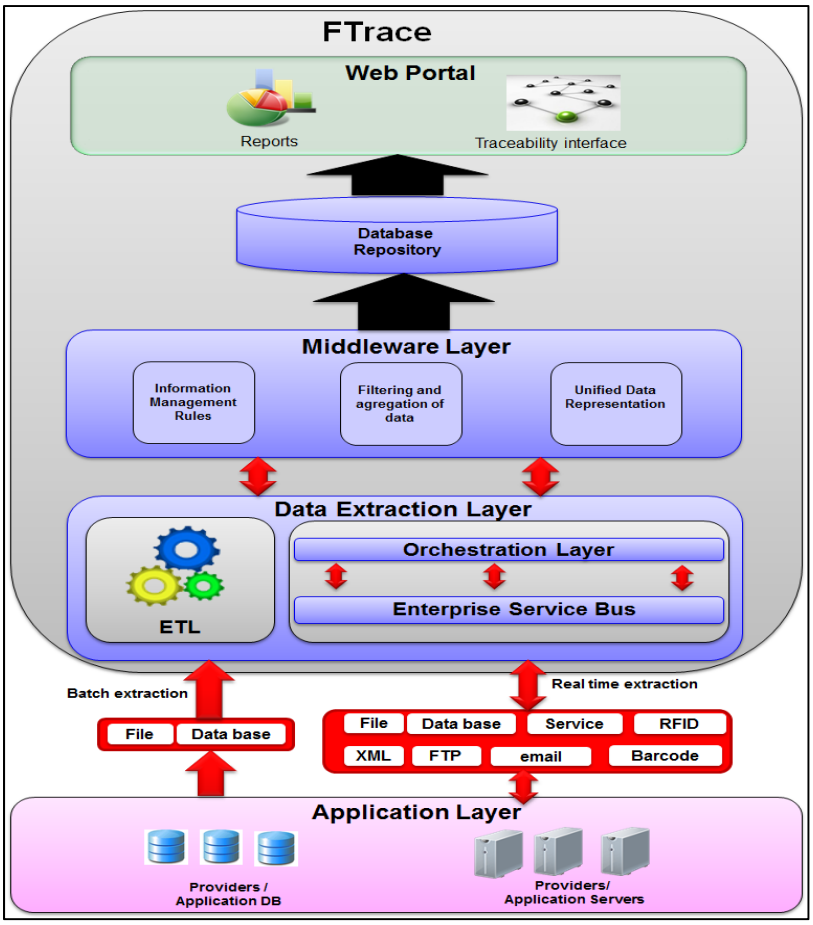


Figure 3: FTrace proposed architecture

4.3 Proof of Concept

The proposed architecture described previously was implemented and tested in a real case scenario. Figure 4 show an UML sequence diagram describing interactions done between real providers, the client and the system we propose. The client defines his traceability information needs. A set of actors types involved in the traceability business process is identified. In order to collect traceability information (for each product in inventory), providers engaged in the forestry supply chain send traceability information to FTrace system via a Cloud connection. The Web Portal displays traceability information from “FTrace” as a response to any specific request from the client.

