

6^{ème} édition de l'atelier T-Lidar pour la communauté francophone
Utilisation de nuage de points à haute densité
pour l'écologie forestière

INRA d'Avignon, France - L'Université de Sherbrooke, Québec
23 – 24 novembre 2016

Programme (Heure Française)

Mercredi 23 novembre 2014

13h45 – 14h15 : Accueil des participants

14h15 – 14h30 : Introduction de l'atelier

14h30 – 14h55 : Sébastien Griffon

14h55 – 15h20 : Grégoire Vincent

15h20 – 15h45 : Alexandre Piboule

15h45 – 16h10 : Jean-François Tremblay

16h10 – 16h25 : Pause

16h25 – 16h50 : Joris Ravaglia

16h50 – 17h15 : Van Tho Nguyen

17h15 – 17h40 : Jean-François Côté

17h40 – 18h05 : Sara Uzquiano

18h05 – 18h30 : Stéphane Momo Takoudjou

18h30 – 18h40 : Clôture de la demi-journée

Jeudi 24 novembre 2014

09h00 – 12h00 : Atelier en différé, thèmes abordés sur le site d'Avignon :

- Computree : vision globale des fonctionnalités, méthodes de reconstruction d'arbres disponibles
- Design de scan et gestion des occlusions
- Formats de données multi-écho/FWF, librairies de traitement disponibles

12h00 – 14h15 : Pause repas

14h15 – 14h40 : Cécile Antin

14h40 – 15h05 : Maxime Soma

15h05 – 15h30 : Sylvain Leblanc

15h30 – 15h45 : Pause

15h45 – 16h10 : Romain Rombourg

16h10 – 16h35 : Maxence Carra

16h35 – 17h00 : Bastien Lecigne

17h00 – 17h25 : Ignacio Barbeito

17h25 – 17h40 : Clôture de l'atelier

Programme (Heure du Québec)

Mercredi 23 novembre 2014

07h45 – 08h15 : Accueil des participants

08h15 – 08h30 : Introduction de l'atelier

08h30 – 08h55 : Sébastien Griffon

08h55 – 09h20 : Grégoire Vincent

09h20 – 09h45 : Alexandre Piboule

09h45 – 10h10 : Jean-François Tremblay

10h10 – 10h25 : Pause

10h25 – 10h50 : Joris Ravaglia

10h50 – 11h15 : Van Tho Nguyen

11h15 – 11h40 : Jean-François Côté

11h40 – 12h05 : Sara Uzquiano

12h05 – 12h30 : Stéphane Momo Takoudjou

12h30 – 14h30 : Pause Repas

14h30 – 17h30 : Atelier en différé, thèmes abordés sur le site de Sherbrooke :

- Computree : financement, formations
- Collaboration avec le groupe « Terrestrial Lidar Scanning Research Coordination Network »
- LIDAR versus Photogrammétrie SfM

Jeudi 24 novembre 2014

08h15 – 08h40 : Cécile Antin

08h40 – 09h05 : Maxime Soma

09h05 – 09h30 : Sylvain Leblanc

09h30 – 09h45 : Pause

09h45 – 10h10 : Romain Rombourg

10h10 – 10h35 : Maxence Carra

10h35 – 11h00 : Bastien Lecigne

11h00 – 11h25 : Ignacio Barbeito

11h25 – 11h40 : Clôture de l'atelier

AMAPstudio-Scan : Un logiciel pour construire et éditer interactivement une architecture de plante à partir d'un nuage de points TLS

Sébastien Griffon, CIRAD – AMAP

La reconstruction d'architectures de plante à partir de nuages de points TLS permet de produire des maquettes 3D détaillées pour des applications en agronomie, botanique et foresterie. Cette question est abordée par plusieurs méthodes qui sont pour la plupart des approches automatiques. Toutefois, les utilisateurs ont souvent besoin de modifier et compléter le travail avec de la connaissance métier. Nous proposons AMAPstudio-Scan, un logiciel pour construire ou modifier la topologie et la géométrie de la plante en interagissant avec le nuage de points. Ce logiciel permet d'afficher interactivement des nuages de points de plusieurs millions de points en réduisant la résolution des données visibles tout en proposant une fonctionnalité de « focus » adaptée. La topologie est affichée sur le nuage de points sous forme de graphe avec des sommets et des arêtes. Chaque sommet est défini par un disque (un centre, un rayon et une normale) et les arêtes par deux sommets ainsi qu'un identifiant d'axe.

