



## Meilleure prise en compte de la qualité des bois dans la planification de l'exploitation forestière

### FLEXWOOD : résultats & perspectives

*Après 3 ans de recherche collaborative européenne, FLEXWOOD restitue ses résultats. En Aquitaine avec le pin maritime, des pistes prometteuses se dégagent pour aller vers une meilleure prise en compte de la qualité des bois dans la planification de l'exploitation forestière et la valorisation de ses produits.*

#### Introduction sur FLEXWOOD

FlexWood « Flexible wood supply chain » est un projet européen lancé en novembre 2009 qui a rendu ses résultats fin 2012. 14 partenaires, universités, centres de recherche et entreprises issus de 9 pays se sont associés grâce au soutien reçu par l'Europe dans le cadre du 7<sup>ème</sup> programme cadre de recherche et développement (PCRD).

L'ambition était de doter les acteurs de la chaîne d'approvisionnement bois d'outils et de méthodes leur permettant de répondre plus efficacement aux demandes industrielles par une allocation plus adéquate de la ressource. Ces outils doivent permettre d'évaluer à moindre coût et avec précision les volumes et qualités de bois dans une zone déterminée et contribuer à diminuer les coûts de transaction et les gaspillages de matière. Le projet s'inscrit ainsi directement dans l'un des axes de recherche stratégiques demandé à FCBA par les professionnels.

4 cas d'études nationaux ont servi de terrain d'expérimentation. En Aquitaine, FCBA a travaillé conjointement avec 3 partenaires du consortium FLEXWOOD :

- Treemetrics : une PME Irlandaise spécialisée dans le développement de l'emploi du LIDAR Terrestre dans les opérations forestières en forêt cultivée ;
- ALU-Felis : le Laboratoire de télédétection de l'université forestière Allemande de Freiburg-im-Breisgau ;
- Uni-Laval FORAC : le laboratoire de génie industriel de l'Université forestière du Québec.
- La participation de plusieurs professionnels du massif landais a également été précieuse, merci à Forestière de Gascogne, Alliance Forêts Bois (CAFSA), Smurfit Kappa CDP et Castagnet Duméou.

#### Les activités FLEXWOOD ailleurs en Europe

Dans ce projet, FCBA a travaillé en Aquitaine mais ailleurs en Europe, trois autres cas d'étude ont permis d'illustrer, à différentes échelles, la mise en application du concept dans des chaînes d'approvisionnement forestières.

## En Suède

Les partenaires (Skogforsk, FORAN et LOGICA) ont travaillé à l'enrichissement d'un outil de planification (VSOP) utilisé par les sociétés forestières. Trois axes ont été développés :

- L'enrichissement des inventaires avant récolte en combinant le LIDAR aérien aux sources traditionnelles d'information (Télé-détection, relevés manuels et relevés par les machines de bucheronnage...) ;
- La simulation des produits récoltables selon différentes instructions de billonnage sur un portefeuille de coupes ;
- Un modèle d'optimisation logistique multi-variables (Ressource, disponibilité des machines, demande des clients, distances de transport).

Les tests menés sur un bassin d'approvisionnement de 16.000 ha dont la ressource est constituée d'un mélange d'Epicéa et de Pin ont permis de tirer des conclusions encourageantes. Certaines catégories d'arbres (plus jeunes) sont moins bien détectées et les tarifs de cubage utilisés dans le traitement de données mériteraient, selon Skogforsk, d'être mis à jour mais ces bémols sont très tolérables. En effet, les estimations par parcelle réalisées avec la nouvelle méthode ont été jugées au moins aussi performantes que les inventaires avant récolte traditionnels.

Le modèle logistique amélioré propose, via l'outil qui l'exploite, plusieurs scénarios d'organisation que l'utilisateur, responsable de la planification, peut comparer avant de faire son choix. Le temps de réponse du modèle logistique reste une piste d'amélioration mais la coopération entre l'institut de recherche et le fournisseur de logiciel a indéniablement permis de faire progresser la réponse au besoin industriel.

## En Allemagne

Les équipes de recherche se sont concentrées sur le hêtre, vu du ciel lors des inventaires par télé-détection, et au niveau des bois ronds en cherchant à confirmer les relations entre signes extérieurs (moustache cicatricielle des nœuds recouverts) et qualité interne par comparaison entre LIDAR Terrestre et Tomographie.

