



INSTITUT
TECHNOLOGIQUE



NEWFOR : des outils d'aide à la décision pour améliorer la mobilisation des bois en montagne

Enjeux et objectifs du projet NEWFOR

Depuis de nombreuses années maintenant, la mobilisation des bois en montagne fait l'objet d'efforts particuliers en termes de R&D (nouveaux systèmes d'exploitation), d'appui aux entreprises (aides à l'investissement, conseil aux entreprises...), de financement des chantiers de récolte (aides au débardage par câble, financement des récoltes dans les forêts à objectif de protection...).

La ressource en zone de montagne représente un gisement de bois important qu'il est compliqué de mobiliser tant les conditions d'exploitation sont difficiles et requièrent des matériels spécifiques : citons notamment la dangerosité et la pénibilité du bûcheronnage manuel en condition de pente, une période d'activité réduite du fait de conditions climatiques hivernales difficiles, des accès aux parcelles qui génèrent des temps "morts" pour les opérateurs, la mise en œuvre de techniques particulières plus coûteuses qu'en zone de plaine (débardage par câble téléphérique). L'ensemble de ces éléments génère des coûts de mobilisation relativement élevés et, au final, des bilans financiers de coupe "délicats" parce que la qualité des bois n'est pas toujours au rendez-vous pour compenser l'impact du "handicap montagne".

Plus encore qu'en zone de plaine, les acteurs sont à la recherche d'outils pour optimiser l'ensemble de la chaîne de mobilisation des bois depuis la connaissance des caractéristiques des peuplements forestiers jusqu'à la livraison en scierie.

L'objectif du projet NEWFOR est d'analyser les apports potentiels des nouvelles technologies pour répondre aux besoins d'optimisation de l'approvisionnement des sites de première transformation et de construire des outils d'aide à la décision pour le choix des organisations à mettre en place sur les chantiers de récolte. Ces outils d'aide à la décision doivent tenir compte de considérations techniques, économiques mais aussi, idéalement, intégrer des analyses coûts/bénéfices ou

environnementales pour justifier les choix finaux qui seront faits par les professionnels.

Ce projet d'une durée de 36 mois rassemble 14 partenaires issus de 6 pays de l'arc alpin : Allemagne, Autriche, France, Italie, Slovaquie, Suisse. Il bénéficie de financements européens suite à sa sélection dans le cadre de l'appel à projet "Espace Alpin" en 2011. Le gestionnaire de l'ensemble du projet est l'IRSTEA, antenne de Grenoble.

Méthodologie générale du projet

Le projet aborde dans un ordre logique les différentes phases de la mobilisation des bois et les nouvelles technologies associées. Un "état de l'art" systématique vise à décrire les outils utilisés à ce jour dans chaque pays partenaires puis les partenaires discuteront des évolutions à apporter à ces outils. "Ces cahiers des charges" seront variables d'un pays à l'autre tant les organisations et les contextes sont différents mais les problématiques sont bien identiques comme nous l'ont montré les premiers échanges depuis le début du projet il y a un an.

Caractérisation des peuplements forestiers

Dans un premier temps, il s'agit de poursuivre les travaux sur l'utilisation du LIDAR aéroporté (télé-détection par laser) pour caractériser les peuplements forestiers : quelles sont les méthodologies utilisées dans les différents pays ? Quelle est la précision des résultats obtenus ? Quels sont les échantillonnages (placettes de mesures) effectués sur le terrain pour calibrer les résultats d'analyse des données "au bureau".

C'est l'IRSTEA qui est le principal acteur français sur cette tâche. Les travaux seront réalisés sur 5 sites pilotes : la vallée de Chamonix (100km²), la vallée du Haut-Chablais (100km²), la vallée d'Arly (100km²), le Vercors (zone dites des 4 montagnes,

100km²), et l'arrondissement forestier de Saint Claude en intégrant une zone située dans le Parc naturel régional du Haut Jura (100km²). Au sein de ces sites des placettes de références, représentatives des principaux types de peuplements forestiers, seront implantées. Ces placettes serviront aux opérations de benchmarking des outils actuellement existant. Par la suite, les outils testés et améliorés à partir de ces placettes seront utilisés sur l'ensemble des 100km² de chacun des sites pilotes. Une comparaison aux données actuellement disponibles dans les aménagements forestiers sera réalisée.

