



Développement et Application d'une Technique de Reconstruction 3D de Scènes d'individus en Régénération pour la Surveillance et Modélisation en Sous-bois de Forêt Feuillue

Rapport Préliminaire (2010-11)

présenté à

**La direction du patrimoine
écologique et des parcs**

*Développement durable,
Environnement
et Parcs*
Québec 

et aux

Amis de la forêt La Blanche



MARS 2011



**Institut québécois d'Aménagement
de la Forêt feuillue**



Université du Québec en Outaouais



Équipe de réalisation de l'IQAFF*

Responsable du projet et de rédaction :

Sylvain Delagrange, Ph.D.

Équipe technique:

- **Pascal Rochon** (*Acquisition LiDAR, développement des algorithmes et mesures terrain*)
- **Claire Binnert** (*Mesures terrain*)
- **Bastien Lecigne** (*Mesures terrain, analyses des scans*)
- **Nadia Bergeron** (*Analyse des photos*)
- **Christian Jauvin** (*Programmation et développement des algorithmes*)

*IQAFF : Institut québécois d'Aménagement de la Forêt feuillue

58 Principale, Ripon, Québec, J0V 1V0

Tél : 819-983-6589 ; Fax : 819-983-6588

Courriel : iqaff@iqaff.qc.ca

Site internet : www.iqaff.qc.ca

Pour citation :

Delagrange S. 2011. Développement et application d'une technique de reconstruction 3D de scènes d'individus en régénération pour la surveillance et modélisation en sous bois de forêt feuillue. Institut québécois d'Aménagement de la Forêt feuillue, Ripon, Québec. Rapport préliminaire. 12 p + Annexes.

Remerciements :

Ce projet fait partie d'un programme de recherche à long terme faisant appel à plusieurs sources de financement, dont les principales sont une subvention FQRNT - établissement de nouveau chercheur ainsi qu'une subvention à la découverte du CRSNG. Je tiens à remercier F. Lorenzetti (UQO-IQAFF) pour l'information fournie concernant la placette afin de localiser les meilleurs sites de recherche. Je remercie également F. Doyon (UQO-IQAFF) pour la disponibilité de son personnel technique et J. McDonnell des amis de la Forêt La Blanche pour sa collaboration. Je tiens également à remercier M. French pour nous avoir accordé un droit de passage sur ses terres afin de faciliter notre accès aux sites de recherche et R. Fournier (Prof. U. de Sherbrooke) pour le précieux prêt de l'appareillage de mesure LiDAR terrestre.

Sommaire

Équipe de réalisation de l'IQAFF*	ii
Remerciements :	iii
Résumé	1
I. Contexte	2
II. Méthodologie et travaux réalisés en 2010	3
II.1. Méthodologie.....	3
II.2. Développement des algorithmes.....	7
III. Quelques résultats	8
III.1. Localisation des arbres.....	8
III.2. Reconstruction des arbres	9
IV. Planification des futurs travaux.....	11
IV.1. Principaux travaux à réaliser	11
IV.2. Calendrier	11
Références.....	12

Résumé

Ce projet de recherche vise au développement et à l'application d'une technique de reconstruction de scènes 3D d'individus feuillus en régénération et de l'étude (non destructive) de leur performance en sous couvert. La reconstruction de ces scènes est faite à partir de balayages de LiDAR terrestre et est validée à l'aide de données prises sur le terrain. Par ces techniques, une analyse spatiale des tiges et des cimes dans un environnement 3D devient alors possible ainsi que l'étude du positionnement, de la croissance, de la compétition et du partage de la capture de lumière des différents individus présents dans les scènes. Le développement de tels outils d'étude non destructive des individus est important et sera rapidement primordial. En effet, ces outils permettront une télédétection de la régénération (du type établissement de placettes échantillons de suivi) dans des contextes variés tels que (i) les impacts des changements climatiques, (ii) l'évolution de la régénération suite aux perturbations naturelles et (iii) l'évolution de la régénération suite à l'application de traitements sylvicoles.

Dans ce premier volet de développement, les scans et les mesures de validation ont été faits au sein d'une réserve écologique puisqu'aucune mesure n'était destructive et que ce type de site d'étude nous garantissait la protection des parcelles télédéfectées et donc, la qualité des remesures.