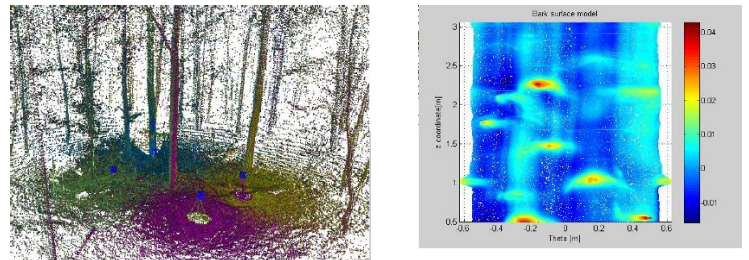


Figure 1 : Essais de détection des nœuds recouverts du hêtre (LIDAR Terrestre à gauche, Tomographie à droite)

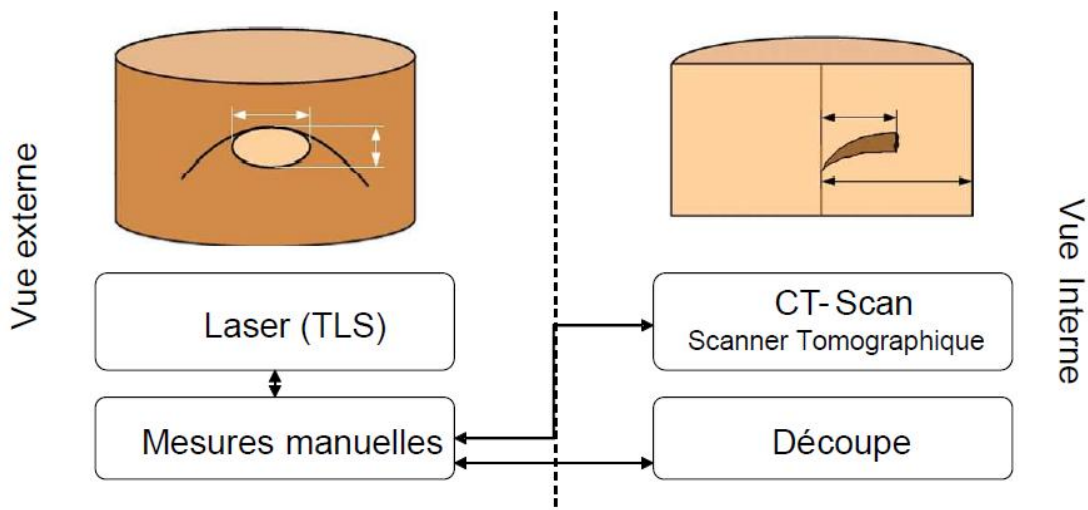
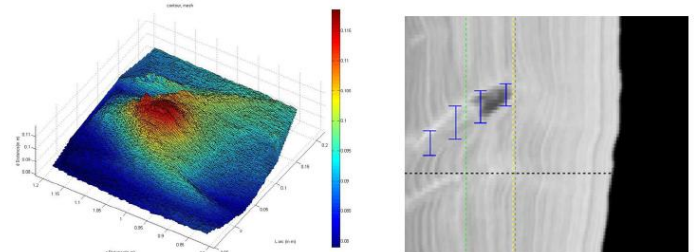


Figure 2 : Outils pour la recherche de lien entre les caractéristiques internes et externes du bois rond de hêtre

Si les liens entre les caractéristiques internes et externes des bois au niveau des nœuds recouverts ont bien pu être confirmés, les technologies testées ne permettent pas pour autant un emploi à court terme en forêt. En effet, l'automatisation des inventaires terrain par le LIDAR terrestre est freinée dans ce cas par la difficulté à automatiser le traitement du nuage de point collecté et plus particulièrement la mesure automatique des dimensions du nœud recouvert.

## En Pologne

Les travaux ont cherché à exploiter les données du LIDAR terrestre pour qualifier les bois sur pieds (Pin sylvestre) selon la grille de classement de l'administration des forêts. Mais sans modèle pour lier morphologie et anatomie, le traitement des données laser n'apporte que des données de forme.

## Les activités en Aquitaine

Le volet français de FlexWood s'est placé en Aquitaine en se focalisant sur les sociétés d'exploitation forestière qui cherchent à allouer au mieux la ressource disponible dans leur portefeuille de coupes aux demandes exprimées par leurs clients. Cette problématique s'est renforcée après la tempête KLAUS qui a réduit la ressource sur pied, affecté sa qualité et accentué la compétition entre les acteurs pour l'approvisionnement.

## Les besoins identifiés

Une analyse du système logistique existant a été menée en partenariat avec FORAC avec une attention particulière sur la planification de l'exploitation des chantiers. Certaines faiblesses ont pu être identifiées à travers des interviews d'acteurs. Plusieurs voies d'amélioration ont ensuite été formalisées :

- **Atténuer le surcoût en scierie lié à l'inadéquation de la matière première** : actuellement trop de temps est passé à adapter le process de transformation au produit réceptionné, les billons déclassés voir rejetés sont fréquents et la redistribution des produits rejetés vers d'autres consommateurs n'est pas une opération créatrice de valeur (impact transport, process inutile et potentielle sous-valorisation)
- **Diminuer les pertes de valeur bord de route** : il est encore trop fréquent de découvrir qu'un produit façonné est inadapté à la destination envisagée (usage) alors qu'il a été travaillé et mis bord de route. Dans d'autres cas, il arrive que du bois reste bord de route plutôt que d'être vendu à perte.
- **Accéder à une meilleure maîtrise de la rentabilité des chantiers** en contournant deux pratiques actuelles
  - La production d'une grande diversité de produits par chantier pour assurer un volume minimal de billons de qualité ;
  - Un phénomène de sur-qualité consistant à livrer des bois de meilleure qualité que les attentes clients pour assurer les volumes demandés.