Accessibilité de la ressource et choix des systèmes d'exploitation

Des outils d'aide aux choix des méthodes d'exploitation seront bâtis considérant les conditions d'accès à la ressource (topographie et desserte, décrites à l'aide des données de la 1^{ère} tâche ci-dessus) et les domaines d'utilisation des différents systèmes d'exploitation (techniques de débardage notamment).

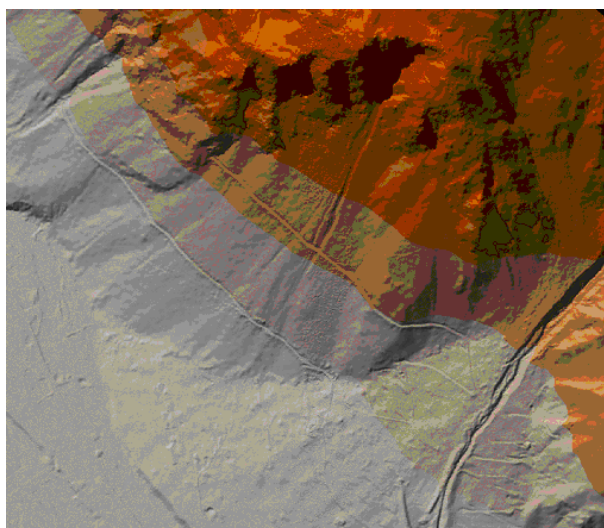


Figure 1 : exemple de modèle numérique de terrain (MNT) issu d'un traitement de données LIDAR (source : IRSTEA)

Optimisation du transport des bois : des bases de données de la desserte forestière à la planification des tournées en forêt

Le transport est une étape importante de la mobilisation. De nombreuses initiatives de création de bases de données de la desserte existent à l'étranger et en France. Dans le cadre de NEWFOR, Les partenaires présenteront les outils développés dans leur pays et la façon dont ils sont utilisés et mis à jour. Comment le réseau public, hors forêt est-il ensuite pris en compte? Comment sont répertoriés les points noirs et leurs caractéristiques ?

A l'issue du projet des recommandations seront faites aux pouvoirs publics qui souhaitent accompagner la démarche de création de bases de données sur les dessertes. Il s'agit également d'essayer d'aboutir à un ensemble de règles pour la construction de ces bases tirant parti des enseignements des premières expériences.

Sur le plan technique, le consortium étudiera les possibilités d'utiliser les données LIDAR pour cartographier la desserte (intra massif forestier). De même une actualisation de l'offre en outils d'optimisation des tournées des camions sera effectuée en cours de projet. Dans cet objectif le cahier des charges pour l'élaboration des bases de données desserte visera la compatibilité avec ces systèmes qui doivent pourvoir intégrer la desserte forestière pour le calcul des itinéraires optimisés et de la durée des voyages.

Evaluation coûts/bénéfices

Dans cette tâche nous chercherons à faire le lien entre les caractéristiques d'exploitation (peuplement desserte, systèmes d'exploitation adapté) et les modèles de productivité et de coûts. L'objectif est de fournir pour chaque chantier des éléments sur les coûts et le résultat économique de la récolte (balance entre le coût des interventions et le revenu de la vente des bois).

Intégration des outils sur des zones pilotes

La dernière tâche est une tâche d'intégration des différents outils et de test sur des zones pilotes. Des matériels nouveaux pourront également être mis en démonstration comme nous envisageons de le faire en France avec des matériels de type câble et bras de façonnage installé sur plateforme de camion (avec un façonnage en billons) et petit câble-mât de portée inférieure à 600 m.

Elle doit déboucher également sur des recommandations pour l'élaboration des politiques forestières des pays de l'arc alpin et de manière plus générale pour les forêts de montagne à l'échelle européenne.

Outre la gestion du projet, une tâche transversale de communication est également prévue. Différents moyens seront utilisés tout au long du projet : articles dans les revues professionnelles, DVD, démonstration sur le terrain, mise en place d'un site internet, présentation du projet et des outils lors de foires forestières, fiches sur les techniques d'exploitation et leur domaine d'utilisation...

Illustration par 3 actions concrètes

Elaborer un modèle de productivité et de coût pour le câble-mât

La prévision des productivités et des coûts d'exploitation en zone de pente est fondamentale compte tenu des bilans financiers souvent très tendus comme cela a été évoqué plus haut.

