



HAL
open science

L'évaluation des technologies de traçabilité utilisées dans une supply chain forestière en France

T. Saikouk, Alain Spalanzani

► **To cite this version:**

T. Saikouk, Alain Spalanzani. L'évaluation des technologies de traçabilité utilisées dans une supply chain forestière en France. 2012, 21 p. halshs-00849825

HAL Id: halshs-00849825

<https://shs.hal.science/halshs-00849825>

Submitted on 1 Aug 2013

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

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



Centre d'Études et de Recherches Appliquées à la Gestion_ U.M.A. C.N.R.S. 5820

CAHIER DE RECHERCHE n°2012-05 E5

L'évaluation des technologies de traçabilité utilisées dans une supply chain forestière en France

SAIKOUK Tarik
SPALANZANI Alain



Unité Mixte de Recherche CNRS / Université Pierre Mendès France Grenoble 2
150 rue de la Chimie – BP 47 – 38040 GRENOBLE cedex 9
Tél. : 04 76 63 53 81 Fax : 04 76 54 60 68



Tarik SAIKOUK
CERAG UMR 5820, France
tarik.saikouk@upmf-grenoble.fr

Alain SPALANZANI
CERAG UMR 5820, France
alain.spalanzani@upmf-grenoble.fr

Résumé

Les démarches de labellisation et la mise en place de la traçabilité sont devenues des moyens incontournables pour promouvoir les principes du développement durable dans la forêt française qui souffre d'une sous exploitation de ses richesses naturelles, ce qui menace sa compétitivité économique et sa biodiversité. Cependant, choisir une technologie de traçabilité adaptée aux conditions de la forêt et qui ne nécessite pas un changement organisationnel radical, reste un défi majeur pour les supply chain forestières en France.

Dans cet article, nous allons présenté une partie des résultats de la première phase d'un projet de mise en place d'un système de traçabilité forestière en France, qui a consisté à recensé, caractérisé et évalué les technologies les plus utilisées dans la filière forestière, afin d'aider les entreprises de la filière en France à appréhender la complexité des technologies existantes et adopter le système de traçabilité qui répond à la fois à leurs besoins et aux besoin de leurs partenaires supply chain.

Mots clés : Évaluation, technologies de traçabilité, supply chain forestière, France

INTRODUCTION:

La forêt française est très riche en termes de biodiversité, elle dispose selon *l'Inventaire Forestier National (IFN)* de plus de 140 différentes essences de bois. A l'échelle de l'Europe, la forêt française est la première forêt feuillus et la troisième forêt résineux du fait qu'elle est la seule forêt européenne qui fait partie de 4 des 6 zones biogéographiques recensées d'Europe. Selon *l'IFN* (2010), la surface de la forêt française s'accroît de 103 millions m³ par an. En revanche, la récolte annuelle ne progresse pas, et on estime que 36 millions de m³ du bois rond n'ont pas été récoltés. Cette sous exploitation peut être expliquée par la structure fragmentée de la filière française. En effet, 75% des forêts françaises sont la propriété de 3,5 millions de propriétaires possédant en moyenne 2,6 hectares chacun, dont 2,6 millions de propriétaires possèdent moins d'un hectare. En effet, seulement 25% de la forêt française est gérée par un organisme public (Office National des Forêts). En plus de cela, un des problèmes majeurs que rencontrent la supply chain forestière en France est l'inadéquation de la qualité du bois avec la qualité du bois exigée par les entreprises de la deuxième et la troisième transformation, ce qui peut avoir un impact négatif sur le potentiel de la valorisation du bois à chaque étape de sa transformation.

Face à ces constats et afin d'améliorer la productivité et la rentabilité de filière forêt -bois en France; qui représente le deuxième poste déficitaire dans l'économie nationale, le recours aux technologies de traçabilité est devenu un atout et un levier de productivité indispensables aux entreprises de la filière. Selon (Jover et al. 2011), la traçabilité numérique du bois permet de conserver et d'utiliser les informations relatives à ce matériau hétérogène, afin d'aider au pilotage des activités de la sa supply chain. Dans ce contexte, la mise en place des systèmes de traçabilité numérique, rendus possible grâce aux technologies existantes, est un facteur clés pour améliorer la productivité de la filière tout en respectant les normes environnementales. L'objectif principal de la traçabilité est de maximiser la valeur de la matière extraite à partir de la forêt en fournissant des produits certifiés, adaptés à la demande, livrés rapidement et à juste prix, selon le principe du bon bois, au bon moment et au bon endroit (Golja, 2011).

En revanche, la mise en place d'un système de traçabilité qui permet de suivre un produit tout au long de sa supply chain est une opération complexe, et nécessite une connaissance des technologies de traçabilité existantes, afin de pouvoir les évaluer et comparer leurs performances et choisir la solution la plus adaptée aux besoins de l'entreprise.

