



AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-memoires-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

Rapport de Projet de Fin

d'Etudes

- Promo 2011 -

□

Modélisation des systèmes d’approvisionnement des scieries de bois de résineux en France et au Canada et propositions d’amélioration grâce aux technologies d’identification

DUMETZ Ludwig

2013 / 2014

Encadrants :

BRIL-EL HAOUZI Hind

THOMAS André

Co-encadrant:

GAUDREAULT Jonathan (FORAC)

SOMMAIRE

SOMMAIRE

SOMMAIRE	1
Liste des figures.....	1
Principales Notations.....	2
Introduction.....	3
- PARTIE 1 - L’approvisionnement des scieries de résineux, françaises et canadiennes.	4
1. Les caractéristiques générales d’une chaîne d’approvisionnement	4
2. Le cas des scieries françaises	5
3. Le cas des scieries canadiennes	9
- PARTIE 2 - Les technologies de l’identification au service de la traçabilité.	13
1. Enjeux et définition de la traçabilité	13
2. La traçabilité dans la filière bois	14
3. Les principales technologies d’identification pour la traçabilité	18
- PARTIE 3 - Utilisation de MEGA PROCESS et modélisation des système d’approvisionnement des scieries, françaises et canadiennes.....	25
1. L’utilisation de MEGA PROCESS	25
2. Modélisation de l’approvisionnement des scieries françaises	26
3. Modélisation de l’approvisionnement des scieries canadiennes.....	33
4. Comparaison des deux modélisations.....	39
5. Proposition d’amélioration.....	40
CONCLUSION	a
BIBLIOGRAPHIE	b
ANNEXES	e

LISTE DES FIGURES

Figure 1 Anatomie d'un Code-Barre	19
Figure 2 Principe de fonctionnement du système RFID.....	21
Figure 3 Processus métier général « Transformer le bois »	26
Figure 4 Sous processus métiers.....	28
Figure 5 Sous processus métier « Approvisionner les scieries ».....	30
Figure 6 Processus métier général « Transformer le bois-Canada- ».....	34
Figure 7 Sous-processus métiers	35
Figure 8 Sous-processus métier « Approvisionner les scieries »	37

PRINCIPALES NOTATIONS

Liste des principales notations utilisées dans ce rapport :

CAAF	Contrat d'Aménagement et d'Approvisionnement Forestier
CIFQ	Conseil de l'Industrie Forestière du Québec
FCBA	Forêt Cellulose Bois Ameublement
FORAC	De la Forêt Au Client
FSC	Forest Stewardship Council
LINESET	Linking raw material characteristics with Industrial Needs for Environmentally Sustainable and Efficient Transformation processes
m ³	Mètres cube
MAPAQ	Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation
MDDEP	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs
MRNF	Ministère des Ressources naturelles et de la Faune
ONF	Office National des Forêts
PAC	Possibilité annuelle de coupe
PAIF	Plan annuel d'intervention forestière
PDP	Plan Directeur de Production
PEFC	Programme for the Endorsement of Forest Certification schemes
PGAF	Plan général d'aménagement forestier
PIPAME	Pôle interministériel de prospective et d'anticipation des mutations économiques
PQAF	Programme quinquennal d'aménagement forestier
PSG	Plan Simple de Gestion
RQN	Résonance Quadropolaire Nucléaire

INTRODUCTION

De nos jours, la forêt française fait vivre plus de 450 000 personnes (emplois directs et indirects) et ne cesse de s'accroître. Cependant, il existe un paradoxe : malgré cet accroissement et un contexte général favorable au bois, puisqu'aujourd'hui le bois répond à de nombreux besoins comme la construction et l'énergie (PIPAME, 2012), la filière et l'économie correspondante stagnent. La filière bois est en déficit de plus de 6 milliards d'euros (Puech, 2009).

D'après ces deux rapports, (PIPAME, 2012) et (Puech, 2009), la filière bois se doit de trouver des solutions : elles sont multiples et font appel à différents secteurs de compétence. Certaines sont récurrentes, comme le besoin de structurer la filière bois, celui de mieux communiquer l'information auprès des personnes externes au monde de la forêt, ou d'agir sur le bois de construction en faisant avancer les normes, ou encore d'augmenter les prélèvements de bois chaque année ... Le choix s'est porté sur une amélioration de la chaîne logistique de la filière bois et plus précisément l'approvisionnement des scieries. Un état de l'art décrivant les caractéristiques des systèmes d'approvisionnement des scieries françaises et canadiennes sera réalisé dans un premier temps ; les scieries canadiennes ont fait l'objet de nombreux travaux, concernant les modèles de planification et l'aide à la décision (Savard, 2011). Dans un deuxième temps nous verrons l'impact d'une traçabilité totale dans la filière bois, garante d'une amélioration certaine du flux d'information à tous les niveaux de l'approvisionnement. Cela répond à une demande directe des acteurs de la filière bois : l'amélioration de la chaîne logistique. Cette traçabilité répondra également à un sujet social d'actualité concernant les origines des produits. Enfin nous présenterons le logiciel MEGA utilisé, ainsi que les modélisations des systèmes d'approvisionnement des scieries, françaises et canadiennes, afin de les comparer, et de les analyser, grâce à des indicateurs pertinents.

- PARTIE 1 - L'APPROVISIONNEMENT DES SCIERIES DE RESINEUX, FRANÇAISES ET CANADIENNES.

1. LES CARACTERISTIQUES GENERALES D'UNE CHAÎNE D'APPROVISIONNEMENT

Une chaîne d'approvisionnement est définie comme « un réseau d'organisations qui coopèrent pour optimiser le flux de matériel entre le fournisseur et le client, l'optimum étant un flux aussi rapide que possible et à un coût de production minimal. L'objectif d'une chaîne d'approvisionnement est la satisfaction du client » (Chauhan, Duron, & Proth, 2003).

Dans le cas de l'approvisionnement des scieries, le fournisseur est le propriétaire, et le client la scierie.

Un partenaire dominant privilégie ses propres intérêts avant ceux du groupe que forme la chaîne d'approvisionnement (Chauhan, Duron, & Proth, 2003). Néanmoins les partenaires dominants sont difficilement évitables, malgré le fait que la chaîne d'approvisionnement devrait être vue dans sa globalité, ainsi que les décisions prises dans le but de favoriser le bon fonctionnement de la chaîne entière. La relation entre un fournisseur et une entreprise, quelle qu'elle soit, doit être saine et pérenne.

La particularité d'une bonne chaîne d'approvisionnement est le système d'information. Il est d'une importance capitale car il assure le lien entre les différents acteurs de cette chaîne. On parle de planification des ressources de l'entreprise. Grâce aux systèmes d'information et de communication, il est possible pour un fournisseur de suivre en direct les besoins de son client et de le réapprovisionner en flux tendu.

Dans une chaîne d'approvisionnement, chaque acteur joue un rôle, et est dépendant des autres. Une décision prise à un endroit de la chaîne a un impact sur les autres entités de cette chaîne.

La chaîne d'approvisionnement en bois des scieries est comparable à ce mode de fonctionnement général. Chaque membre de la chaîne a un impact sur les autres : Le propriétaire qui conduit son peuplement (par l'intermédiaire d'un gestionnaire ou non) et qui

vend ses bois est lié à l'exploitant qui va récolter les bois, lui-même étant dépendant du transporteur qui amènera les bois en scierie. La chaîne d'approvisionnement des scieries doit donc être vue dans son ensemble, et les relations entre chaque membre doivent être saines et pérennes. Aujourd'hui, il y a un manque d'information entre les acteurs de cet approvisionnement, et la compétitivité de l'ensemble de la chaîne est mise à mal.

2. LE CAS DES SCIERIES FRANÇAISES

L'approvisionnement des scieries françaises est un processus complexe, du fait des spécificités de la forêt française, de la variété du prix du bois, de la saisonnalité, des nombreux produits récoltés en forêt, et du grand nombre d'acteurs dans cette chaîne.

2.1. Les spécificités de la forêt française :

La plus grosse particularité de la forêt française est le rapport entre forêt privée et forêt publique. La forêt de production est à 75% privée et à 25% publique (FCBA, 2013). Même si ces chiffres reflètent la totalité de la forêt de production, feuillus et résineux, et que la proportion forêt publique/forêt privée est à l'équilibre concernant les résineux, cela impacte fortement les modes d'approvisionnement. La notion de partenaire dominant vue précédemment peut s'appliquer, même si cela reste rare, car le propriétaire a le pouvoir de décider s'il vend ou non ses bois, au détriment de la chaîne d'approvisionnement entière. Par exemple, un lot de bois mis en vente non vendu a moins d'importance pour le propriétaire que pour l'acheteur, car le propriétaire pourra les revendre quelques mois ou 1 an plus tard sans perdre de valeur. Il pourra même certainement ajouter de la valeur puisqu'il bénéficiera de l'accroissement annuel de ses arbres.

La forêt privée française est par ailleurs très morcelée : 60% des propriétaires forestiers possèdent moins de 1 ha de forêt (Frayssé, 2013). Il est donc difficile, voire impossible, d'exploiter ces forêts. Certains propriétaires se regroupent pour permettre une vente de leur bois, mais cette pratique n'est pas encore suffisamment développée. Par ailleurs, la complexité des démarches lors des donations ou des héritages est souvent à l'origine du fait que beaucoup de personnes ignorent être possesseurs de parcelles forestières. L'exploitant se

retrouve alors face à des propriétaires qui ne comprennent pas pourquoi leur parcelle ne peut pas être exploitée.

L'approvisionnement en bois de résineux des scieries françaises provient de 3 sources différentes : la forêt publique, la forêt privée, et l'importation. La forêt publique et la forêt privée répondent toutes deux à des manières et des modes de ventes précis. Quant à l'importation, elle représente 3.3 millions de m³ de résineux par an.

La vente des bois issus de la production française se fait de plusieurs manières : tout d'abord, les bois peuvent être vendus en bloc et sur pied, c'est à dire que la vente concerne l'ensemble des arbres désignés sur la parcelle quelle que soit les qualités, les essences, ou les diamètres. Les bois peuvent aussi se vendre à l'unité de produit ; les bois concernés sont des bois sur pied. Ils sont abattus et débordés par l'acheteur. Un cubage contradictoire est fait entre les deux parties et les prix sont calculés en fonction des essences, des volumes, et des qualités. Les bois peuvent également être vendus bord de route. Le vendeur a effectué les opérations d'abattage et de cubage, et vend ses produits par qualité. Enfin, les bois à exploiter peuvent être vendus sur pied. Le vendeur devra alors présenter les bois abattus bord de route pour le cubage. Ces différentes manières de vente des bois influencent fortement l'approvisionnement, puisque l'acheteur se va se retrouver en présence de différentes qualités ou essences qu'il ne voulait pas nécessairement au départ.

Il existe 5 modes de ventes de bois en France :

- Par adjudication : Les ventes font l'objet d'une publicité permettant une concurrence. Un cahier descriptif donne les renseignements sur le lot de bois mis en vente. Les enchères sont descendantes et un prix de retrait est fixé, à partir duquel le vendeur retire son lot.
- Par appel d'offre : comme précédemment une publicité est faite, un cahier descriptif donne les renseignements concernant le lot, mais l'attribution de celui-ci se fait au plus offrant (par soumission cachetée) sous contrôle d'un huissier. Si le montant des offres n'atteint pas celui du prix de retrait, le lot est retiré.
- Vente à l'amiable : les ventes se font auprès d'un public restreint, comme par exemple après le retrait d'un lot, pour de petits lots ou pour des chablis.
- De gré à gré : un contrat est signé entre les deux parties qui s'accordent sur un prix ainsi que sur les conditions d'exploitation.

- Contrat d'approvisionnement : un contrat est passé entre les deux parties concernant plusieurs lots, étalé dans le temps, ce qui permet à l'acheteur d'avoir une garantie concernant l'approvisionnement.

De la même façon, l'approvisionnement des scieries est fortement influencé par ces modes de vente : les ventes qui se font sous pli cacheté, par exemple, voient de nombreux acheteurs manquer le lot car l'offre n'était pas suffisamment haute par rapport à celle d'un autre acheteur. Les grosses scieries sont ainsi favorisées, et l'approvisionnement des unités plus modestes peut être perturbé.

2.2. Les variations de prix du bois

Le prix du bois est digne des plus grands titres cotés en bourse. Si bien que le propriétaire n'hésite plus à repousser la vente dans l'espoir d'obtenir un meilleur prix au m³. (Forêt de France), une revue forestière spécialisée, fournit le cours du bois dans chacune de ses publications (10 numéros par an). La trésorerie des scieries est donc mise à mal, et de nombreux chefs d'entreprise doivent faire attention aux charges de travail des équipes.

2.3. La saisonnalité

Par ailleurs, la forêt française subit les saisonnalités. Ainsi, l'approvisionnement au long de l'année n'est pas linéaire. Même si l'abattage des résineux peut se réaliser toute l'année (ONF, 2007), elle doit être faite dans de bonnes conditions pour éviter les risques sanitaires. Par exemple, en hiver, la montée de sève est évitée, ce qui limite considérablement les frais liés au changement des chaînes de tronçonneuse ou d'abatteuse. Dans certaines régions, l'hiver est peu propice à l'abattage car les températures sont trop basses.

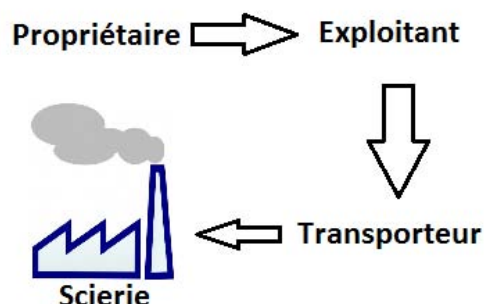
2.4. La variété des produits :

L'approvisionnement des scieries françaises commence en forêt, avec la sylviculture ; c'est-à-dire l'entretien et la conduite du peuplement forestier ; il s'agit là de créer et de gérer la ressource. Le bois, tout au long du peuplement, sera mis en vente et récolté dans le but d'approvisionner la scierie. Tout au long de la vie du peuplement, des coupes sont réalisées (coupe d'éclaircie) donnant ainsi un premier type de ressource : des bois de petits diamètres. Plus le peuplement vieillit, plus les arbres ont de gros diamètres.

Mais les produits ne varient pas uniquement en fonction de la vie du peuplement. Chaque coupe a son lot de petits bois, de bois moyens, et de gros bois. Cela donne lieu à des qualités différentes : le bois d'industrie (papier par exemple), le bois de sciage (charpente, menuiserie), et le tranchage/déroutage.

2.5. Les différents acteurs dans la chaîne d'approvisionnement (flux de matière):

Le processus d'approvisionnement fait appel à de nombreux acteurs. Ainsi, le flux de matière est classiquement le suivant : les bois du propriétaire peuvent être gérés par le gestionnaire qui s'occupe de les mettre en vente. L'acheteur, qui est un scieur, achète alors les bois, verse un paiement au propriétaire, et exploite le bois. L'exploitation peut être réalisée par un acteur externe à la scierie. Ce bois est ainsi stocké en bord de route, puis transporté à la scierie où il va être usiné. Le transporteur peut également être un acteur externe à la scierie. Le flux de matière de la forêt à la scierie peut être représenté de cette façon :



Le transport par route représente aujourd'hui plus de 95% du trafic bois. Il est adapté aux courtes distances. L'emplacement des scieries est donc un critère déterminant dans l'approvisionnement en bois pour éviter les longs trajets. L'exploitant forestier gère en général le transport jusqu'à la scierie, en faisant appel ou non à des transporteurs externes à la scierie.

2.6. Le flux d'information

Comme dit précédemment, le problème majeur de la chaîne d'approvisionnement des scieries est le manque d'information. Pourtant, une chaîne d'approvisionnement se doit d'avoir un bon système d'information (Chauhan, Duron, & Proth, 2003). Il n'y a que peu de modèles existants sur les échanges d'information dans la chaîne logistique (Jover, Thomas, &

Bombardier, 2011). Lors de l'approvisionnement, l'information est perdue (The indisputable key, 2009). Ces pertes sont importantes au début de la chaîne logistique, pendant l'approvisionnement, c'est-à-dire de la sylviculture à la scierie. Il y a donc nécessité d'y remédier.

3. LE CAS DES SCIERIES CANADIENNES

3.1. La particularité de la forêt canadienne :

Les scieries canadiennes fonctionnent différemment. Le Canada est un pays vaste et les distances ne sont plus les mêmes qu'en France. Les travaux de (D'Amours, Frayret, Gaudreault, Lebel, & Martel) mettent en valeur les flux de matière au sein du système d'approvisionnement des scieries. Ainsi, on constate la présence de plateformes de stockage. Le bois y est trié en fonction de sa qualité.

La forêt canadienne est principalement constituée de forêts publiques puisqu'en 2008, 71.7% des bois de sciage provenaient de la forêt publique, contre 12.9% pour la forêt privée (15.3% étant importé) (Savard, 2011).

Le mode de vente est également particulier puisque la forêt est majoritairement publique. La scierie a cinq sources possibles d'approvisionnement : l'Etat, la mise aux enchères par l'Etat, les propriétaires privés, l'importation, l'échange.

Des contrats d'approvisionnement sont passés avec l'Etat (contrat de 25 ans révisé tous les 5 ans). C'est à dire qu'à la demande des scieries, un Contrat d'Aménagement et d'Approvisionnement Forestier (CAAF) est réalisé. La scierie s'engage à rédiger trois plans qui devront être approuvés par un ingénieur forestier puis par le Ministère des Ressources Naturelles et de la Faune (MRNF) Ces plans permettent d'obtenir des niveaux de planification différents : le Plan Général d'Aménagement Forestier (PGAF) pour le niveau stratégique (horizon de planification de 150 ans, valable 25 ans et révisé tous les 5 ans) ; le Programme Quinquennal d'Aménagement Forestier (PQAF) pour le niveau tactique, « précise la manière dont s'appliqueront, pour les cinq prochaines années, les grands principes énoncés dans la stratégie générale d'aménagement » (MRNF, 2003-2010b) ; et le Plan Annuel d'Intervention Forestière (PAIF) pour le niveau opérationnel qui stipule des différentes opérations forestières à faire sur une période de 1 ans (récolte travaux voiries...) Contre ce CAAF, l'entreprise s'engage à réaliser les travaux sylvicoles nécessaires à la valorisation des bois, et en

contrepartie, peut récolter les bois de cette parcelle (moyennent un versement financier à l'Etat).

Cependant, depuis 2013, l'Etat a la volonté de mettre aux enchères 25% de ses bois. Ceci a pour but de redynamiser la filière bois au Canada, et d'obtenir ainsi une meilleure agilité des usines.

Les ventes issues du secteur privé sont règlementées par différents organismes comme le MRNF, le Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ), le Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP), ainsi que les municipalités. La mise en vente des bois récoltés est assurée par les syndicats et offices de producteurs de bois, bien que le propriétaire puisse vendre directement ses bois à l'usine. L'avantage de se procurer des bois issus de forêts privées est la possibilité d'avoir un contrôle sur la qualité, les essences, et les volumes. En revanche, les volumes sont souvent faibles, et il n'y a que très peu de parcelles forestières privées FSC (Forest Stewardship council, que nous verrons dans la partie II).

Il est difficile de trouver des chiffres concernant l'importation de bois au Canada en général car celui-ci est découpé en provinces. En revanche, pour le Québec, lieu de mon futur stage de fin d'étude (en rapport avec ce PFE), l'importation représente 15 %. Ces bois font l'objet de ventes privées entre la scierie et un exploitant forestier.

L'échange représentait en 2007 0.1% des bois destinés au sciage (CIFQ, 2007). Mais selon (Savard, 2011), ce type d'approvisionnement aurait tendance à augmenter (de 0% à 10%).

3.2. La faible variété des produits issus de la scierie :

Les maisons sont à 95% en ossature bois, et la NLGA (National Lumber Grades Authority) régule les normes concernant, entre autres, les qualités et les sections. Les produits finis sortis de scieries sont très standardisés, il s'agit du 2X4, 2X3 ou encore 4X4 par exemple. Le besoin en matière première, et donc en bois, est alors induit par cette demande, contrairement à la France où les produits sortis de scieries sont très variés.

3.3. La saisonnalité

Bien plus important qu'en France, les saisons jouent un rôle prépondérant. D'autant plus que le Canada est un pays vaste : Sa production de forêt s'étend à un équivalent français, du sud de la France au nord de la Suède. Ainsi, par exemple, au Québec, les activités

d'exploitation se font majoritairement pendant l'hiver pour ne pas abîmer les parcelles forestières. Le sol est en effet plus dur. Le stock est alors augmenté avant le printemps. Il convient néanmoins d'avoir un approvisionnement relativement constant (sans cassure) tout au long de l'année pour éviter les ruptures.

3.4. Le flux de matière :

Le flux de matière au sens strict ne varie pas forcément, en comparaison à la France. D'après (Savard, 2011), le bois des forêts publiques est exploité, amené bord de route, puis emporté dans des cours à bois (plateforme de stockage) appartenant à des scieries ou non. C'est là la seule différence avec notre système : d'immenses plateformes accueillant le bois pour être trié. Concernant les forêts privées, il en est de même.

Une des seules différences majeures est donc une forêt publique à 85%, et des contrats passés par l'Etat canadien avec les scieries leur octroyant des parcelles à couper. L'autre différence est l'utilisation de modèles mathématiques pour la planification.

3.5. L'utilisation de différents modèles mathématiques pour la planification :

Actuellement, l'industrie forestière canadienne utilise le CPF, calcul de possibilité forestière, ce qui permet, entre autre, de définir un plan stratégique (Jacques, 2010). Le CPF est un processus complexe permettant d'identifier les activités mises en œuvre sur un territoire donné, de déterminer l'évolution des forêts grâce aux différents modèles de croissance, et de déterminer l'effet des travaux sur les parcelles forestières. Il garantit donc la durabilité du milieu forestier.