Les prévisions sont particulièrement délicates lorsqu'elles concernent des techniques spécifiques peu utilisées ou nouvelles. Le débardage par câble téléphérique entre dans cette catégorie parce que, d'une part, il est peu utilisé en France (une quinzaine d'équipes seulement) et d'autre part, les types d'équipement ont évolués passant des câbles longs majoritaires jusqu'au début des années 2000 aux câbles-mâts de moyenne portée (600-1000 m). L'absence de culture sur le câble en France se traduit par une méconnaissance des productivités et des coûts qui n'est pas favorable à son déploiement. Des modèles de productivité et de coûts peuvent contribuer à une meilleure utilisation de ces techniques.

Dans le cadre de NEWFOR, il est prévu de rassembler un jeu de données pour paramétrer un logiciel suisse de prévisions des coûts du débardage par câble. Ce logiciel a déjà été testé sur des chantiers réalisés en France (dans le cadre du projet de R&D MOBIPE) et des écarts significatifs ont été constatés entre les prévisions et les productivités constatées sur le terrain.

Pendant plus de deux saisons d'activité, nous allons collecter des informations de productivité auprès de 5 équipes de câble dans les Alpes et en Alsace afin de rechercher les causes des écarts et introduire des paramètres dans les modèles existants pour les corriger.

Cette action est réalisée en collaboration avec l'équipe suisse du WSL (Institut de recherche suisse sur la forêt, les paysages et la neige) qui a conçu le logiciel HEPROMO et qui cherche aussi à faire progresser son outil avec des systèmes d'exploitation nouveaux (débardage d'arbres entiers par exemple) ou sur des opérations nouvelles telles que le débardage de bois-énergie (cimes et branches au porteur) pour la production de plaquettes forestières.

Tableau 1 : Résultats du logiciel HEPROMO pour le débardage par câble-mât (source : <http://www.waldwissen.net>)

HEPROMO KESAKO ?

HEPROMO est un outil de calcul des productivités et des coûts. Proposé par le WSL en 2003 l'objectif était de mettre à disposition des modèles de productivité dans un cadre standardisé, facilitant leur utilisation à des fins de prédiction et de simulation. Le logiciel fonctionne dans un environnement Windows.

Ce logiciel regroupe les modèles pour 8 opérations élémentaires : bûcheronnage manuel et mécanisé, débardage au porteur, au skidder, au câble (2 types de matériel), à l'hélicoptère, déchiquetage. Les modèles ont été construits à partir d'études de chantiers (chronométrages du travail productif) menées de 1978 à 1995.

L'outil est téléchargé environ 600 fois par an sur le site de WSL. Les applications principales sont :

- les calculs prévisionnels de productivité et de coût à l'échelle des parcelles en vue d'établir un bilan prévisionnel des coupes. Ce sont aussi des outils utiles aux donneurs d'ordre et aux entreprises car servant de base de négociation pour la fixation du prix des prestations. Ils peuvent aussi servir d'outil de simulation ou d'aide à la décision pour mesurer l'impact de choix techniques ou d'investissements (en desserte par exemple) sur les coûts,
- la R&D pour la modélisation de scénarios de récolte par exemple,
- la formation.

Perspectives de développement : il y a aujourd'hui un besoin fort d'actualiser certains modèles et d'en créer de nouveaux. L'urgence se situe sur les méthodes traditionnelle –bûcheronnage manuel et débardage au skidder – en lien avec les travaux de l'Inventaire Forestier Suisse.

Le WSL s'intéresse également à la mise au point d'un nouvel outil accessible aux entreprises pour qu'elles puissent constituer leur propre référentiel et l'utiliser à des fins de prévisions. La méthode kNN (k Nearest Neighbours) permet de sélectionner dans une base de données les chantiers les plus proches du chantier étudié du point de vue de leurs conditions d'exploitation. Le résultat est donc une sélection de références de productivité sur des chantiers "similaires". L'avantage de cette méthode est que les entreprises peuvent utiliser leurs propres données et que l'introduction de nouvelles lignes dans la base de données est très aisée. Mais bien entendu, il faut s'assurer en permanence de la "qualité" des nouvelles données à entrer dans la base.