Aujourd'hui, différentes solutions et technologies de traçabilité existent. Mais comment choisir une technologie ou une combinaison de technologies de traçabilité dédiées à la supply chain forestière n'a pas été étudié. Les travaux actuels sur la traçabilité forestière portent essentiellement sur l'utilisation de la technologie RFID (identification par radio fréquence) (Jover et al. 2011). Il ne s'agit pas ici de nier le potentiel de cette technologie dans la traçabilité du bois, mais son ROI (retour sur investissement) est jugé économiquement non-profitable (indisputable Key, 2009). Pour cette raison, nous proposons dans cet article d'étudier le potentiel de plusieurs technologies de traçabilité selon leur type de support et de les évaluer selon 6 critères de performances choisies en fonction de leur importance. Notre choix des technologies de traçabilité, leurs critères de performance ainsi que l'évaluation de ces technologies ont été réalisés lors de notre participation dans un projet de mise en place d'un label qui certifie une certaine qualité du bois en termes de sa résistance mécanique et de sa provenance. L'objectif de cet article n'est pas de présenter en détail toutes les technologies, mais de présenter une grille d'évaluation des technologies de traçabilité, qui peut être utilisée par les entreprises de la supply chain forestière.

Dans une première partie, nous allons définir le concept de la traçabilité et présenter son importance dans la gestion de la supply chain forestière. Ensuite, nous allons présenter les critères d'évaluation des technologies de traçabilité. Après, nous allons présenter l'évaluation de chaque technologie de traçabilité selon notre grille d'évaluation. Enfin, nous allons conclure notre article en présentant nos perspectives de recherche.

LE RÔLE DE LA TRAÇABILITÉ DANS LA SUPPLY CHAIN FORESTIÈRE EN FRANCE

La supply chain forestière

Selon New (1997, p16), il existe différentes significations du concept de la supply chain qui dominant la discussion dans le domaine, (1) la supply chain peut être considérée selon la perspective d'une entreprise individuelle (la supply chain de Wal-Mart ou de IKEA...), (2) la supply chain peut être relative à un produit particulier (la supply chain du pétrole, du bois...)

et (3) la supply chain peut être utilisée comme synonyme du service achat, de la distribution ou de la gestion des matières. Notre article est concerné par le deuxième type de la supply chain et plus particulièrement, nous allons considérer la supply chain du bois ou la supply chain des produits forestiers (Bjork et al. 2011; Hakli, 2010).

La supply chain forestière présente une configuration divergente (Vila et al., 2006) caractérisée par un seul point d'entrée à la matière première en amont de la filière forêt -bois au niveau de la Forêt, et plusieurs points de sortie qui donnent accès aux marchés des 5 branches de la filière de l'industrie du bois (le bois d'œuvre, la pâte à papier, les panneaux, les produits à Hautes Valeur Ajoutée et la biomasse: utilisation énergétique).

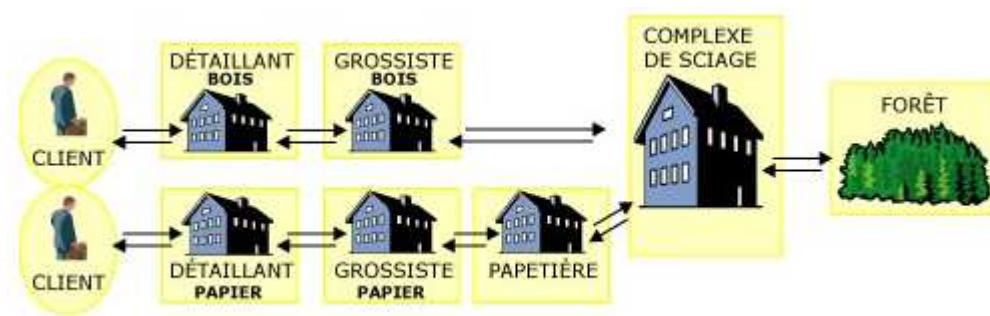


Figure1: La structure divergente de la supply chain forestière (FOR@C)

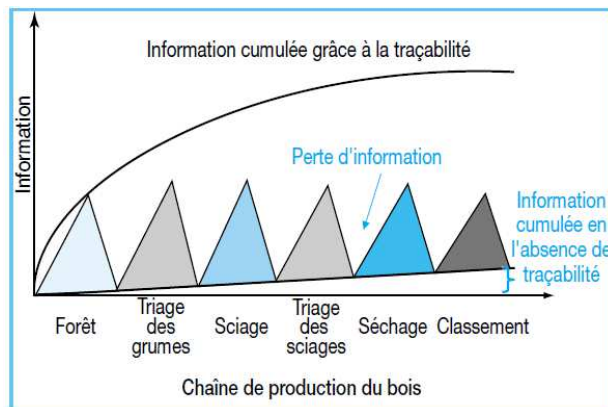
La structure divergente de la supply chain forestière entraîne une concurrence entre les différentes industries du bois, ce qui peut avoir un impact double sur la gestion et la performance de la supply chain, (1) le prix de la matière première relatif aux co-produits devient dynamique, particulièrement pour les industries liées aux bois d'énergie et à l'industrie du papier, (2) la qualité du bois n'est pas toujours adaptée aux exigences des clients en aval du fait de la méconnaissance des propriétés intrinsèques du bois due à la perte d'information relatives à la qualité inhérente au bois. En effet, le bois a toujours été considéré comme une structure homogène et un matériau de masse. Alors qu'en réalité c'est un matériau biologique non homogène dont les propriétés dépendent de ses conditions de croissance (saison de croissance, régénération naturelle ou plantation, etc...). En fonction de son essence, les propriétés du bois changent en termes d'apparence, de durabilité, de résistance mécanique. Egalement, il est important de noter que chaque marché du bois a des exigences particulières

en termes de qualité du bois, ce qui change la vision de la supply chain forestière d'une supply chain traditionnelle basée sur la production de masse à une supply chain de personnalisation de masse, particulièrement dans l'industrie de l'ameublement (Bullard et al. 2002).