L'industrie forestière possède différents outils de planification, comme SILVA II, capable de créer les CPF, puis de les simuler. D'autres outils, comme le SPSR (Système de planification spatiale de Remsoft), utilisent la programmation linéaire, qui permet de trouver la solution optimale à un problème, grâce notamment à l'algorithme du simplexe développé par George Dantzig en 1947. (Savard, 2011) recense ces différents outils d'aide à la planification, et donc à la décision dans son mémoire. Cependant, des méthodes heuristiques peuvent être utilisées en vue d'optimisation, surtout lorsque les problèmes ne peuvent avoir de solution optimale (Jacques, 2010).

Mais d'après (Savard, 2011), les modèles de planification existants n'intègrent pas encore l'approvisionnement comme une variable décisionnelle, mais plutôt comme une contrainte.

(Savard, 2011) montre cependant dans ses travaux qu'il est possible de décrire ces processus décisionnels stratégiques de l'entreprise et des variables qui lui sont reliées, ceci de l'approvisionnement jusqu'aux marchés, et a proposé un processus de planification stratégique de l'entreprise forestière au Canada, et plus précisément au Québec, et de l'approvisionnement forestier jusqu'aux marchés. Ce processus de planification prend en entrée une demande client, qui est étudiée, en passant par différents processus de décisions, avec comme options les réponses « oui » ou « non ». En fonction de ces décisions, le processus d'usinage ou de coupe de bois est lancé, en tenant compte de tous les documents nécessaires prévus par la loi canadienne.

Même si les scieries canadiennes utilisent beaucoup la technique *make to stock*, des projets sont donc proposés pour fonctionner à partir d'une demande client dans le but d'arriver à une décision d'usiner ou de couper le bois, ce qui diffère du système français, et permet ainsi d'avoir un impact sur la chaîne d'approvisionnement.

Cet état de l'art des systèmes d'approvisionnement des scieries françaises et canadiennes permet de mettre en évidence la nécessité d'avoir un flux d'information consistant, présent aux différents niveaux de cette chaîne d'approvisionnement. Pour répondre à cette attente, la traçabilité permettra une meilleure circulation de ces flux d'information (partie II).

- PARTIE 2 - LES TECHNOLOGIES DE L'IDENTIFICATION AU SERVICE DE LA TRAÇABILITE.

La traçabilité, pourquoi?

“You cannot measure what you cannot detect;
you cannot control what you cannot measure;
you cannot manage what you cannot control “
(Cheng & Simmons, 1994)

De nos jours, la traçabilité est partout, déclinée de différentes manières. Parfois, nous ne faisons pas attention, mais nous utilisons au quotidien ces technologies d'identification : la recherche sur internet du lieu où se trouve notre colis en attendant sa réception, le paiement par carte sans contact, la validation de carte de transfert (pass navigo).

1. ENJEUX ET DEFINITION DE LA TRAÇABILITE

La traçabilité est définie comme l'« aptitude à retrouver l'historique, la mise en œuvre, ou l'emplacement de ce qui est examiné ; dans le cas d'un produit, elle peut être liée à l'origine des matériaux et composants, l'historique de réalisation, la distribution et l'emplacement du produit après livraison ». (Norme ISO 9000, 2005)

Elle est apparue dans le milieu des années 80 à des fins logistiques, permettant ainsi de sérieuses économies en garantissant un contrôle des flux de marchandises au sein d'un système à plusieurs partenaires. Aujourd'hui, la traçabilité concerne de nombreux secteurs d'activités et permet de suivre un produit ou un service depuis sa création jusqu'au destinataire final. Les secteurs utilisant la traçabilité pour diverses raisons sont variés : le bois (flux de matière), l'identification de personne, la restriction d'accès, l'automobile (gestion de procédés et de processus de fabrication), gestion de stocks et de magasin, la gestion de transport, l'univers du sport (les courses par exemple), le secteur aéronautique, le secteur pharmaceutique...

La mise en place d'un système d'identification aura de nombreuses conséquences, comme l'amélioration de l'organisation, du suivi, de la réactivité (données en continue), la présence de défaut ou non (signe de qualité), la réduction de l'erreur humaine, la justification vis-à-vis de la loi... Par ailleurs, c'est aussi un très bon moyen de différenciation vis-à-vis des autres entreprises.

Il apparaît important, lorsqu'on parle de traçabilité, de mentionner quelques critères fondamentaux directement liés :

- La sécurité (sûreté des produits ou services).
- La loi : obligation de traçabilité (exemple viande...).
- Le cadre juridique : il s'agit de se protéger contre des risques de poursuite judiciaire (possibilité de retracer avec certitude la vie du produit).
- La qualité : le but est d'améliorer la qualité, l'information...
- L'environnement commercial : il faut donner une bonne image, de la transparence, garder sa clientèle et attirer de nouveaux clients.
- L'éthique : en effet, nous pouvons nous demander jusqu'où ira la traçabilité. Nous sommes capables de tracer toutes sortes d'objets, d'animaux, de personnes avec des moyens de plus en plus discrets voir invisibles.

2. LA TRAÇABILITE DANS LA FILIERE BOIS

Les différents enjeux d'une traçabilité efficace sont nombreux. Cette liste n'est pas exhaustive, mais voici quelques éléments importants : le fait de connaître les origines pour des soucis de conscience environnementale (PEFC, FSC...), l'amélioration de l'efficacité des processus de transformation du bois (production et logistique = meilleure lisibilité, prise de décision, valeur ajoutée accrue, suivi des performances), l'amélioration des stocks. Tris automatiques en fonctions de l'essence, des défauts et altérations, des produits à faire, ce qui minimise les pertes matières, augmente la qualité...

La traçabilité dans la filière bois se situe à deux niveaux : la volonté de connaître les origines des bois, et la volonté d'optimiser la production et la logistique.

La traçabilité d'origine a pour but de garantir un produit issu d'une forêt durablement gérée. Aujourd'hui, nous disposons de certifications (PEFC et FSC) nous donnant ces garanties.

La certification PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification schemes) concerne en général les bois des forêts d'Europe. Cette certification a été créée par les propriétaires forestiers. Le fait d'adhérer à cette certification implique une gestion durable de la forêt (plan simple de gestion approuvé...)

L'écolabel FSC (Forest Stewardship Council) concerne les bois tropicaux et a pour but de garantir, via un cahier des charges, la gestion durable de la forêt. En d'autres termes, cela assure que les bois ne proviennent pas de déforestations massives.

Cette traçabilité d'origine est importante pour les entreprises, car il y a de nombreuses exploitations sauvages (Dykstra, et al., 2002) et (WWF, 2005) montre que 39% des bois tropicaux importés en France sont exploités illégalement. Ainsi, 40% des bois coupés entre 2000 et 2010 n'auraient pas dû l'être (pas de permis de coupe...). En Russie, 25 % des bois récoltés le sont illégalement.

La traçabilité à des fins de production et de logistique va permettre une optimisation générale. En scierie, le flux de matière va de poste en poste. Le bois est récolté, cubé, mis dans un parc, scié puis trié. Il subit enfin une découpe finale. Lors de ces procédés, le flux d'information, quant à lui, ne passe pas toujours de poste en poste et la perte d'information est importante (Ginet & Golja, 2007). Les données sont stockées dans des bases de données locales. L'information est souvent non-transmise (Annexe 1 : Flux de matière et d'information). L'importance de la traçabilité permettrait de mettre en relation toutes ces données (Annexe 2 : Flux de matière et d'information liés à la traçabilité). Ainsi, de nombreuses erreurs seraient évitées, et une amélioration dans l'utilisation du bois serait possible (Ginet & Golja, 2007) et (Chiorescu & Grönlund, 2004).

On remarque souvent beaucoup de schémas ne parlant que de la scierie et le regroupement des données au sein d'un même logiciel. Mais on oublie sans doute la part la plus importante de la filière bois : la sylviculture et la gestion des forêts. La filière bois débute dès la plantation. Pour le gestionnaire, après la vente de bois à la scierie, il n'y a aucune information qui remonte. Aucune possibilité d'amélioration si ce n'est en faisant des tests où en allant chercher eux-mêmes cette information. Pourtant, la pratique d'une sylviculture adaptée est importante puisqu'elle façonne les bois utilisés partout dans le monde. Savoir que sur X% de grumes destinées à la construction, Y% sont écartées car non conformes (trop d'aubier, trop de branches, maladie non visible sur l'arbre...) serait un avantage pour le gestionnaire qui pourrait alors s'orienter vers une sylviculture différente, un élagage plus important etc. La

traçabilité permettrait un regroupement d'informations dont une partie pourrait remonter jusqu'au gestionnaire.

La visite d'une entreprise réalisant de la charpente (l'entreprise MARTIN, à Toul) permet d'illustrer ces propos : au cours d'une discussion, notre interlocuteur nous a révélé que les bois que l'entreprise achetait provenaient en grande majorité de scieries d'Allemagne pour diverses raisons, notamment puisque les bois correspondaient mieux aux attentes des clients. Ces mêmes clients veulent de plus en plus de bois de longue portée, sans nœud. La réponse qui leur a été donnée est qu'« il y aura des bois sans nœud lorsque ceux-ci n'auront pas de branche ». Or, si la communication entre scieurs, charpentiers et gestionnaires existait et était efficace, la remontée de cette information aurait pu donner des indications aux gestionnaires sur la volonté des clients à l'achat de bois sans nœud ; d'autant plus qu'en Corrèze, ces bois existent : ce sont des Douglas élagués à 12 mètres (Annexe 3 : Douglas élagué à 12 mètres) dans le souci d'avoir des bois sans nœud pour de la haute qualité (jusqu'au tranchage et déroulage). On constate donc bien qu'il n'y a pas suffisamment de communication, et qu'une base de données commune et filtrées, bien entendu, serait nécessaire.

La traçabilité dans la filière bois présente des difficultés lors de sa mise en place. Contrairement à l'automobile, les produits de la filière bois sont très éclatés (Annexe 4 : Eclatement des produits issus de la forêt). On part d'un arbre, qui une fois coupé donnera divers produits comme du sciage, du bois d'industrie, du bois destiné à faire des palettes etc. Cet éclatement des produits occasionne des pertes d'informations tout au long du processus, ce qui, en plus de diminuer les rendements matière, ne correspond pas toujours à la demande client. D'après le FCBA, environ 20% des produits finis ne correspondent pas à la demande des clients.

Malgré ces difficultés, et bien qu'il n'y ait que très peu de force motrice pour développer des technologies reliant la matière première aux produits finis, il existe ou il a existé quelques projets et travaux intéressants servant de bases.

Le projet EU LINESET (Annexe 5 : Déroulement du processus LINESET)

(Pischedda, 2006)

2000-2003 (Linking raw material characteristics with Industrial Needs for Environmentally Sustainable and Efficient Transformation processes)

Ce projet se décline en 4 points fondamentaux :

- Application de codes (marquage sur le matériau lors de la coupe de façon automatique ou manuelle)
- Relecture de ces codes tout au long du processus de transformation (les produits sciés sont marqués à l'encre)
- Connexion de toutes les bases de données des différents systèmes d'informations
- Echange des données informatiques entre tous les acteurs de la chaîne de transformation
-

Le projet Indisputablekey

2006-2009.

(The indisputable key, 2009)

Même si ce projet a été arrêté car jugé non-économiquement profitable (Saikouk & Spalanzani, 2012), il avait pour but de fournir le bon bois, au bon moment et au bon endroit : La traçabilité des grumes est faite dès l'abattage au moyen de puce RFID solide, ne craignant pas les chocs. Le recueil de données se fait en temps réel. Ainsi on peut connaître diverses informations telles que le lieu de coupe, la date de coupe, l'humidité (RFID couplé à d'autres capteurs), le temps de séchage optimum pour une livraison du bon bois... Mais on peut également connaître les données de stock, l'avancée des coupes... Cela a pour conséquence d'augmenter les rendements matière. Il y a une meilleure utilisation des ressources. Les bois ne sont plus sciés juste pour être sciés, mais ils le sont pour satisfaire un besoin client.

Le marquage dans la masse

(Jover, Thomas, & Bombardier, 2011)

Il s'agit d'un marquage du bois dans la masse permettant une conservation et une utilisation des informations rattachées au matériau dans le but d'aider le pilotage de la chaîne logistique. Un des problèmes scientifiques mis en évidence dans la thèse de (Jover J. , 2013) est que le marquage dans la masse se fait par les différentes cellules du bois (trachéides, canaux résinifères et parenchymes), et est identifié par Résonance Quadrupolaire Nucléaire (RQN). Les produits utilisés sont le nitrite de sodium (NaNO_2), et l'HexaMéthylèneTétramine ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{N}_4$).

3. LES PRINCIPALES TECHNOLOGIES D'IDENTIFICATION POUR LA TRAÇABILITE

Il existe beaucoup de technologies permettant d'assurer la traçabilité d'un produit ou d'un service. (Saikouk & Spalanzani, 2012) montrent une analyse pertinente de 5 de ces technologies que sont les isotopes, l'ADN, les nanocapsules, le magnétisme, le data matrix et la RFID, selon des critères d'évaluation tels que le relevé d'information, la combinaison des technologies, la robustesse de la solution, la granulosité de l'authentification, le type de support, et la pertinence de l'identification.

Voici donc quelques technologies importantes utilisées.

3.1. Le code à barres

Le code à barres a été lancé en 1973 par Gorge Laurer. Il concerne aujourd'hui tous les produits C'est néanmoins un système de traçabilité limité, actuellement, à cause notamment du nombre restreint de données qu'il peut contenir.

Il s'agit d'une succession de barres claires et foncées d'épaisseur variable. Cela correspond à une suite de caractères numériques ou alphanumériques. Ces codes sont lus par un lecteur optique et nécessite un contact visuel (exemple aux caisses des magasins).

Le code à barres est soumis à des exigences physiques (taille et forme du support, couleur de fond...). Il est donc décliné d'après trois normes :

- EAN-8 et EAN-13 : principalement pour la consommation ; ce sont 8 ou 13 chiffres inscrits sous le code à barre
- ITF 14 : 14 chiffres plus gros, plus lisibles pour les cartons, palettes...
- UCC / EAN 128 : représente une chaîne de caractères alphanumériques de longueur variable.

Ce code à barres est simple, économique, universel, mais, comme dit précédemment, l'information est limitée et surtout statique ; c'est-à-dire que les données correspondent plus à un état qu'à des données historiques.

Le code à barres est composé de diverses parties que l'on peut observer sur la figure ci-dessous



Figure 1 Anatomie d'un Code-Barre

- Le number system character (bleu), ou type de produit (exemple: 3 pour les dvd, 9 pour les livres...)
- Le code fabricant (jaune), le même quel que soit le produit
- Le code produit (orange), où chaque produit ayant un code différent
- Le check digit (rose), manière informatique de vérifier si la code barre est authentique

Les barres de garde (vert), ce qui permet de dire à l'ordinateur quand le code fabriquant et le code produit débutent et finissent

3.2. Le code 2D

Il s'agit d'un code plus dense pouvant contenir plus de 2000 caractères alphanumériques, plus de 3000 caractères numériques. Ce code nécessite une capture vidéo de l'image, contrairement au code à barres où un simple faisceau de lecture suffisait. L'usage de la caméra 2D est obligatoire. Le code 2D est maintenant de plus en plus utilisé, que ce soit en grande surface (possibilité de comparer les prix grâce à ces codes 2D avec un simple Smartphone), pour les produits pharmaceutiques, les paquets postaux, l'automobile (avec le nombre de pièces détachées que ce secteur connaît...).

On distingue beaucoup de codes bidimensionnels, mais les 3 grands codes utilisés sont : le Datamatrix, le PDF-147 et le MaxiCode.

Le Datamatrix est obligatoire dans le secteur de la santé, le PDF-147 est utilisé dans le domaine militaire et le transport (SNCF), et le MaxiCode est utilisé pour le tri et la classification des colis sur les convoyeurs. (Annexe 6 : Code 2D)

3.3. Le QR Code

Le QR Code a été inventé par Denso Wave pour l'industrie automobile japonaise. En 1999 il devient une référence et passe sous licence libre. Il s'agit d'un décodage rapide avec un stockage de données important : 7089 caractères numériques et 4296 caractères alphanumériques. De nos jours, nous avons la possibilité de créer gratuitement des QR Code grâce à des logiciels sur internet. Les informations que l'on peut y entrer sont de type texte, comme par exemple des adresses mails, des numéros de téléphone...

Il existe 3 types de QR Code : le Micro QR Code où la capacité est plus restreinte, le QR Code complet, le plus souvent utilisé et le S QR Code qui est une version sécurisée où un mot de passe est nécessaire pour décoder le code. (Annexe 7 : Code QR)

3.4. Les systèmes RFID (Radio Frequency Identification)

Il s'agit d'une technologie de marquage permettant l'identification d'une personne ou d'un objet, la connaissance de son cheminement, ses caractéristiques. Grâce aux ondes radios émises par une étiquette attachée ou incorporée (peut traverser de fines couches de matériaux comme la peinture, une boîte...), cette technologie est sans contact. Elle permet la saisie automatique de données, limite l'erreur humaine, offre une vision complète et en temps réel de la chaîne logistique, contrôle le vol et la contrefaçon, conserve une trace en cas de litige, et bien d'autres choses encore.

Les systèmes d'identification par radio fréquence ont fait leur apparition lors de la seconde guerre mondiale. Les avions amis étaient équipés de gros tags, ou transpondeurs, qui permettaient de répondre en tant qu'amis aux radars situés au sol (système IFF, Identify : Friend or Foe). Aujourd'hui, le trafic aérien est encore basé sur ce principe. Ensuite, en 1978, la technologie RFID est utilisée pour l'identification du bétail. Dès le début des années 1980, les tags (étiquettes) sont commercialisés pour les firmes Européennes et Américaines.

L'étiquette, ou tag, contient une puce en silicium et une antenne. La puce contient des données, et un lecteur reçoit en réponse d'un signal radio l'information contenue dans celle-ci. Le lecteur doit être constitué d'un circuit qui émet une énergie électromagnétique et une électronique capable de recevoir et décoder l'information. Ces informations seront envoyées au dispositif de collecte des données.

Principe de fonctionnement :

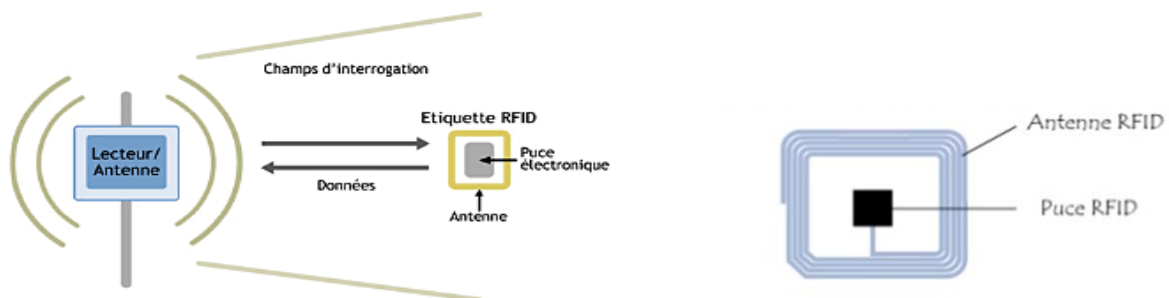


Figure 2 Principe de fonctionnement du système RFID

On distingue 3 types d'étiquette RFID :

- Etiquette passive : (les plus nombreuses, les moins chères, durée de vie illimitée) elles sont excitées par induction électromagnétique et renvoient un signal à courte distance (pouvant aller jusqu'à 6m).
- Etiquette semi-passive : il s'agit de tags passifs équipés d'une petite batterie libérant ainsi l'antenne du rôle de récepteur du signal entrant. Ce système, un peu plus cher, est intéressant dans les milieux où il y a beaucoup de liquide ou de métal (dispersion du champ RFID et non-lecture si le tag est passif).
- Etiquette active : elle est équipée d'une batterie qui lui permet d'émettre un signal. Elle a une portée plus élevée (plusieurs centaines de mètres) mais elle est plus chère (15 à 40 euros contre 10 cts pour un tag passif) et a une durée de vie plus restreinte. Elle offre néanmoins plus de possibilités dans les milieux difficiles et peut se coupler à d'autres capteurs (humidité...)

La technologie RFID utilise des fréquences particulières propres aux nombreuses régions du monde. Ces fréquences sont choisies pour ne pas perturber le fonctionnement des autres systèmes radio : ce sont les plages ISM (Industrial Scientific-Medical). On distingue les basses fréquences (LF 134 kHz pour les badges, puces animaux...) les hautes fréquences (HF 13.56 MHz pour les chaînes de distribution, les jetons de casino...) et les ultra hautes fréquences (UHF 2.45 GHz pour les conteneurs...). Il existe un regroupement par région du globe ainsi que des plages de fréquences propres à ces régions (Annexe 8 : Carte des différentes régions et fréquences utilisées selon ces régions). Il est donc important de prendre en compte ces plages de fréquences utilisées dans le cas d'échange de produits avec d'autres régions.

Aujourd'hui la technologie RFID est utilisée dans l'industrie du bois, pour les passeports biométriques, pour les forfaits de ski, lors de course comme le Tour de France ou le marathon de Paris par exemple, en entreprise pour la gestion des chaînes d'approvisionnement, pour le transport aérien... Les systèmes RFID peuvent convenir à tous les secteurs désireux d'obtenir une traçabilité de qualité.

3.5. Le système NFC (Near Field Communication)

C'est une technologie dérivée de la technologie RFID. A l'origine cette technologie a été conçue pour les téléphones mobiles. Elle permet l'échange de données sur très courte distance, de l'ordre de quelques centimètres. Elle est utilisée par exemple pour payer ses courses en supermarché, prendre le métro ou le bus (valider son ticket de transport). Les types de terminaux sont des cartes sans contact (exemple à Paris des Passe Navigo) et des téléphones mobiles. (Annexe 9 : Carte NFC).

3.6. Le système EPC (Electronic Product Code)

Créé en 2004, le système EPC (Electronic Product Code) est associé à la technologie RFID. Chaque objet est identifié par un code EPC et les informations relatives à cet objet sont retrouvées grâce au réseau.

