

Les forêts du futur

Jacob Bérubé et Benjamin Lapointe

Abstract :

This project is a study of the forest, and it will compare a natural forest of 90 years and a forest who got planted 30 years ago. This project will prove the reason why there are rules when trees are planted. Therefore, planted trees will have more space between them so they will grow up faster than natural trees. The first hypothesis that could approve one of those reasons is that the land surface will be the same for a natural forest of 90 years old and for a planted forest of 30 years old. Afterwards, the volume of a planted forest will be the same for a natural forest, and that is the second hypothesis. As for the last hypothesis, a planted tree will grow faster than a natural tree. The first hypothesis was false because there are more trees in a natural forest than in a planted forest so the land surface is bigger in the forest of 90 years. The second hypothesis was false for the same reason as the first hypothesis. Finally, the last hypothesis is true, because the experiment during the project proved that planted trees grown up faster than natural trees at their DHP. During the project, two more hypothesis be added for compare naturel tree and planted tree. The first hypothesis for a tree is that the average land surface of each trees will be bigger for planted trees of 30 years old than natural trees of 90 years old. Secondly, the next hypothesis is that the volume of planted trees of 30 years will be bigger than the volume of natural trees of 90 years old. The first hypothesis is false, and it was proved with a test. The data proved that planted trees have a similar land surface than natural trees who has 60 years in between. The second hypothesis is also false because there is a major difference of volume between planted trees and natural trees.

Mots clés:

Plantation, forêt naturelle, agrandissement annuelle, surface terrière d'un arbre, volume d'un arbre

Introduction:

La foresterie est grandement présente dans la vie de tous les jours, particulièrement pour les Québécois qui sont entourés de cet écosystème. Au fil du temps, ce milieu a été

exploité par les compagnies forestières qui abattent plusieurs hectares de forêt. Afin de pouvoir continuer à exploiter cette ressource, il est de leur devoir de la

préservé. C'est par la reforestation que les compagnies s'assurent de la régénération de la forêt. Il est à noter qu'une forêt reboisée, que l'on appelle aussi une plantation, évolue différemment d'une forêt naturelle. Dans une forêt reboisée, les arbres poussent de façon plus ordonnée et n'ont pas à compétitionner, tandis que dans les forêts naturelles, les arbres poussent de façon désordonnée et doivent parfois compétitionner entre eux pour les ressources abiotiques, comme la lumière et l'eau, à cause de leur proximité. La compétition nuit au développement de l'arbre, car il a moins de ressources et d'espace [rencontre#1]. Ce manque de nutriments entraîne souvent une mauvaise santé et une tendance à se développer de façon à grandir plus rapidement pour supplanter les autres et profiter de la lumière, mais pendant ce temps, le diamètre de celui-ci augmente très peu [internet 1]. Ensuite, dans une forêt reboisée les arbres ont une meilleure génétique, car c'est l'humain qui la choisit en prenant la graine des arbres provenant de forêt mature et en santé [internet 1]. En reboisant après la coupe, la reforestation se fait beaucoup plus rapidement que naturellement, car il y a des arbres plus rapidement dans le sol et ils ont déjà une certaine hauteur [internet 2]. Non seulement la forêt reboisée a quelques avantages au point de vue environnemental comparativement à la forêt naturelle, mais elle possède aussi quelques avantages économiques pour les compagnies. Lorsque les arbres sont plus petits en frais de diamètre, la valeur de l'arbre est inférieure à celle d'un arbre ayant un plus gros diamètre, car le nombre de planches qu'il est possible de sortir du plus petit est inférieur à celui du

plus gros et qu'en usine, une machine peut seulement traiter un arbre à la fois peu importe sa longueur et son diamètre [internet 1]. L'objectif du projet est tout d'abord de comparer la surface terrière (donnée utilisée en foresterie pour calculer la densité du peuplement avec l'aire de surfaces) totale des arbres d'une forêt naturelle et d'une forêt reboisée. Ensuite de comparer la surface terrière moyenne par arbre d'une forêt naturelle versus une forêt reboisée. Et, pour terminer, de comparer la croissance des arbres reboisés et des arbres naturels lors des quinze premières années de leur vie, après avoir atteint 1,3 mètre. Pour ce faire, il sera important de s'assurer que le type de sol soit le même pour que la fertilité du sol et le drainage n'influencent pas les résultats et l'essence ciblée sera la même pour les deux forêts. Trois hypothèses seront vérifiées lors de l'étude :

La première hypothèse à vérifier est que la surface terrière moyenne par hectare d'une plantation et d'une forêt naturelle sera la même.

La seconde hypothèse à vérifier est que le volume d'une plantation de 30 ans sera plus élevé que le volume d'une forêt naturelle de 90 ans.

Pour terminer, la troisième hypothèse à vérifier est qu'un arbre reboisé va avoir une augmentation du diamètre par année plus grande que celle d'un arbre naturel.