Pour ajouter un nouveau sommet, l'utilisateur dessine un centre approximatif et un rayon, puis une stratégie calibre un disque. Des stratégies alternatives sont proposées sur la base de plusieurs approches telles que la calibration d'ellipse et d'ellipsoïde, ou encore par la projection d'enveloppe convexe. Un aperçu montre le sommet sélectionné avec son nuage de point local et propose des fonctions d'édition manuelle supplémentaires.

AMAPstudio-Scan est en cours de développement et vise à être complémentaire aux méthodes automatiques en important les résultats d'autres logiciels de reconstruction tels que SimpleTree. Enfin, il est possible d'exporter vers AMAPstudio-Xplo pour l'édition de la structure, l'extraction de données et la visualisation.

Site web : <http://amapstudio.cirad.fr/soft/scan/start>

AMAPvox un outil pour l'estimation de la surface foliaire d'un couvert à partir de levés lidar

Grégoire Vincent, IRD – AMAP

Le logiciel AMAPvox reconstitue la géométrie des tirs lidar pour calculer une carte 3D de la transmittance dans une scène de couvert végétal. A partir des données de transmittance différentes options sont proposées pour estimer la surface foliaire du couvert. Dans cet exposé nous présenterons brièvement les fonctionnalités du logiciel et donnerons quelques exemples d'application.

Fonctionnalités particulières

- Utilisation de données lidar issues de différents constructeurs : caractéristiques liées aux formats de fichier, caractéristiques liées aux données
- Possibilité de validation des estimations de transmittance par comparaison avec des capteurs optiques positionnés dans la scène
- Possibilité de neutraliser la composante des échos de nature non-feuille avant inversion
- Possibilité d'utiliser différentes fonctions de distribution angulaire de feuilles, éventuellement variables dans l'espace

On comparera des analyses menées

- avec différents capteurs TLS sur le même site
- avec des capteurs ALS et TLS sur le même site
- avec des données de validation obtenues par effeuillage et pesée des feuilles d'arbres isolés

Computree : Etat des lieux et perspectives

Alexandre Piboule, ONF département RDI

Depuis 2010, l'Office National des Forêts développe, en lien avec l'ENSAM de Cluny, une plateforme de traitement des nuages de points 3D en forêt. Cette plateforme modulaire permet à différentes équipes, de mettre en commun leur travaux dans ce domaine, et en particulier pour l'analyse de données LIDAR terrestre et aérien. Cette présentation vise à faire le point sur les évolutions de la plateforme depuis le précédent atelier, ainsi que les perspectives pour 2017. En particulier, à partir de 2017 Computree sera gérée et financée par un regroupement de partenaires, sous la coordination du GIP-Ecofor.

Un algorithme pour l'alignement sans cible de scans LiDAR terrestre en forêt

Jean-François Tremblay, Université de Laval

Un algorithme initialement proposé par David Kelbe et al (Rochester Institute of Technology) permettant d'aligner (*register* en anglais) deux scans de LiDAR terrestre en forêt, sans utiliser de cibles réflectrices. L'utilisation de ces cibles entraîne des complications logistiques en forêt, en particulier, elles prennent beaucoup de temps à placer sur le terrain et il est complexe d'assurer leur visibilité à partir de plusieurs positions du scanner. En utilisant la fonctionnalité de détection d'arbre de Computree, on peut utiliser les arbres (leur diamètre et leur position) comme cibles naturelles pour effectuer un changement de repère et ainsi aligner deux scans.