3.7. Internet, le wifi, le GPS...

Avec l'arrivée d'internet, il y a la possibilité de tracer tous les systèmes reliés à un réseau.

Le GPS (système de positionnement global) permet quant à lui de connaître une position en direct ; ce qui est intéressant pour les entreprises de transport.

3.8. La biométrie

La biométrie regroupe toutes les techniques d'identification de la personne humaine telles que l'ADN, l'iris, la reconnaissance faciale, les empreintes faciales et digitales et la voix. Aujourd'hui, le marché français est principalement constitué de technique incluant les empreintes digitales (48%). Arrive ensuite la morphologie faciale (12%), les empreintes palmaires (11%) la reconnaissance de l'iris (9%) et la reconnaissance vocale (6%). La biométrie possède une fiabilité plus ou moins importante en fonction des taux d'erreurs

(fausse comparaison, non-reconnaissance...). A l'heure actuelle, les technologies basées sur la biométrie sont utilisées dans les investigations policières, dans le monde industriel et commercial avec les contrôles d'accès, mais aussi dans l'univers personnel avec la sécurité, où le mot de passe est remplacé par l'empreinte vocale ou digitale (accès à son téléphone portable, son ordinateur...).

La biométrie peut également servir dans d'autres domaines que celui de la personne humaine. Ainsi on peut détecter certaines singularités, défaut, ou signature dans le bois *via* des procédés astucieux :

3.8.1. *Le système micro-ondes :*

(Choffel & Charpentier, 2003)

Il s'agit d'un brevet d'invention déposé par Charpentier P. et Choffel D. (1999). Chaque pièce de bois possède une signature unique due à la variabilité du bois lui-même, et à la sensibilité du capteur vis-à-vis de cette variabilité. Le bois passe dans un système composé d'un émetteur micro-onde et d'un récepteur. Un système d'acquisition va permettre d'obtenir une courbe qui dépend du bois et de la sensibilité du capteur. Cette courbe est appelée signature du bois (Annexe 10 : Système micro-ondes). Le problème scientifique sous-jacent est la capacité à lire l'onde émise par l'émetteur, une fois la planche de bois traversée, et à interpréter ainsi la signature du produit. La modification des caractéristiques de l'onde est due à la matière (dissipation d'énergie), et l'amplitude est modifiée. Un autre problème important est la reconnaissance de ce signal si la pièce de bois a subi une découpe, un usinage, ou un traitement par exemple. En effet, la morphologie va changer et par conséquent le signal aussi.

3.8.2. *Les systèmes de scanner vision (LuxScan)*

Il s'agit de détecter les singularités et défauts du bois puis de les classer grâce à des capteurs d'aspect de surface. Ces défauts sont ensuite purgés. Les morceaux restants sont aboutés et collés. Il s'agit d'utiliser des caméras de très haute précision, capable de lire, et d'enregistrer, à très haute vitesse, afin d'obtenir une vision surfacique. Un traitement de données par algorithme permet de purger, ou non, la partie concernée. (Annexe 11 : Scanner LuxScan)

3.8.3. Les systèmes de contrôles non destructifs (rayon X, ultrasons,...)

Il s'agit de détection de singularités ou de défauts du bois en profondeur. Grâce à des scanners, la détection des branches, des pièces de métal (arbre touché par des balles) est possible. Un modèle 3D est alors créé ; cela permet une optimisation du débit et un classement par qualité (Annexe 12 : Localisation de branches et modélisation 3D). (Flodin, Oja, & Grönlund, 2008) s'appuient sur l'emplacement des nœuds pour obtenir une signature du bois.

3.8.4. L'utilisation de l'ADN :

Cela a été envisagé par (Deguilloux, 2002) afin de retrouver l'origine de l'arbre. Ainsi, une différence d'ADN est montrée entre les chênes provenant de différentes régions. Cela sert notamment à connaître l'origine des chênes pour la tonnellerie française. Le problème scientifique sous-jacent est la capacité à isoler l'ADN de ces arbres (réalisé en laboratoire) pour obtenir une différenciation entre les essences et les régions.

Maintenant que nous avons vu que la traçabilité totale dans la filière bois présentait un avantage certain dans l'optimisation de la chaîne logistique lors de l'approvisionnement des scieries, mais aussi dans le processus complet de transformation du bois et de livraison au client, il est important de pouvoir modéliser ces différents flux au moyen de standards utilisables par tous. Le chapitre suivant a pour but de présenter le cadre de modélisation retenu dans le but de pouvoir comparer ces différentes modélisations de planification.

- PARTIE 3 - UTILISATION DE MEGA PROCESS ET MODELISATION DES SYSTEME D'APPROVISIONNEMENT DES SCIERIES, FRANÇAISES ET CANADIENNES.

1. L'UTILISATION DE MEGA PROCESS

Dans notre cas, la modélisation permettrait d'avoir une vue d'ensemble, dans un premier temps, de la chaîne d'approvisionnement et de son imbrication dans le processus général de la transformation du bois. Cela permettra de mieux comprendre les interactions entre les différents partenaires. Nous souhaitons pouvoir répondre aux questions : Quoi, Qui et Comment, et ainsi décrire les chaînes de valeur de l'approvisionnement dans la filière bois. Cela passe donc par une vue synthétique indépendante des structures organisationnelles, de façon à pouvoir améliorer durablement le fonctionnement (vue fonctionnelle), mais aussi en mettant en parallèle l'organisation (vue organisationnelle) pour maîtriser les activités à risque. Dans un deuxième temps, il s'agit de représenter au mieux la réalité au travers de différents concepts ; le but étant de mieux communiquer et mieux expliquer, ce qui est un des enjeux de la filière bois aujourd'hui (PIPAME, 2012).

Le formalisme MEGA répond à ces questions, et permet une réutilisation par d'autres personnes utilisant ces mêmes modèles, dans le but de réaliser des comparaisons. C'est d'ailleurs ce qu'a pu mettre en évidence (Savard, 2011) dans son mémoire, en utilisant le « formalisme de représentation et de description des unités d'affaires, des produits, des flux de matière, des processus et des marchés » présenté par (Jacques, 2010) ainsi que le langage UML (Unified Modeling Language) : la possibilité d'utiliser les mêmes formalismes pour réaliser des comparaisons.

MEGA offre donc la possibilité, autour des trois vues traitées (processus, acteur et activité), de réaliser des logigrammes clairs, de créer des relations entre les différents processus, acteurs et activités, et de les commenter.

2. MODELISATION DE L'APPROVISIONNEMENT DES SCIERIES FRANÇAISES

Cette modélisation permet de mettre en évidence les processus métiers, les processus organisationnels, les opérations et les différents acteurs (internes ou externes), ainsi que les flux d'information et de matière au sein de l'approvisionnement des scieries de résineux en France. MEGA permet donc de prendre en compte dans sa globalité toute la chaîne d'approvisionnement.

Voici tout d'abord le processus métier général « transformer le bois ». Ce processus est en interaction avec plusieurs acteurs externes (en vert) et internes (en bleu). La différence entre ces différents acteurs est que les acteurs internes sont « internes » au processus. Les acteurs externes participent à cette chaîne d'approvisionnement mais de façon différente ; c'est-à-dire qu'ils apportent un flux de matière, ou d'information, ou récupèrent un produit ou une information sans intervenir dans le processus métier.

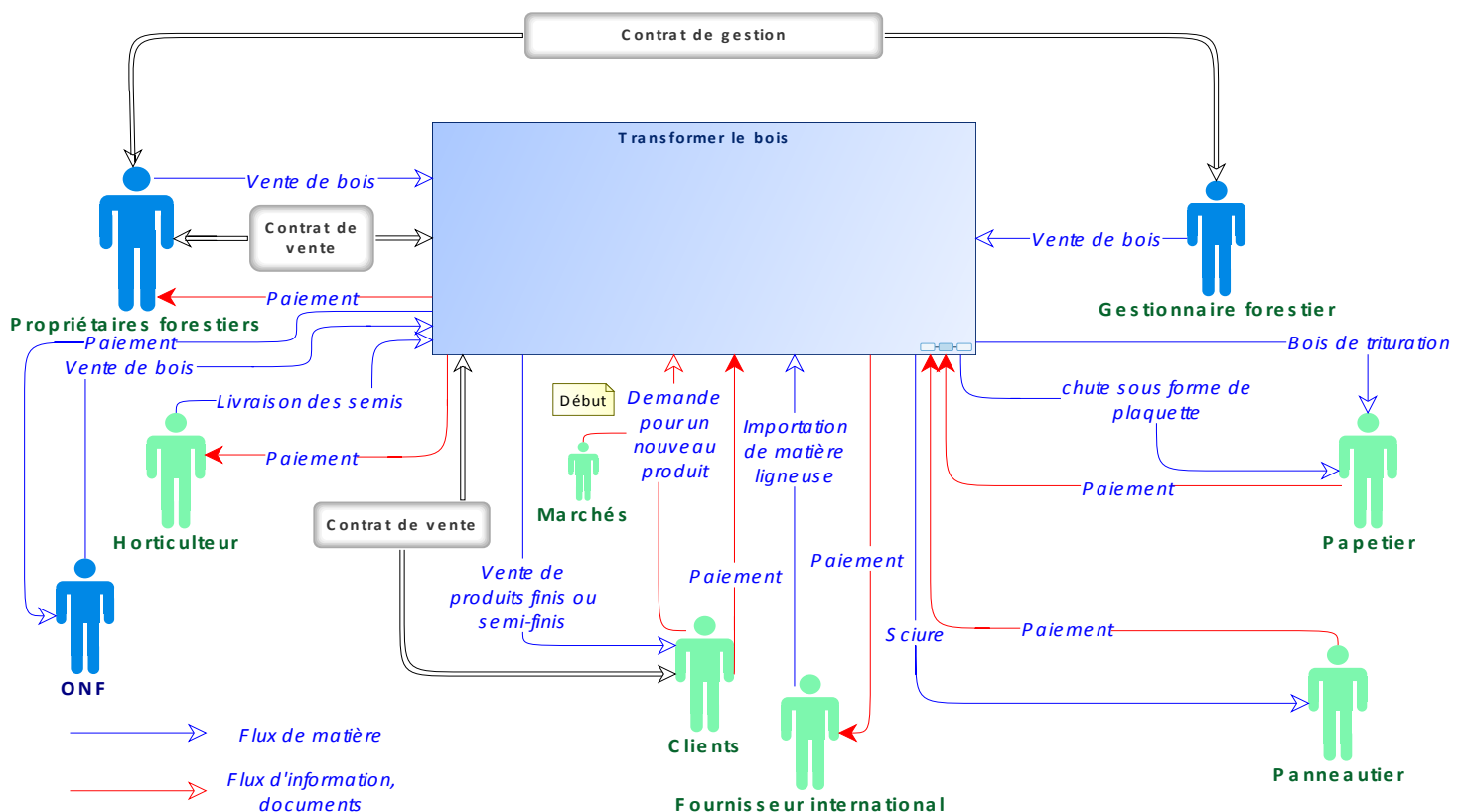


Figure 3 Processus métier général « Transformer le bois »

L'approvisionnement forestier consiste à livrer la matière première (le bois sous forme de grumes, billes ou billons) aux scieries ou usines transformant le bois en tenant compte de différentes caractéristiques importantes comme les procédés de transformation, le produit final. Au cœur de l'approvisionnement, on retrouve donc les activités techniques, commerciales et logistiques. C'est donc pour cela que je considère l'approvisionnement comme prenant naissance dès la plantation du semis. En effet, comme dit précédemment dans la partie II, la sylviculture a un impact non négligeable sur les bois qui seront acheminés à la scierie. Voilà donc pourquoi le diagramme de la figure 3 comporte des acteurs tels que l'horticulteur, qui livrera les semis, ou encore le gestionnaire forestier.

Les flux de matière :

La vente de bois sera réalisée par le propriétaire lui-même, par contrat direct avec la scierie, ou sera fait par le gestionnaire forestier. Un contrat de gestion a donc lieu si le propriétaire fait appel aux services d'un gestionnaire forestier ou d'un expert forestier. Les flux sortant sont des flux de matières premières, comme les bois de trituration, ou des flux de produit finis ou semi-finis, comme la sciure, les plaquettes, destinés au panneauier et au papetier. Les produits finis peuvent être des planches pour la deuxième transformation. Le processus « transformer le bois » peut également se servir de matière première liée à l'importation (pour rappel, 3.3 millions de m³ de résineux sont ainsi importés chaque année).

Les flux d'information :

Ces flux, en rouge, sont tous des paiements effectués par le processus métier « transformer le bois » aux différents acteurs ayant vendu un produit. Seul le client final, le papetier et le panneauier effectueront des paiements.

Ces deux types de flux débutent de l'acteur externe « clients » et/ou « marchés ». En effet, face à une demande, le processus est enclenché (sans début il n'y a pas de raison que le processus commence). Une demande pour un nouveau produit est donc créée et reçue par le processus métier général.

Dans ce processus métier général, on trouve des sous-processus métiers. On distingue, dans la figure 4, les processus métiers suivant : planifier les besoins de l'approvisionnement en bois, approvisionner les scieries, usiner le bois et livrer le client. On a donc là, de façon plus précise, tous les liens (flux de matière et flux d'information) rattachés à leur sous-processus métiers.

L'évènement déclencheur (sur la figure 4) initiant le processus, et par conséquent les sous-processus qui y sont rattachés, commence avec la demande d'un nouveau produit. Ce flux entre dans le sous processus métier « planifier les besoins de l'approvisionnement en bois ». C'est-à-dire que la demande de nouveaux produits va passer différentes étapes décisionnelles (processus décisionnels), permettant de savoir si ce produit est en stock de produits finis, peut être usiné (auquel cas il est passé sur le carnet de commande), ou si le bois n'est pas à la scierie et qu'il faut aller le chercher en forêt (bois déjà abattus ou non). L'annexe 13 montre de façon détaillée les processus organisationnels et les opérations qui en découlent. Il convient néanmoins d'éclaircir un point important concernant le stock de produits finis. En effet, la commande d'un nouveau produit ou même d'un nouveau marché devrait forcément entraîner une quelconque fabrication. C'est-à-dire qu'il est rare, en général, d'avoir ce nouveau produit, ou de pouvoir répondre à un nouveau marché directement, juste via le stock de produits finis. En scierie, c'est différent. Lorsque la grume, ou le billon passent dans la scie de tête (premier sciage), le scieur choisi un plan de découpe qui correspond au mieux avec son carnet de commande. Il réalise donc prioritairement ses commandes, mais pour optimiser la matière, il réalise des sciages qui ne sont pas dans ce carnet de commande. Ces sciages sont donc stockés attendant un client.

Il est question dans ce PFE de décrire les flux d'approvisionnement des scieries. Je ne parlerai que succinctement des sous processus métiers « usiner » le bois et « livrer le client ». En effet, cette partie est réalisée par Gass Pierre, avec qui je ferai mon stage au Canada, dans le but d'affiner ces modèles, et de mettre en place un Plan directeur de Production (PDP). Le sous-processus métier « usiner le bois » renferme des processus organisationnels allant du parc à bois de la scierie jusqu'au séchage du bois, en passant par le sciage. On peut remarquer que des flux de sortie vont vers des acteurs externes. En effet, il s'agit de sciure et de chute de bois que la scierie revend aux papetiers et aux panneautiers. Le sous-processus métier « livrer le client », quant à lui, contient les processus organisationnels, qui eux-mêmes contiennent les opérations nécessaires à la livraison du produit fini ou semi-fini au client.

Comme dit précédemment, « Approvisionner les scieries » débute dès la sylviculture (ou la gestion forestière). La figure 5 montre la décomposition de ce sous-processus métier en processus organisationnels, ainsi que les flux qui y sont reliés.

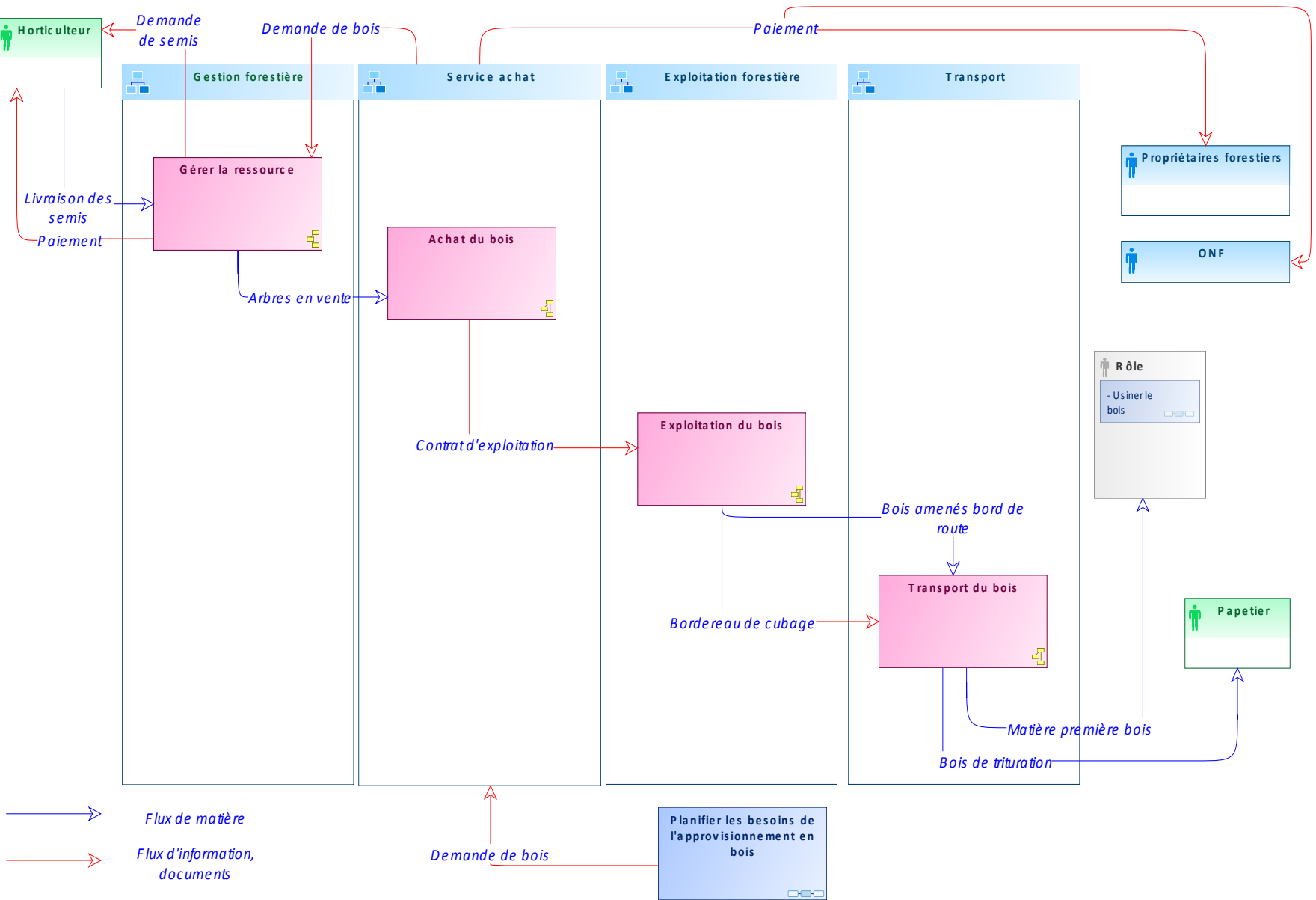


Figure 5 Sous processus métier « Approvisionner les scieries »

On a donc la présence de l'acteur structure interne Gestion forestière. Cette structure est chargée de gérer la ressource ; c'est-à-dire de faire grandir le peuplement du stade de semis au stade d'arbres de qualité. Le logigramme de ce processus organisationnel « gérer la ressource » est détaillé en annexe 14. Il y a deux acteurs internes, le gestionnaire forestier, et le sylviculteur. Une demande de bois de la part des scieries (plus particulièrement du service achat) arrive au gestionnaire, qui consulte le Plan Simple de Gestion (PSG) pour savoir si une coupe est prévue sur une parcelle. Si oui il va marquer les bois à vendre et les mettre en vente. Nous avons vu dans la première partie les différentes manières et les différents modes de vente. En parallèle, pour assurer un renouvellement de la ressource, et pour obtenir des arbres de qualité, le gestionnaire se doit de replanter une parcelle coupée, et de réaliser des entretiens sylvicoles. Il réalise ainsi des contrôles (au nombre de 1 au moins par année) et consulte son PSG pour connaître les entretiens (et les coupes) prévus chaque année. Si des entretiens sont à faire, il fait appel à un sylviculteur. Les contrôles sont utilisés pour plusieurs raisons : tout d'abord celle de contrôler, après une coupe, la remise en état de la parcelle par l'exploitant. Car dans les contrats de vente entre scierie et propriétaire / gestionnaire, le dit-contrat stipule qu'après les opérations forestières d'exploitation, la parcelle doit être remise en état. Ensuite, le gestionnaire contrôle la parcelle lors des entretiens sylvicole et s'assure du bon déroulement des opérations. Enfin le contrôle permet de réaliser des inventaires forestiers (nombre de tiges sur la parcelle, arbre moyen, hauteur...) offrant ainsi la possibilité de suivre l'évolution de la parcelle. Ces inventaires sont très importants car ils permettent de simuler l'état de la ressource pour les années à venir.

En ce qui concerne un terrain nu acheté, et une volonté de boiser, le gestionnaire fait appel à un horticulteur, commande des semis, et les fait livrer sur la parcelle. Le sylviculteur s'occupe de les planter. Un PSG est appliqué si la parcelle dépasse les 25 ha ; un PSG allégé est appliqué si la parcelle dépasse les 15 ha. Puis le cycle normal de consultation du PSG pour connaître les entretiens à réaliser et les coupes à faire est lancé, ainsi que les contrôles à mener.

Concernant le processus organisationnel suivant, « Achat du bois », celui-ci débute dès la mise en vente par le propriétaire ou gestionnaire. Il est montré en annexe 15. Il faut savoir que seul le gestionnaire ou l'expert forestier a la possibilité de mettre des bois en vente lors

des regroupements de ventes réalisés tout au long de l'année. En revanche le propriétaire peut décider de vendre ses bois directement à la scierie.