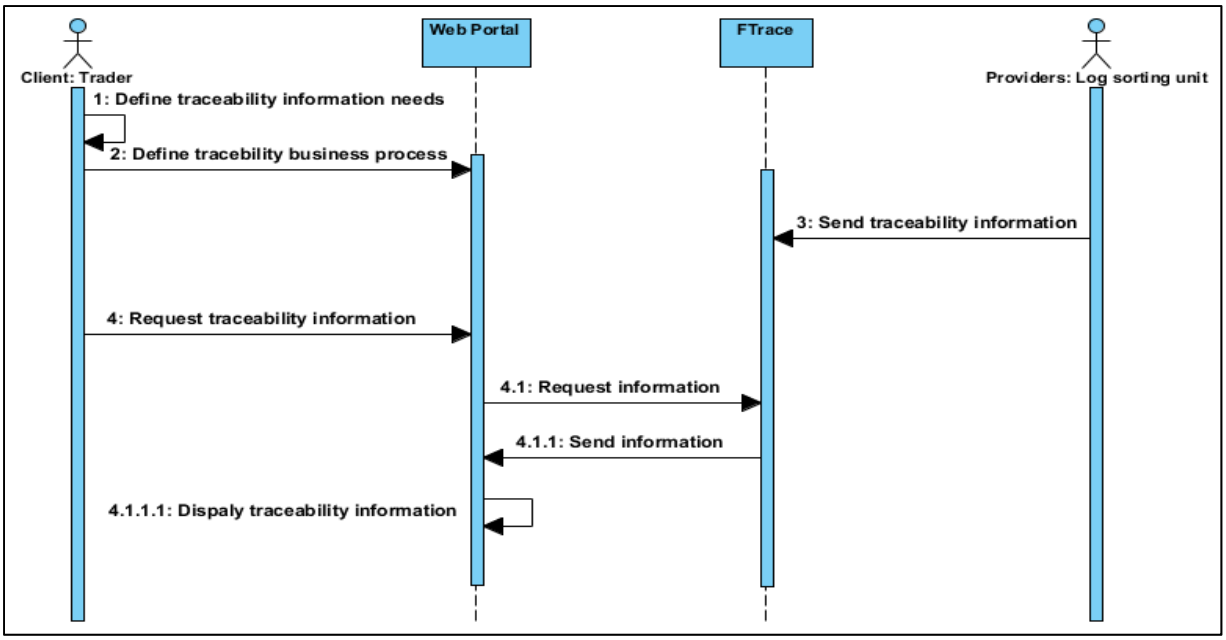


Figure 4: Traceability UML sequence diagram in the Forest Sector- Example Scenario definition

FTrace is an interoperable system; it can connect with different types of ICT provider system (web service, barcode, RFID reader, XML file…). In this prototype, we are using a provider's application developed in .Net in order to communicate with FTrace system (using XML files). Figure 5 describe the log sorting provider's business application interface. By this interface, the client defines his log sorting traceability information needs. When clicking in process button, an XML file containing this information will be sent to FTrace system for processing. The processed information will be available for the client and offers the possibility to trace back some specific information from origin.

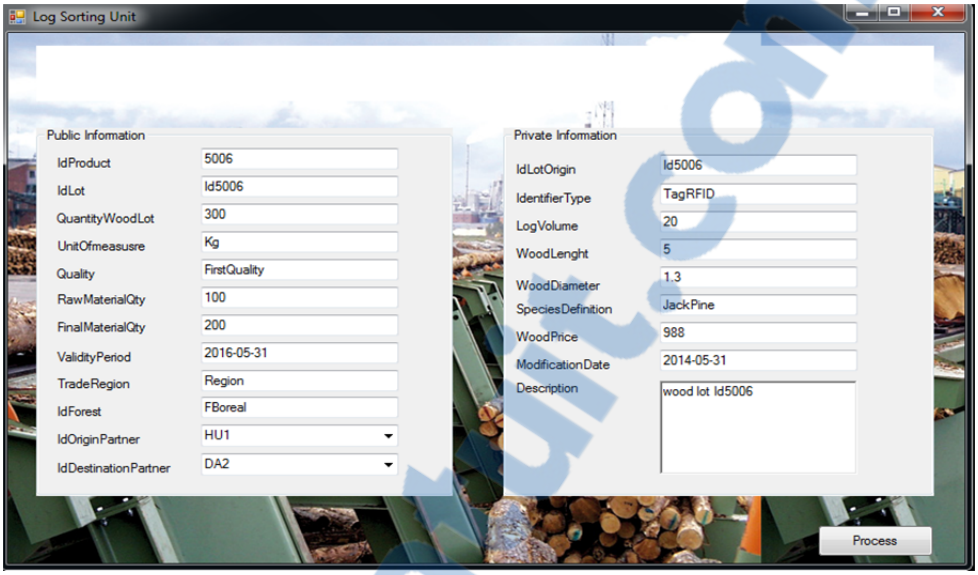


Figure 5: Providers business application

In order to exchange information between supply chain providers who are geographically distant, we propose an interoperable traceability solution equipped with internet connection. We use BizTalk as an orchestration tools to ensure the functionalities quoted previously. BizTalk provide connection between the process information and the product information. Through BizTalk usage, the system is provided automatically and in real time by reliable data. Figure 7 define an example of traceability business processes orchestration using BizTalk tools. This figure describe message exchanged between forestry supply chain provider (Log sorting provider in this case) and the FTrace system. For offering a scalable system, we can easily manage and integrate providers (adding or removing providers). For example, for adding a new provider type to the forestry wood supply chain, we must just add a new orchestration (as illustrated in figure 6) and connecting it to the existing ICT traceability system already developed.