Je vais présenter plusieurs améliorations apportées à l'algorithme de Kelbe et al ; mon implémentation roule en parallèle, et modifie à plusieurs niveaux l'approche de Kelbe et al pour fournir une performance permettant l'utilisation opérationnelle de l'algorithme. Les résultats obtenus avec l'algorithme amélioré sont validés en comparant à des alignements effectués avec des cibles artificielles.

Analyse géométrique pour une reconstruction résiliente des tiges d'arbres à partir de nuages de points

Joris Ravaqlia, Université de Sherbrooke, Aix-Marseille Université

L'extraction et la reconstruction d'arbres à partir de données LiDAR terrestre est un objectif majeur de l'inventaire forestier automatisé. Les mesures extraites à partir des tiges reconstruites ouvrent la voie à une meilleure précision des modèles allométriques et une gestion avancée des patrimoines forestiers. Plusieurs méthodologies ont été mises en œuvre afin de reconstruire les tiges des individus au sein de nuages de points. Toutefois, les contraintes d'acquisition telles que la (1) présence de bruit, (2) l'occlusion ou (3) la variation de densité d'échantillonnage peuvent limiter leur applicabilité selon les conditions d'acquisitions. Nous proposons ici une nouvelle approche résiliente à ces contraintes. La méthodologie inclut une combinaison innovante de transformée de Hough et de contours actifs dont l'énergie a été adaptée au contexte géométrique. Les tiges d'arbres sont reconstruites sous forme de tuboïdes à partir desquels le diamètre à hauteur de poitrine et le défilement peuvent être estimés. La méthode a été appliquée sur des ensembles de données simulés et réels. Les résultats obtenus sous différentes contraintes d'échantillonnage mettent en évidence des erreurs d'estimation dans un intervalle correspondant aux besoins forestiers.

Détection de défauts à la surface du tronc d'arbres à partir de données T-Lidar

V-T. Nguyen, T. Constant, F. Colin (INRA), B. Kerautret, I. Debled-Rennesson (Loria), A. Piboule (ONF)

Dans l'évaluation de la qualité d'une grume, selon leur type, les défauts à la surface de l'écorce sont comptabilisés, voir décrits afin de les prendre en compte comme des éléments dépréciant sa valeur. Un nuage de points décrivant la surface d'une grume contient potentiellement de l'information sur ces défauts de surface qui selon leur type sont révélateurs de défauts internes qui affectent la qualité du bois. Nous proposons ici une approche originale permettant de détecter les défauts externes en analysant la rugosité de la surface du tronc d'arbre décrite au moyen d'un lidar terrestre. Premièrement, la ligne centrale du tronc est calculée par une méthode d'accumulation se basant sur les directions visées par les vecteurs normaux à la surface. Deuxièmement, la distance de référence à cette ligne est calculée pour chaque point du nuage, et quantifie la distance à la ligne centrale de l'ensemble des points de son voisinage. Enfin, une méthode de seuillage automatique est appliquée sur la différence entre la distance du point à la ligne centrale et sa distance de référence pour séparer les points présentant le plus grand écart.

Afin de tester la méthode, nous avons mené des expérimentations sur 10 billons de 7 espèces différentes en prenant une vérité terrain, définie par un expert, localisant les défauts sur la surface. Les résultats fournis par la comparaison attestent de l'efficacité et de la robustesse de la méthode, qui révèle des défauts à la surface des troncs tels que des branches, leurs cicatrices (moustaches de chinois) ou des gourmands, en étant peu sensible à la forme du tronc et à la rugosité de l'écorce.