Le technicien forestier, attaché au service achat de la scierie, va visiter la parcelle. Si la parcelle convient (accès aux routes, arbres de qualité, circulation dans le peuplement), il réalise une estimation. Pour cela il y a différentes méthodes. Une des plus utilisée est le fait de trouver un endroit dans la parcelle le plus représentatif et de réaliser un inventaire. Les tiges sont comptées, classées en fonction de leur diamètre. L'arbre moyen est déterminé. Les hauteurs, à une découpe bien précise, sont mesurées à l'aide d'un Blume leiss (annexe 16), par exemple. Le coût d'exploitation est alors déterminé, en fonction du nombre de tiges, du nombre de mètres séparant la parcelle du bord de route, des machines à utiliser, du nombre de jours que le chantier prendra. Le technicien établit alors son prix d'achat. Lors de la vente, en présence d'un huissier, il remportera ou non l'enchère. Diverses possibilités sont présentes, comme celle de négocier le lot de bois, si celui-ci a été retiré faute d'acheteur. Une fois le lot acheté, un contrat est réalisé et le paiement au propriétaire (même si c'est le gestionnaire qui met en vente les bois) est fait. Le gestionnaire obtient un pourcentage sur la vente du lot, généralement de 7 à 10%, fixé lors du contrat de gestion.

Si le propriétaire vend ses bois à la scierie, il a la possibilité de les marquer lui-même ou de laisser faire le technicien forestier. Il n'y a, dans ce cas, pas d'enchère.

Le processus organisationnel suivant « Exploitation du bois » (en annexe 17) fait appel à différents acteurs en fonction des bois à couper. Si les bois sont de grandes longueurs, ils sont abattus par un bucheron, cubés, puis débardés (par un skidder). En effet, ils ne peuvent pas être tronçonnés par l'abatteuse, car leurs diamètres sont trop importants. Le cubage intervient avant le débardage, car une fois bord de route, il n'y a plus moyen de les cuber de façon précise étant donné qu'ils forment une immense pile. Si les bois sont de petites longueurs, ils sont coupés par l'abatteuse puis débardés. On distingue alors deux classes de bois : les billons destinés aux palettes, par exemple, où le cubage est fait directement par l'abatteuse ; et les bois de trituration, où le cubage est fait par le technicien forestier en bord de route. Ce dernier cubage est différent et se fait en stère, en comparaison au m³. Le technicien fournit alors le bordereau de cubage total au service de transport.

Ce service de transport envoie donc le ou les bons camions sur l'aire de dépôt. L'annexe 18 présente les différentes opérations du processus organisationnel « Transport du bois ». Une planification d'itinéraire est réalisée par le service transport, qui prend en compte le chargement bord de route sur la parcelle, les routes ouvertes ou fermées, ainsi que les camions disponibles. Pour information, il existe des itinéraires bois en France que les camions doivent emprunter. La gestion du transport est très difficile et demande beaucoup de travail car certaines routes ne permettent pas l'accès aux camions.

Voici un exemple en Corrèze : L'itinéraire bois permet une circulation des camions avec un poids maximum autorisé. Mais cet itinéraire passe par différentes communes, et chaque commune a le droit de fixer un poids limite de chargement. Si bien que pour passer d'une commune à l'autre, sur la même route, en même état, le chargement autorisé est moindre. La planification est donc rendue très difficile.

Une fois cette planification réalisée, le transporteur est envoyé pour charger le bois. Le bois est ainsi emporté à la scierie ou aux usines de papiers (pour le bois de trituration).

3. MODELISATION DE L'APPROVISIONNEMENT DES SCIERIES CANADIENNES

De la même manière que pour la modélisation de l'approvisionnement des scieries françaises, cette modélisation permet de mettre en évidence les processus métiers, les processus organisationnels, les opérations et les différents acteurs (internes ou externes), ainsi que les flux d'information et de matière au sein de l'approvisionnement des scieries de résineux au Canada. MEGA permet donc de prendre en compte dans sa globalité toute la chaîne d'approvisionnement.

Le même processus métier général a été gardé pour une meilleure comparaison. Seule la mention « Canada » ou « C » (voulant dire Canada) a été ajoutée pour éviter la modification en écriture de la modélisation française. Les mêmes codes ont été gardés (acteurs internes, externes, types de flux).

Ce processus métier général (figure 6) est en interaction avec de nombreux acteurs externes.

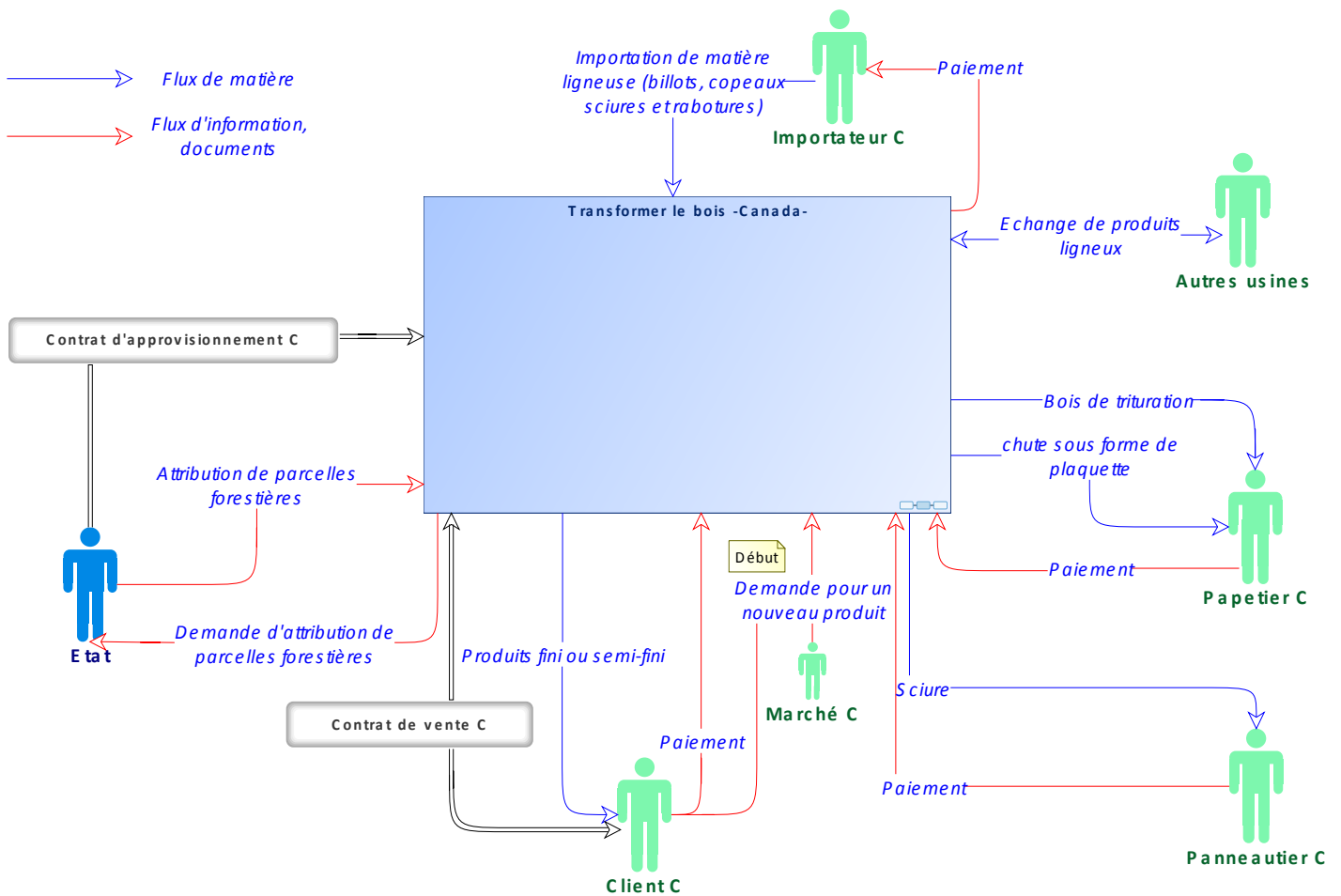


Figure 6 Processus métier général « Transformer le bois-Canada- »

Ce processus est initialisé par un évènement « début » qui est une demande de nouveau produit ou de nouveau marché. Les flux de matière entrant sont uniquement des importations de matière ligneuse. Je rappelle que l’approvisionnement débute dès la naissance du peuplement (dès la gestion forestière). Les processus métiers sont des systèmes fournissant un produit à un client. Ceux-ci donnent une valeur ajoutée au produit. La valeur ajoutée est donc présente dès la gestion forestière, puisque celle-ci permettra l’obtention de bois de qualité.

Les flux sortant sont des produits finis ou semi-finis, ou des produits connexes issus du sciage, pour des clients différents comme les papetiers, les panneautiers, ou les autres usines et complexes de sciage.

Au sein de ce processus métier général, sont présents quatre sous-processus métier : Planifier les besoins de l’approvisionnement en bois, approvisionner les scieries, usiner le bois, et fournir le produit au client (figure 7).

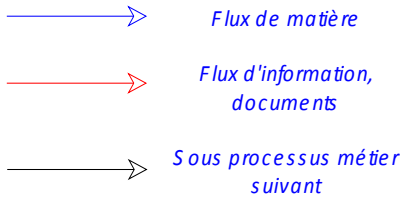
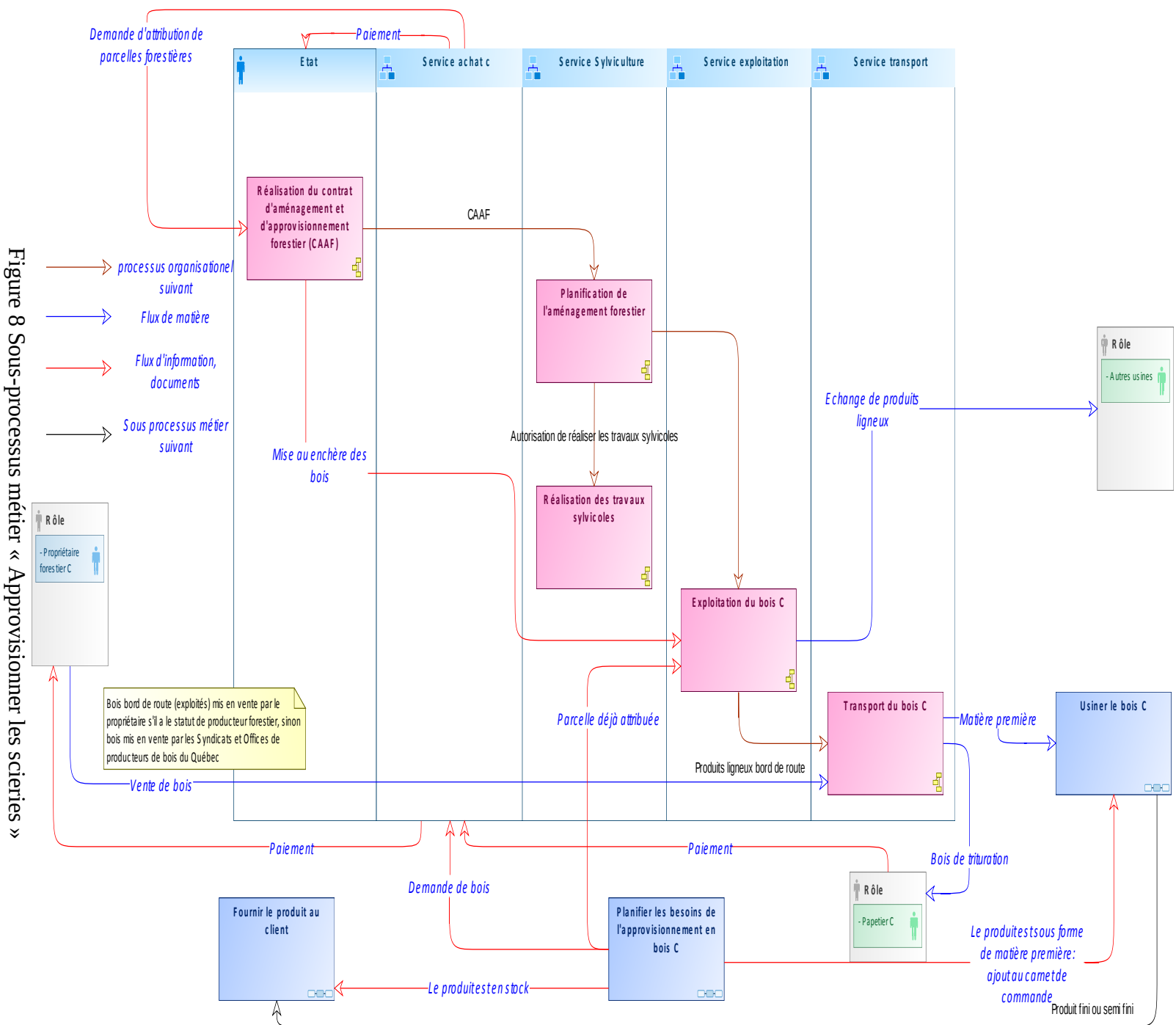


Figure 7 Sous-processus métiers

Le sous processus métier de planification du besoin est en annexe 19. Il permet, par une série de processus décisionnels (capacités, panier de produit...) de livrer le client, usiner le bois, ou aller chercher le bois en forêt (bord de route ou sur pied). La conformité vis-à-vis de la stratégie de l'entreprise est étudiée, avec la possibilité de la réorienter. Une étude de marché est réalisée, en tenant compte de partenariat possible ou pas, et de la disponibilité de la ressource ou non. Je me suis servi ici du mémoire de (Savard, 2011), concernant « les processus de planification stratégique de l'entreprise forestière de l'approvisionnement forestier jusqu'aux marchés ».

Tous les acteurs, internes ou externes, du processus métier général, sont retrouvés. Nous avons une vision plus précise. Ce qui est normal, car à mesure qu'on avance (en profondeur : *top down*), on se rapproche d'un niveau de détail très précis. On peut donc remarquer les positions des différents acteurs, ainsi que les sous-processus métiers auxquels ils sont rattachés. On peut également voir la présence d'un site, la cour à bois. C'est, comme dit dans la partie I, une plateforme de stockage où sont acheminés les bois issus des forêts. Ils sont stockés et triés. Le coût de stockage est donc bien moindre qu'en scierie, tout simplement car ces plateformes se trouvent en dehors des villes. Le bois peut ainsi être acheminé en fonction des demandes client de chaque scierie dans le périmètre défini. Il y a donc ici une volonté de réduire les stocks de matière première des scieries tout en fournissant le bon bois au bon moment.

Comme précédemment, je ne m'occuperai que du sous-processus métier « Approvisionner les scieries ». Le sous-processus métiers « usiner le bois » est le même qu'en France, concernant le flux de matière au sens strict (scie de tête, de reprise, mise à longueur, triage, empilage, et stockage). Seuls varient les processus de décision dont Gass Pierre traite dans son PFE. Le sous-processus métier « fournir le produit au client » est sensiblement le même. Le client récupère ses produits à la scierie ou se fait livrer.



La décomposition du sous processus métier « Approvisionner les scieries » montre plusieurs processus organisationnels. La figure 8 permet de comprendre l'ordre dans lequel apparaissent ces processus. Le « lancement » est initié par une demande client. Si ce nouveau produit ne se trouve ni dans le stock de produit fini, ni sous forme de matière première, il faut demander l'attribution de parcelles. Cette attribution se fait par l'Etat après avoir réalisé le CAAF qui sera décrit ultérieurement. Après l'obtention de ce contrat, la scierie réalise l'aménagement forestier qui donne lieu d'une part à la réalisation de travaux sylvicoles, et d'autre part, à l'exploitation du bois ; celle-ci donnant lieu au transport du bois.

La réalisation du CAAF (annexe 20) est faite par l'aménagiste, qui est un acteur de l'Etat. Il prend en compte la demande d'attribution de parcelle, calcule la PAC, puis réalise la stratégie d'aménagement. Il donne au bénéficiaire le CAAF. La scierie doit donc maintenant présenter trois plans, comme vu dans la partie I. Ainsi le PGAF, le PQAF, et le PAIF sont réalisés, vérifiés, une première fois pas un ingénieur forestier, puis le MRNF (Annexe 21). Cela donne le droit de réaliser les travaux sylvicoles nécessaires, d'une part, et d'autre part, de réaliser les coupes. Les travaux sylvicoles (Annexe 22) sont faits par un sylviculteur. Il s'agit d'élagages, de débroussaillages, et autres activités permettant au peuplement de murir dans de bonnes conditions, préparant ainsi des arbres de bonne qualité.

Pour l'exploitation (Annexe 23), l'autorisation de coupe vient de l'Etat, et donc du PAIF. Si les bois ont été gagnés aux enchères, il n'y a pas besoin de consulter le PAIF. En effet, la parcelle « n'appartient » pas à la scierie. La coupe des arbres est fonction du type d'arbre. Les troncs entiers seront tronçonnés par un bucheron, ébranchés puis débardés et triés. Le parcours des arbres n'est pas différent, si ce n'est l'inversion de l'opération de débardage et celle de l'ébranchage. Concernant les bois tronçonnés (de petits diamètres), tout est réalisé par l'abatteuse (abattage, ébranchage et cubage, billonnage), suivi du débardage, puis du triage. Les produits ligneux bord de route sont alors envoyés à la scierie par transporteur. Il arrive que ces produits ligneux soient destinés à d'autres usines (échanges). Ils restent donc bord de route et ces sont les camions de l'autre usine qui viennent les chercher.

Le transport (Annexe 24) est planifié, en fonction des camions disponibles, des accès, des routes empruntables. Un autre flux de matière entre à ce moment : les bois mis en vente par le propriétaire. En effet, ils sont achetés bord de route ; la scierie ne se soucie que du transport.

Néanmoins, il est possible pour le propriétaire de vendre ses bois à la scierie sans avoir à trouver l'exploitant. La scierie réalise alors les travaux d'exploitation. Les bois vont donc à la scierie ou aux usines de pâte à papier.

4. COMPARAISON DES DEUX MODELISATIONS

L'utilisation du même logiciel, et de la même structure, permet ainsi de comparer ces deux modèles. Il faut cependant rester prudent sur cette comparaison, car l'histoire forestière des deux pays n'est pas la même, les distances sont bien différentes, et comme vu dans la partie I, les produits sont différents.

Voici tout d'abord une similitude qu'il ne faut pas oublier. Ce qui est flagrant, c'est que le flux de matière au sens strict, ne varie pas beaucoup. En effet, les techniques de récolte, et de transport des bois rond sont très peu différentes d'un pays à l'autre ; et ceci n'est pas uniquement le cas pour ces deux pays.

La deuxième similitude se trouve sur le premier processus, le processus général : nous retrouvons presque les mêmes acteurs. Il y a la présence de l'Etat (l'ONF en France), le propriétaire privée, les papetiers, et les panneautiers. Le gestionnaire forestier n'est pas présent pour le Canada, mais il peut être remplacé par le syndicat et office de producteur de bois. En revanche il n'y a pas d'échange entre scieries, concernant les bois bord de route. Mais d'après (Savard, 2011), même si cette tendance augmente elle ne représente pas de quantité importante.

Pour voir et comprendre les différences entre ces deux pays, il faut entrer au niveau organisationnel, et au niveau des opérations. Et bien que certaines opérations se ressemblent, les processus décisionnels qui sont présent sont bien différents. La première différence concerne le processus de planification. En effet, le processus canadien est bien plus complexe, mais bien plus complet. La demande d'un nouveau produit entraine un certain nombre de questions pour savoir si le produit existe, si on peut le fabriquer, si on a la matière première, si on a le droit de l'exploiter, si les accès à la parcelle sont en bon état, si les camions sont disponibles... Le processus d'approvisionnement est vu comme un tout.

Une autre différence est la présence de cour à bois. Il ne s'agit pas ici de seulement envoyer le bon bois au bon moment ; mais aussi de l'envoyer à la bonne scierie. Des études

du FORAC montrent une amélioration de près de 40% du profit par rapport à l'allocation basée sur les distances. C'est-à-dire qu'il ne faut pas penser en coût selon les distances, mais bien penser en coût selon le rendement. En effet, les scieries ne sont pas les mêmes partout.

Une autre différence réside dans le nombre d'acteurs qui composent la chaîne d'approvisionnement. Pour partir de la forêt et arriver à la scierie, il y a, en France, quatre acteurs différents : le gestionnaire, le sylviculteur, l'exploitant, le transporteur. Des bases de données sont créées presque pour chaque acteur. Une première base de données pour le gestionnaire forestier, lors des inventaires et visites de parcelles, et une pour l'exploitation. Le gestionnaire se servira également des bois vendus pour améliorer sa base de données et par conséquent son retour d'expérience. Ce système empêche ainsi l'information de bien circuler. Au Canada, si on prend le mode de vente par contrats, qui est le plus répandu, il y a en tout et pour tout 2 acteurs : l'Etat lui-même et la scierie. La scierie réalise les activités sylvicoles, les activités de récolte, et de transport. Et si elle ne les gère pas totalement, elle fait appel à des sous-traitants, dont elle a un contrôle total, puisque des contrats garantissant les récoltes, et donc l'exploitation, ou le transport, sont passés pour plusieurs années. Il y a donc une seule base de données concernant l'approvisionnement. La scierie a ainsi un savoir certain sur les arbres qui poussent en forêt.

5. PROPOSITION D'AMELIORATION

A ce stade, les modèles ne permettent qu'une comparaison simple, comme celle faite précédemment. Le but du stage de fin d'étude est de travailler sur ces modèles, couplés avec ceux de Gass Pierre, pour les affiner : rentrer des valeurs chiffrées par exemple, intégrer les logiciels d'optimisation du débit, du transport.