Donc, nous pouvons considérer que la supply chain forestière, comme les autres supply chain divergentes, dépend essentiellement de la disponibilité des informations sur les propriétés du bois (Mattsson 1999a; Macbeth et Ferguson, 1994), et que l'accès et le partage de ces informations peut améliorer la performance des opérations au sein de la supply chain forestière en termes de productivité, niveau de stocks et du Lead Time (Wang et al. 2010; Moyaux et al. 2007; Holweg et al. 2005). Afin de diriger le bon bois au bon endroit et au bon moment et à son utilisation adéquate afin d'améliorer le rendement matière, les technologies de traçabilité peuvent jouer un rôle incontournable (Bjork et al. 2011).

Les études de cas de Hung et al. (2011) montrent que les supply chain divergentes se caractérisent par une forte incertitude liée à la perte d'information dans les différents processus de la supply chain. Dans la supply chain forestière, le projet européen (indisputable Key, 2009), considéré comme le premier projet intégrant la traçabilité par les puces RFID (identification par radiofréquence), a fait le constat qu'un certain nombre de données (parcelle d'origine, découpe des bois, mesurage en entrée scierie, tri des produits...) générées, collectées par différents équipements et machines de production et disponibles durant le processus en-cours sont, mais pour la plupart, elles sont perdues lors du processus suivant. Selon Jover et al. (2011) ces informations sont compliquées à retrouver, car rien ne permet de les connaître précisément. Selon ces auteurs, la nomenclature divergente de débit des arbres (grume, puis billons puis produits bois) et le mélange de ces différentes parties entre les grandes étapes rend l'opération de conservation des informations compliquée.

Afin d'illustrer ce phénomène de dissipation d'information (saikouk et al. 2011), la figure2, permet de montrer que la quantité d'informations cumulées sans un système de traçabilité est nettement inférieures que celles cumulées en utilisant un système de traçabilité. Ceci montre l'intérêt et le potentiel de l'adoption des technologies de traçabilité par les entreprises de la supply chain forestière.



Figur2: La perte d'information à chaque à chaque étape de transformation du bois (source Indisputable Key)

Le concept de la traçabilité:

L'usage de la traçabilité a connu un succès considérable depuis les années 1990 grâce aux crises sanitaires du siècle dernier. Comme elle a été définie en 1987 par la norme NF EN ISO 8402, remplacée en 2000 par la norme ISO 9000 et enrichie en 2005 par l'ISO 22000, la traçabilité est : *"l'aptitude à retrouver l'historique, l'utilisation ou la localisation d'une entité au moyen d'identifications enregistrées"*.

L'importance de la traçabilité dépend de l'angle d'étude quand lui associe, soit on adopte une vision étroite où la traçabilité est un moyen opérationnel (Romeyer, 2000 ; Fabbe-Costes et Lemaire, 2001; Colin, 2005) ou, soit une vision large où la traçabilité est plutôt une fonction indépendante dans l'entreprise (Pelletton et Viruega, 2007). La traçabilité est une démarche globale dont le but est de limiter la discontinuité des informations relatives à un produit ou un processus tout au long de son cycle de vie. Cela fait de la traçabilité un moyen pour publier l'état d'avancement et l'historique des flux afin de décrire en temps réel, les origines d'un produit, les processus appliqués et les matériaux utilisés. Aussi, elle permet de localiser en temps réel l'emplacement d'un produit depuis sa production jusqu'à sa logistique inverse en passant par son utilisation. Ces deux fonctions de la traçabilité sont connues aussi sous le nom de *tracing* qui est la traçabilité de la généalogie du produit et de *tracking* qui est la traçabilité des flux logistique (Fabbe-Costes et Lemaire, 2001). En termes de ces deux fonctions de la traçabilité, Fritz et Schiefer (2009) considèrent d'autres fonctions qui en découlent (1) le suivi

descendant (backward tracing) de l'origine du produit, (2) le suivi ascendant (forward tracing) de la position d'un produit, (3) le suivi descendant de l'historique de l'utilisation d'un produit et (4) le suivi ascendant de la circulation d'un produit. La capacité à tracer et à localiser correctement la position d'un produit qui transite dans une supply chain constitue un facteur clés dans la gestion de opérations et l'amélioration de la performance (Wang et al. 2010).

Selon (Cheng et al. 1994) souvent cités dans les travaux portant sur la traçabilité, nous ne pouvons gérer que ce que nous pouvons contrôler, et nous ne pouvons contrôler que ce que nous pouvons mesurer et nous ne pouvons pas mesurer ce que nous pouvons détecter. L'identification des produits le long de leurs supply chain, constitue la pierre angulaire de la traçabilité et permet de doter les entreprises d'une source considérable en information opérationnelles, tactiques et stratégiques (Ngai et al. 2007). Pour Crosier et Freidberg (1977), l'acteur détenant la ressource "information" et la capacité de la diffuser efficacement bénéficie d'un leadership déterminant dans son réseau. La gestion de la traçabilité est un moyen à disposition des entreprises pour mieux gérer les informations produits et processus et se doter d'une source de productivité et de rentabilité importantes. Selon Brooks (2005), une information pertinente est la base de toute amélioration dans la supply chain. En revanche, Selon (Castka et Balzarora, 2008), les supply chain sont de plus en plus difficiles à contrôler car les réseaux sont de plus en plus décentralisés et interdépendants ce qui entraîne un phénomène de pertes dans le flux d'informations. Tandis que l'étude de cas de Harwood et Humby (2008) conclut que les organisations effectuent peu de mesures et partagent peu leurs données.