Utilisation du lidar terrestre dans le programme de caractérisation de la ressource du Centre canadien sur la fibre de bois

Jean-François Côté, Centre canadien sur la fibre de bois, Ressources naturelles

Le Centre canadien sur la fibre de bois (CCFB) collabore avec des organisations fédérales ainsi que des partenaires provinciaux, de l'industrie et universitaires pour élaborer des systèmes améliorés d'inventaire forestier capable de produire de l'information de degré de précision requis pour optimiser la chaîne de valeur. Le CCFB se sert du lidar terrestre (lidar-t) pour mesurer les caractéristiques des arbres et des peuplements forestiers. La recherche appliquée sur le lidar-t se penche sur l'établissement de relation entre les métriques calculées sur les nuages de points aux variables d'inventaire, au développement d'algorithmes d'extraction de la branchaison et d'autres variables structurelles à l'échelle de l'arbre et du peuplement, ainsi que lier les attributs dérivées du lidar-t à d'autres capteurs de télédétection à des fins de cartographie et de suivi sur de grandes échelles. L'objectif de cette présentation est de dresser le portrait des différents projets liés au programme de caractérisation de la ressource du CCFB à travers 5 provinces canadiennes sur une gamme d'essences et d'environnements typiques. Ces projets comprennent l'extraction des variables d'inventaire de peuplements, l'estimation des attributs de la fibre de bois ainsi que la modélisation de la structure fine. De nouvelles avenues sont explorées pour évaluer le potentiel du lidar-t sur la qualité extrinsèque du bois et sa valeur marchande, les relations entre les attributs structuraux et certains traits génétiques, les mesures de croissance, ainsi que la modélisation détaillée des arbres et peuplements dans le développement de nouveaux outils pour caractériser la forêt à partir de la télédétection à haute résolution spatiale.

Une application du LIDAR terrestre dans une forêt mixte de Pinus Sylvestris et Quercus Pyrenaica au nord de l'Espagne

Sarah Uzquiano, Instituto Universitario de Investigacion de Gestion Forestal Sostenible

La caractérisation des forêts mixtes, pendant quelques années, a été difficile à définir du fait de la complexité qu'elles présentent dans leur structure. Cependant, de nos jours, grâce au LiDAR terrestre, non seulement nous pouvons obtenir une grande quantité de données, mais aussi un excellent niveau de précision. Dans ce travail, nous avons scanné, grâce au scanner Faro Focus 3D, une forêt mixte de Pinus sylvestris et Quercus pyrenaica localisé dans la province de Leon au nord-ouest de l'Espagne. À l'intérieur de cette forêt nous avons étudié 30 arbres de chaque espèce, en extrayant leurs variables dendrométriques: diamètre à 1,30 m, hauteur totale, hauteur de la surface maximale du houppier, hauteur de la base du houppier, la longueur du houppier et volume du houppier. De plus, nous avons étudié la proportion de mélange de chacun de ces arbres par placettes circulaires de 5m de rayon en calculant leur surface terrière et l'indice de Reineke. Finalement nous avons établi des allométries entre les différentes variables et les modèles ont été étendus pour évaluer l'effet du mélange sur chacune des dites variables. Les résultats montrent de bonnes relations entre les variables étudiées. Parallèlement à ce travail, nous avons développé une nouvelle méthodologie basée sur la combinaison de différents programmes informatiques pour extraire les données dendrométriques d'une manière plus rapide et plus automatisée.

Approche non destructive pour estimer la biomasse aérienne en forêt tropicale grâce aux données t-LiDAR

Stéphane Momo Takoudjou, Université de Yaoundé I – AMAP

Dans l'optique de lever les biais potentiels auxquels sont sujettes les forêts du bassin du Congo sur le stockage du carbone, la COMIFAC a réalisé une vaste campagne de collecte des données qui permettront de définir des équations allométriques dédiées à ce massif. Cette étude se propose d'initier et de valider une approche d'estimation non destructive et moins biaisée de la biomasse aérienne des arbres.

Les données collectées sur 1 ha ont permis de définir la relation $h=f(DBH)$ et celles collectées sur 40 arbres (scannés, abattus et pesés) une allométrie spécifique à la forêt semi-décidue du Cameroun. La segmentation manuelle et semi-automatique bois/feuilles a permis de séparer la partie ligneuse de celle feuillée. Les cylindres ont été insérés dans le nuage de points bois par SimpleTree. AMAP-SCAN et Geomagic ont permis d'améliorer les volumes ainsi obtenus notamment au niveau des contreforts et les tiges cannelées.