Les partenaires ont voulu répondre concrètement, par l'innovation, à ces problèmes exprimés par la profession et des moyens ont été mis en œuvre pour atteindre cet objectif en utilisant des technologies de qualification des peuplements forestiers et en exploitant des outils d'aide à l'optimisation des opérations forestières.

## Les travaux d'intégration des outils

Concrètement, la déclinaison du concept Flexwood s'est construite avec les 3 briques suivantes :

- l'élaboration d'une méthode de collecte de données innovante utilisant notamment la capacité du LIDAR à délivrer une meilleure estimation de la ressource, en termes de volume et de qualité ;
- l'enrichissement des cahiers des charges bois rond (Sciage, déroulage, palette...) en ajoutant des critères liés aux caractéristiques internes des billons ;
- L'emploi de simulations de découpes pour approcher la meilleure mise en adéquation entre ressource et demande sur une parcelle ou un groupe de parcelles donné.

Ainsi, à chacun des besoins identifiés correspondent des solutions dont l'intégration entre elles propose aux professionnels de nouveaux outils d'aide à la décision.

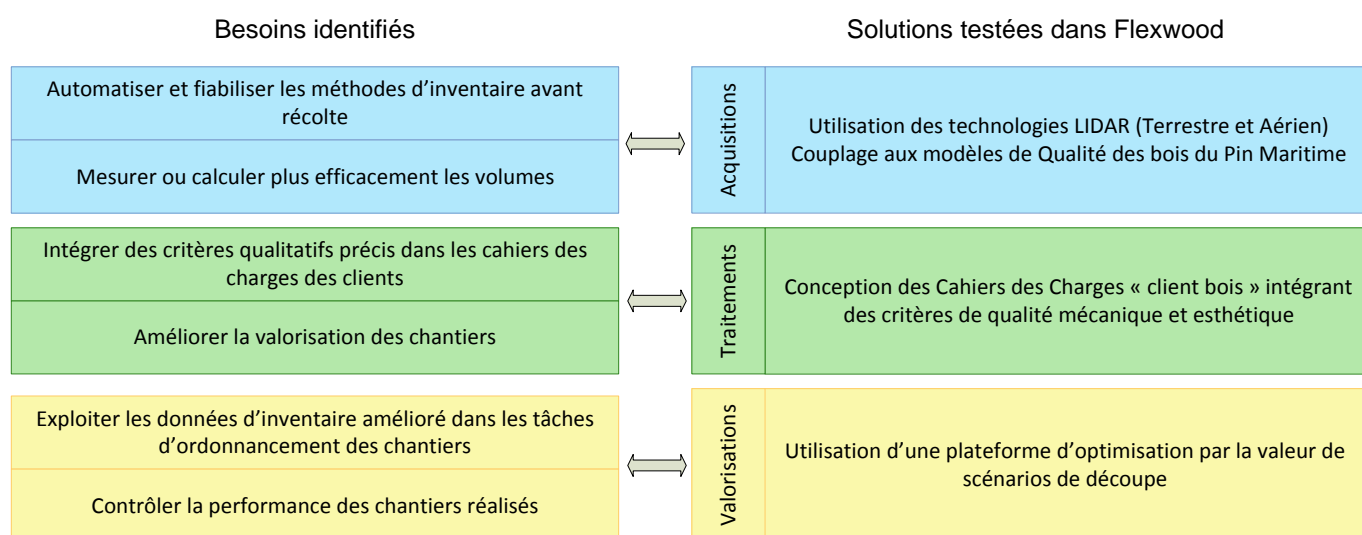


Figure 3 : Prise en compte des besoins identifiés dans le choix des solutions testées dans FLEXWOOD en Aquitaine

### Acquisition

6 000 ha ont été survolés<sup>1</sup> avec un LIDAR aérien en avril 2011. La campagne de relevés s'est poursuivie sur le terrain par plus de 90 placettes inventoriées manuellement et avec un LIDAR terrestre sur un sous-ensemble d'une centaine d'hectares de peuplements de plus de 35 ans.

Les caractéristiques forestières recherchées étaient les suivantes :

- Diamètres : à 1,30m et à différentes hauteurs pour avoir le défilement
- Hauteurs : totale, 1<sup>ère</sup> branche verte (Hbv), 1<sup>ère</sup> branche morte (Hbm)
- Densité
- Age
- Forme (flèche et rectitude)

Chacune de ces caractéristiques peut être relevée à la main (avec plus ou moins de temps passé par l'agent de terrain) mais l'intérêt était ici de tester l'automatisation de la collecte des données (et plus tard du traitement) proposée par la télédétection.