Rapport-Gratuit.com

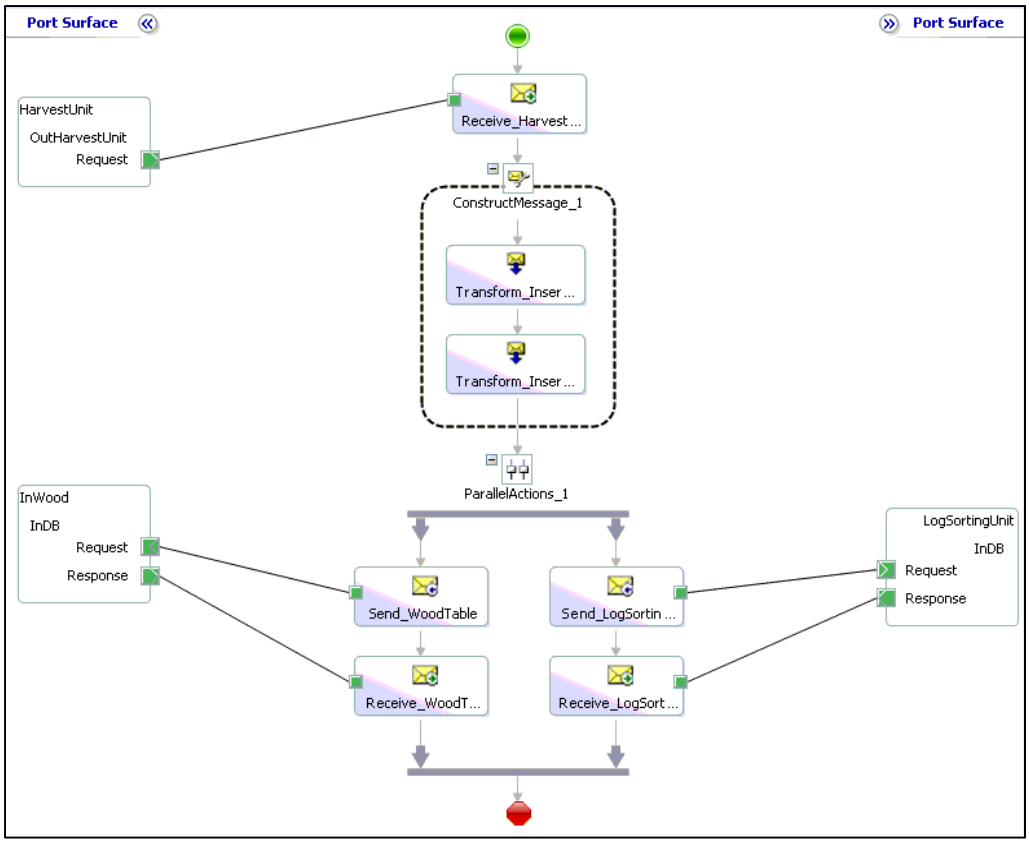
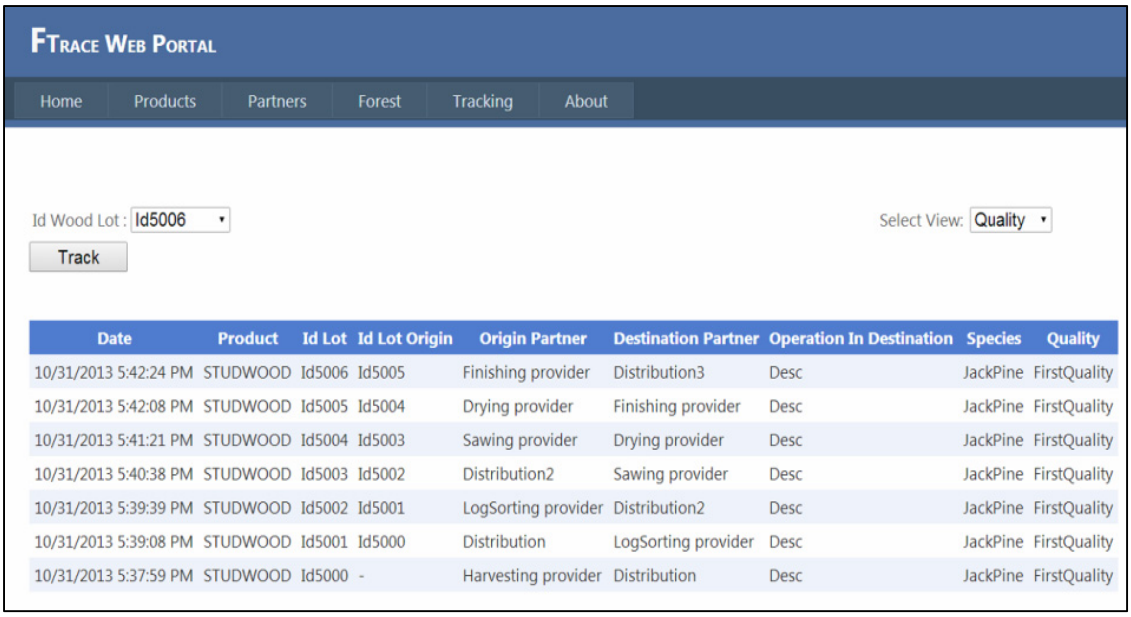