I. Contexte

Ce projet de recherche vise à élaborer le développement d'une méthode de reconstruction 3D réaliste de scènes d'individus en régénération afin d'en faire une analyse spatiale, d'étudier leur partage de l'espace et leur efficacité d'acquisition de ressource (i.e. la lumière) et finalement y associer un potentiel de survie à long terme. Ce travail s'inscrit directement dans un contexte de compréhension du succès juvénile de la régénération d'essence feuillue. Cette compréhension est importante, car elle demeure à la base du développement et de l'application de prescriptions sylvicoles qui, en forêt feuillue, s'orientent maintenant vers (i) le maintien ou la restauration de la productivité des peuplements et (ii) le maintien, la redirection ou la restauration de la diversité en essences commerciales et non commerciales.

Ce projet de recherche possède donc deux principaux axes de débouchés : Le premier concerne les développements méthodologiques qui entourent l'utilisation de la technologie du LiDAR (light intensity detection and ranging) au sein de problématiques forestières. En effet, si cette technologie semble très prometteuse, il reste encore beaucoup de développements à réaliser afin de rendre applicable son utilisation pour des champs d'expertise aussi variés que l'inventaire forestier, l'estimation de biomasse, la surveillance de placettes permanentes, la compréhension des processus structurels et fonctionnels des individus ou encore la paramétrisation de modèles. Le second axe s'attache plus particulièrement à explorer le potentiel de cette technique dans l'étude et la surveillance de parcelles permanentes. Ces dernières, de par leur nature, permettent l'étude de processus touchant particulièrement à la dynamique de remplacement entre espèces, tout en mettant de l'avant des considérations spatiales, et cela, dans des contextes variés comme les changements climatiques, les perturbations naturelles ou la variabilité des conditions environnementales locales.

Récemment, une parcelle permanente de grande taille (6 ha) a été mise en place dans l'écosystème Érablière dans le sud du Québec (Outaouais), et cette parcelle s'avèrerait un théâtre idéal pour l'étude de la problématique de survie de la régénération naturelle de peuplements feuillus, lesquels possèdent une complexité et une diversité en espèce très élevées.

II. Méthodologie et travaux réalisés en 2010

II.1. Méthodologie

Aire et sites d'étude

Les travaux ont été réalisés dans la réserve écologique de la Forêt La Blanche (Figure 1). L'ensemble des prises de mesure a été fait dans la placette permanente (Figure 1) installée au Nord-Ouest de la réserve en 2008 (Lorenzetti et al. 2009).