(Source : Fritz Frutig, chercheur au WSL)

Zeitbedarf und Kosten		Konventioneller Seilkran				Berechnungsbeispiel			
Startseite	Tätigkeit	Zeitbedarf Std.	Personal		Maschinen		Total		
			Fr.	Fr./m3	Fr.	Fr./m3	Fr.	Fr./m3	
Eingaben allgemein	Projektierung	5,0	646	1,08			646	1,08	
	Abstecken	0,0							
Eingaben 1 Linie	Montage / Demontage	47,2	8741	14,57	1260	2,10	10001	16,67	
	Montage	66%	30,7	5686	9,48	820	1,37	6505	10,84
Eingaben 2 Linie	Demontage	35%	16,5	3055	5,09	440	0,73	3496	5,83
	Seilen des Holzes	125,4	15046	25,08	15046	25,08	30091	50,15	
Ergebnisse	Sortieren und Lagern	100,3	6896	11,49	8470	14,12	15366	25,61	
	Pauschal berechnete Kosten						500	0,83	
	Selbstkosten		31328	52,21	24776	41,29	56604	94,34	
	Gesamtkosten						59434	99,06	

Zeitbedarf		Selbstkosten	
Sortieren und Lagern	36%	Proj.	1,08
Projektierung	2%	M / D	16,67
Montage / Demontage	17%	Seilen	50,15
Seilen des Holzes	45%	Lagern	25,61
		Pausch.	0,83

Choisir à l'échelle d'un massif forestier les systèmes d'exploitation et en déterminer les coûts techniques

A l'échelle des massifs forestiers en montagne, il est indispensable de pouvoir s'appuyer sur des outils d'aide à la décision pour faire le "bon" choix des techniques à déployer pour la récolte des bois. Dans le cadre de NEWFOR, l'ambition des 2 équipes françaises, FCBA et IRSTEA, est de progresser sur un tel outil permettant de croiser les données sur les conditions d'exploitation – peuplements forestiers et nature des interventions, topographie, desserte forestière, distance de débardage – et les coûts techniques associés. Ces derniers sont calculés à partir de modèles prévisionnels de productivité disponibles ou à construire (cf ci-dessous).

L'IRSTEA et l'ONF ont déjà travaillé sur un outil permettant de déterminer les surfaces forestières accessibles aux tracteurs forestiers en prenant en compte la topographie des parcelles et les distances de débardage envisageables avec cette technique.

L'ambition est maintenant de faire progresser cet outil en intégrant :

- Le modèle de productivité du débardage au skidder afin de déterminer à l'échelle des unités de vidange les productivités journalières moyennes et à partir de là les coûts techniques unitaires (en €/m³).
- le débardage par câble aérien. Cela nécessite de bien préciser, dans un premier temps, les conditions d'utilisation, les productivités escomptables et les coûts techniques des différents types de matériels.

L'objectif est également de voir comment les données LIDAR peuvent être utilisées pour cartographier les conditions d'exploitation car jusqu'à maintenant CARTUVI utilise des fonds cartographiques IGN et des données de peuplements acquis de manière traditionnelle lors de la préparation des aménagements par l'ONF.

Ces outils servent aussi à la simulation : quelles sont les conséquences d'une extension de la desserte ? En termes de volume accessible, d'impact sur les coûts de récolte liés au changement éventuel de méthode de débardage....