Figure 6: Traceability Business Processes – Orchestration sample

In order to see in a friendly manner the traceability information, the client can use a web portal. The Web portal turns requested information from FTrace system to display reliable traceability information as shown in figure 7. The Web portal is responsible to present the traceability data to the client with different views, according to the standard that has been defined in advance.



Date	Product	Id Lot	Id Lot Origin	Origin Partner	Destination Partner	Operation In Destination	Species	Quality
10/31/2013 5:42:24 PM	STUDWOOD	Id5006	Id5005	Finishing provider	Distribution3	Desc	JackPine	FirstQuality
10/31/2013 5:42:08 PM	STUDWOOD	Id5005	Id5004	Drying provider	Finishing provider	Desc	JackPine	FirstQuality
10/31/2013 5:41:21 PM	STUDWOOD	Id5004	Id5003	Sawing provider	Drying provider	Desc	JackPine	FirstQuality
10/31/2013 5:40:38 PM	STUDWOOD	Id5003	Id5002	Distribution2	Sawing provider	Desc	JackPine	FirstQuality
10/31/2013 5:39:39 PM	STUDWOOD	Id5002	Id5001	LogSorting provider	Distribution2	Desc	JackPine	FirstQuality
10/31/2013 5:39:08 PM	STUDWOOD	Id5001	Id5000	Distribution	LogSorting provider	Desc	JackPine	FirstQuality
10/31/2013 5:37:59 PM	STUDWOOD	Id5000	-	Harvesting provider	Distribution	Desc	JackPine	FirstQuality

Figure 7: FTrace web portal

5. Conclusion

In this paper, we present a novel traceability approach based on automatic identification and data capture to trace reliable information in the forest sector. With traceability, it's possible to trace the origin of forest based products. The proposed traceability architecture will allow some companies engaging in a traceability journey to access new and traditional markets especially if customers impose the use of any kind of certification. As an example, printers are publicly committed to provide their customers with "certified paper". Thus, suppliers must provide the proof that their products are certified in the form of a chain of custody (CoC) certificate. This means that the vendor's products have been manufactured from timber sourced from "well managed forests". Another advantage from holding a traceability system is that the collected information could help companies to optimize their value chain based on better management of transportation flows of raw material and by keeping the right inventory in the best place. The proposed solution increase collaboration between the different supply chain actors through tracing the business processes execution, orchestrating different providers, integrating the different IT application used throughout the wood process and offer a scalable traceability system. In this project and regarding data extraction, we have tested two adapters to communicate with the application layer (XML file and RFID tags). As

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

future work, we should add the other adapters such as barcode and web services. Finally, in this project, a primitive unified data representation model is proposed based on two communication standards: Papinet and StanForD. As future research, a more precise specification of data representation should be defined in order to guarantee the availability of information needed for certification purposes.