Photo 1 : LIDAR Terrestre sur une placette

<sup>1</sup> Acquisition LIDAR aérien réalisée dans le cadre du projet national FORESEE soutenu par l'ANR

### Traitement pour fournir des informations exploitables

Les données, sous forme de nuage de points, ont ensuite été traitées en commençant par une reconstitution en 3 dimensions des tiges et en détectant les houppiers à travers les premières branches vertes et les premières branches mortes.

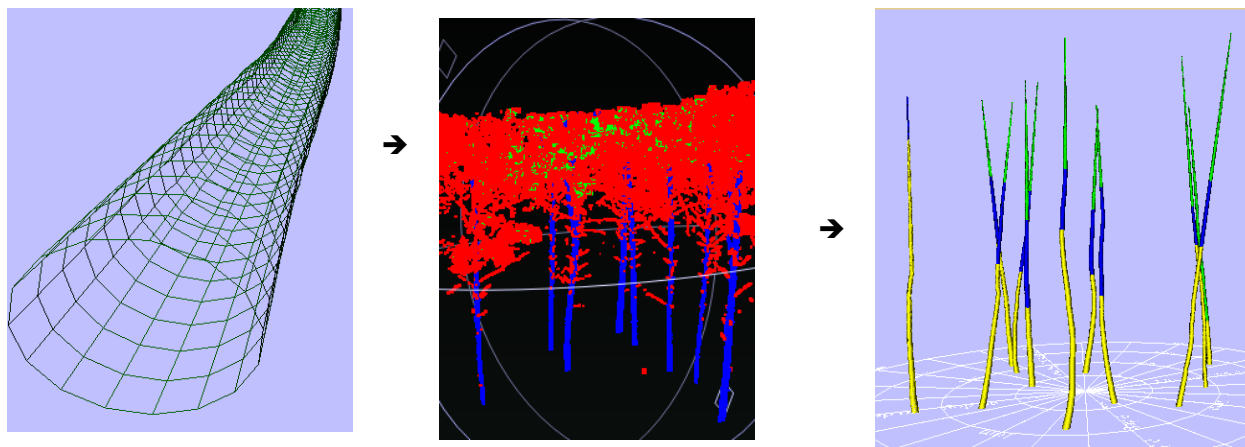


Figure 4 : Reconstruction en 3 dimensions des tiges scannées et de leurs attributs

Les tiges sur pied ont été caractérisées en valorisant différents modèles existants sur le pin maritime :

- les équations allométriques pour ajuster les informations quantitatives sur les peuplements (hauteur totale, diamètre à 1.30m et défilement, volumes,...)
- les modèles de qualité du bois (modèle « QB » de J.Moreau 2010<sup>2</sup>) pour approcher les propriétés internes du matériau inventorié à partir des caractéristiques dendrométriques.

Données d'entrée	D130 ; H <sub>Totale</sub> ; H <sub>bv</sub> ; H <sub>bm</sub> ; Age
Informations restituées par le modèle	Zone avec nœuds sains ; Zone avec nœuds noirs ; Zone sans nœud ; Duramen ; Densité de nœuds ; Module d'élasticité ; Module de rupture

Tableau 1 : Informations modélisées grâce au modèle « QB » existant sur le Pin maritime

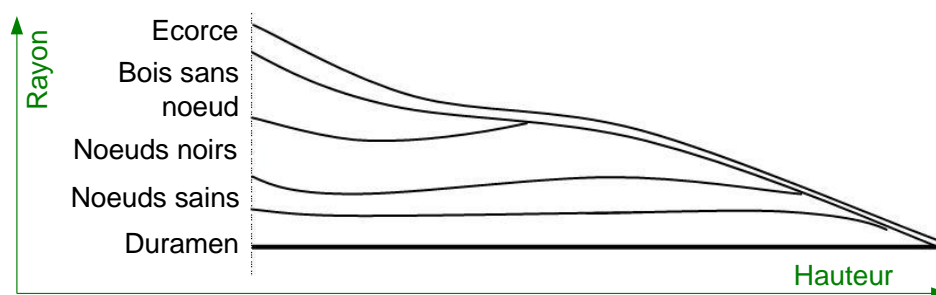


Figure 5 : Modélisation de la distribution des propriétés internes liées aux nœuds

<sup>2</sup> Moreau J. 2010, « Impact des pratiques sylvicoles intensives sur les propriétés du bois de pin maritime », Uni. Bordeaux – FCBA.

Partant du principe que certaines propriétés internes de la ressource pouvaient être modélisées et prédites de la sorte, FCBA s'est attelé en parallèle, à un travail d'enrichissement des cahiers des charges bois ronds. Des attentes plus précises ont été exprimées par l'ajout de propriétés mécaniques et visuelles dans la description des billons.