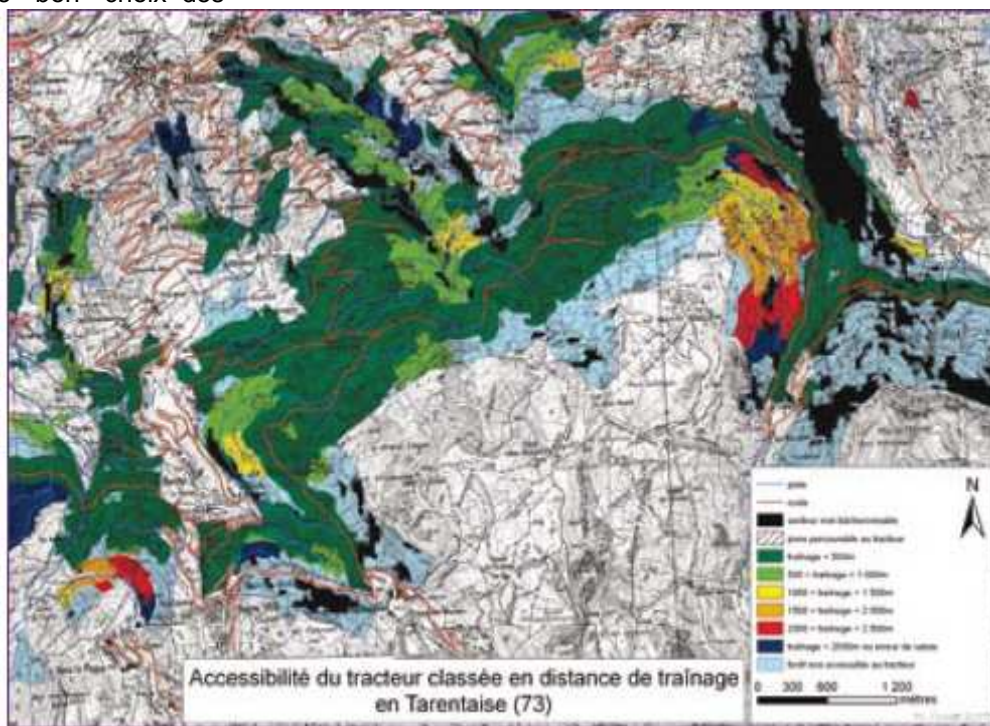


Figure 2 : exemple de carte de l'accessibilité du tracteur sur la commune de Macôt la Plagne (73) obtenue avec le modèle CARTUVI. (source : IRSTEA)

Les utilisateurs potentiels de ces outils sont les gestionnaires forestiers. Ils pourront aussi en faire un outil de dialogue avec leurs interlocuteurs des collectivités à différents niveaux, avec celles qui interviennent dans les choix sylvicoles (collectivités propriétaires de forêt) ou celles qui gèrent les aides à l'investissement dans les matériels d'exploitation et dans les pistes et routes forestières.

Optimiser l'implantation des lignes de câble aérien avec SIMULCABLE

Le débardage par câble aérien présente la particularité, par rapport aux autres systèmes d'exploitation, d'avoir des temps d'installation. Ces temps "non productifs" peuvent représenter suivant les lignes jusqu'à la moitié du temps de présence, avec un effet direct sur le prix de la prestation.

De façon générale, l'implantation des lignes est étudiée de façon à optimiser à la fois :

- le débusquage des coupes à réaliser (prélèvement des bois au maximum à 40 m de part et d'autre de la ligne de câble),
- l'arrivée sur une place de dépôt fonctionnelle,

- les possibilités d'ancrages du câble et des haubans des pylônes (supports),
- le profil en long, pour limiter le nombre de pylônes qui a un impact non négligeable sur la productivité et donc le coût de revient.

Les câblistes fonctionnent aujourd'hui souvent à l'expérience et de manière empirique pour évaluer le nombre de pylônes nécessaires et les positionner sur le terrain. Or l'exercice est parfois incertain et les erreurs coûtent cher.

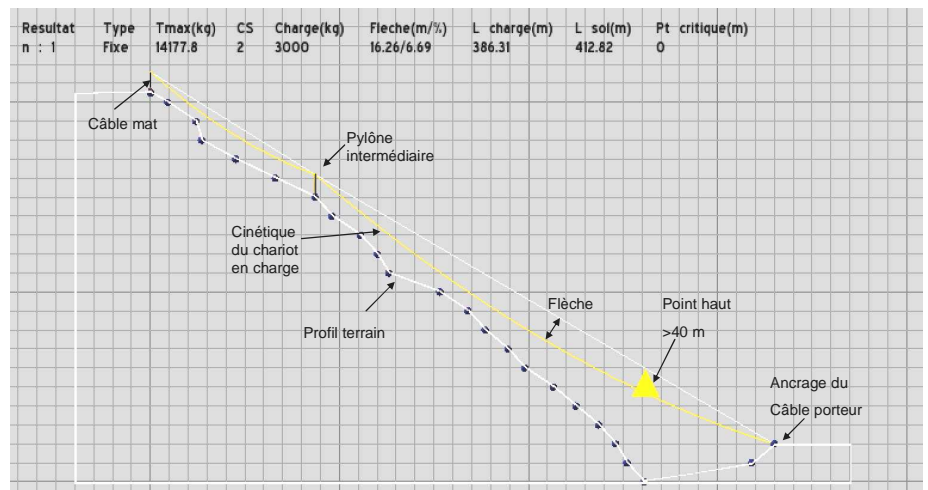
Afin de faciliter la prévision de l'implantation des lignes, l'ONF et le FCBA ont développé un logiciel permettant de déterminer sur une ligne de câble l'implantation des pylônes nécessaires en fonction du profil du terrain.

C'est un outil destiné aux personnes réalisant des projets câble, qui permet de fiabiliser les projets et qui facilite la maîtrise des coûts, les estimations de temps de travail et les plannings prévisionnels pour une meilleure performance de la chaîne d'exploitation.