La gestion de la traçabilité dans la supply chain forestière n'est pas une obligation juridique imposée sur les entreprises de la filière comme dans l'agroalimentaire ou dans le domaine pharmaceutique qui se caractérisent par les risques sanitaire (Fritz et al. 2009; Wang et al. 2010; Trienekens et al. 2011). En revanche, la traçabilité forestière permet de répondre à un ensemble d'enjeux économiques, écologiques et commerciaux. Cet intérêt sécuritaire qui domine généralement l'étude de la traçabilité dans le contexte de la supply chain agroalimentaire, peut être expliqué par la maturité de la législation, notamment européenne, dans le domaine de la traçabilité des produits alimentaires et le besoin de transparence nécessaire avec la perte de proximité des chaînes de production. En revanche, nous constatons

que peu d'articles qui traitent les problèmes relatifs à la traçabilité dans la supply chain forestière.

Selon (Jover et al. 2001), la mise en place de la traçabilité du bois constitue une réponse contre l'augmentation du nombre d'exploitations sauvages du bois (Dyskstra et al, 2002), la nécessité d'améliorer l'utilisation du bois (Chiorescu et Grönlund, 2004; (Ginet et Golja, 2007) et la perte importante d'informations tout au long du cycle de vie du bois (Ginet et Golja, 2007).

Néanmoins la mise en place de la traçabilité interorganisationnelles n'est pas toujours réussi (Yang et Jarvenpaa, 2005; Singh et Li' 2010), et selon nos premiers résultats du projet de mise en place d'un label, la traçabilité peut constituer un levier de performance dans la supply chaine forestière, s'il permet de répondre à trois conditions nécessaires (1) elle doit être **utile** afin de répondre à un réel besoin exprimé par les entreprises de la filière forêt -bois, (2) elle doit être **utilisable**, en étant adapté à la spécificité de la forêt et des conditions de transformation dans les fours et les scieries, (3) et elle doit être **utilisé**, son appropriation par les entreprises de la filière forêt-bois qui ne sont pas toujours équipées par des systèmes d'information informatisés, doit être facile. Si ces conditions sont réunies, alors la traçabilité permettrait de réaliser plusieurs objectifs:

- L'économie de matière en améliorant le rendement du bois par une meilleure adaptation de l'outil de production aux différents types de bois (Bjork et al. 2011).
- La transparence sur la provenance des produits forestiers avec des écolabels comme le PEFC et le FSC
- La capacité à rassurer, conforter les clients finaux quand à la qualité et la justesse de leur choix de matière.
- La valorisation du patrimoine forestier et l'implication des propriétaires.
- Un fonctionnement plus harmonisé et plus intégré de la filière.
- La valorisation des produits fabriqués en France face à des offres extérieures.

Néanmoins, le choix une technologie de traçabilité n'est pas une tâche facile et nécessiter la connaissance de ces technologies afin de pouvoir comparer leurs performances et choisir la solution la plus appropriée aux besoins de l'entreprise en étant compatible avec les solutions existantes des partenaires de la supply chain. Dans la section suivante, nous allons présenter notre grille d'évaluation qui ne servira pour comparer les performances des technologies de traçabilité en fonction de nos critères dument présentés.

LA CONSTITUTION DE LA GRILLE D'ÉVALUATION DES TECHNOLOGIES DE TRAÇABILITÉ EXISTANTES

Nous avons constitué notre grille d'évaluation après avoir participé dans un projet leader en France pour la mise en place d'un système de traçabilité forestière. Le but de ce projet est de mettre en place un label, qui doit certifier la bonne provenance du bois afin de mieux valoriser les bois locaux et augmenter la compétitivité commerciale des entreprises de la région et faire face à la concurrence étrangère, notamment en Allemagne et en Autriche. Nos critères d'évaluation de ont été choisies après avoir mené une enquête auprès des experts de traçabilité forestière, notamment avec le Pole Nationale de Traçabilité (PNT).

La constitution d'une grille d'évaluation

Une bonne traçabilité du bois commence au niveau de la forêt. Une solution viable d'identification et de suivi du bois est à la fois une combinaison de technologies et de pratiques de mise en place et d'organisation. La performance des technologies suppose une architecture ad-hoc dimensionnée en conséquence. Afin d'évaluer les technologies de traçabilité existantes, nous utilisé une grille d'évaluation et de caractérisation à 6 critères de performance:

- *Le type du support d'Identification et d'authentification : intrinsèque, rapportée ou distante (Parlikad et McFarlane, 2007)*

Il s'agit de définir si l'information qui porte l'identifiant du produit est présente sur ou dans le produit, ou bien, s'il s'agit d'un dispositif qui se rajoute sur ou dans le produit ou sur son

support. L'authentification d'un produit à distance implique (1) une prise d'information sur le produit et (2) la connexion à une base de données distante. Le résultat de l'authentification étant binaire (vrai ou faux) est renvoyé sur le lieu de contrôle.