Par exemple, les spécifications d'un billon de déroulage décrit habituellement avec des critères principalement géométriques (Diamètre fin bout mini, Diamètre gros bout maxi, Longueur, Flèche maximale), ont été complétées par des attentes sur la qualité interne du bois (Taux de surface sans nœud, Taux de surface avec nœuds sains, Taux de surface avec nœuds noirs, quotient de répartition des nœuds).

Ainsi deux gammes de qualité des bois ont été définies, l'une portant sur la qualité visuelle et l'autre sur la qualité mécanique.

Les tableaux ci-dessous donnent les éléments ayant permis la définition de ces gammes de qualité.

Niveau de qualité visuelle	Taux de surface sans nœud	Taux de surface avec nœuds sains	Taux de surface avec nœuds noirs	Surface de nœuds (en %)
Bonne	>15%	Pas de limite	Pas de limite	Pas de limite
Moyenne	Pas de limite	>80%	Pas de limite	<45%
Faible	Pas de limite	Pas de limite	<40%	Pas de limite

Tableau 2 : Gammes de qualité visuelle, définies par les taux de nœud au sein du billon

Niveau de qualité mécanique	Module d'élasticité (en GPa)	Module de rupture (en MPa)
C30	12	30
C24	11	24
C16	8	16
C14	7	14

Tableau 3 : Gammes de qualité mécanique en fonction des modules d'élasticité et de rupture

### Valorisation via un outil de simulation

Afin de pouvoir confronter la ressource mieux décrite du portefeuille de coupe à la demande en bois ronds mieux spécifiée, un troisième module a été assemblé au sein de la solution Flexwood. Un simulateur de découpes a été employé pour tester différents scénarios sur une parcelle ou un groupe de parcelles et ainsi approcher la meilleure mise en adéquation entre ressource et demande.

### Mise en application avec les professionnels du massif

En Aquitaine, la solution a été testée sur les parcelles scannées et plus particulièrement sur 8 parcelles sur le point de passer en exploitation, soit une vingtaine d'hectares en coupe rase. L'objectif était double :

- Proposer un usage possible de la solution Flexwood pour répondre aux questions que peuvent se poser les organisateurs de chantier avant et après exploitation ;
- Analyser la valeur ajoutée apportée par la solution Flexwood.

Ainsi, le cas d'étude a permis de tester la pertinence de la démarche développée dans Flexwood par comparaison aux pratiques actuelles de planification et pilotage des chantiers.

La première étape de ce travail a donc été la décomposition du processus actuel de gestion d'un chantier d'exploitation forestière. Ce travail a été mené avec un agent expérimenté qui avait pour tâche de proposer un scénario d'exploitation d'un portefeuille de coupes afin de répondre à une demande industrielle virtuelle. Chaque coupe était décrite par ses informations de superficie, d'âge, de nombre de tiges, de volume global estimé manuellement ainsi que les circonférences, hauteurs et volumes moyens des arbres. Une note qualitative de rectitude était également donnée.

Pour chacune de ces parcelles, l'agent devait proposer quels produits façonner et en quelle quantité.

L'interview de l'agent au cours de la construction du scénario d'exploitation a mis en évidence les critères qu'il doit utiliser pour optimiser la réponse à la demande industrielle, tout en maximisant la valeur de ses coupes.

Le scénario d'exploitation proposé et l'analyse de la méthode mise en œuvre ont conduit à la proposition de méthode d'utilisation de la solution Flexwood dans l'objectif de faciliter ce travail tout en améliorant sa qualité.

## Résultats

Un premier axe de valorisation consiste à rechercher le scénario de récolte optimale d'un produit donné. L'objectif est alors d'identifier les parcelles, disponibles dans le portefeuille de coupes, où il est le plus judicieux d'exploiter ce produit particulier

Trois bénéfices de la méthode ont été perçus :

- Privilégier une parcelle proche du client consommateur ;
- Concentrer les produits par chantier (spécialisation des chantiers) ;
- Maximiser l'adéquation à la qualité demandée.

Ici, le système Flexwood s'utilise en simulant l'exploitation des 3 parcelles avec le produit recherché en ayant formalisé les instructions de bucheronnage

L'utilisateur obtient pour résultat le volume maximal pouvant être valorisé sur chacune des parcelles pour le produit recherché. Et il peut se servir de cette information pour argumenter ses réflexions quant à la planification de la récolte.