Il est néanmoins possible de proposer une optimisation basée sur les nouvelles technologies : l'utilisation de la traçabilité dans le but de créer une base de données commune à la filière bois. Cela reprend en partie le chapitre I, mais la traçabilité dans la filière bois est importante. Ainsi, les informations importantes concernant les parcelles, les bois, les qualités, seraient connues, et couplées à des prévisions de vente, l'anticipation n'en serait que plus juste.

Aujourd'hui, le scieur de tête consulte en début de journée son carnet de commande, et a pour mission de le remplir à la fin de la journée. Les plans de débits sont créés de façon à

optimiser le rendement matière. Ce plan de débit pourrait être conçu pour optimiser, non seulement la matière, mais également le carnet de commande. De la même manière, si une traçabilité totale dans la filière bois (et surtout jusqu'à son arrivée en scierie) était réelle, il n'y aurait pas d'inconnu sur le stock de matière première, ou sur le stock de produit fini. A chaque commande le bon bois.

CONCLUSION

Ce rapport permet de mieux appréhender le fonctionnement des processus d'approvisionnement des scieries françaises et canadiennes, et d'en souligner les principales différences. Nous aurons compris la nécessité d'avoir un système d'information pertinent et complet, pour tous les acteurs de cette chaîne d'approvisionnement, de la gestion forestière à la scierie, ainsi que l'utilité d'avoir recours à des cadres de modélisation que tout le monde peut utiliser, dans le but de comparer, et d'analyser les différentes composantes de ces chaînes d'approvisionnement. Ces modèles sont encore très généraux, et un affinage est impératif. Mais ils forment une base pour la suite des travaux et notamment le stage de fin d'étude. Par ailleurs, ils permettent de mettre en évidence certains aspects intéressants, comme le fait de coupler la traçabilité totale, la mise en place de PDP au sein des scieries, et l'utilisation de systèmes d'aide à la décision.

Cela répond à des enjeux d'actualité (PIPAME, 2012) très fort. La place du bois dans le secteur de la construction croît de jour en jour, et a besoin que l'on s'y intéresse.

BIBLIOGRAPHIE

- Boughriet, R. (2009, Avril). Récupéré sur actu-environnement: http://www.actu-environnement.com/ae/news/bois_tropicaux_importations_illegales_europe_wwf_reglementation_7158.php4
- Chauhan, S., Duron, C., & Proth, J.-M. (2003). *Les chaînes d'approvisionnement, conception, contrôle et outils*. Lavoisier.
- Cheng, M., & Simmons, J. (1994). Traceability in manufacturing systems. *International Journal of Operations & Production Management*, Vol 14 pp4-16.
- Chiorescu, S., & Grönlund, A. (2004). The Fingerprint Method: Using Over-bark and Underbark Log Measurement Data Generated by Three-dimensional Log Scanners in Combination with Radiofrequency Identification Tags to Achieve Traceability in the Log Yard at the Sawmill. Dans *Scandinavian Journal of Forest* (pp. 374-383). Taylor et Francis.
- Choffel, D., & Charpentier, P. (2003). The feasibility of intrinsic signature identification for the traceability of pieces of wood,. *Forest Products Journal*, pp. 40-46.
- CIFQ. (2007). *Conseil de l'industrie forestière du Québec*. 8 p.
- D'Amours, S., Frayret, J.-M., Gaudreault, J., Lebel, L., & Martel, A. (s.d.). Chaînes de création de valeur. Dans L. d. Québec, *Manuel de la foresterie* (p. Chapitre 33). MultiMondes.
- Deguilloux, M. (2002). *Traçabilité des bois de chêne : méthodes moléculaires et application*. Thèse : Université Henri Poincaré, Nancy 1.
- Dykstra, D., Kuru, G., Taylor, R., Nussbaum, R., Magrath, W., & Story, J. (2002). *Technologies for wood tracking: Verifying and Monitoring the Chain of Custody and Legal Compliance in the Timber Industry*. World Bank / WWF Alliance for Forest Conservation and Sustainable Use.
- FCBA. (2013). *Mémento FCBA (Forêt Cellulose Bois Ameublement)*. France.
- Flodin, J., Oja, J., & Grönlund, A. (2008). Fingerprint tracability of sawn products using x-ray log scanning and sawn timber surface scanning. *Forest Products Journal*, 100-105.
- Forêt de France. (s.d.). Revue forestière.
- Frayse, L. (2013, Octobre 16). Une forêt française aux multiples enjeux. *Réforme*.

- Ginet, C., & Golja, R. (2007). *Traçabilité et échanges électroniques pour la filière forêt-bois-papier*. AFOCEL fiche technique 750.
- Jacques, J. (2010). *Modélisation des capacités de transformation et des marchés de l'industrie forestière*. Mémoire.
- Jover, J. (2013). *Thèse: Contribution à la réduction des pertes d'informations dans l'industrie du bois*. Utilisation de la résonance quadrupolaire nucléaire pour l'identification de marqueurs chimiques et de la virtualisation du processus de production pour la détermination de nomenclatures divergentes.
- Jover, J., Thomas, A., & Bombardier, V. (2011, Décembre 18). Marquage du bois dans la masse : Intérêts et perspectives. *9e Congrès International de Génie Industriel*. St Sauveur Canada.
- Kouas-Brahmi, V., & Lechevalier, P. (2011, Juin). *Les codes 2D*. Récupéré sur Mémoire licence pro: <http://cerig.efpg.inpg.fr/memoire/2012/codes-2D.htm>
- Longuetaud, F. (2004). Analyse non destructive de caractéristiques internes de billons d'épicéa commun par imagerie 3D à rayons X. *6ème colloque S.I.B.*
- Mellaoui, W. (2011). *Identification avec la RFID*. Récupéré sur http://fr.slideshare.net/Wahiba_mellaoui/rfid-10442807
- MRNF. (2003-2010b). *Les plans d'aménagement forestier: des éléments essentiels pour le développement durable de nos forêts*.
- Norme ISO 9000. (2005).
- ONF. (2007, août 3). Travaux forestiers. *Fiches techniques*, p. 29.
- PIPAME, P. i. (2012). *Prospective sur le marché actuel des nouveaux produits issus du bois et des évolutions à échéance 2020*. Nicole Merle-Lamoot, Gilles Pannetier.
- Pischedda, D. (2006, Octobre 17). Linking raw material characteristics with Industrial Needs for Environmentally Sustainable and Efficient Transformation processes. *Colloque organisé sous le patronage des ministères de l'Agriculture et de la Pêche, de l'économie, des finances et de l'industrie, de l'écologie et du développement durable*. Paris.
- Puech, J. (2009). *Mise en valeur de la forêt française et développement de la filière bois*. Rapport remis à Monsieur Nicolas SARKOZY, Président de la République.
- S+S site constructeur. (s.d.). Récupéré sur DirectIndustry: le salon online de l'industrie: <http://www.directindustry.fr/prod/s-s-separation-and-sorting-technology/detecteurs-metaux-tunnel-industrie-bois-38658-416631.html>

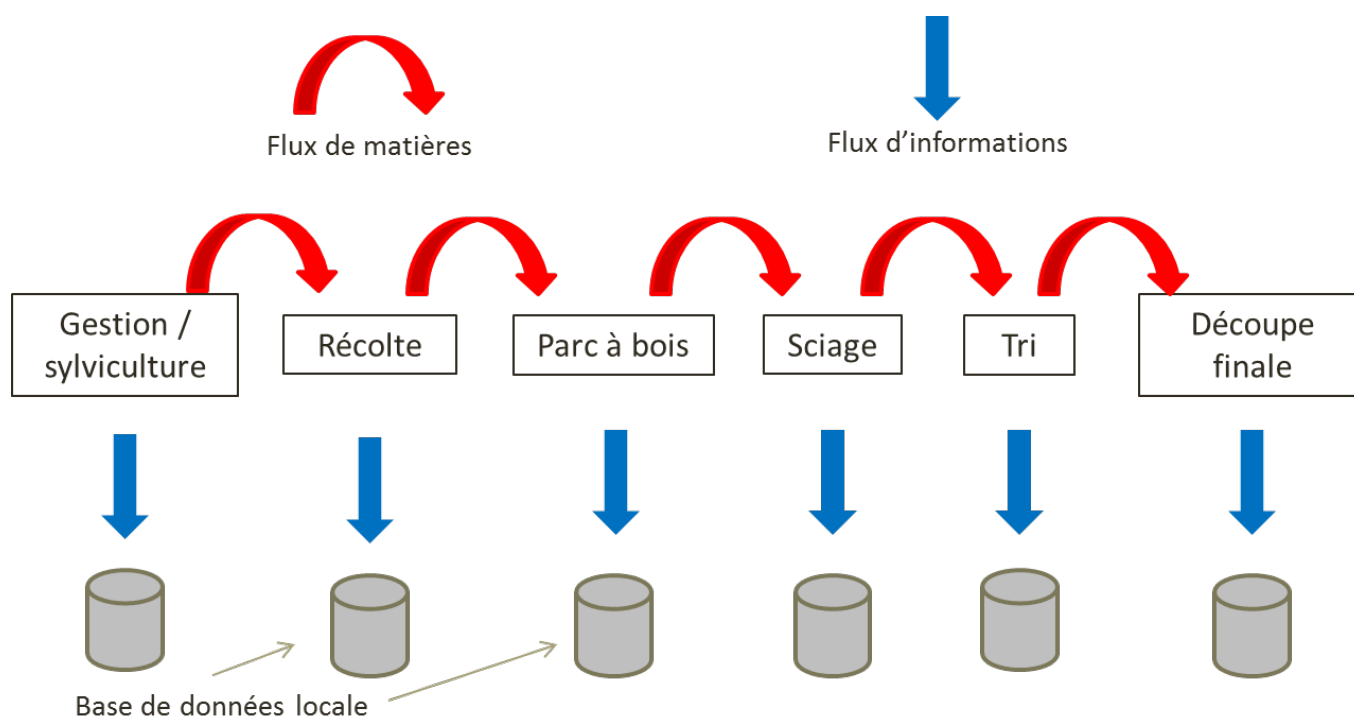
BIBLIOGRAPHIE

- Saikouk, T., & Spalanzani, A. (2012). *L'évaluation des technologies de traçabilité utilisées dans une supply chain forestière en France*. Actes des rencontres RIRL 2012 Proceedings Gestion de la chaîne logistique Supply Chain Management.
- Savard, M. (2011). *PLANIFICATION STRATÉGIQUE D'UN RÉSEAU LOGISTIQUE : Cas d'une entreprise forestière au Québec et de ses activités d'approvisionnement*. Mémoire.
- The indisputable key. (2009). Récupéré sur www.indisputablekey.com.
- Wikipedia. (2013). *Blume-Leiss*. Récupéré sur Wikipedia: <http://wiki.awf.forst.uni-goettingen.de/wiki/index.php/Blume-Leiss>
- WWF. (2005). *Failing the forest, Europe's illegal timber trade*. UK.

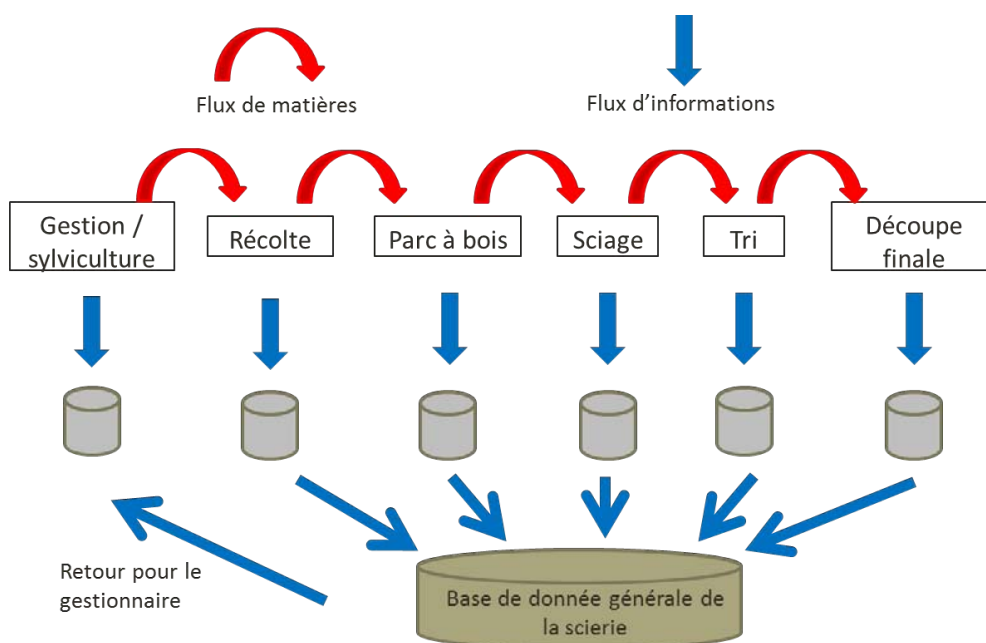
ANNEXES

<i>Annexe 1 : flux de matière et d'information</i>	f
<i>Annexe 2 : flux de matière et d'information incluant une notion de traçabilité</i>	f
<i>Annexe 3 : douglas élagué à 12 mètres en Corrèze</i>	g
<i>Annexe 4 : éclatement des produits issus de la filière bois</i>	h
<i>Annexe 5 : déroulement du processus LINESET</i>	i
<i>Annexe 6 : codes 2D</i>	k
<i>Annexe 7 : code QR</i>	m
<i>Annexe 8 : carte des différentes régions et fréquences selon les régions</i>	m
<i>Annexe 9 : carte NFC</i>	n
<i>Annexe 10 : système micro-ondes</i>	o
<i>Annexe 11 : scanner</i>	o
<i>Annexe 12 : localisation de branche et modélisation 3D</i>	p
<i>Annexe 13 : Sous-processus métier « Planifier les besoins de l'approvisionnement en bois » et processus organisationnels induits</i>	q
<i>Annexe 14 : Processus organisationnel « Gérer la ressource »</i>	s
<i>Annexe 15 : Processus organisationnel « Achat du bois »</i>	t
<i>Annexe 16 Blum leiss (appareil de mesure)</i>	u
<i>Annexe 17 : Processus organisationnel « Exploitation du bois »</i>	v
<i>Annexe 18 : Processus organisationnel « Transport du bois »</i>	w
<i>Annexe 19 : Sous-processus métier « planification des besoins d'approvisionnement en bois c »</i>	x
<i>Annexe 20 : Processus organisationnel « Réalisation du CAAF »</i>	aa
<i>Annexe 21 : Processus organisationnel « Planification de l'aménagement forestier »</i>	bb
<i>Annexe 22 : Processus organisationnel « Réalisation des travaux sylvicoles »</i>	cc
<i>Annexe 23 : Processus organisationnel « Exploitation du bois »</i>	dd
<i>Annexe 24 : Processus organisationnel « Transport du bois »</i>	ee

Annexe 1 : flux de matière et d'information



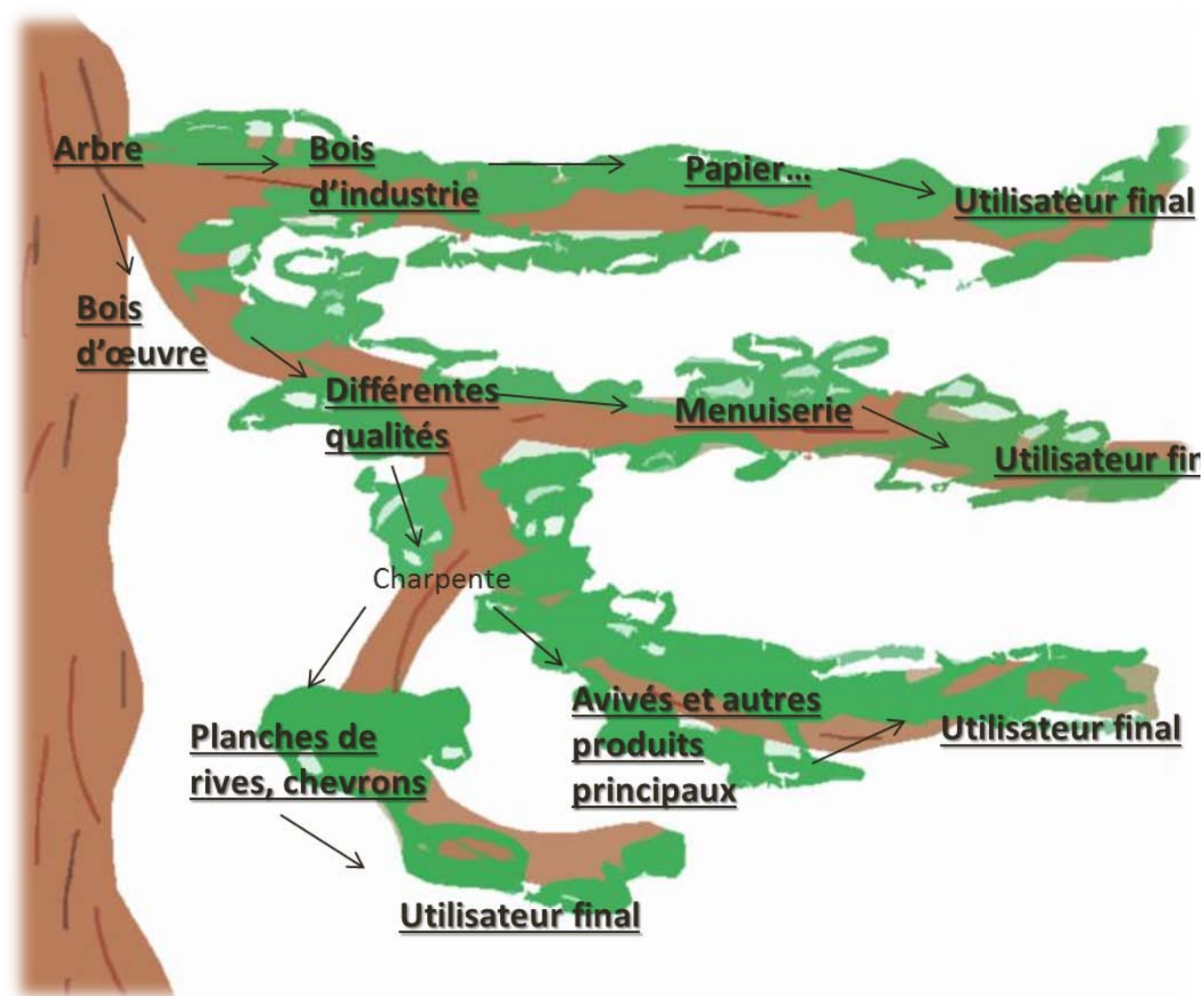
Annexe 2 : flux de matière et d'information incluant une notion de traçabilité



Annexe 3 : douglas élagué à 12 mètres en Corrèze



Annexe 4 : éclatement des produits issus de la filière bois



Annexe 5 : déroulement du processus LINESET

Source : (Pischedda, 2006)

Application automatique



Ø3 * 23 mm
lecteur 134.2 kHz, 0.5 m

Un transpondeur = puce électronique + antenne + condensateur
dans une capsule de verre



Application manuelle



Lecture du transpondeur





1) Identification des paquets - à l'aide de codes barres



2) Relecture - par un lecteur optique (portable)

Annexe 6 : codes 2D

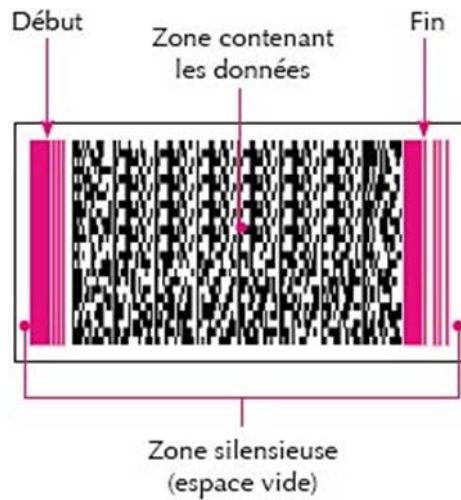
Code Datamatrix



- ❶ Spécification de l'orientation et de la structure du code
- ❷ Zone silencieuse (espace vide)
- ❸ Indicateur de densité qui sert à l'identification du nombre de lignes et de colonnes
- Zone qui contient l'information

Source: (Kouas-Brahmi & Lechevalier, 2011)

Code PDF-417



Source: (Kouas-Brahmi & Lechevalier, 2011)

Exemple d'utilisation du code PDF-417



Source: (Kouas-Brahmi & Lechevalier, 2011)

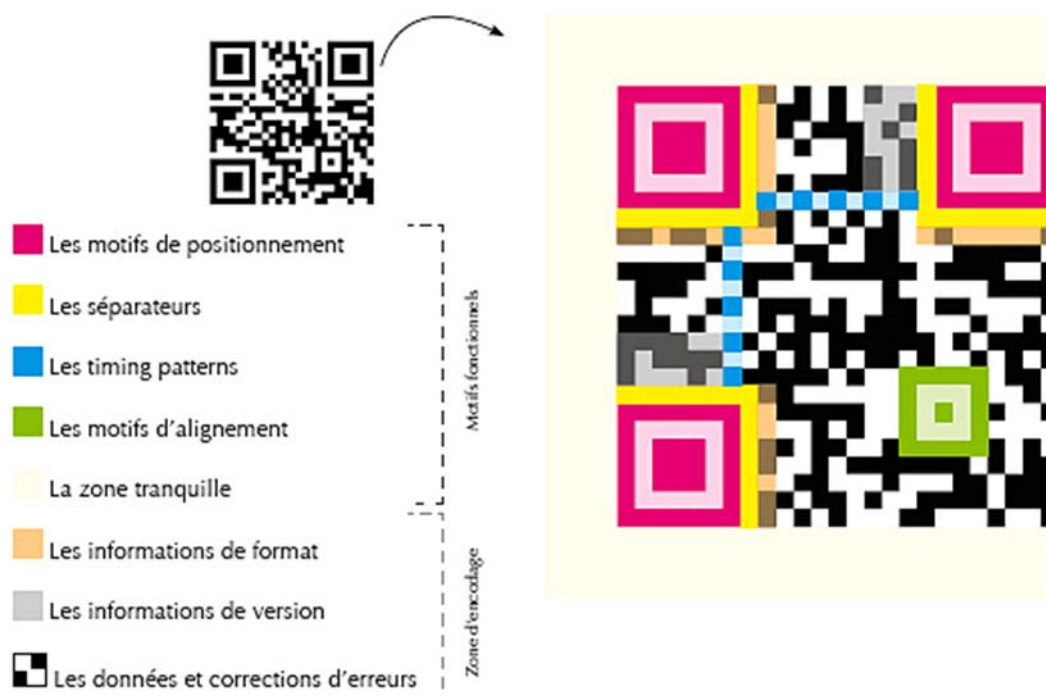
MaxiCode



- Six hexagones concentriques qui indiquent la présence d'une étiquette Maxicode
- Trois cercles concentriques
- Zone qui contient l'information