➤ ***Relevé d'information: humain, numérique ou au laboratoire (Strozzi et Graeml, 2007)***

Ce critère va influencer l'ergonomie de la solution choisie et la capacité de contrôle voulue. En effet, il s'agit de déterminer si le contrôle peut se faire avec:

1. Les sens humains (vue, toucher, ...)
2. Un dispositif technique portable sur le lieu de contrôle (ex: lumière UV, lecteur RFID)
3. Une analyse d'échantillon du produit ou de son support qui porte son code d'identification ou d'authentification, dans un laboratoire hors du lieu de contrôle initial (ex: spectrographie, ADN)

Plus le contrôle est facile et moins il est cher, mais moins il risque d'être pertinent.

➤ ***La granulosité de l'authentification (ISO 5492)***

Ce critère exprime la capacité d'une technologie de traçabilité d'identifier de façon unitaire un produit. Certaines technologies, de par leur mode d'utilisation et leurs contraintes de mise en œuvre, elles sont utilisables pour (1) un grand nombre de produits voire l'intégralité d'une production, (2) un lot de produit par date de production ou par sa référence (3) un produit unique.

➤ ***La robustesse de la solution (Chrysochoua et al. 2009)***

Ce critère évalue la difficulté pour un utilisateur indelicat de contourner la solution et de la reproduire de façon efficace (impossible alors de déterminer le vrai du faux). La robustesse d'une technologie de traçabilité peut être dégradée par les conditions environnementales (humidité, froid, chaleur...) ce qui est important à prendre en compte lors du choix d'une technologie de traçabilité forestière.

➤ ***La pertinence de l'identification (PNT)***

Ce critère définit la nature de l'identification selon qu'elle se porte sur chaque produit de façon absolue ou qu'elle permet une levée de doute ou la création d'une suspicion de fraude.

➤ *La possibilité de combinaisons des technologies (Sun et al. 2008)*

Selon les technologies, des combinaisons ou association de technologies peuvent permettre d'augmenter la pertinence de l'authentification de façon significative ou absolue.

Afin d'évaluer la performance de chaque technologie, nous allons utiliser une échelle de Likert de 0 à 5 (Love & Irani 2004), afin de pouvoir évaluer la performance des technologies et des méthodes de traçabilité selon chaque critère comme suit:

<i>Echelle</i>	<i>Performance de la technologie sel le critère</i>
1	très mauvaise
2	Mauvaise/faible
3	Acceptable
4	Bonne
5	Excellente

L'EVALUATION DES TECHNOLOGIES DE TRAÇABILITE:

Dans cette section, nous allons présenter les technologies de traçabilité les utilisées dans le suivi du bois. Le choix de cette liste de solutions de traçabilité du bois a été fait lors de notre participation avec le PNT dans la mise en place d'un label de certification du bois. Etant donné que le marché des technologies dispose de plusieurs de technologies, une grille de caractérisation et d'évaluation de ces technologies était nécessaire.

Comme nous l'avons mentionné, notre objectif est de présenter le résultat de l'évaluation des technologies de traçabilité sélectionnées dans la première phase du projet de la mise en place

d'un label. C'est pour cette raison que nous n'allons pas approfondir la présentation des technologies.

C'est dans le cadre de la traçabilité du bois que nous avons choisi de classer les technologies par rapport à leurs supports d'information:

Technologies intrinsèques.

Cette première famille de solution porte sur l'authentification du produit lui-même, sur la base de ses composés chimiques ou dimensionnelle/physiques.

➤ *Méthodes d'analyse du rapport isotopes / oligo-éléments.*

C'est une analyse chimique des éléments minéraux à l'état de trace et des éléments isotopiques, pour identifier l'origine géographique du bois par corrélation entre leur teneur minérale et celle de l'eau, du sol ou d'un paramètre de l'environnement proche duquel ils ont été produits (Havard et al. 2007). Le traceur identifiant l'origine du bois ou des produits alimentaires est constitué par le rapport isotopique. D'une manière générale les technologies de spectrométrie sont un ensemble de méthodes d'analyse spectrale permettant d'accéder à la composition et à la structure de la matière.

La traçabilité de l'origine du bois est une réponse au besoin de transparence sur les supply chain forestière. La traçabilité dans ce sens est une preuve de qualité (Fabbe-Costes & Lemaire 2001)

➤ *Analyse ADN et ADN synthétique (Voorhuijzen et al. 2012)*

L'analyse ADN et l'ADN synthétique, qui permet d'attester l'origine du bois, utilisent des technologies d'analyse similaires. La différence se situe dans le fait que le premier est natif dans le produit alors que le deuxième est créé puis rapporté dans le produit ou sur le produit. Ce dernier peut donc être combiné avec une autre technologie d'authentification (ex : ADN dans une encre de marquage).

Les marqueurs ADN peuvent être sous forme liquide ou poudre qui peut se mélanger avec des produits liquides et ils permettent d'identifier ou d'authentifier les produits marqués avec un code unique avec une possibilité de codage pratiquement infinie. Pour délivrer les informations contenues dans le marqueur ADN un passage rapide dans un laboratoire est nécessaire, mais le coût d'obtention des informations nécessaires dépend de la nature même des produits marqués (liquide ou poudre) qui ne peuvent être traités par d'autres technologies.