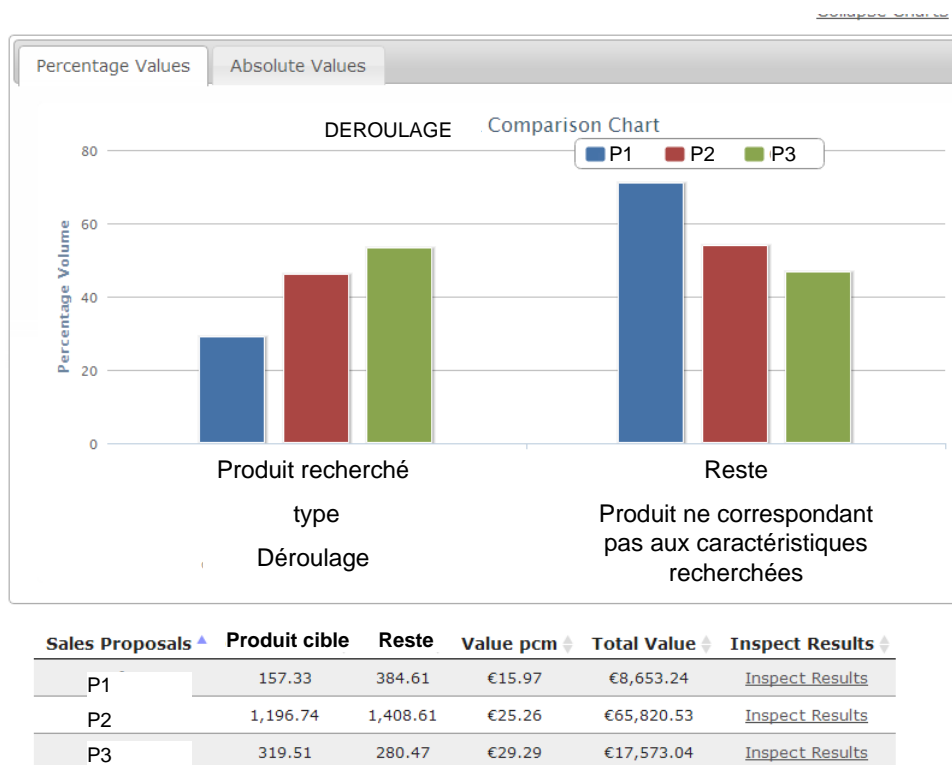


Figure 6 : Consultation des résultats de la simulation pour un produit recherché dans 3 parcelles

Six axes de valorisation ont été explorés pour illustrer les usages qui pourraient être faits de la solution Flexwood par les chargés d'exploitation, avant (tableau 2) et après (tableau 3) la réalisation des chantiers.

Objectif	Action	Bénéfices potentiels pour l'utilisateur
Recherche du scénario de récolte optimale d'un produit	Identifier les parcelles où il est le plus judicieux d'exploiter un produit particulier	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Privilégier une parcelle proche du client consommateur</li> <li>▪ Concentrer les produits par chantier (spécialisation des chantiers)</li> <li>▪ Maximiser l'adéquation à la qualité demandée</li> </ul>
Tester 2 produits concurrents	Tester une simulation de découpe sur 2 produits concurrents (potentiellement prélevés au même endroit sur l'arbre)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Spécialiser les chantiers</li> <li>▪ Gagner en flexibilité en jouant sur des produits proches</li> </ul>
Valoriser le bois utilisable en construction	Tester si des qualités C30, C24, C16 sont disponibles sur un lot de parcelles	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Identifier une parcelle adaptée à la production de bois destiné à des usages structurels</li> </ul>
Analyse de la valorisation maximale	Calculer la valorisation maximale avec → un cahier des charges (CdC) classique (diamètre, longueur, flèche) → un CdC incluant des critères qualitatifs supplémentaires	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Analyser le potentiel d'une coupe en tenant compte des critères qualité</li> </ul>

Tableau 4 : Axes de valorisation *avant* l'exploitation

La figure ci-après illustre un cas où l'utilisateur chercherait à savoir si des produits aux caractéristiques compatibles à de futurs usages structurels pourraient être mobilisés sur les trois parcelles sélectionnées.

Comme dans le 1<sup>er</sup> exemple, le système Flexwood s'utilise en exprimant un cahier des charges produit tiré par les caractéristiques attendues pour les usages en construction. Cette demande est alors prise en compte pour simuler l'exploitation de 3 parcelles selon ces instructions de bucheronnage.

Dans cet exemple particulier, deux constats simples s'imposent : le potentiel en C16 est fort et la disponibilité en C24 n'est pas négligeable.