La chaîne de traitement établie dans cette étude montre que les mesures de diamètre et de hauteur totale LiDAR collectées sur les arbres pesés sont identiques à celles collectées sur le terrain (p -value = 0.96 et p -value = 0.80). Le volume de bois SimpleTree présente un biais notable ($R^2=70\%$, $RMSE=14\text{ m}^3$). $RMSE$ assez énorme pour les arbres de moins de 10 m^3 de volume total. Les données corrigées présentent des meilleurs résultats, soit $R^2=96\%$ et $RMSE=7\text{ m}^3$.

L'utilisation des données t-LiDAR pour l'établissement des équations allométriques en forêt tropicale conduit à un résultat similaire avec celle bâtie sur un échantillonnage destructif.

Mise en œuvre et amélioration de méthodes de filtrage d'échos pour la segmentation du bois et des feuilles dans des nuages de points lidar

Cécile Antin, INRA – AMAP

Le lidar terrestre (TLS) permet d'obtenir une description détaillée et précise de la structure 3D d'une plante sous forme de nuage de points. Or, que ce soit pour des problématiques liées à l'estimation de volume de bois (stockage de carbone, production et allocation de biomasse...) ou de la surface foliaire (échanges biosphère/atmosphère), il est nécessaire de segmenter les points du nuage correspondants respectivement à du bois et à des feuilles.

Ce travail fait le point sur les approches existantes pour la segmentation du bois et des feuilles dans des nuages de points lidar en distinguant deux catégories de méthodes basées (1) sur les attributs géométriques et (2) sur les attributs optiques du nuage de points. Il propose ensuite une nouvelle approche de classification non supervisée basée sur la combinaison de ces deux types d'attributs.

Un jeu de données test a été constitué à partir de scans réalisées sur 3 espèces de caractéristiques variées (noyer, eucalyptus et ayous), avec une classification experte des points du nuage, afin de pouvoir tester les performances de trois méthodes tirées de la littérature (Belton et al. 2015, Béland et al. 2014, Brodu et Lague 2012) et de la nouvelle approche proposée. Alors que les méthodes tirées de la littérature montrent des performances modérées (coefficient Kappa compris entre 0.46 et 0.54 pour un scan de noyer), la nouvelle approche proposée améliore significativement les performances (coefficient Kappa = 0.78 pour le même scan de noyer).

Estimation de la distribution spatiale de surface et de biomasse foliaires de couverts forestiers méditerranéens à partir de nuages de points acquis par un LiDAR Terrestre

Maxime Soma, INRA Avignon

Les grandeurs caractéristiques des couverts forestiers (biomasse de feuilles, densité (LAD), LAI...) sont des variables clés dans la modélisation des flux d'énergie, tel que la transmission de la lumière, et influencent directement les conditions microclimatiques et les processus écophysologiques à l'échelle du peuplement forestier. Cependant la caractérisation du feuillage demeure une mesure complexe : les méthodes destructives sont précises mais très coûteuses et les méthodes optiques (photos hémisphériques, etc...) peuvent être imprécises (Weiss et al, 2004).

De par leur échantillonnage dense et régulier, les nuages de points LiDAR terrestre possèdent un fort potentiel pour caractériser de manière tridimensionnelle le feuillage des canopées. En particulier, la densité relative de points en un volume donné peut-être reliée à la surface/biomasse de feuilles contenue dans ce même volume pour prédire la distribution 3D de la végétation (Durrieu et al, 2008; Béland et al, 2011 ; Pimont et al, 2011). Les travaux présentés se focalisent sur cette approche et comparent, pour plusieurs espèces, la précision de différents indices de densité de points à l'échelle de la branche, de l'arbre et du peuplement en s'appuyant notamment sur des mesures destructives effectuées après les scans.