En revanche, l'identification du produit est très sûre et elle ne nécessite qu'une très faible quantité d'ADN synthétique pour un résultat optimal à coût de revient très peu élevé.

Technologies rapportées

Cette famille de technologie permet une authentification du produit par la pose sur celui-ci d'un élément d'authentification porteur du secret.

➤ *Les Nano-capsules*

Selon le Pole National de Traçabilité, les nano capsules sont un marqueur qui peut être déposé sur tout type de produit pour constituer une réelle empreinte moléculaire. La fabrication des nano-capsules se fait par un choix aléatoire de substances végétales à partir d'une collection définie, ce qui permet de générer un code unique et infalsifiable. L'utilisation de substances végétales très résistantes et stables assure la pérennité de l'empreinte.

Ces nanoparticules, qui contiennent l'information, sont incorporées dans les produits et principalement utilisées pour identifier et authentifier, avec une haute précision, des objets précieux comme pour les tableaux de peinture et les produits de marque. Cette technologie permet combiner plusieurs niveaux de codage pour lecture rapide ou pour décryptage de la combinatoire moléculaire selon le niveau de sécurité.

➤ *Le magnétisme*

Pour pouvoir identifier et authentifier des documents ou des produits, l'introduction de fils métalliques dans la fabrication des produits est une solution qui peut être efficace. Ces fils sont généralement en textile enrobés de substances conductrices ou magnétiques véhiculer de l'information sécurisée. La détection des marqueurs magnétiques se fait par une lecture matricielle qui renvoie automatiquement à un code unique. Cette technologie simple, à faible coût est généralement utilisée pour une authentification immédiate des documents.

➤ *Le Code matriciel 2D*

Les codes à barres bidimensionnels sont très peu utilisés dans l'industrie agroalimentaire. La technologie la plus utilisée dans cette famille est le code Data-matrix. Selon GS1 France, un code à barres matricielles bidimensionnelles (2D) un code à matrice très compact qui peut mémoriser jusqu'à 2335 caractères alphabétiques ou 3116 caractères numériques. Ce code convient bien au marquage direct sur les articles notamment pour dans le secteur pharmaceutique.

Selon le PNT, cette technologie est réellement utilisée, en association avec la technologie d'imagerie digitale, comme support d'information dans des secteurs divers et variés comme l'horticulture, la construction automobile, le transport du courrier, l'identification des produits vétérinaire. La simplicité de mise en œuvre et le faible coût en font une solution d'identification automatique intéressante.

Il existe une autre solution pour le marquage direct des produits. Les codes à barre à balayage linéaire sont qualifiés d'unidimensionnel. Cette technologie est à la base destinée à l'identification et non à l'authentification, contrairement aux Data-Matrix, par ce que sa copie est simple et ne permet pas de distinguer l'original. Cependant en tant que porteur d'un grand nombre d'information cette technologie, combinée avec de la cryptographie, peut permettre de générer un code que seuls les détenteurs du secret sont capable de fournir. C'est cette hypothèse qui sera caractérisée ici pour garantir l'authenticité du code QR.

➤ *La technologie RFID*

La technologie RFID (identification par radio fréquence) est technologie de traçabilité dont l'utilisation émerge dans plusieurs secteur et notamment dans la supply chain forestière (indisputable Key, 2009; Jover et al. 2011). Cette technologie, qui remplacent progressivement les codes à barres, ont une possibilité de stocker de l'information de manière dynamique est de communiquer par radiofréquences avec son environnement. Les technologies Auto-ID dont la RFID fait partie, peuvent être utilisées pour l'identification et la traçabilité des produits (McFarlane et Sheffy, 2003), la lutte contre les « contrefaçons » ou le pilotage de des activités logistiques (Fosso & al. 2008, Zhou, 2009). La RFID présente plusieurs avantage pour les entreprises de la filière foret-bois (Golja, 2011) comme l'identification à distance des grumes en vrac, ou le suivi des flux logistiques le long de la supply chain (Indisputable Key, 2009). En revanche, l'inconvénient majeur de cette technologie est le cout économique de l'investissement dans un système RFID qui reste très élevé. Selon, Golja (2010) le coût du marqueur par rapport à la matière première marquée ne doit pas dépasser 0.3%, ce pour cela que la RFID dont le prix varie entre 50 et 80 centimes d'euros, n'est pas encore utilisée dans la filière foret-bois en France, malgré ses nombreuses avantages.

Résultats

Enfin, nous pouvons présenter le résultat d'évaluation de ces technologies de traçabilité, selon les critères de performance que nous avons présentés au dessus:

Le critère d'évaluation	Technologies intrinsèques		Technologies rapportées			
	Isotope	ADN	Nano capsule	Magnétique	Data Matrix	RFID
Le relevé d'information	1	1	1	3	4	3
La combinaison de technologies	3	4	2	2	5	5
La robustesse de la solution	4	5	5	3	4	4
La granulosité de l'authentification	1	1	2	3	5	5
Le type du support	4	5	3	3	1	3
La pertinence de l'identification	4	5	4	5	3	4