Acknowledgements

Special thanks to Yu Vivian Li for her valuable support and FPInnovations research center for enabling this work to be carried out.

BIBLIOGRAPHIE

A, Gupta, et Srivastava M. 2005. « Developing Auto-ID Solutions using Sun Java System RFID Software ». < http://java.sun.com/developer/technicalArticles/Ecommerce/rfid/sjsrfid/RFID.html >. Consulté le November 21.

Alex, Liu, et Bailey LeRoy. 2009. « RFID Authentication and Privacy ». In *RFID and Sensor Networks*. p. 125-145. Coll. « Wireless Networks and Mobile Communications »: CRC Press. < http://dx.doi.org/10.1201/9781420077780.ch5 >. Consulté le 2013/01/03.

Angulo, Ignacio, Asier Perallos, Leire Azpilicueta, Francisco Falcone, Unai Hernandez-Jayo, Asier Moreno, Garc, #xed et Ignacio Julio a Zuazola. 2013. « Towards a Traceability System Based on RFID Technology to Check the Content of Pallets within Electronic Devices Supply Chain ». *International Journal of Antennas and Propagation,* vol. 2013, p. 9.

Aryx. 2010. « Les codes-barres nouvelle génération ». < http://minesblogs.free.fr/?p=322 >.

ASLOG. 2012. « LIVRE BLANC « Traçabilité » ». < http://www.aslog.org/UserFiles/livre_blanc_tracabilit%C3%83%C2%A9_mail_2.pdf >.

Barchetti, U., A. Bucciero, M. De Blasi, L. Mainetti et L. Patrono. 2010. « RFID, EPC and B2B convergence towards an item-level traceability in the pharmaceutical supply chain ». In *RFID-Technology and Applications (RFID-TA), 2010 IEEE International Conference on*. (17-19 June 2010), p. 194-199.

Bendriss, Sabri. 2011. *Data and ontological modelling approach to allowing traceability through freight transportation chain*.

Björk, Anders, Martin Erlandsson, Janne Häkli, Kaarle Jaakkola, Åsa Nilsson, Kaj Nummila, Ville Puntanen et Antti Sirkka. 2011. « Monitoring environmental performance of the forestry supply chain using RFID ». *Computers in Industry,* vol. 62, n° 8–9, p. 830-841.

Bornhovd, C., Lin Tao, S. Haller et J. Schaper. 2005. « Integrating Smart Items with Business Processes An Experience Report ». In *System Sciences, 2005. HICSS '05. Proceedings of the 38th Annual Hawaii International Conference on*. (03-06 Jan. 2005), p. 227c-227c.

Casey, Valentine, et Fergal Mc Caffery. 2011. « Med-Trace: Traceability Assessment Method for Medical Device Software Development ». In *EuroSPI 2011*. (Denmark).

Castrén, Tuukka, et Madhavi Pillai. 2011. *Forest Governance 2.0: A primer on ICTs and governance*. Washington Program on Forests (PROFOR).

Cebeci, Zeynel, Yoldas Erdogan Erdogan, Tuna Alemdar, Ladine Celik, Mustafa Boga, Yusuf Uzun, Durdu H. Coban, Murat Gorgulu et Funda Tosten. 2009. « An Ict-Based Traceability System In Compound Feed Industry ». In *APSTRACT: Applied Studies in Agribusiness and Commerce*. Vol. 3. < http://ideas.repec.org/a/ags/apstra/53569.html >.

Cleland-Huang, J., G. Zemont et W. Lukasik. 2004. « A heterogeneous solution for improving the return on investment of requirements traceability ». In *Requirements Engineering Conference, 2004. Proceedings. 12th IEEE International*. (6-11 Sept. 2004), p. 230-239.

Costa, Corrado, Francesca Antonucci, Federico Pallottino, Jacopo Aguzzi, David Sarriá et Paolo Menesatti. 2013. « A Review on Agri-food Supply Chain Traceability by Means of RFID Technology ». *Food and Bioprocess Technology,* vol. 6, n° 2, p. 353-366.

Dabouis, V, et A Perrin. 2008. « RFID: application dans le milieu médical ».