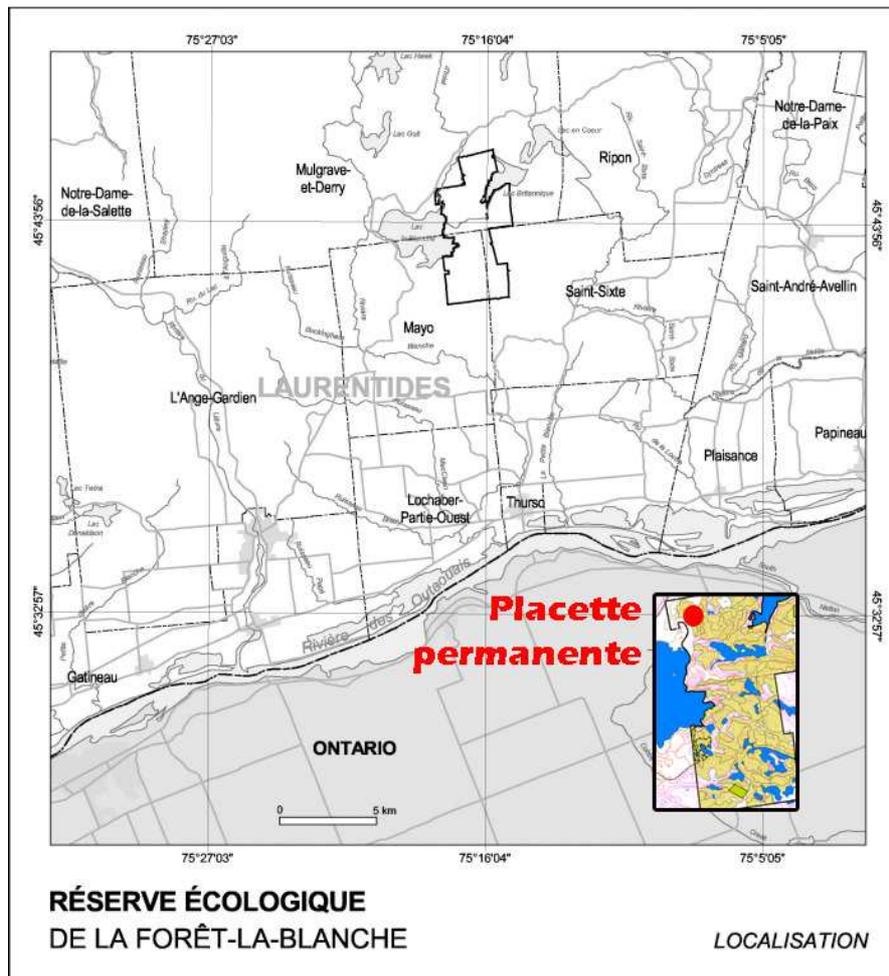


Figure 1. Localisation de la réserve écologique et de la placette permanente

Trois sites localisés sous de petites trouées ont été marqués à l'aide d'une tige de métal et d'un ruban coloré. Ensuite, un périmètre d'étude a été délimité temporairement à l'aide de petits piquets et l'ensemble des arbres compris dans ce périmètre ont alors été sélectionnés pour les mesures et les scans (Figure 2).

Mesures

Deux séries de mesures ont été faites, l'une avant la chute des feuilles (septembre 2010) et l'autre après la chute des feuilles (novembre 2010). Ces deux périodes de mesures ont permis d'obtenir (i) des scans avec feuilles qui permettront de calculer les volumes de cime et leur partage de l'espace et (ii) des scans sans feuilles (et donc sans occlusion) qui permettront une reconstruction plus précise de l'architecture des arbres.

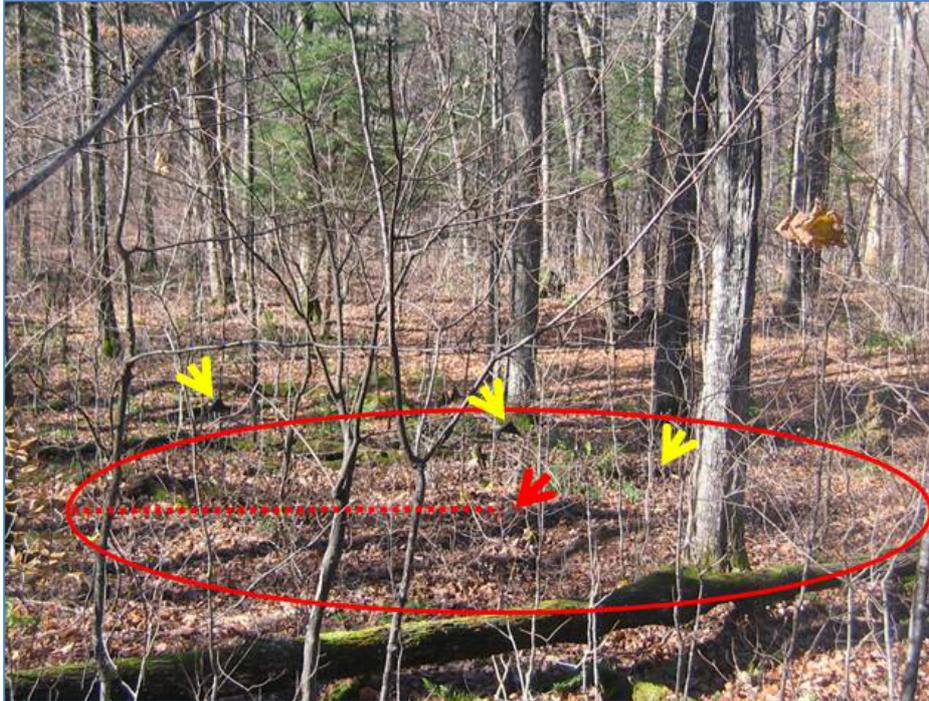


Figure 2. Photo d'une placette après la chute des feuilles. Un piquet avec un flag rouge (flèche rouge) marque le centre de la placette d'un rayon de 4m. Les flèches jaunes indiquent les repères géométriques servant à l'alignement des scans.