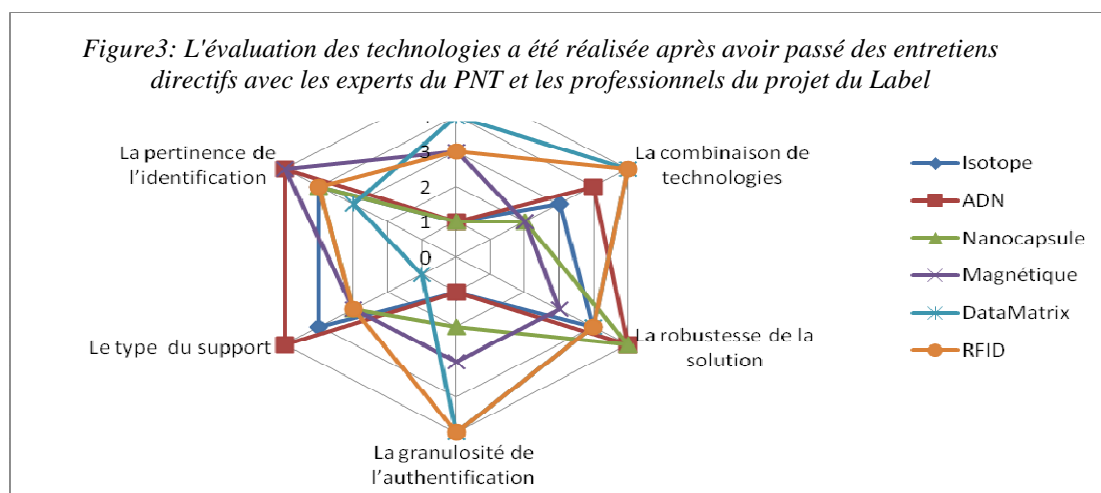


Figure4: notre grille d'évaluation élaborée dans le cadre de notre participation dans la mise en place d'un label

Cette grille d'évaluation peut être considérée comme un outil d'aide à la décision afin d'assister les petites entreprises à choisir entre les différentes technologies de traçabilité existante dans le marché. Certes la technologie RFID présente une meilleure performance, mais comme nous l'avons mentionné, le coût des tags RFID reste toujours un inconvénient à son adoption. En revanche, nous considérons la combinaison de deux ou plusieurs technologies est une solution économiquement profitable mais qui pose plusieurs défis techniques liée à l'interopérabilité de ces technologies et leurs interfaçage avec les systèmes informations en place, et organisationnels relatifs à la conduite de changement.

Si nous comparons les technologies de traçabilité en fonction de leur support d'informations *intrinsèques* ou *rapporés*, nous pouvons constatés que plusieurs combinaisons de technologies sont possibles, et notamment entre l'ADN synthétique et les codes barres bidimensionnelles d'une part, ou entre l'ADN synthétique la RFID.

CONCLUSION

L'objectif de cet article est de présenter une partie des premiers résultats d'un projet leader en France de mise en place d'un système de traçabilité forestière. En effet, après avoir présenté la particularité de supply chain forestière française, sa fragmentation et ses problèmes liés à la perte d'information tout au long de la supply chain, ce qui impact négativement la productivité et la rentabilité des entreprises, notamment dans la première transformation entre la forêt et la scierie. Ceci diminue considérablement la compétitivité de la filière forêt-bois en France, ce qui a crée un environnement propice à la mise en place des systèmes d traçabilité forestière comme une solution importante, mais pas la seule, pour limiter la perte d'information jugée responsable de la dévalorisation du bois. Les pertes les plus importantes sont observées dans la première transformation qui se caractérise par le manque d'atomisation des propriétés forestières. Ceci rend la mise en place de la traçabilité numérique, une nécessité économique et un enjeu technologique.

Dans cet article nous avons proposé une grille d'évaluation de certaines technologies et solutions de traçabilité les plus utilisées afin d'aider les petites structures de choisir la solution la plus adaptés à ses besoins mais aussi aux besoins de leurs partenaires. Nous avons trouvé que la RFID présente les meilleures performances. En revanche, le prix des tags RFID par

rapport à la valeur des grumes et des billons est jugé non économique ce qui nous a amené à chercher à combiner deux ou plusieurs solutions (ex, ADN synthétique et Dat-Matrix) ce qui posent un ensemble de problèmes technique et organisationnels.

Conscient des limites de notre démarche pour généraliser notre résultat, nous envisageons dans un premier temps d'explorer d'autres projets européens de mise en place de traçabilité forestière notamment en Allemagne. Dans un deuxième temps, nous allons conduire une étude quantitative pour intégrer dans notre grille d'évaluation, d'autres dimensions sociales et économiques. Enfin, nous avons comme objectif de comprendre comment une technologie traçabilité pourrait être un vecteur de création d'une conscience d'appartenir à une identité supply chain.

Références

- Chiorescu, S., and Grönlund, A., (2004), The Fingerprint Method: Using Overbark and Underbark Log Measurement Data Generated by Three-dimensional Log Scanners in Combination with Radio frequency Identification Tags to Achieve Traceability in the Log Yard at the Sawmill, *Scandinavian Journal of Forest Research*, Vol.19 N°4, pp.374 -383.
- Chrysochou, P., Chrysochoidis, G. & Kehagia, O. (2009), Traceability information carriers. The technology backgrounds and consumers' perceptions of the technological solutions. *Appetite*, Vol. 53, N°3, pp. 322-331
- Colin J. (2005), Le supply chain management existe-il réellement ?, *Revue Française de Gestion*, Vol. 3, N° 156, pp. 135-149

- Crozier M, Friedberg E, (1977), L'Acteur et le Système, Les contraintes de l'action collective", *Le Seuil*, Paris.
- Dykstra, D.P., Kuru, G., Taylor, R., Nussbaum, R., Magrath, W., and 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.