Cette méthode permet de comprendre quels sont les principaux facteurs qui peuvent influencer la qualité de la prédiction (orientation de la végétation, occlusion, limites de l'appareil, distinction bois/feuilles, etc...) afin de mieux rendre compte de la structure du feuillage.

Nuages de points denses provenant d'images captées par de petits drones pour l'estimation de la structure de la végétation

Sylvain Leblanc, Ressources Naturelles Canada / Centre Canadien de télédétection

Le centre canadien de télédétection a commencé son utilisation de drone il y a maintenant plus de 4 ans. Depuis ce temps, la technologie des drones a évolué très rapidement et même les petits drones sont maintenant assez puissants avec de bonnes caméras pour pouvoir être utilisés scientifiquement. En décembre 2015, le CCT avec des fonds de Sécurité publique Canada a acheté deux petits drones DJI Phantom 3 Professional (P3P) pour tester l'estimation de la neige et de la structure de la végétation pour un projet sur la cartographie des plaines inondables au Canada. Cette présentation portera sur la partie végétation de cette étude à partir des mesures prises durant la saison de croissance 2016, où nous avons fait plus de 10 séries de vols avec le P3P dans la tourbière de la Mer Bleue à Ottawa. Les vols incluent une partie boisée mixte et la tourbière elle-même contient des épinettes blanches et des mélèzes. À l'aide de la technique Structure From Motion (SFM) du logiciel Pix4D, des nuages de points à haute densité peut être obtenus de ces vols de drones avec une densité de beaucoup supérieur au lidar aéroporté (>200 pts/m²). Chaque vol couvrant environs 15 ha. Les techniques d'estimation de l'indice de surface foliaire, développées pour les lidars terrestres et aéroportés ont été testé sur ces nuages de points. Plusieurs aspects techniques en plus des résultats seront présentés.

Une suite de méthode de détection de bruit pour les scanners laser à modulation d'amplitude

R. Rombourq (Grenoble INP – INRIA), E. Casella (Forestry Commission), F. Hetroy-Wheeler (Grenoble INP – INRIA)

Les scanners laser terrestres (TLS) utilisés dans le domaine forestier sont sujets à de nombreuses sources d'erreurs dues à l'interaction entre le processus d'acquisition et les hétérogénéités physiques et spatiales de la végétation. Ces facteurs créent des artefacts dans la mesure de distance et une incertitude sur les bords de chaque objet, entravant entre autres les méthodes d'estimation de fraction de trouées.

Je présenterai une étude focalisée sur le développement d'algorithmes de classification adaptés aux scènes forestières acquises via un scanner laser à modulation d'amplitude. Notre développement est basé sur les scans bruts. Les points de « ciel » (pas de retour laser) et les points « mixtes » (tir laser intercepté par plusieurs objets) sont classifiés à partir d'images d'intensité et de profondeur obtenues à partir d'un scan, selon des méthodes que je décrirai. Tous les points détectés comme points de ciel sont ensuite filtrés.

Les algorithmes ont été développés, testés et évalués sur des scans en conditions contrôlées (définies en considérant les propriétés physiques et spatiales des environnements forestiers). Nous avons été capables de détecter tout le bruit dans la majorité des cas avec un nombre limité de fausses détections. Ce travail sera suivi par le développement d'une méthode de correction des points mixtes basée sur un modèle mathématique du phénomène.

Évaluation du phytovolume arbustif à partir d'un LiDAR terrestre en région méditerranéenne

Maxence Carra, INRA Avignon

L'équipe PEF (Physique et Écologie du Feu) de l'INRA d'Avignon possède plusieurs axes de recherche bien définis comme la caractérisation physique du combustible forestier méditerranéen. Cette caractérisation du combustible forestier peut être réalisée à partir de différentes grandeurs physiques mesurables dont le phytovolume arbustif fait partie. Or, aujourd'hui, aucun appareil de mesure ne permet de recueillir cette donnée de manière précise et sa mesure est réalisée de manière empirique et subjective. Une des solutions pour pallier à ce problème pourrait être l'utilisation de la technologie LiDAR et plus particulièrement l'utilisation d'un LiDAR terrestre. Cette présentation retrace donc la démarche mise en place par l'équipe PEF pour acquérir cette grandeur de manière précise et rapide, à partir d'un LiDAR terrestre.