Source: (Kouas-Brahmi & Lechevalier, 2011)

Annexe 7 : code QR



Source: (Kouas-Brahmi & Lechevalier, 2011)

Annexe 8 : carte des différentes régions et fréquences selon les régions



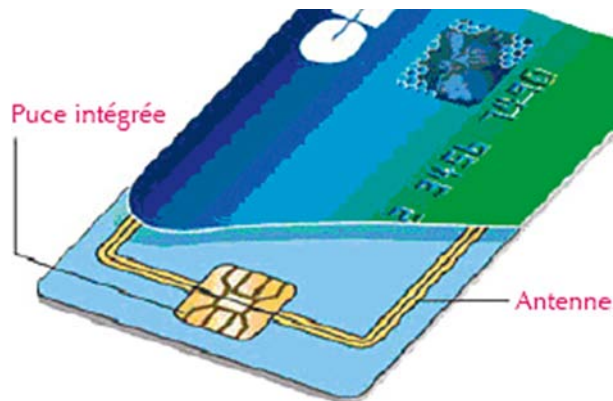
Source: (Mellaoui, 2011)

les Fréquences utilisées dans la planète

	Région 1	Région 2	Région 3
LF	125 kHz	125 kHz	125 kHz
HF	13.56 MHz	13.56 MHz	13.56 MHz
UHF	869.4 - 869.65 MHz	950 MHz	902 - 928 MHz
SHF	2.446 - 2.454 GHz	2.427 - 2.47 GHz	2.4 - 2.4835 GHz

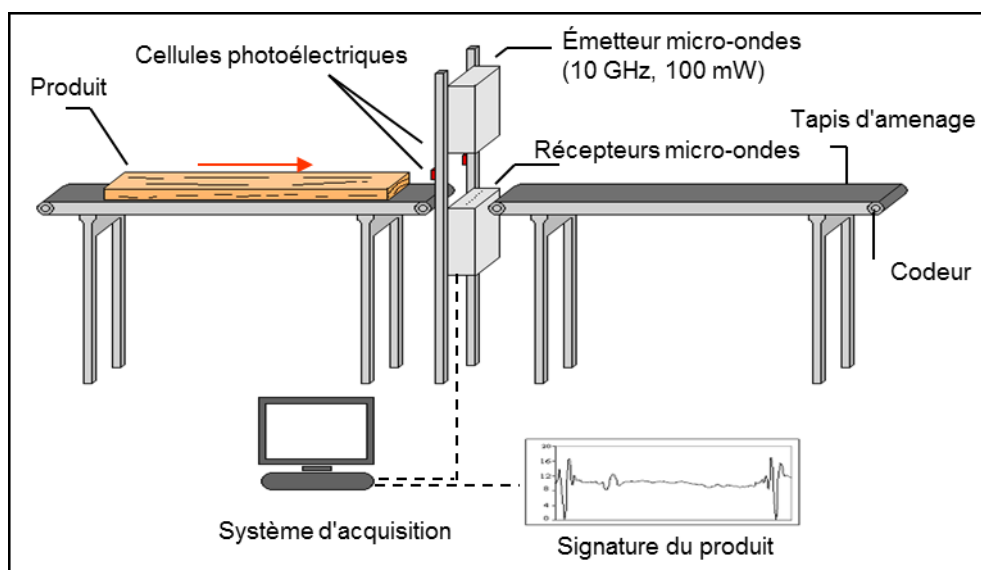
Source : (Mellaoui, 2011)

Annexe 9 : carte NFC



Source: (Kouas-Brahmi & Lechevalier, 2011)

Annexe 10 : système micro-ondes



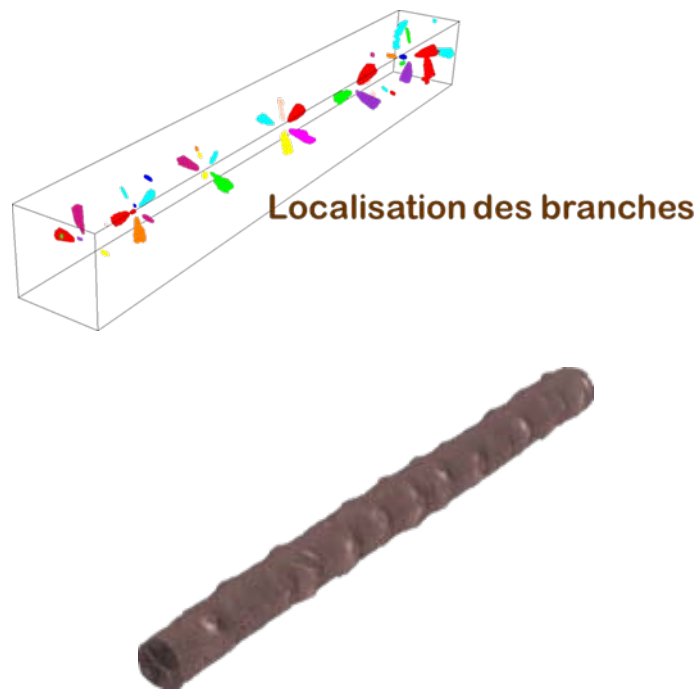
Source: (Choffel & Charpentier, 2003)

Annexe 11 : scanner



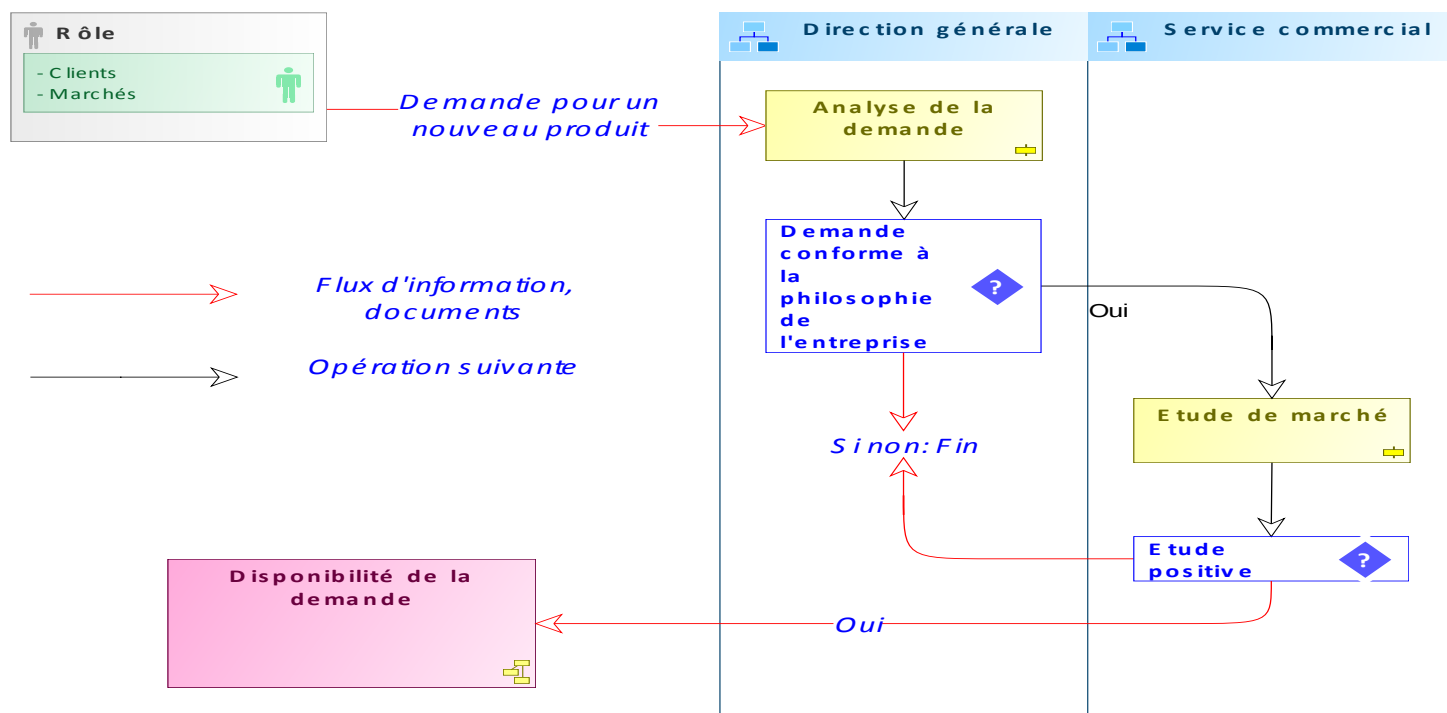
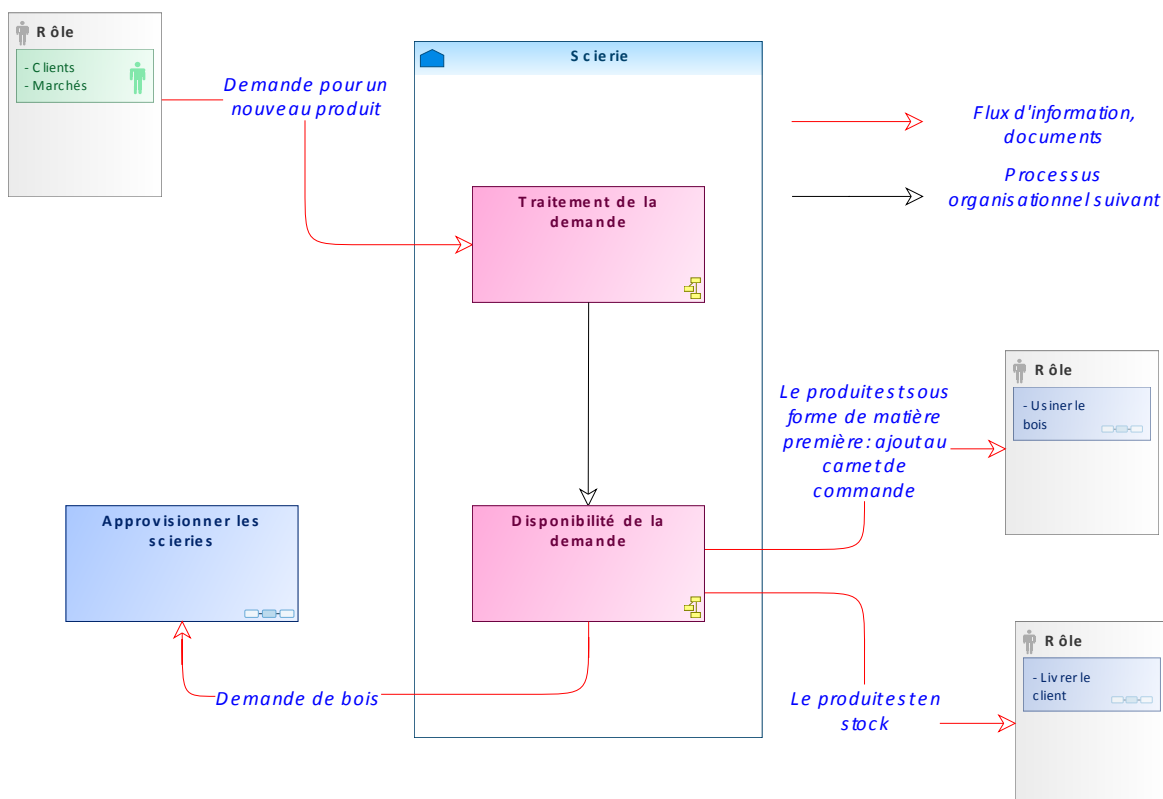
Source: (S+S site constructeur, s.d.)

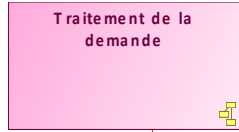
Annexe 12 : localisation de branche et modélisation 3D



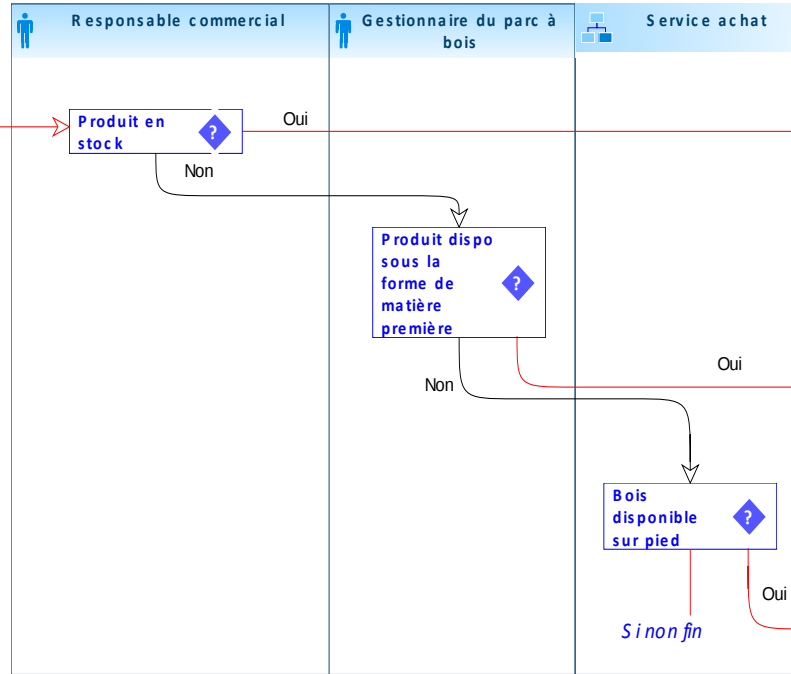
Source: (Longuetaud, 2004)

Annexe 13 : Sous-processus métier « Planifier les besoins de l'approvisionnement en bois » et processus organisationnels induits

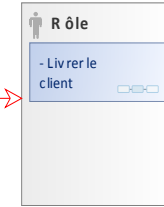




Etude de marché positive



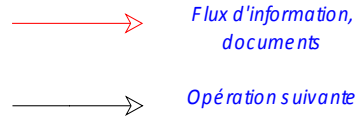
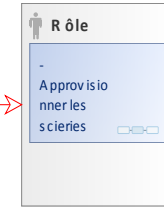
Le produit est en stock



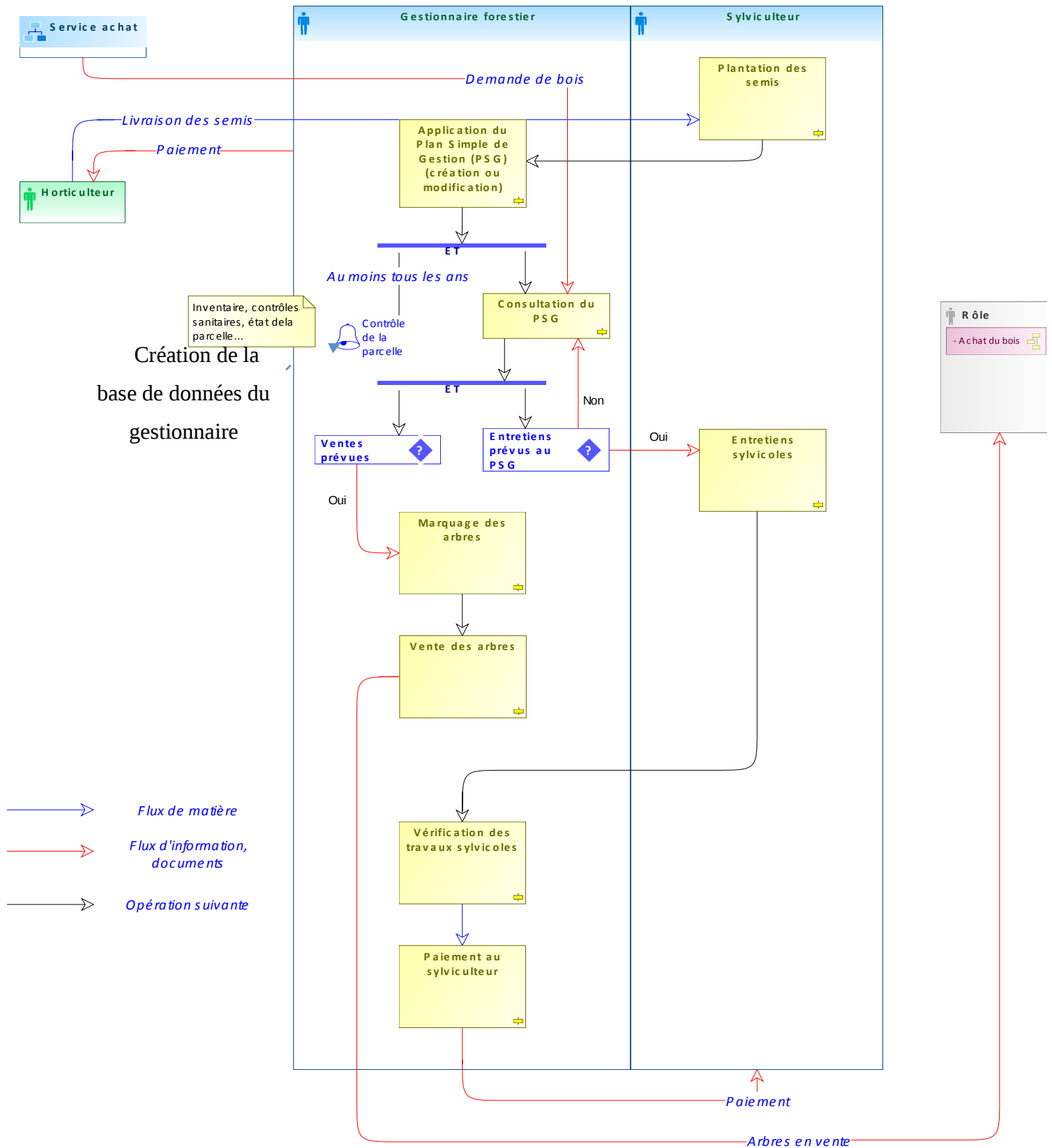
Le produit est sous forme de matière première: ajout au carnet de commande



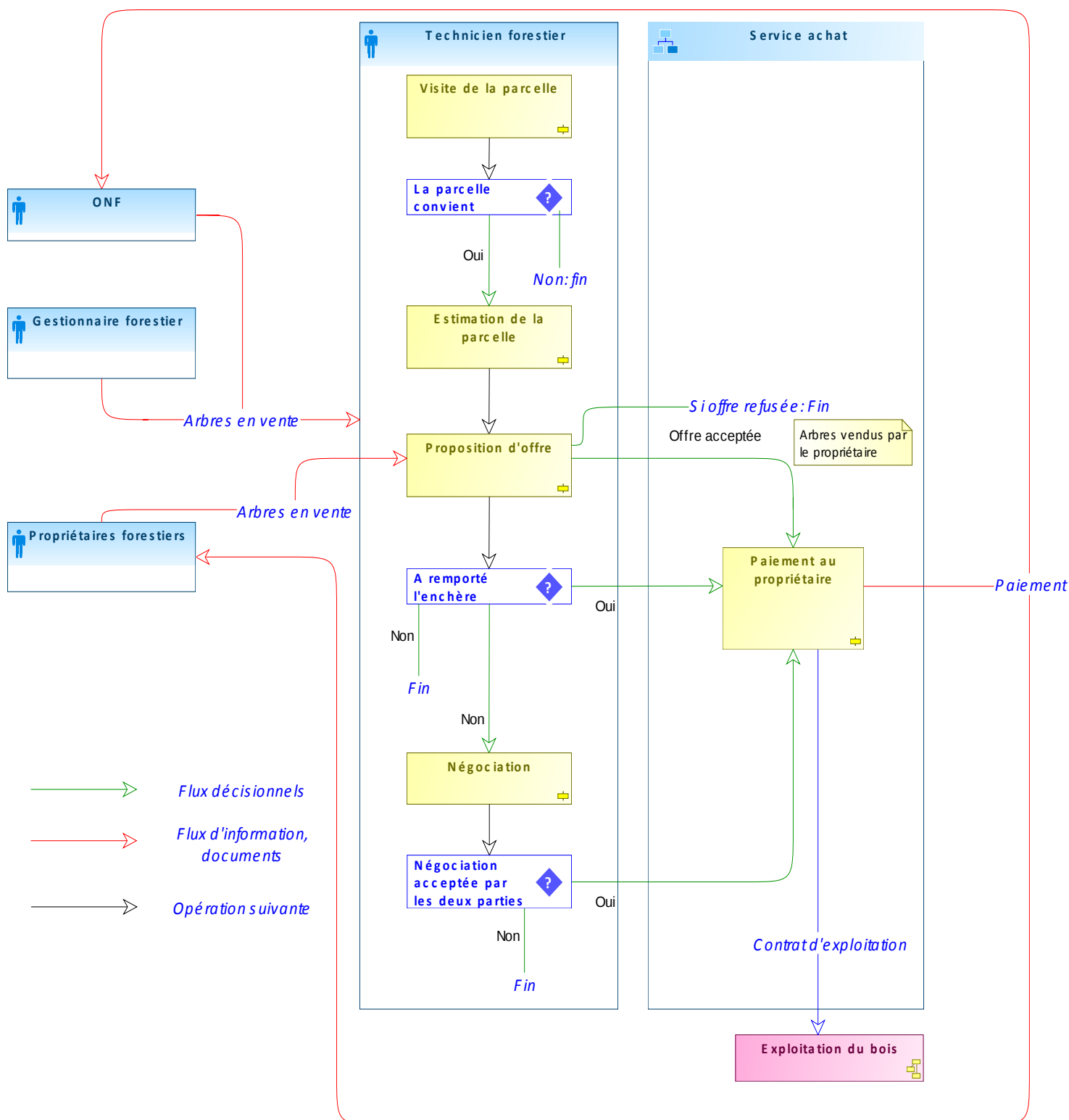
Demande de bois



Annexe 14 : Processus organisationnel « Gérer la ressource »