Avant la chute des feuilles, une première série de scan a été faite en positionnant le LiDAR terrestre (ILRIS 3D, Optech, Figure 3) dans quatre positions différentes autour des placettes de l'étude. Afin de pouvoir aligner les 4 prises de vues, des repères géométriques sont placées dans la scène (i.e. flèches jaunes dans la Figure 2) comme balises. Lors de l'acquisition de ces premiers scans, la hauteur, le DHP, l'essence et la position (x, y) de chaque arbre présent dans le périmètre ont été notés à des fins de validation. De plus, des photographie hémisphériques ont également été prises au dessus de chaque individu afin d'en déterminer l'environnement lumineux (Figure 4).



Figure 3. Prise d'un scan au LiDAR terrestre avec un ILRIS 3D (OPTECH) pendant la première de mesure (i.e. avant la chute des feuilles).

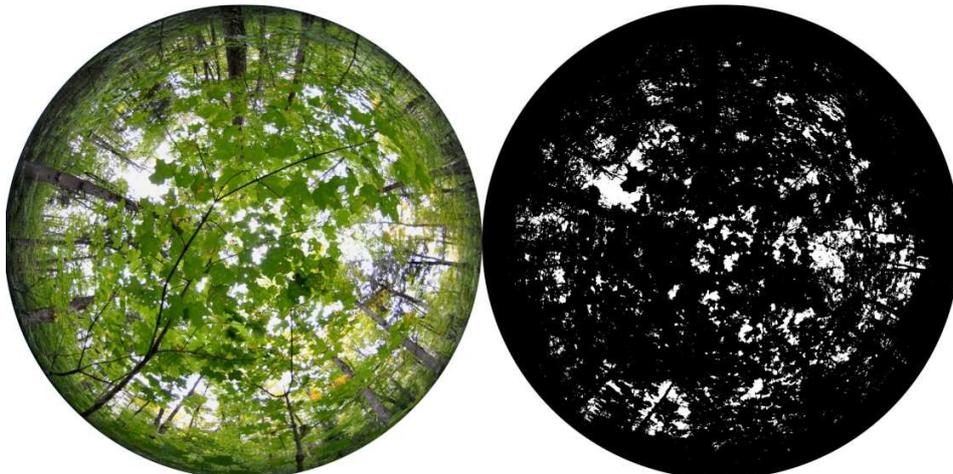


Figure 4. Photographie hémisphérique originale (gauche) et traitée dans Gap Light Analyser (droite) permettant d'estimer l'intensité de lumière directe et diffuse disponible.

Après la chute des feuilles, une autre série de scans a été réalisée avec le même appareillage (Figure 5). Durant cette seconde période de mesures, une analyse hiérarchisée des arbres a été faite en notant la longueur de chaque axe ou branche ainsi que sa distance d'insertion sur le segment parent (Figure 6).



Figure 5. Balayage d'une scène (parcelle) sans feuilles à l'aide de l'ILRIS 3D (OPTECH).



Figure 6. Mesure de la longueur et de la distance d'insertion de chaque axe (tige, branche, ramille)

II.2. Développement des algorithmes

Le développement des algorithmes est une étape cruciale et extrêmement difficile à réaliser. Ceci vient directement du fait qu'aucun outil de gestion d'information 3D (p.ex. nuages de point) n'existe pour la reconstruction automatisée de squelette d'arbres. Cependant, ce champ de recherche est actuellement en pleine croissance et plusieurs équipes s'atèlent au développement de tels outils (Delagrangé & Rochon 2011; Côté et al. 2009; Bucksch & Fleck 2009).

Dans ce projet, nous basons la reconstruction des individus via une approche développée par Verroust et Larazus (1997). Plusieurs défis de traitement de données, de programmation et de visualisation 3D existent quant à ce genre de reconstruction et, pour y faire face, plusieurs étapes de traitement de données sont nécessaires (graph géodésique, graph des plus proches voisins, etc.). Ainsi, il est alors possible de passer d'un nuage de points (Figure 7, gauche) à un squelette 3D automatiquement reconstruit (Figure 7, droite).