Dykstra, Dennis P., George Kuru, Rodney Taylor, Ruth Nussbaum, William B. Magrath et Jane Story. 2003. *Technologies for wood tracking : verifying and monitoring the chain of custody and legal compliance in the timber industry*. Washington DC : The World Bank.

Emeyriat, Richard, Adrien Arraiolos et Christophe Ginet. 2007. *Eléments de comparaison des standards de la filière forêt-bois-papier* 41 p.

Ene, Corina. 2013. « The Relevance Of Traceability In The Food Chain ». *Estey Centre Journal of International Law and Trade Policy,* vol. 60, n° 2, p. 287-297.

Folinas, Dimitris, Ioannis Manikas et Basil Manos. 2006. « Traceability data management for food chains ». *British Food Journal,* vol. 108, n° 8, p. 622-633.

Granjou, Céline. 2003. « L'introduction de la traçabilité dans la filière viande bovine ». *Cahiers internationaux de sociologie,* vol. CXV, p. 327-342.

Hakli, J., K. Jaakkola, P. Pursula, M. Huusko et K. Nummila. 2010. « UHF RFID based tracking of logs in the forest industry ». In *RFID, 2010 IEEE International Conference on*. (14-16 April 2010), p. 245-251.

Häkli, Janne, Antti Sirkka, Kaarle Jaakkola, Ville Puntanen et Kaj Nummila. 2013. « Radio Frequency Identification from System to Applications ». In *Radio Frequency*

Identification from System to Applications (2013-06-05), sous la dir. de Ibne, Mamun Bin, p. 301-324, Challenges and Possibilities of RFID in the Forest Industry. < http://www.intechopen.com/books/export/citation/EndNote/radio-frequency-identification-from-system-to-applications/challenges-and-possibilities-of-rfid-in-the-forest-industry >.

Hevner, Alan R., Salvatore T. March, Jinsoo Park et Sudha Ram. 2004. « Design science in information systems research ». *MIS Q.,* vol. 28, n° 1, p. 75-105.

Howard, Alison, Jessica Edge et Michael Grant. 2012. *Forging Stronger Links: Traceability and the Canadian Food Supply Chain*. The Conference Board of Canada. < http://www.gftc.ca/uploads/userfiles/files/13-087_foodtraceability.pdf >.

Huang, G. Q., Qin Zhifeng, Qu Ting et Dai Qingyun. 2010. « RFID-enabled pharmaceutical regulatory traceability system ». In *RFID-Technology and Applications (RFID-TA), 2010 IEEE International Conference on*. (17-19 June 2010), p. 211-216.

IBM. 2005. « WebSphere RFID Premises Server IBM ». < http://www-306.ibm.com/software/integration/ >.

ISO. 2007. *ISO 22005*. Switzerland

JIS. 2004. *JIS (JISx0510)*. Japanese Standards Association.

Kribach, A., M. Boulmalf et H. Harroud. 2010. « Supply chain related RFID: FlexRFID generic interface design and implementation ». In *I/V Communications and Mobile Network (ISVC), 2010 5th International Symposium on*. (Sept. 30 2010-Oct. 2 2010), p. 1-4.

Lee, Gyeongtaek, Jonghun Shin, Daewon Park et Hyukchul Kwon. 2008. « Discovery Architecture for the Tracing of Products in the EPCglobal Network ». In *Proceedings of the 2008 IEEE/IFIP International Conference on Embedded and Ubiquitous Computing - Volume 02*. p. 553-558. 1489050: IEEE Computer Society.

Lins da Silva, D., Corre, x, P. L. P. a et L. H. Najm. 2010. « Requirements analysis for a traceability system for management wood supply chain on Amazon Forest ». In *Digital Information Management (ICDIM), 2010 Fifth International Conference on*. (5-8 July 2010), p. 87-94.

MFFP. 2012. *Stratégie 2012-2017 pour transformer l'industrie québécoise des produits forestiers*.

Möller, Björn. 2011. « Design, development and implementation of a mechatronic log traceability system ». Stockholm, Sweden, Royal Institute of Technology.

Musa, Ahmed, Angappa Gunasekaran et Yahaya Yusuf. 2014. « Supply chain product visibility: Methods, systems and impacts ». *Expert Systems with Applications,* vol. 41, n° 1, p. 176-194.