- Fabbe-Costes, N., Lemaire, Ch. (2001), *La traçabilité totale d'une supply chain: principes, obstacles et perspectives de mise en œuvre*, Revue Française de Gestion, Vol. 20, n° 3, pp. 23-52
- Fosso Wamba, S. and Boeck, H., (2008) Enhancing information flow in a retail supply chain using RFID and the EPC network", Special Issue on "RFID and Supply Chain Management", *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, Vol.3, N°1, pp. 92-105
- Fritz, M., & Schiefer, G. (2009), Tracking, tracing, and business process interests in food commodities: A multi level decision complexity. *International Journal of Production Economics*, Vol. 117, pp. 317-329.
- Ginet, C., and Golja, R., (2007) *Traçabilité et échanges électroniques pour la filière forêt-bois-papier*. Fiche information forêt n°750 AFOCEL.
- Golja R. (2010), *la traçabilité ouvre des voies de progrès en scierie*, Indisputable Key: projet européen.
- Golja., R (2011), *Le bon bois, au bon endroit, au bon moment, la forêt, lieu d'innovation*.
- Havard M.-L., Defrémont E., Zaremski A., Sales C. (2007). *Déterminer l'origine des bois tropicaux en utilisant des isotopes du strontium = Using strontium isotopes to determine the provenance of tropical timber= Determinar el origen de las maderas tropicales utilizando isotopos de estroncio*. Bois et forêts des tropiques, (294), pp. 65-73.

- Havard M.-L., Defrémont E., Zaremski A., Sales C. 2007. *Déterminer l'origine des bois tropicaux en utilisant des isotopes du strontium = Using strontium isotopes to determine the provenance of tropical timber= Determinar el origen de las maderas tropicales utilizando isotopos de estroncio*. Bois et forêts des tropiques, Vol. 294, pp. 65-73.
- Jover J., Thomas A., Bombardier V. (2011), *Marquage du bois dans la masse : Intérêts et perspectives*, 9e Congrès International de Génie Industriel, CIGI 2011, St Sauveur (Canada).
- L'Inventaire Forestier National, (2008), *La forêt en chiffres et en cartes*.

- Love, P.E.D. and Irani, Z. (2004), An exploratory study of information technology evaluation and benefits management practices of SMEs in the construction industry, *Information & Management*, vol. 42, N° 1, pp. 227-242
 - McFarlane, D., Y. Sheffi Y. (2003), Speeding the Supply Chain, *Information Economic Journal*, December, pp. 26 – 27
 - New, S.J. (1997), The scope of supply chain management research, *Supply Chain Management – An international journal*. Vol. 2, N°1, pp. 15-22.
 - Parlikad, A. K. et Mcfarlane, D. (2007), Rfid-based product information in end-of-life decision making. *Control Engineering Practice*, *In Press, Corrected Proof*.
 - Saikouk T., Zouaghi I., Spalanzani A., (2011), *RFID as a supply chain regulator*. 4th International Conference on industrial engineering and systems management, , May 25-27 Metz France
 - Singh M. M., Li X. (2010), Trust in RFID-Enabled Supply-Chain Management, *International Journal of Security et Networks (IJSN)*, Vol. 5, N°3, pp. 96-105.
-
- Strozzi V.H., Graeml A.R. (2007), *The pharmaceutical industry in Brazil and the use of traceability supply chain information*. Proceedings of the 14th Annual International Conference of the European Operations Management Association, June, Ankara (Turquie), 17-20.
 - Sun, P. R., Wang, B. H., et Wu, F., A. (2008), A new method to guard inpatient medication safety by the implementation of RFID. *Journal of Medical Systems*. Vol 32, N°4, pp. 327–332.
 - The Indisputable Key. (2009) www.indisputablekey.com , European project.
 - Trienekens J.H., Wognum P.M., Beulens A.J.M., Van der Vorst J.G.A.J. (2011), [Transparency in complex dynamic food SCs](#). *Advanced Engineering Informatics In Press*.

- [Voorhuijzen](#) M.M., [Van Dijk](#) J.,P., [Prins](#) T.W., [Hoef](#) A.M., [Seyfarth](#) R., [Esther J. Kok](#) E.J. (2012), Development of a multiplex DNA-based traceability tool for crop plant materials, *[Analytical and bioanalytical chemistry](#)*, Springer, 2012, vol. 402, N°2, pp. 693-701.
- Wang, S.J., Liu, S.F., Wang, W.L., (2008), the simulated impact of RFID-enabled supply chain on pull-based inventory replenishment in TFT-LCD industry", *International Journal of Production Economics*, Vol. 112, pp. 570–586.
- Yang G., Jarvenpaa S.L. (2005), *Trust et radio frequency identification (RFID) adoption within an alliance*, Proceedings of the 38th Hawaii International Conference on Systems Science, R. Sprague (ed.), (Big Island), HI, pp. 855–864, IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, CA.
- Zhou, W., (2009) RFID and item-level information visibility, *European Journal of Operational Research*, Vol. 198, N°1, pp. 252–258.