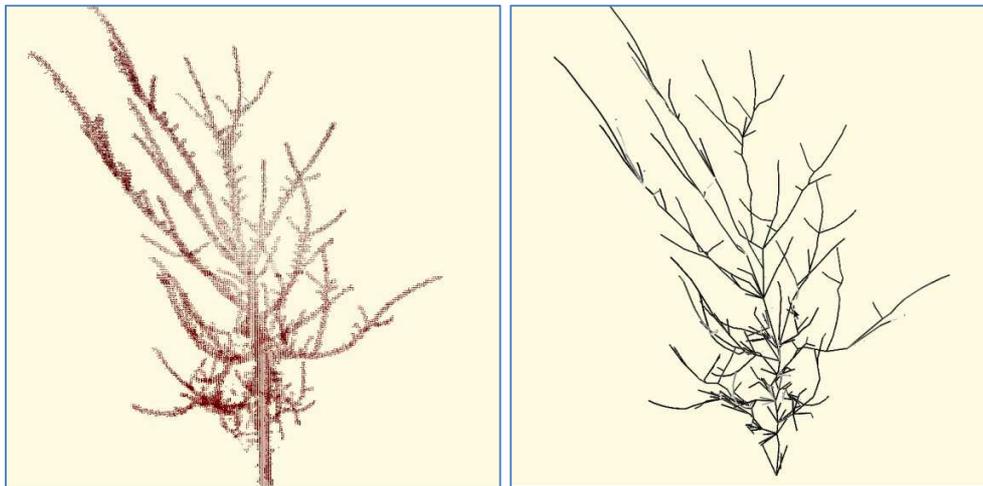


Figure 7. Nuage de points (gauche) et squelette 3D (droite) reconstruit à partir d'une séquence d'algorithmes de traitement de données.

III. Quelques résultats

III.1. Localisation des arbres

Dans un premier temps, la localisation des individus (Figure 8) ainsi que leur DHP, leur hauteur et leur essence ont été notés pour les 3 parcelles. L'ensemble de ces informations pourront servir à la validation de la reconstruction de la scène autant qu'à un suivi de la mortalité et de la compétition.