Nikitin, Sergiy, Vagan Y. Terziyan et Minna Lappalainen. 2010. « SOFIA: Agent Scenario for Forest Industry - Tailoring UBIWARE Platform Towards Industrial Agent-driven Solutions ». In *International Conference on Enterprise Information Systems - ICEIS*. p. 15-22.

Nomadvance. 2008. « LA TECHNOLOGIE DU CODE BARRES ». < http://www.nomadvance.com/societe/technologie.htm >.

Oracle. 2005. « Oracle Sensor Edge Server ». < http://www.oracle.com/technology/products/sensor_edge_server/index.html >.

PapiNet. 2000. < www.papinet.org >.

Pardal, M. L., M. Harrison, S. Sarma et J. A. Marques. 2013. « Expressive RFID data access policies for the Pharmaceuticals supply chain ». In *RFID (RFID), 2013 IEEE International Conference on*. (April 30 2013-May 2 2013), p. 199-206.

Regan, Gilbert, Fergal Mc Caffery, Kevin Mc Daid et Derek Flood. 2013. « Medical device standards' requirements for traceability during the software development lifecycle and implementation of a traceability assessment model ». *Computer Standards & Interfaces,* vol. 36, n° 1, p. 3-9.

Riadh, Azouzi, et D'Amours Sophie. 2011. « Information and knowledge sharing in the collaborative design of planning systems within the forest products industry: survey, framework and roadmap ». *Journal of science and technology for forest products and processes,* vol. 1(2), p. 6-14.

RNCAN. 2013. *L'État des forêts au Canada*. Service canadien des forêts, Administration centrale, Ottawa, 56 p.

Roques, Pascal, et Franck Vallée. 2007. *UML 2 en action : de l'analyse des besoins à la conception*, 4e éd. --. Coll. « Architecte logiciel ». Paris: Éyrolles, xii, 381 p. p.

Rotherham, Tony. 2011. « Certification de l'aménagement forestier à travers le monde Progrès et problèmes ». < http://www.sfiprogram.org/files/pdf/article-t-rotherham-certificationpdf/ >.

Sarac, Aysegul, Nabil Absi et Stéphane Dauzère-Pérès. 2010. « A literature review on the impact of RFID technologies on supply chain management ». *International Journal of Production Economics,* vol. 128, n° 1, p. 77-95.

Sirkka, A. 2008. « Modelling traceability in the forestry wood supply chain ». In *Data Engineering Workshop, 2008. ICDEW 2008. IEEE 24th International Conference on*. (7-12 April 2008), p. 104-105.

Ste-Marie, C. 2014. *Adapter l'aménagement forestier durable aux changements climatiques : Examen de la migration assistée des espèces d'arbres et de son rôle potentiel dans l'adaptation de l'aménagement forestier durable aux changements climatiques*. Conseil canadien des ministres des forêts, Ottawa, Ontario, 15 p.

Thakur, Maitri, et Kathryn A. M. Donnelly. 2010. « Modeling traceability information in soybean value chains ». *Journal of Food Engineering,* vol. 99, n° 1, p. 98-105.

Thakur, Maitri, et Charles R. Hurburgh. 2009. « Framework for implementing traceability system in the bulk grain supply chain ». *Journal of Food Engineering,* vol. 95, n° 4, p. 617-626.

Timpe, D., et FSCN. 2006. *RFID in Forestry: Prospects of an RFID-based Log Tracking System as an Alternative to Stamping*. FSCN, Mittuniversitetet.

Timpe, Daniel. 2005. « Barcode and RFID technologies : alternatives to log stamping for wood identification in forestry? ».

Wu, Yanbo, Damith C. Ranasinghe, Quan Z. Sheng, Sherali Zeadally et Jian Yu. 2011. « RFID enabled traceability networks: a survey ». *Distrib. Parallel Databases,* vol. 29, n° 5-6, p. 397-443.

Yan Zhang, Laurence T. Yang and Jiming Chen 2010. *RFID and Sensor Networks: Architectures, Protocols, Security and Integrations*.

Zhang, Paris Kitsos and Yan. 2008. *RFID Security: Techniques, Protocols and System-On-Chip Design*.