Quantification in situ (T-LiDAR) et in silico (FSPM) de l'effet de la structure de la couronne d'un arbre sur l'accumulation du verglas

Bastien Lecigne, Université du Québec à Montréal

Le verglas est une perturbation qui peut avoir des conséquences importantes et à grande échelle. Les rares modèles visant à expliquer l'accumulation de glace dans les arbres ne considèrent généralement qu'une accumulation uniforme le long des branches. Une étude récente a cependant mis en évidence que l'accumulation de la glace n'est pas uniforme mais semble être influencée par la position de la branche dans l'arbre.

Afin de poursuivre cette étude, nous avons mis au point une approche permettant de quantifier l'effet de la structure des arbres sur l'accumulation du verglas dans leur couronne. Pour ce faire un facteur de résistance au transfert de la glace, pouvant être intégré dans une loi de Beer-Lambert, a été calculé à partir de données T-LiDAR. Les résultats montrent que l'approche développée permet d'estimer de façon convenable l'accumulation de la glace mais que des changements intervenant dans la couronne des arbres, dus à l'accumulation de la glace, réduisent les possibilités de prédiction à partir de la structure initiale (avant verglas).

Dans un second temps, un modèle informatique de simulation de l'accumulation du verglas a été développé afin de valider l'approche décrite ci-dessus en milieu contrôlé sur une structure d'arbre simulée et statique (ne se déformant pas sous l'effet de la glace). Les résultats démontrent d'une part que l'approche basée sur les données TLS est appropriée pour évaluer l'accumulation du verglas dans la couronne des arbres et (ii) permet d'entrevoir la possibilité de simuler in silico l'accumulation du verglas dans la couronne des arbres.

La productivité du site influence l'occupation de l'espace des houppiers de *Fagus sylvatica* entre peuplements purs vs. mélangés le long d'un gradient européen

Ignacio Barbeito, INRA Nancy

La concurrence avec des arbres voisins de différentes espèces affecte la taille et la forme des houppiers individuels et la structure de la canopée. L'impact de la productivité du site sur le remplissage de l'espace et la morphologie d'une espèce donnée dans les peuplements mélangés reste incertain. Nous avons recueilli et analysé des données TLS dans des « triplets » (deux peuplements purs et le peuplement mélangé) pour déterminer des caractéristiques morphologiques des houppiers de *Fagus sylvatica* en peuplement pur et en peuplement mélangé (avec du *Pinus sylvestris*) le long d'un gradient de productivité en Europe (de l'Espagne à la Suède, incluant 2 triplets en Europe centrale, en France et en Allemagne). Pour chaque triplet, nous avons comparé 20 hêtres dominants entre peuplement pur et peuplement mélangé. Des mesures virtuelles sur le nuage de points ont été réalisées pour chaque arbre d'intérêt pour obtenir le diamètre à 1,30 m, la surface projetée du houppier (convexe et détaillée), le volume du houppier et le profil du houppier. Pour un diamètre donné les houppiers des arbres en peuplement mélangé présentent un volume plus important et une plus grande proportion de ce volume dans la partie basse de la canopée qu'en peuplement pur, mais les différences sont significatives uniquement dans les sites plus productifs. Nos résultats montrent que pour prédire les effets sur les houppiers de une même combinaison d'espèces il faut prendre en compte la productivité du site.