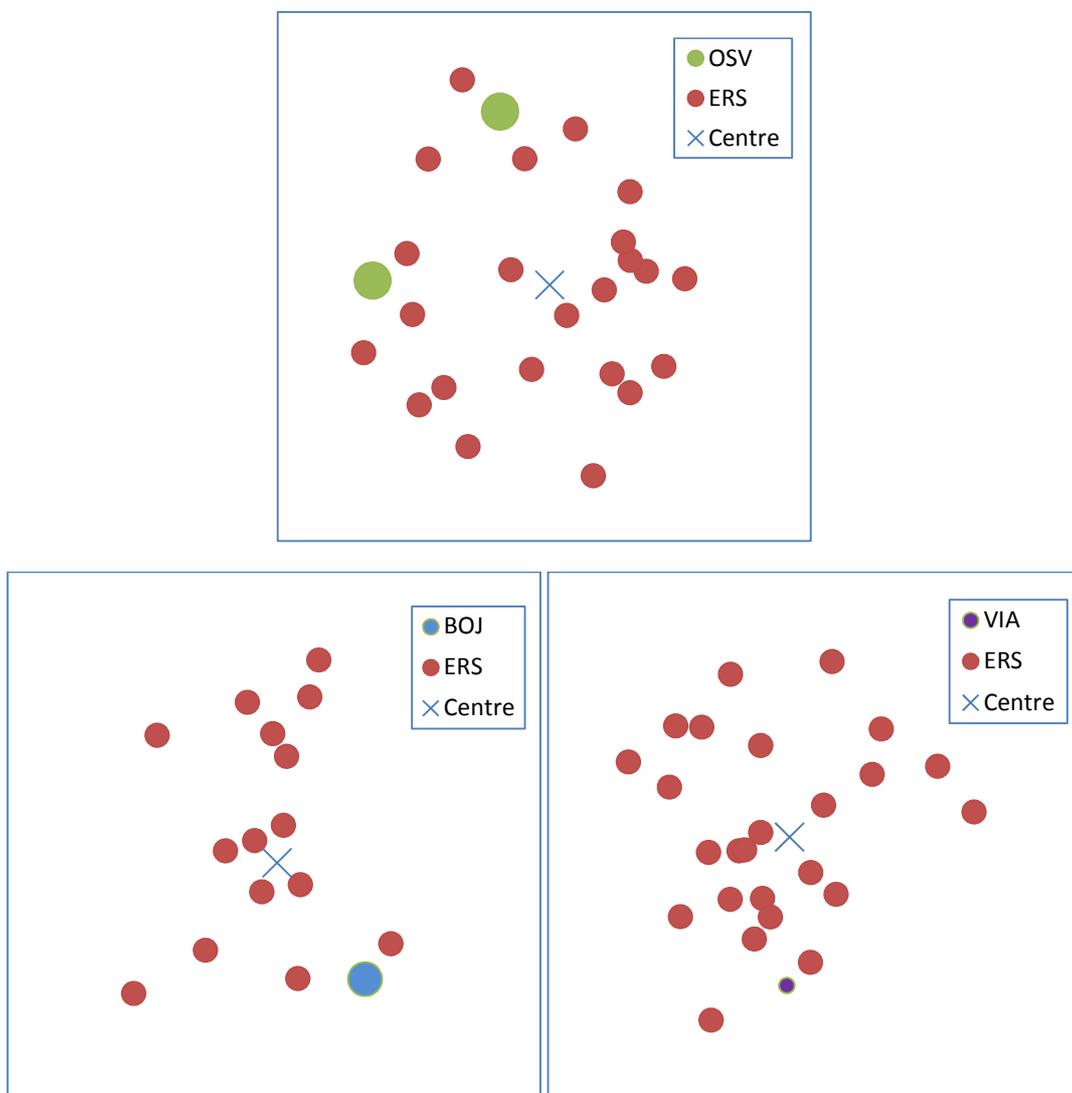


Figure 8. Schématisation de la localisation des gaules des 3 placettes inventoriées dans le cadre de l'étude.

On notera que si la régénération de 3 parcelles est dominée par l'ERS, celle-ci se trouvent dans des conditions environnementales distinctes. La première (Figure 8, en haut), se retrouve sur une section plus riche et sans pente où de nombreux indices de brout ont été relevés. La seconde (Figure 8, en bas à gauche), est localisée en pas de pente dans une zone moins bien drainée. Finalement, la troisième parcelle (Figure 8, en bas à droite) se situe dans une section probablement moins riche, avec une légère pente et où la strate arborescente se compose de plusieurs conifères.

III.2. Reconstruction des arbres

L'algorithme de reconstruction des arbres est actuellement en court de développement (Delagrange et al. *en prép.*) et c'est pourquoi cette étape n'est pas finalisée. Il est connu que la qualité des scans et de la continuité des points formant le nuage est cruciale pour la qualité de la reconstruction. L'exemple de scan illustré dans la Figure 9 montre qu'une haute qualité de reconstruction est attendue devant la qualité des scans acquis durant la période sans feuilles.

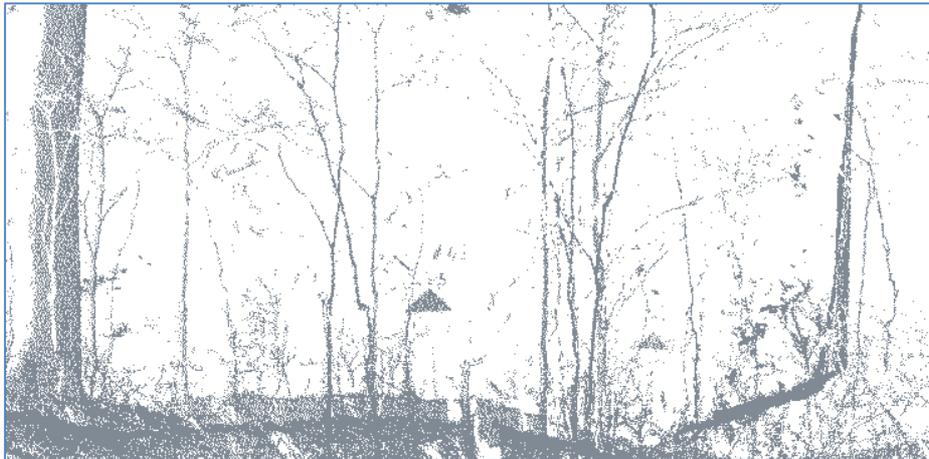


Figure 9. Insert sur la régénération présente dans la parcelle 2. On remarque avec quelle précision les gaules sont détectées et la présence des repères géométriques servant à l'alignement des scans.