Positionnement des supports avec SIMULCABLE

SIMULCABLE est un logiciel qui permet de modéliser la trajectoire du chariot sur la ligne de câble, à partir des caractéristiques de la ligne projetée (point de départ, point d'arrivée, profil du terrain, tension du câble, charge nominale, coefficient de sécurité, ...) et de positionner les pylônes de façon optimale en restituant en profil longitudinal les principaux éléments de la ligne

Figure 3 : Restitution SIMULCABLE avec les indications des principaux éléments, le carroyage (10 m x 10 m) donne l'échelle du profil.



Le coefficient de sécurité retenu sur la tension maximale du câble porteur est enfin introduit. Ce coefficient de sécurité est le rapport entre la tension de rupture du câble porteur (indiquée par le fabricant) et la tension maximale admise du câble porteur lors des opérations de débarquement, lorsque la charge débarquée est à sa valeur maximale. Le coefficient de sécurité est généralement fixé à 2 pour les opérations de débarquement.

Résultats des calculs

Les calculs réalisés par SIMULCABLE donnent des résultats graphiques et sous forme de tableau (Voir tableau 1).

Dans le tableau sont indiqués :

- un numéro par calcul réalisé
- le type de ligne (câble porteur fixe ou libre) ;
- la tension maximale que supporte le câble porteur lors des opérations de débarquement ;
- le rappel du coefficient de sécurité utilisé lors du calcul,
- le rappel de la charge maximale transportée ;

- la flèche maximale du câble (cette donnée, exprimée en m et en % - ratio entre la flèche et la portée entre deux supports – est une donnée technique qui ne sert qu'aux calculs théoriques) ;
- la longueur du câble porteur ;
- la longueur du profil au sol ;
- la hauteur du point le plus bas par rapport au sol (appelé point critique), qui va aider à optimiser le positionnement des pylônes nécessaires.

Sur le graphique sont figurés :

- le cheminement du chariot en charge sur le câble porteur (appelé chemin critique),
- les mâts (ou ancrages) terminaux et les pylônes intermédiaires éventuels,
- la position du point critique (point où le chariot passe le plus près du sol),
- la position du point où le câble survole le sol à la hauteur maximale (lorsqu'il est à vide) uniquement si la hauteur de survol est supérieure à 40 m (déclaration à l'aviation civile).

Données à saisir

Trois possibilités s'offrent à l'opérateur pour la saisie du profil :

- mesure sur une carte IGN, en fonction des ruptures de pente (altitude de chaque point et distance horizontale),
- relevé de terrain,
- importation d'un MNT (Modèle Numérique de Terrain) préalablement établi.

Une fois le profil saisi, les caractéristiques du câble porteur et du câble tracteur sont introduites (type de câble, masse linéaire, charge de rupture), ainsi que celles du chariot (son poids et la charge maximale acceptée).

Ensuite, sont positionnés sur le profil les 2 mâts (ou ancrages) terminaux, ainsi que leur hauteur respectives (hauteur de passage du câble porteur).

La position du point le plus bas détermine la nécessité ou non de positionner un support intermédiaire. La configuration de la ligne peut être optimisée de façon incrémentielle avec SIMULCABLE, en ajoutant, déplaçant ou supprimant des pylônes, en déplaçant les ancrages terminaux et en testant d'autres axes de ligne.

Selon les résultats, l'opérateur peut ajouter des supports intermédiaires et déclencher de nouveaux calculs jusqu'à obtention d'une solution satisfaisante.

Perspectives dans le cadre du projet NEWFOR

Le développement de Simulcable sera poursuivi vers une amélioration des fonctionnalités et de l'ergonomie :

- création d'un profil utilisateur,
- positionnement automatique des pylônes, l'opérateur n'ayant qu'à valider le résultat
- création d'un module de lien vers SIG pour permettre l'extraction d'un profil MNT vers Simulcable, et le transfert d'information des résultats vers le SIG

Au-delà de son rôle premier d'implantation des lignes, l'objectif est aussi, à terme, d'utiliser les données sur la caractérisation et le positionnement géographique de la ressource pour optimiser l'implantation de lignes dans les secteurs les plus chargés en volume et enfin de faire le lien avec les outils de calcul prévisionnel des coûts.



Ce projet bénéficie d'un financement de la Communauté Européenne dans le cadre du programme de coopération Espace Alpin

Contacts : **Stéphane GRULOIS – Paul MAGAUD**

FCBA – Délégation Sud-Est
Domaine Universitaire – BP 251
38044 Grenoble Cedex 9
Tél. 04 76 15 40 70
stephane.grulois@fcba.fr
paul.magaud@fcba.fr



INSTITUT TECHNOLOGIQUE