Participants à l'atelier :

Sur le site de l'INRA d'Avignon (France) :

Nom	Prénom	Organisme	E-mail
Antin	Cécile	INRA, AMAP	cecile.madelaine-antin@cirad.fr
Barbeito	Ignacio	INRA, Lerfob	ignacio.barbeito-sanchez@inra.fr
Beudez	Nicolas	INRA, AMAP	nicolas.beudez@cirad.fr
Carra	Maxence	INRA Avignon	maxence.carra@inra.fr
Constant	Thiéry	INRA - Lerfob	constant@inra.fr
Courbet	François	INRA Avignon	francois.courbet@inra.fr
De Coligny	François	INRA, AMAP	coligny@cirad.fr
Griffon	Sébastien	CIRAD, AMAP	sgriffon@cirad.fr
Hetroy-Wheeler	Franck	Grenoble INP / INRIA	franck.hetroy@grenoble-inp.fr
Heurtebize	Julien	CIRAD, AMAP	julien.heurtebize@cirad.fr
Jean	Frédéric	INRA Avignon	frederic.jean@inra.fr
Krebs	Michaël	AMVALOR (ENSAM Cluny)	michael.krebs@ensam.eu
Lavalley	Claudia	AMAP	claudia.lavalley@cirad.fr
Momo Takoudjou	Stéphane	Université de Yaoundé, AMAP Montpellier	takoudjoumomo@gmail.com
Nguyen	Van-Tho	INRA, Lerfob	van-tho.nguyen@inra.fr
Pallas	Benoît	INRA, Montpellier	benoit.pallas@inra.fr
Piboule	Alexandre	ONF, RDI	alexandre.piboule@onf.fr
Pimont	François	INRA Avignon	francois.pimont@inra.fr
Podhski	Bronislaw	Université Paul-Valéry Montpellier	bronislaw.podhajski@gmail.com
Rombourg	Romain	LJK / INRIA	romain.rombourg@inria.fr
Schneider	Robert	Université du Québec à Rimouski	Robert_schneider@uqar.ca
Soma	Maxime	INRA Avignon	maxime.soma@inra.fr
Uzquiano	Sara	Instituto Universitario de Investigacion de Gestion Forestal Sostenible, Espagne	uzquiano.sara@gmail.com
Vincent	Grégoire	IRD, AMAP	gregoire.vincent@ird.fr

Sur le site de l'Université de Sherbrooke (Canada) :

Nom	Prénom	Organisme	E-mail
Béland	Martin	Université de Laval	Martin.beland@scg.ulaval.ca
Bittencourt	Eduardo	Inst. rech. feuillus nordiques	eduardo.bittencourt@umoncton.ca
Budei	Brindusa	UQAM	budei.brindusa_cristina@courrier.uqam.ca
Bujold	Mérodie	Université de Sherbrooke	melodie.bujold@usherbrooke.ca
Côté	Jean-François	RNCAN/CCFB	jean-francois.cote@canada.ca
Delugré	Audrey	Université de Sherbrooke	audrey.delugre@usherbrooke.ca
Duchateau	Emmanuel	UQAR	emmanuel.duchateau.1@ulaval.ca
Fournier	Richard	Université de Sherbrooke	Richard.Fournier@USherbrooke.ca
Gadebois-Langevin	Raphaël	Centre de géomatique du Qc	raphaelgl@cgq.qc.ca
Leblanc	Sylvain	RNCAN	Sylvain.Lebanc@canada.ca
Lecigne	Bastien	UQAM	lecignebastien@gmail.com
Tremblay	Jean-François	Université Laval	Jftremblay255@gmail.com
Ravaglia	Joris	UdeS/Univ Aix-Marseille	joris.ravaglia@usherbrooke.ca
Rémillard	Ulysse	Université de Sherbrooke	ulysses.remillard@usherbrooke.ca
Safia	Abdelmounaime	Université de Sherbrooke	a.safia@usherbrooke.ca
Vandendaele	Bastien	UdeS/Univ. Liège	Bastien.Vandendaele@USherbrooke.ca
Varin	Mathieu	CERFO	m.varin@cerfo.qc.ca
Yoga Bengbete	Sarah	Université Laval	sarah.yoga-bengbete.1@ulaval.ca