Annexe 15 : Processus organisationnel « Achat du bois »

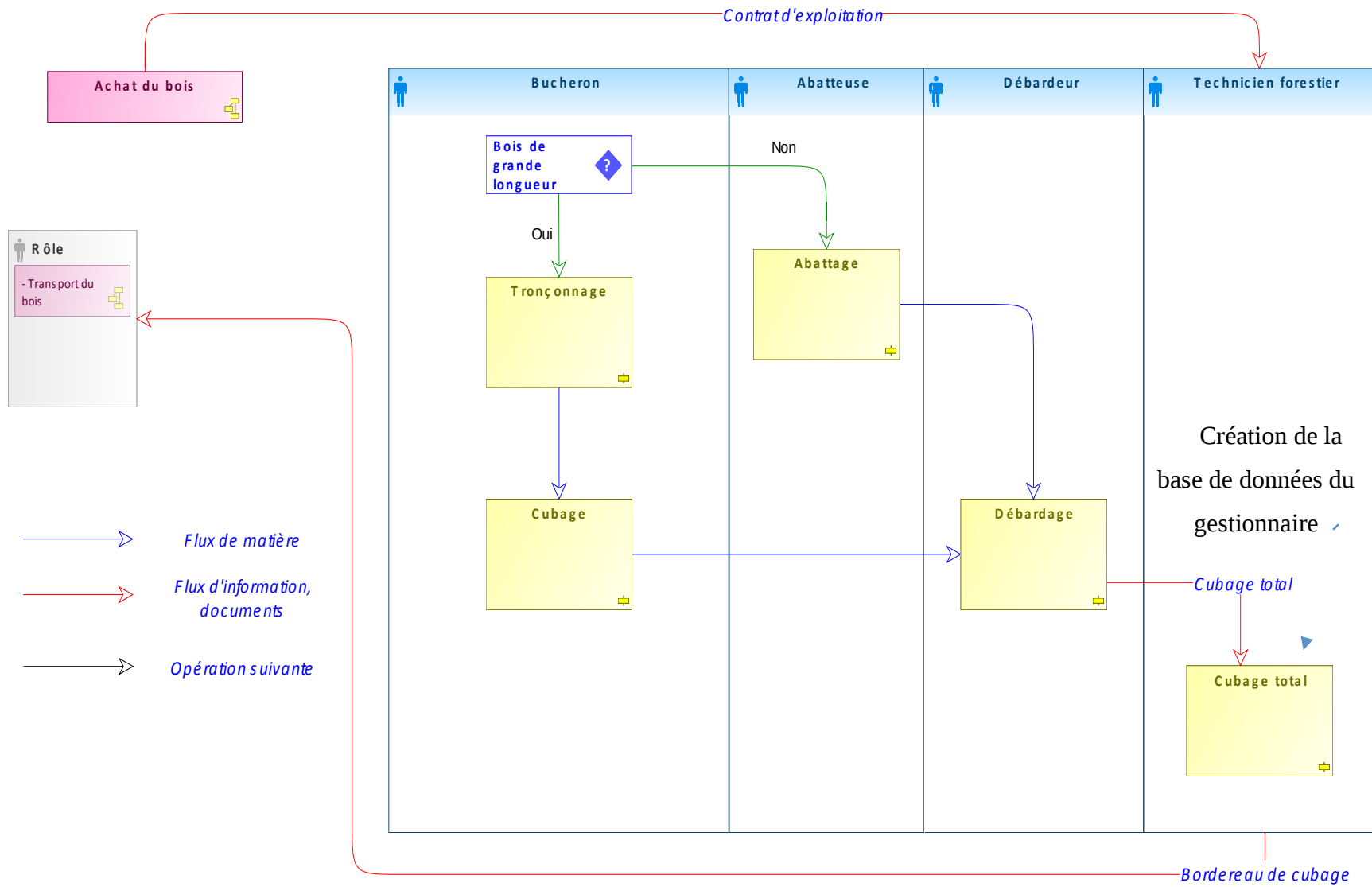


Annexe 16 Blum leiss (appareil de mesure)

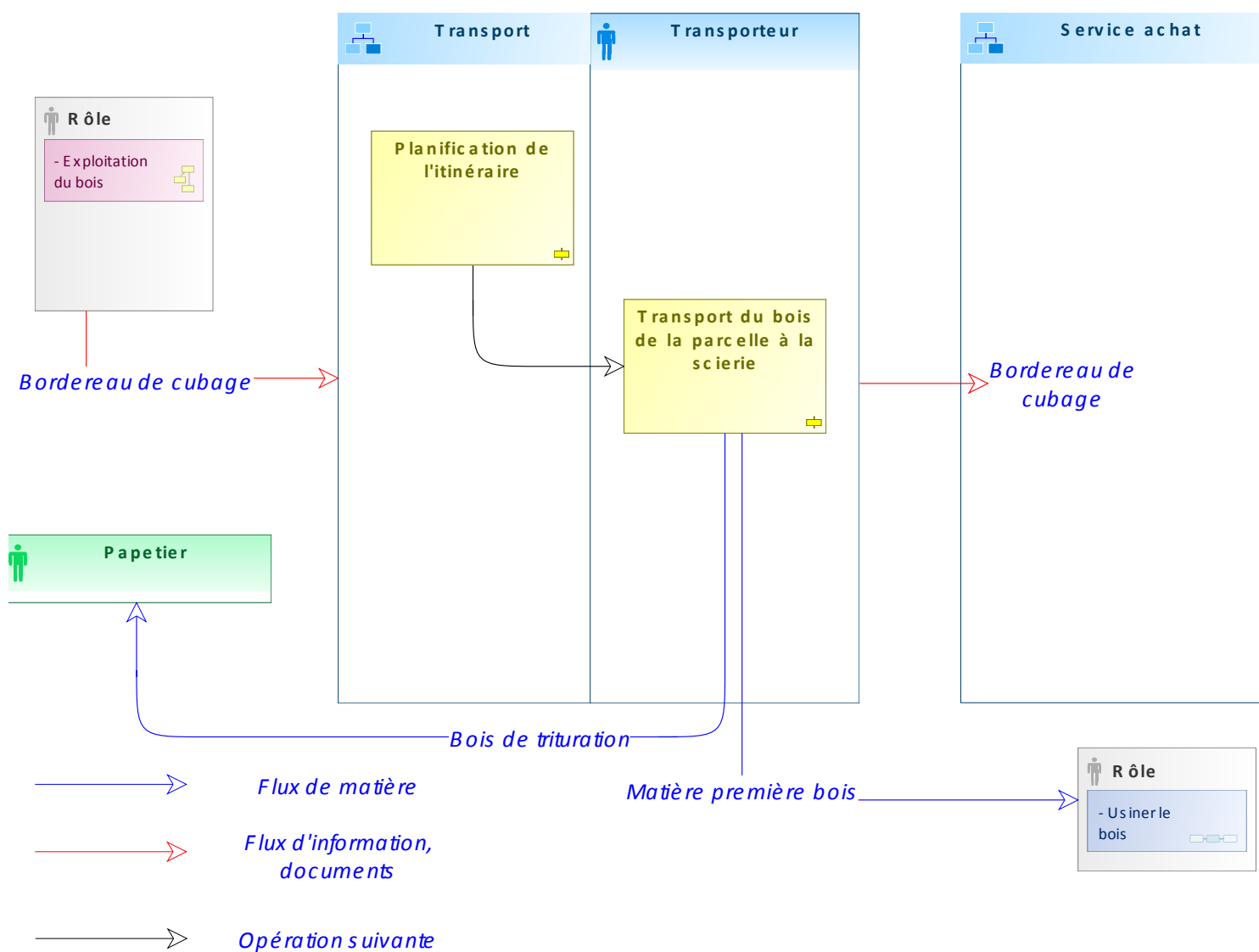
Source : (Wikipedia, 2013)



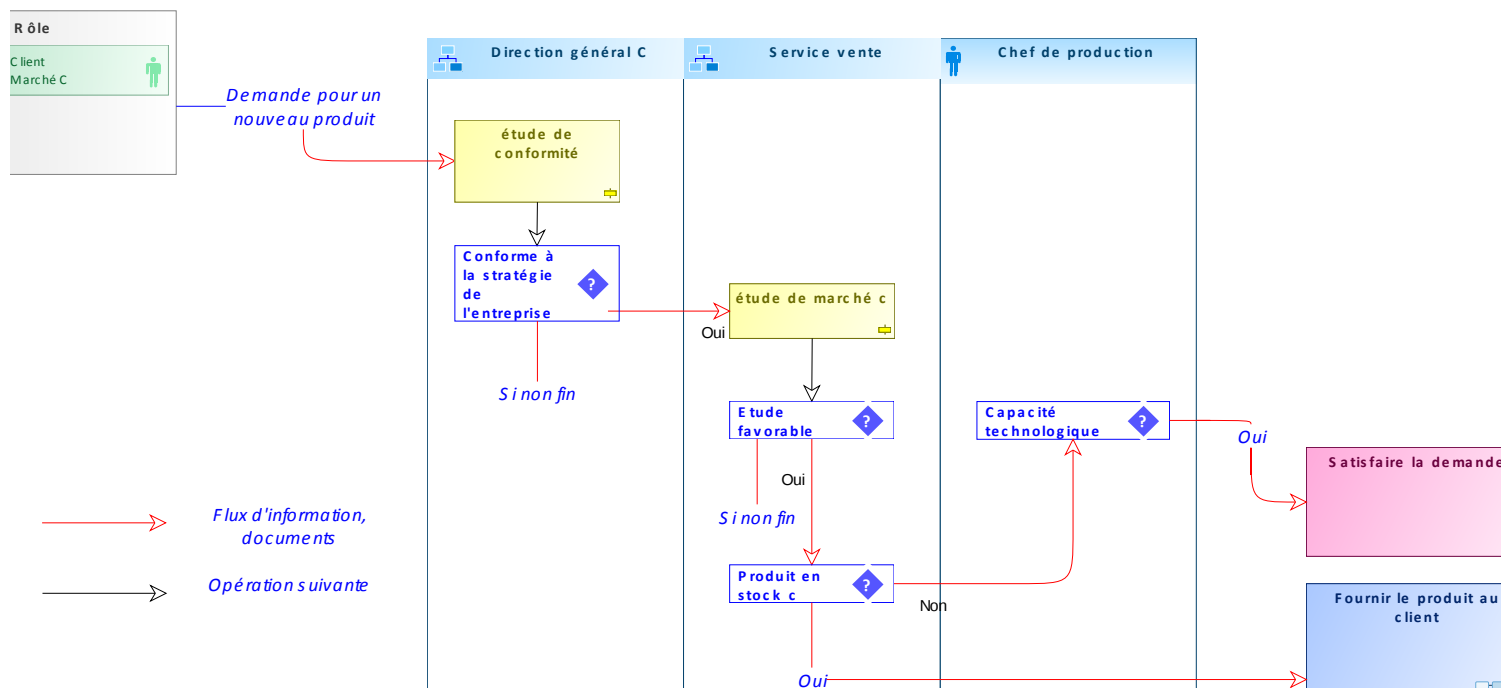
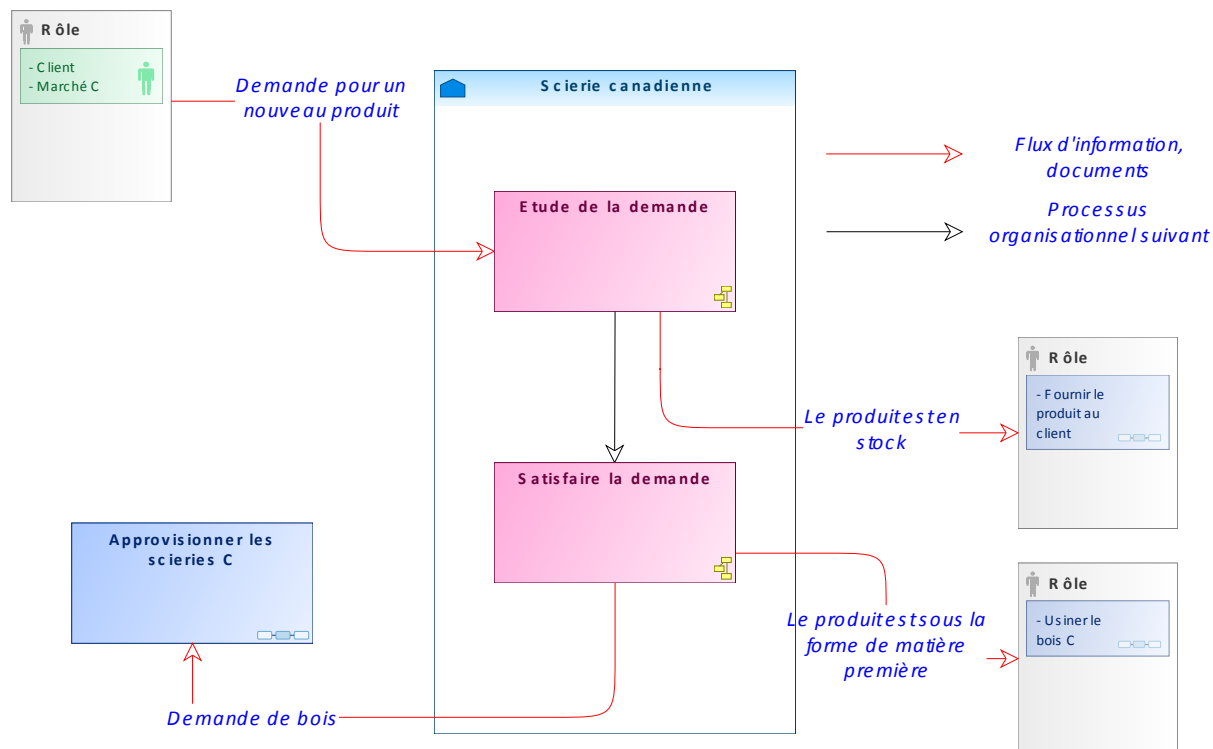
Annexe 17 : Processus organisationnel « Exploitation du bois »



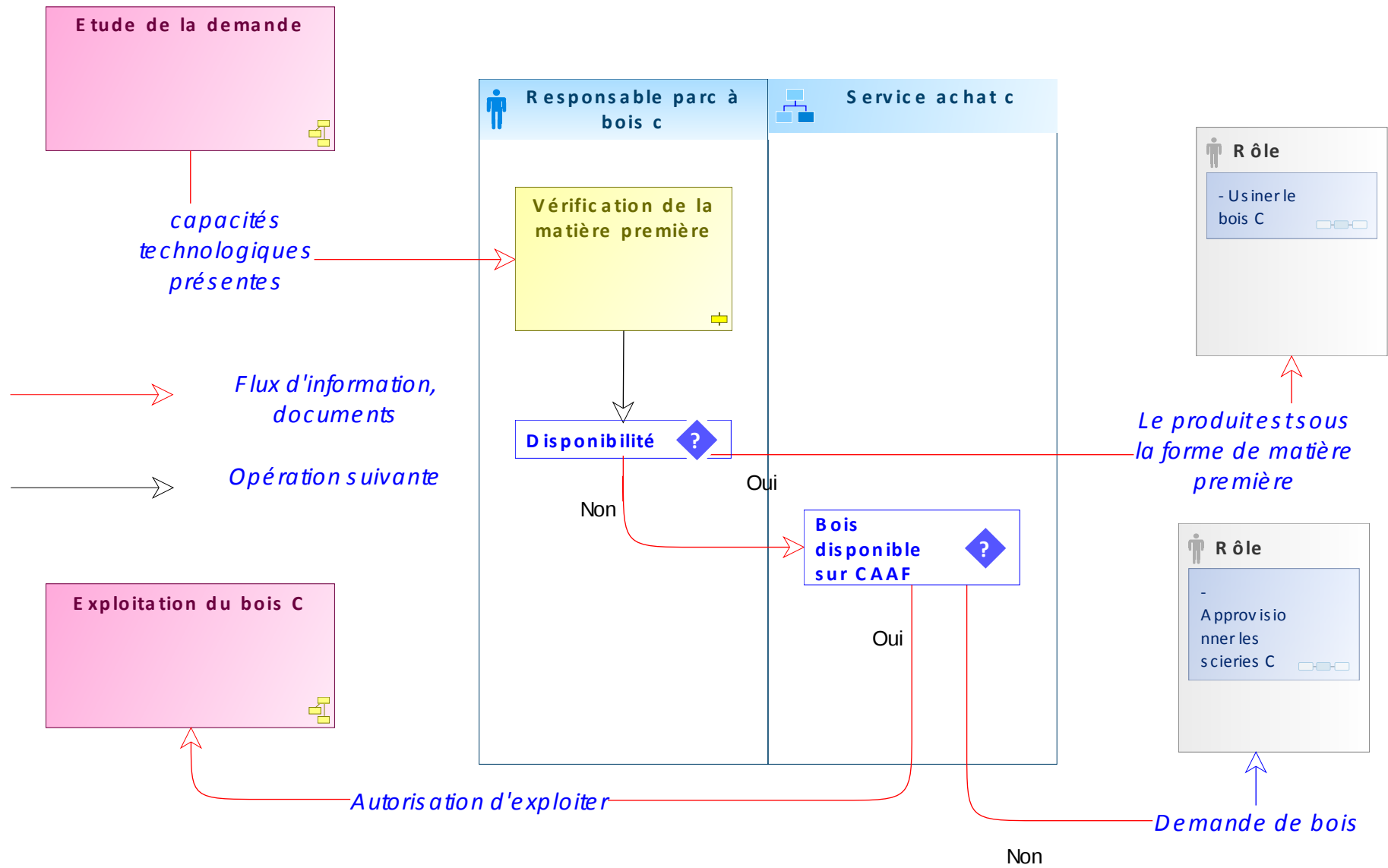
Annexe 18 : Processus organisationnel « Transport du bois »

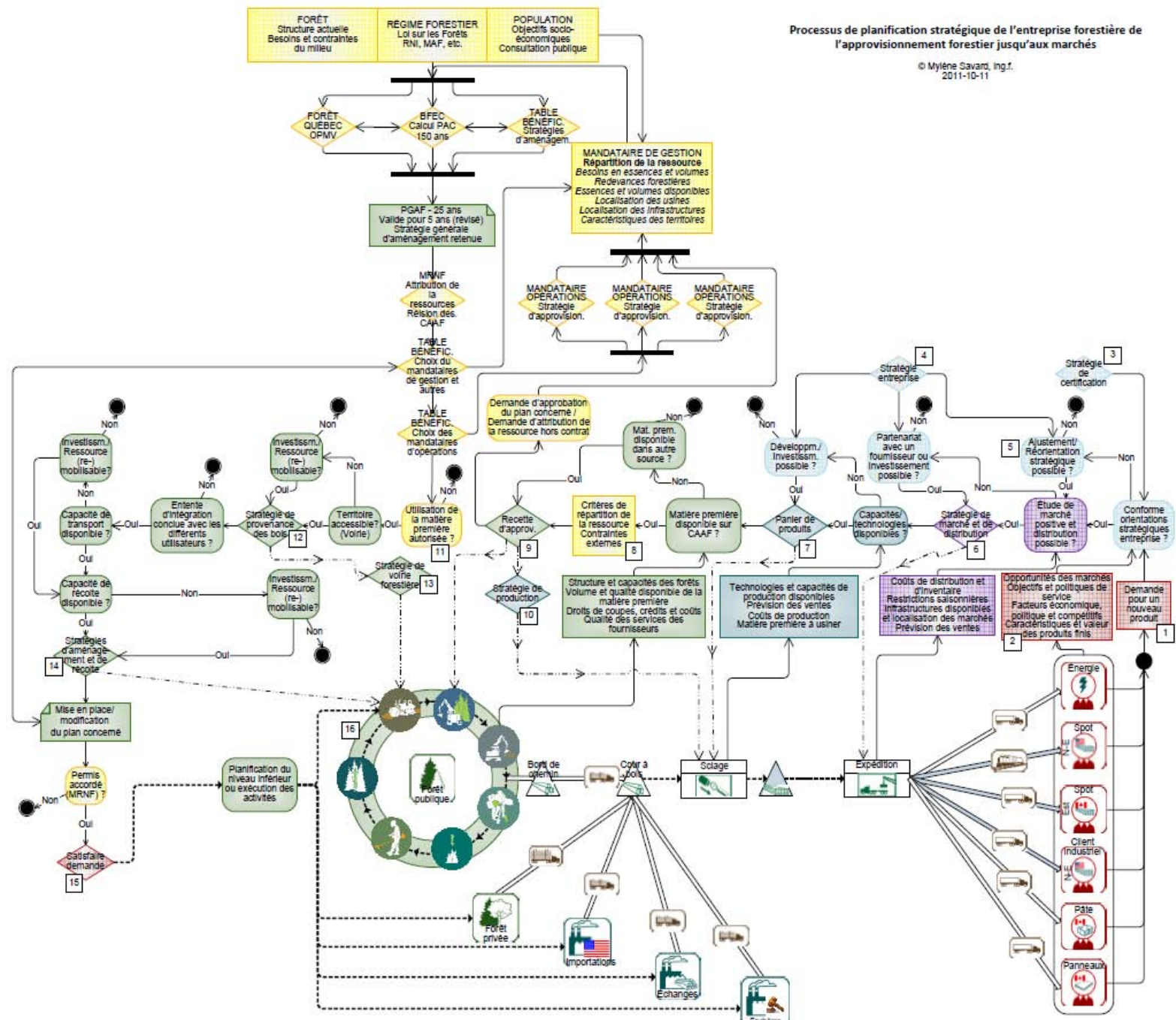


Annexe 19 : Sous-processus métier « planification des besoins d'approvisionnement en bois c »