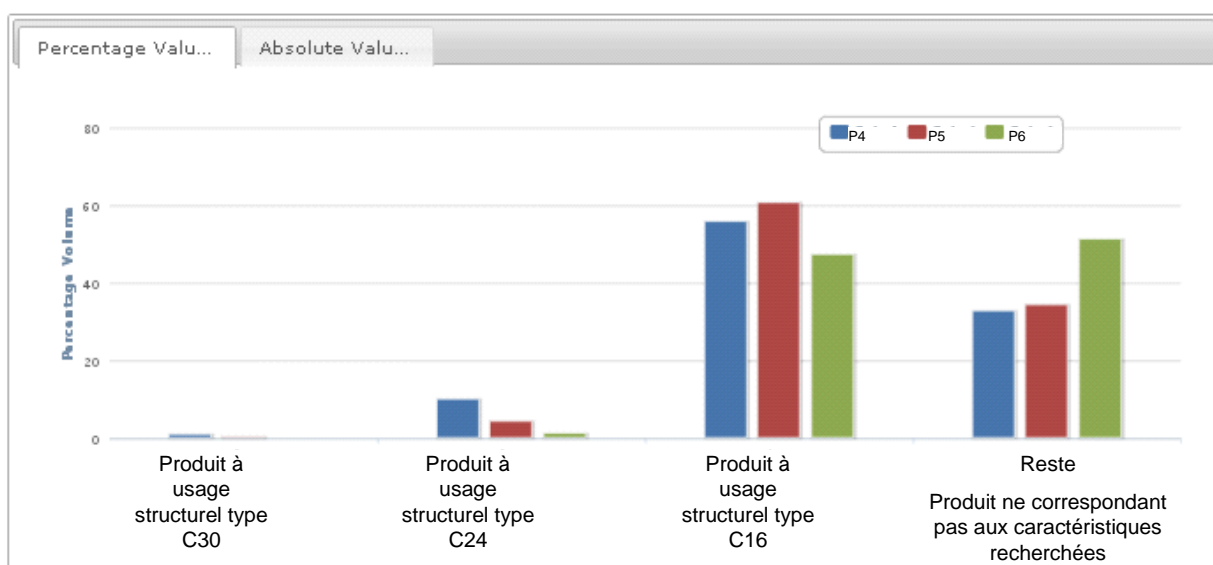


Figure 7 : Potentiel valorisable en construction sur 3 parcelles. Résultats en % du volume sur le graphique et en valeur absolue dans le tableau.



En complément de l'aide à la décision apportée au moment de la planification des chantiers, le système testé peut également être valorisé comme un outil de suivi a posteriori de l'exploitation réalisée.

Objectif	Action	Bénéfices potentiels pour l'utilisateur
Analyse des écarts à la valorisation maximale	Comparer la récolte réelle aux valorisations maximales calculées	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Identifier les chantiers contraints par la demande (sur-qualité réalisée pour assurer les volumes commandés)</li> </ul>
Analyse des risques de sous-qualité	Comparer la récolte réelle à la valorisation maximale possible d'un unique produit	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Identifier des risques de sous-qualité livrée (contrôle des réceptions pour validation)</li> <li>▪ Améliorer progressivement les modèles qualité utilisés</li> </ul>

Tableau 5 : Axe de valorisation **après** l'exploitation

Au cours du projet, un comparatif réalisé sur une parcelle passée en exploitation a permis de valider la pertinence de ce dernier axe d'analyse. Dans ce cas précis, une différence notable a été constatée entre le volume effectif récolté (environ 300 m<sup>3</sup>) sur la parcelle pour le produit « déroulage+ » et la simulation qui avait été faite dans cette même qualité par le système Flexwood (seulement 65 m<sup>3</sup>). Cet écart incite l'utilisateur à se questionner sur le risque de sous qualité livrée au client bois, dont le cahier des charges pourrait alors ne pas être respecté. Dans ce cas, la prise en compte du retour client ayant réceptionné les bois, permettrait de valider ou non le constat.

- S'il y a sous qualité, le système a mis la puce à l'oreille de l'utilisateur qui va chercher à comprendre à quel moment et pourquoi le scénario qu'il avait choisi ne s'est pas réalisé ;
- Si la qualité s'avère être au rendez-vous, l'utilisateur perçoit alors que le chantier en question est dans les limites de validité du modèle qualité sur lequel il repose. C'est avec ce type de retour d'expérience qu'il pourra participer à l'amélioration itérative du système et de ses composants (modèles, simulateur...)

Dans tous les cas, un système comme celui testé dans Flexwood reste un outil d'aide à la décision qui appuie sans s'y substituer les réflexions de l'utilisateur.

## Pistes d'amélioration et perspectives

Ces tests à travers des cas concrets ont permis de recueillir le retour d'expérience des professionnels et d'évaluer avec eux l'intérêt des outils FlexWood pour les entreprises d'exploitation forestière.