Il est également prévu de tester une autre approche permettant de localiser la biomasse forestière à partir de nuage de points (Durrieu et al. 2008). Moins précise dans la reconstruction des structures, cette méthode a l'avantage de pouvoir rapidement organiser la répartition des éléments dans l'espace, et cela même pour des assemblages complexes, ce qui sera souvent notre cas (Figure 10).



Figure 10. Scan d'une scène de la régénération (placette 1) acquis après la chute des feuilles et montrant la complexité du système étudié.

IV. Planification des futurs travaux

IV.1. Principaux travaux à réaliser

Il reste encore beaucoup de tâches à accomplir avant de pouvoir techniquement « analyser » les données recueillies. Notamment, une grosse part du travail réside dans l'élaboration et la finalisation des algorithmes de reconstruction ou de localisation de la biomasse.

De plus, l'intérêt principal de cette étude réside dans la remesure des mêmes parcelles afin d'en suivre l'évolution et d'en comprendre les patrons. Une première remesure est prévue en automne 2015 et nous permettra d'étudier les relations de compétition, de performance et de répartition des ressources au travers des 3 petites populations de gaules suivies. Ce projet s'intègre donc dans un programme de recherche à long terme qui devrait encore s'étendre sur plus d'une dizaine d'années.

IV.2. Calendrier

Étapes	Description	Période
Phase de développement	Développement des méthodes de reconstruction et de localisation de biomasse	2011 à 2014
Phase d'analyse I	Analyse de la répartition spatiale (2D et 3D) des gaules Analyse des environnements lumineux	2012 à 2013
Remesure I	Acquisition de nouveaux scans et remesure des environnements lumineux et des dimensions des individus suivis	2015
Phase d'analyse II	Analyse des nouvelles scènes et de l'évolution des individus et de leur environnement	2015 à 2017
Phase de développement	Développement d'un modèle de gestion du carbone pour simuler la croissance des individus	2016 à 2019
Remesure II	Acquisition de nouveaux scans et remesure des environnements lumineux et des dimensions des individus suivis	2020
Phase d'analyse II	Validation des reconstructions, des simulations et de l'évolution des individus	2020-2021

Références

- Bucksch, A. & Fleck, S. Automated detection of branch dimensions in woody skeletons of leafless fruit. *SilviLaser 2009 proceedings*, 14.-16.October 2009 Austin,Texas . 2009.
Ref Type: Conference Proceeding
- Côté,J.-F., Widlowski,J.-L., Fournier,R. & Verstraete,M.M. 2009. The structural and radiative consistency of three-dimensional tree reconstructions from terrestrial lidar. *Remote Sens. Environ.* 113: 1067-1081.
- Delagrange, S., Jauvin, C. & Rochon, P. Automatic reconstruction of tree skeletons (ARTS) from 3D point clouds. *Remote Sensing of Environment* . 2012.
Ref Type: Journal (Full)
- Delagrange,S. & Rochon,P. 2011. Reconstruction and analysis of a deciduous sapling using digital photographs or terrestrial-LiDAR technology. *Ann. Bot.* DOI: 10.1093/aob/MCR064.
- Durrieu, S., Allouis, T., Fournier, R., Véga, C. & Albrech, L. Spatial quantification of vegetation density from terrestrial laser scanner data for characterization of 3D forest structure at plot level. Hill, R. A., Rosette, J, and Suárez, J. *SilviLaser - 8th international conference on LiDAR applications in forest assessment and inventory*, Sept.17-19, 2008 - Edinburgh, UK. 2008.
Ref Type: Conference Proceeding
- Lorenzetti, F., Delagrange, S., Doyon, F. & McCullough . Mise en place d'une placette permanente de grande taille dans la reserve ecologique de la foret la blanche pour le suivi de la dynamique de l'ecosysteme « erabliere » dans le contexte des changements climatiques. *Rapport de l'Institut Québécois d'Aménagement de la Forêt feuillue*, Ripon, Québec. 16 pp + Annexe. 2009.
Ref Type: Report
- Verroust,A. & Lazarus,F. 1997. Extracting skeletal curves from 3d scattered data. *The Visual Computer* 16: 15-25.