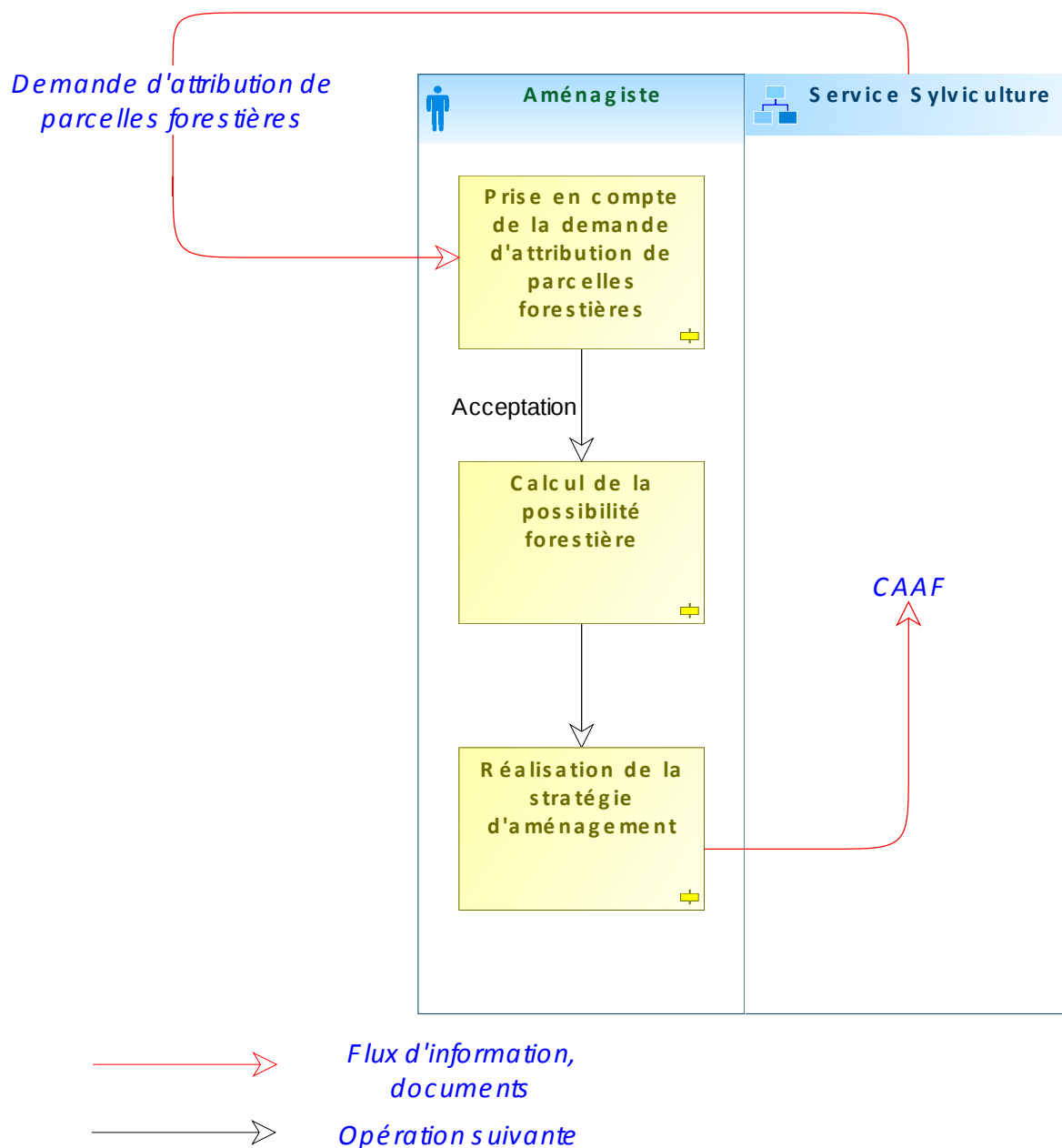


-Y-

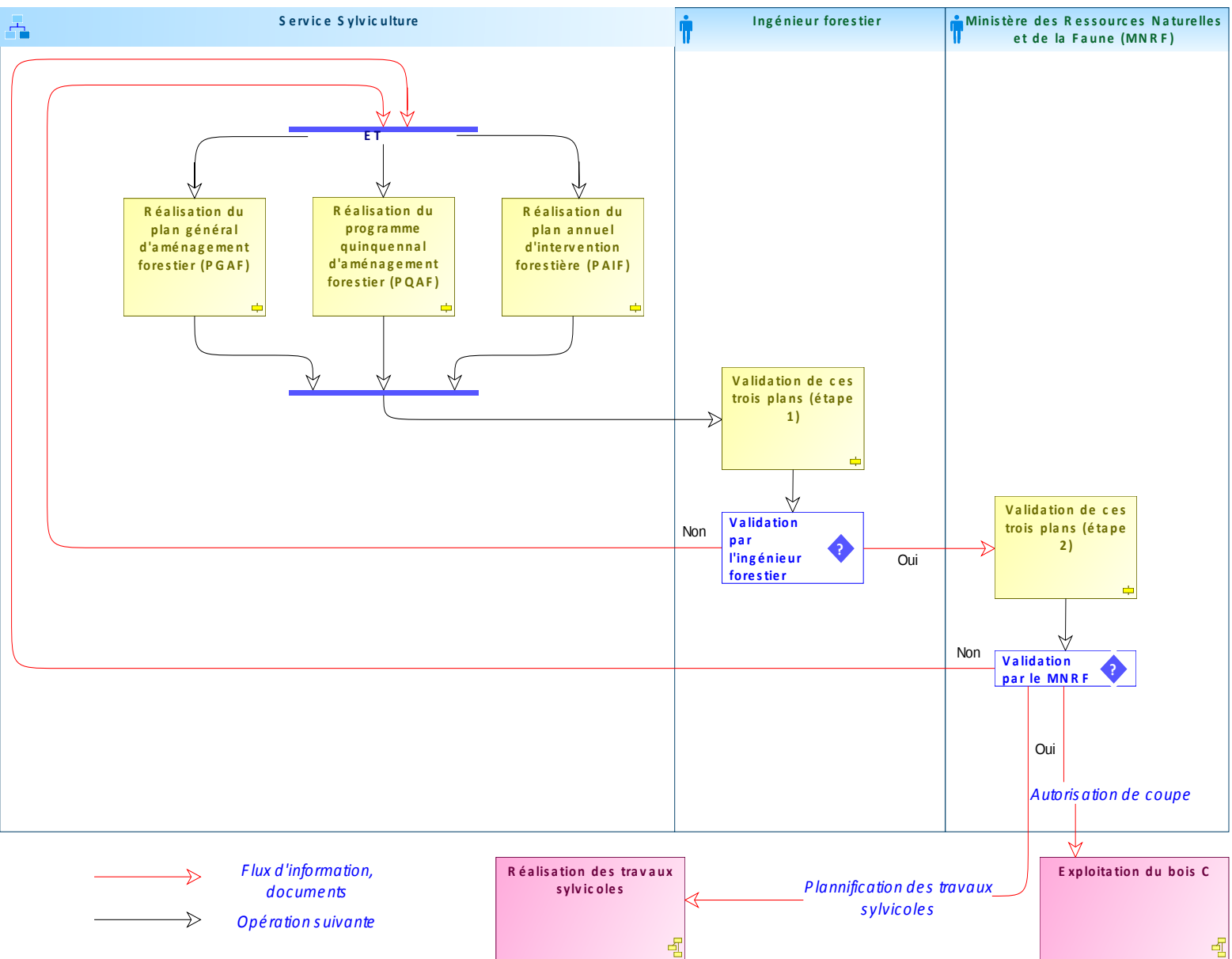




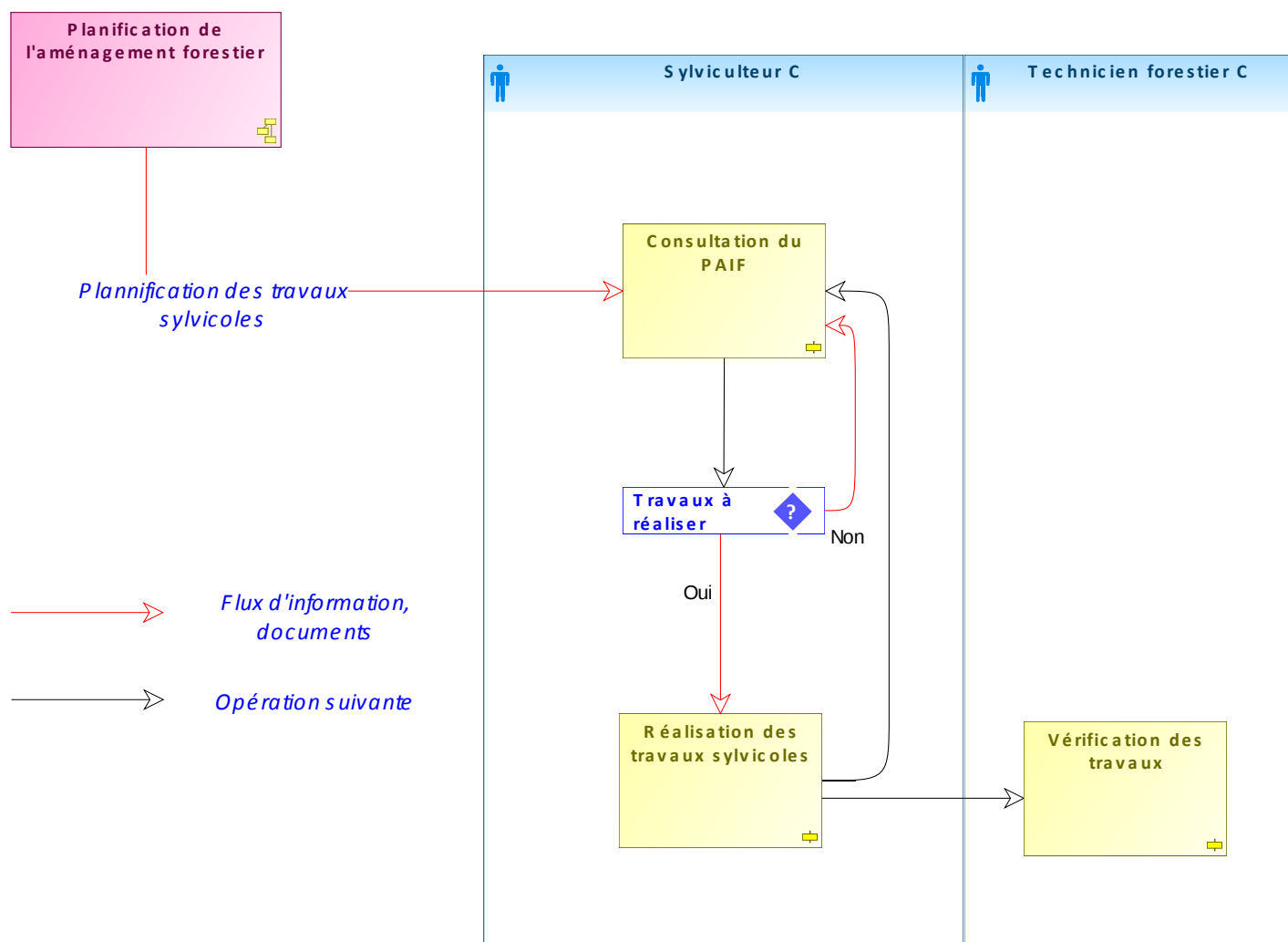
Annexe 20 : Processus organisationnel « Réalisation du CAAF »



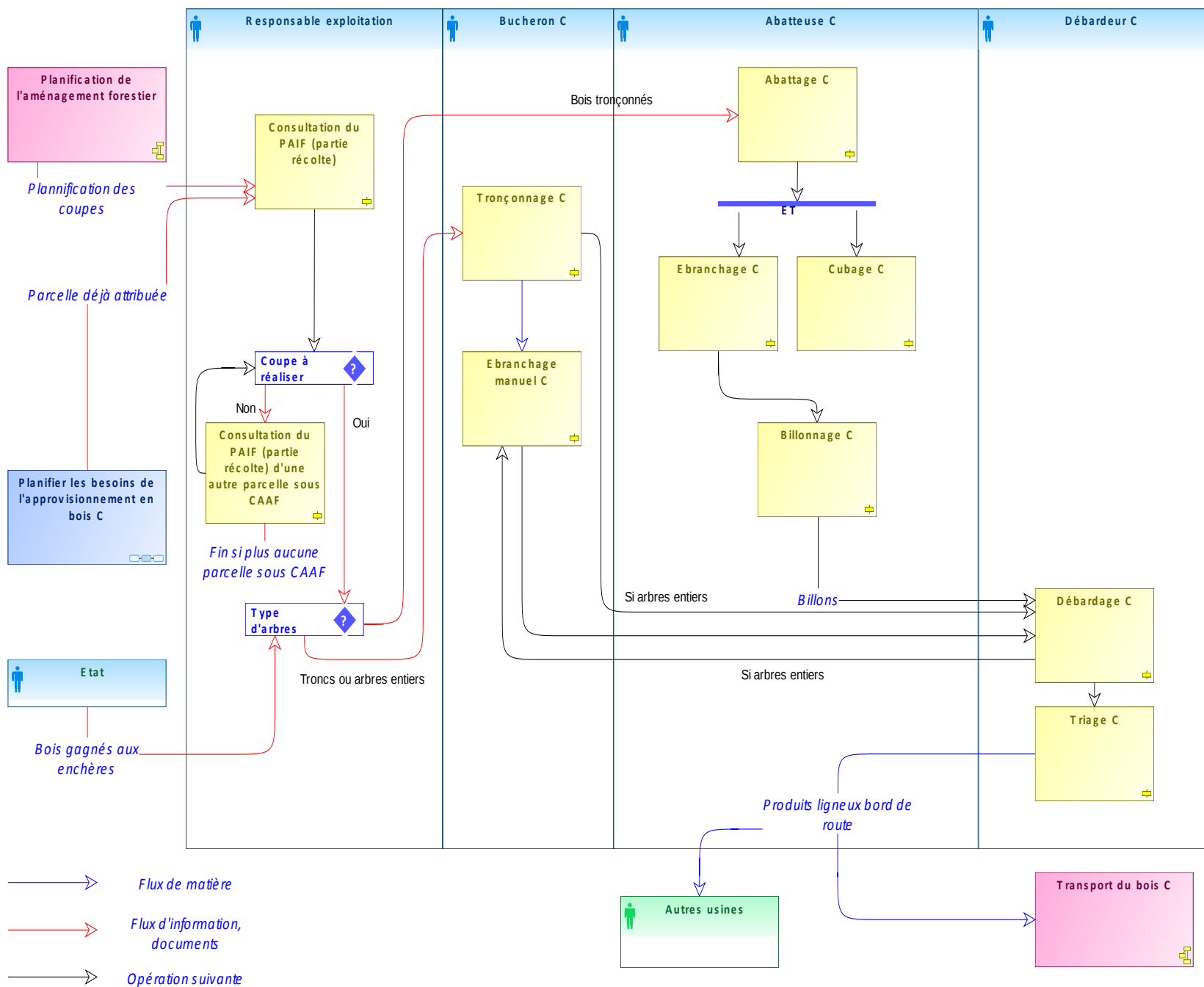
Annexe 21 : Processus organisationnel « Planification de l'aménagement forestier »

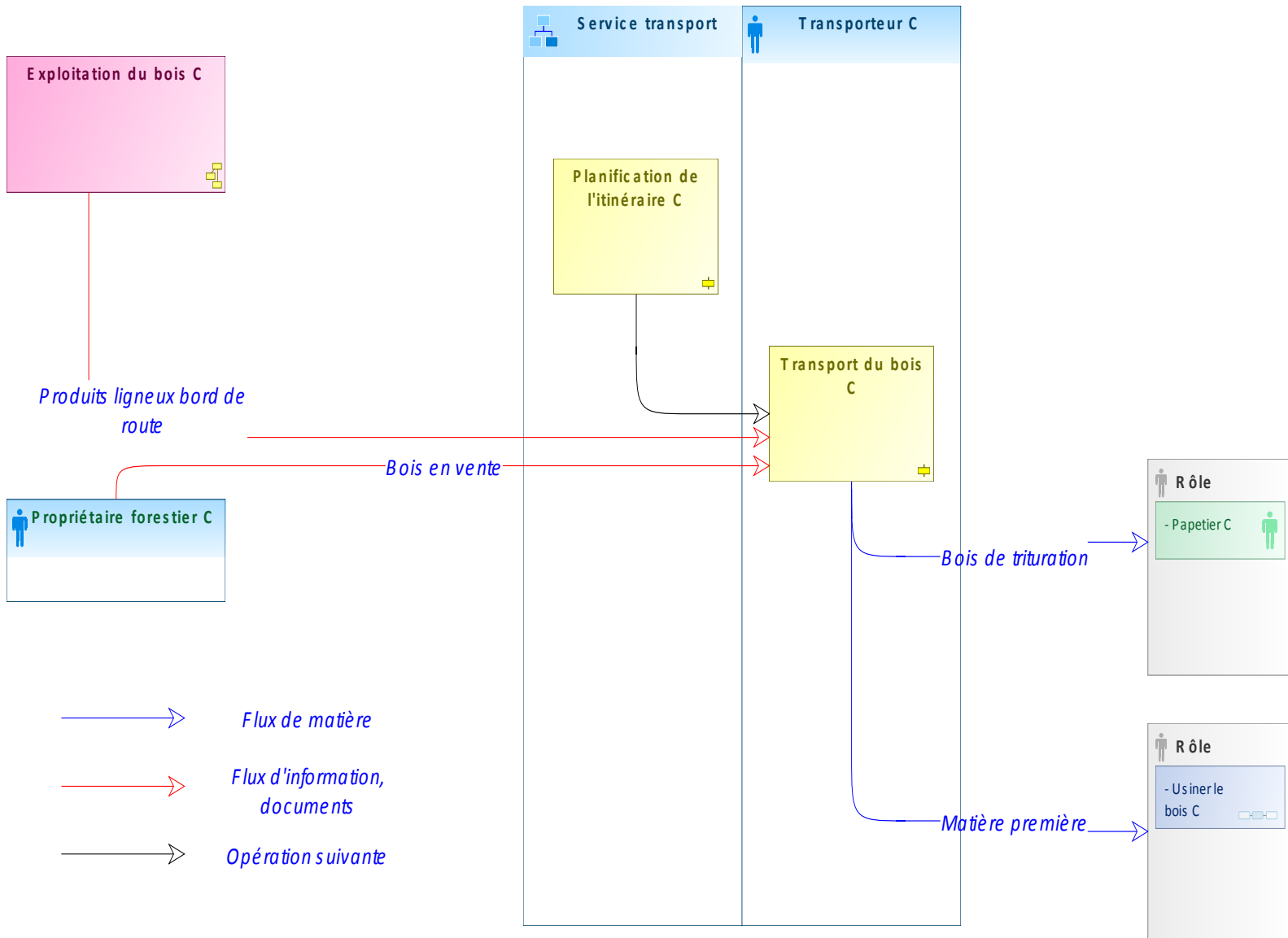


Annexe 22 : Processus organisationnel « Réalisation des travaux sylvicoles »



Annexe 23 : Processus organisationnel « Exploitation du bois »



Annexe 24 : Processus organisationnel « Transport du bois »

RESUME

Ce PFE (Projet de fin d'étude) met en évidence les principales caractéristiques des systèmes d'approvisionnement des scieries françaises et canadiennes et expose leurs différences ainsi que leurs forces et leurs faiblesses. Ces différences sont importantes dans la compréhension des flux de matière et des flux d'information propres à l'approvisionnement des bois dans ces deux pays. La filière bois en France est en déficit de plus de 6 milliards d'euros et a besoin de compétitivité au sein de toute sa chaîne logistique. Les modélisations de ces systèmes, que ce PFE propose de mettre en place, permettent de représenter la réalité afin de mieux communiquer et mieux expliquer les enjeux sociaux et économiques de l'approvisionnement en bois des scieries en France et au Canada. Les deux modèles, pour chaque système d'approvisionnement (français et canadien), sont réalisés à l'aide de l'outil MEGA pour avoir un cadre bien défini et utiliser des standards. Ces standards permettent, grâce à des indicateurs performants et utiles de réaliser une comparaison afin de mieux comprendre ce que représente l'optimisation de la chaîne d'approvisionnement des scieries. Il est par ailleurs montré qu'un système d'information fiable est une force nécessaire et obligatoire pour le bon fonctionnement et la compétitivité de la chaîne d'approvisionnement. Des propositions d'amélioration sont donc faites, grâce notamment aux technologies d'identification pour la traçabilité. Cela permet de répondre à un sujet d'actualité : la connaissance de l'origine des bois ; en plus de fournir des éléments de réponse quant à l'optimisation de la chaîne logistique et plus particulièrement l'approvisionnement des scieries.

Mots clés : approvisionnement des scieries, traçabilité, modélisation de processus, flux de matière et d'information, France, Canada

ABSTRACT

This PFE (Final Project study) brings out the main features of wood procurement of French and Canadian softwood sawmills and outlines their differences like their strengths and weaknesses. These differences are important in understanding the flow of matter and the flow of information associated with the procurement of wood in these two countries. The timber industry in France is in deficit of more than 6 billion euros and needs to be competitive within the entire wood supply chain. The modeling of these systems, that this PFE offers to implement, represent reality in order to better communicate and explain the social and economic issues in the wood procurement of sawmills in France and Canada. Both models for each supply system (French and Canadian) are made with the MEGA software to have a well-defined framework and use the standards. These standards allow, through efficient and useful indicators, to make a comparison to understand what is the optimization of the wood procurement of sawmill. It is also shown that a reliable information system is necessary and obligatory for the proper functioning and competitiveness of the wood supply chain. Suggestions for improvement are made , particularly through identification technologies for traceability. This allows to give some answers about a topical subject: the knowledge of the origin of wood, in addition to providing some answers to optimize the wood supply chain and in particular the wood procurement of sawmills.

Keywords : supply sawmills, traceability, process modeling, material and information flow, France, Canada