Des pistes d'amélioration ont été formulées au sujet du système et de sa prise en compte des multiples variables de mise en adéquation entre ressource disponible et demande à satisfaire :

- Au niveau de la matrice d'instruction de billonnage (simulateur) : Intégrer une limite de volume par produit correspondant à la demande industrielle réelle permettrait à l'instant t de ne pas produire au-delà de la demande des produits qui devraient alors être stockés ;
- Introduire une géo-localisation des parcelles permettrait d'affiner l'analyse en fonction du positionnement des usines clientes et des zones d'intervention des acteurs ;
- Intégrer les contraintes temporelles d'exploitation, notamment des priorités de récolte entre les différentes coupes ;
- Intégrer les distances de débardage (coûts associés) dans les paramètres du simulateur ;
- De plus, faisant preuve d'une vision intégrée, les participants ont imaginé pouvoir connecter au système :
- Des applications pour la sylviculture (simulation de croissance de peuplement, mesure de croissance précise sur des périodes de 5 ans) ;
- Des informations sur les coupes dès la prospection auprès des propriétaires en gardant tout en mémoire, y compris les parcelles qui ne sont pas achetées par les agents ;

Ces pistes fonctionnelles mériteront d'accompagner la validation de la fiabilité des données valorisées dans le test Flexwood aquitain. En effet, il serait intéressant de pouvoir confronter, sur un démonstrateur à grande échelle, les prédictions du modèle « QB » à la qualité réelle constatée sur plusieurs échantillons, et d'utiliser des retours de production chez le client bois pour consolidation.

De plus, pour aller au-delà de cette 1<sup>ère</sup> preuve de concept réussie, il est important de faire l'effort de connexion de ces résultats aux autres développements en cours (méthodes et outils de l'information et de la communication, dits TIC, au service de la chaîne d'approvisionnement, échanges de données inter-acteurs et standardisation associée...) afin que le système envisagé puisse vivre au-delà de ce premier test. Parmi ces autres briques à prendre en compte on pense :

- Aux autres des outils d'acquisition des données (Inventaires manuels renforcés, têtes d'abattage intelligentes...) à valoriser en les développant ou en les fiabilisant si besoin ;
- Aux plateformes de modélisation existantes à valoriser dans la phase de traitement des données collectées ;
- A de l'exploitation des données dans d'autres contextes : analyse stratégique, gestion sylvicole, optimisation en temps réel de l'abattage.

D'un point de vue organisationnel, il est évident que l'amélioration de l'allocation des bois lors de la récolte prend d'autant plus de sens que la logistique de distribution vers les clients est performante. Les réflexions (LOGIBOIS) en cours avec la profession sur les innovations organisationnelles et technologiques envisageables dans la chaîne pourront certainement être un moyen d'étendre la démarche d'optimisation.

C'est d'ailleurs avec cette vision globale que pourra se construire un modèle économique viable pour un système de type Flexwood en intégrant :

- L'adoption d'une approche collaborative pour mutualiser la collecte de données LIDAR afin d'atteindre une échelle significative et de prévoir les mises à jours suivantes ;
- Le partage des coûts avec des utilisateurs forestiers (ou non) ;
- Des nouveaux prestataires de service susceptibles de proposer une offre fiable et durable.

## Conclusions générales

FCBA a piloté l'évaluation<sup>3</sup>, en fin de projet, à travers ces 4 cas d'étude nationaux. Si les résultats sont aussi variés que les situations auxquelles le concept a été appliqué, il advient de bien préciser que le LIDAR ne se suffit pas à lui-même : il s'intègre comme une source supplémentaire d'information dans la chaîne de collecte, traitement et mise à disposition de données.

Une restitution a été organisée en décembre 2012 pour les professionnels Aquitains. Plusieurs d'entre eux ont exprimé de l'intérêt pour les résultats des tests sur le Pin Maritime et pour le potentiel de valorisation quand les différentes briques de connaissances sont correctement intégrées entre elles.

Les partenariats noués ou renforcés pendant ce projet, avec la société Treemetrics Ltd notamment, sont à maintenir pour des efforts supplémentaires de R&D et une mise en application opérationnelle à plus grande échelle. Notons que le concept FLEXWOOD a été intégré dans les fiches « solutions innovantes » de la démarche de logistique collaborative LOGIBOIS menées en Aquitaine au 2<sup>ème</sup> semestre 2012.

### Liens utiles

Les livrables publics du projet sont disponibles sur le site [http://www.flexwood-eu.org/...](http://www.flexwood-eu.org/)

Les résultats de LOGIBOIS (Logistique collaborative en Aquitaine) sont publiés via FCBA INFO [www.fcba.fr](http://www.fcba.fr) / [www.fcba.info](http://www.fcba.info)

### Contacts :

**Morgan VUILLERMOZ** – [morgan.vuillermoz@fcba.fr](mailto:morgan.vuillermoz@fcba.fr)  
**Adrien ARRAIOLOS** – [adrien.arraiolos@fcba.fr](mailto:adrien.arraiolos@fcba.fr)

FCBA – Pôle 1<sup>ère</sup> Transformation Appro  
Section CIAT APPRO PTA  
10 avenue de Saint Mandé – 75012 Paris  
Tél. 01 40 19 48 75



INSTITUT TECHNOLOGIQUE

<sup>3</sup> Levet Anne-Laure & al., 2012, « Evaluation of the Flexwood concept », FCBA. Et article FCBAINFO dédié en 2013.