Forêt reboisée:

Les compagnies qui s'occupent de reboiser les forêts ont plusieurs normes à respecter, ces normes sont en place afin de maximiser la régénération et la croissance de cette

forêt. La préparation de terrain a aussi un rôle important à jouer dans la reforestation des hectares coupés. Le terrain doit être labouré à l'aide d'une machine (scarifieuse), celle-ci relève la terre afin de faire ressortir les minéraux du sol et les exposer dans un scion. À la suite de cette opération les arbres sont prêts à être mis en terre, par contre, une analyse de terrain a lieu avant afin de déterminer quel type d'arbre il y sera reboisé. Les arbres qui seront mis en terre seront d'une génétique excellente puisque les pépinières ont accès aux meilleures génétiques disponibles. Ces pépinières font donc en sorte que les arbres qui poussent sont de meilleure qualité. La mise en terre d'arbres est une étape déterminante dans la reforestation puisque les normes qui sont à respecter lors de cette étape sont favorables à la croissance des arbres. Par exemple, les reboiseurs doivent respecter la limite de deux mètres entre chaque arbre qu'ils mettent en terre afin de s'assurer que ceux-ci aient suffisamment d'espace lors de leur croissance pouvant ainsi croître sans compétition.

Forêt naturelle :

La forêt naturelle croît de façon désordonnée puisque les graines ne sont pas mises en terre de façon ordonnée. Celles-ci ne sont pas mises en terre par des humains ou par un système prédéfini, l'arbre déjà mature laisse tomber au sol des graines afin de se reproduire. Ce système de reproduction aléatoire fait en sorte que les forêts naturelles n'auront jamais une structure bien définie puisque les graines se dispersent grâce au vent. [Internet 2]

Les carottes des arbres :

Les carottes prises à la hauteur de poitrine servent à déterminer l'âge des arbres. La technique utilisée est celle du Diamètre-Hauteur-Poitaine (DHP), puisque c'est une référence pour tous les gens qui travaillent en foresterie. Une fois la carotte sortie de l'arbre, il est possible de déterminer l'âge grâce au nombre de cernes. Chaque année, l'arbre fait un nouveau cerne de croissance sur son bois grâce au cambium que celui-ci produit. [Internet 3]

Volume :

Le volume (v) d'un arbre peut se calculer de plusieurs façons dépendamment s'il est abattu ou non. Afin de trouver le volume des arbres toujours en vie, la formule d'un cône est utilisée puisque celui-ci est très semblable à un cône. La formule est la suivante :

$$v = \frac{\pi r^2 h}{3}$$

[Internet 6]

Le rayon (r) se prend à une distance du sol de 1,3 mètre et sa hauteur (h) se prend à l'aide d'un clinomètre. Afin d'obtenir une hauteur en mètre, il faudra utiliser une formule de la trigonométrie puisque le clinomètre indique seulement l'angle.

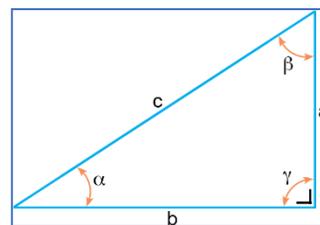


Figure 1. Triangle de trigonométrie

La trigonométrie est une branche de la mathématique qui met en relation des côtés ainsi que des angles d'un triangle rectangle.

En se plaçant à une distance de 4 mètres de l'arbre (b), il est possible, à l'aide du clinomètre, d'obtenir l'angle (alpha). La valeur à déterminer correspond à la hauteur de l'arbre qui est : a. Après avoir trouvé la hauteur (a), il suffit d'ajouter la hauteur du clinomètre jusqu'au sol (d). Il est donc de mise d'utiliser la formule :

$$\tan(\alpha) \times b + d = a$$

$$a + d = h$$

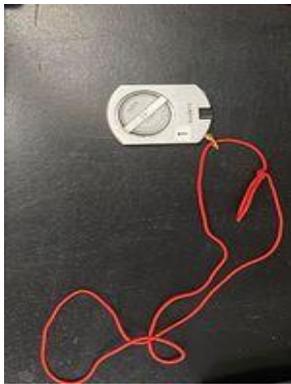


Figure 1 : le clinomètre

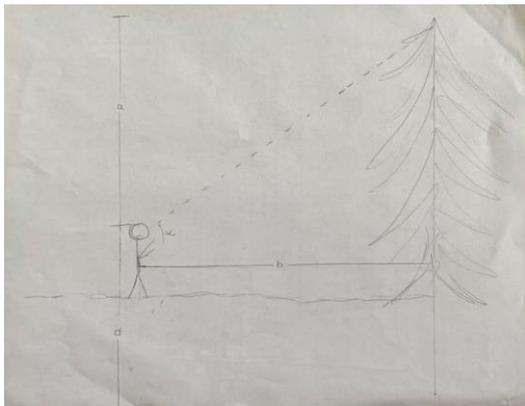


Figure 2 : illustration de la prise de donnée

Surface terrière :

La surface terrière est une donnée utilisée en foresterie afin de déterminer la densité du peuplement. Cette donnée permet aussi d'estimer l'âge d'un peuplement à partir d'une charte utilisée en génie forestier. Elle consiste en la surface du tronc d'un arbre à une hauteur de 1,3 mètre, soit le DHP. Celle-ci se calcule avec cette formule :

$$A = \pi \times \frac{D^2}{4}$$

Cette donnée va permettre de comparer la grosseur des arbres.

Matériels et méthodes :

Matériel :

Pour commencer, il faut trouver une forêt reboisée et une de forêt naturelle ayant le même type écologique et se trouvant dans le même secteur. Ensuite, il est important que le type écologique soit le même pour les deux forêts, car ce facteur comprend le drainage, la pente, l'élévation, le type de sol et la végétation. Si ces facteurs ne sont pas considérés, les données seront influencées et en deviendront des causes d'erreur. Être dans le même secteur demeure tout aussi important, car si la distance entre les deux forêts est trop grande, ils n'auront pas les mêmes quantités d'ensoleillement ni de précipitation, en plus d'avoir des températures différentes, ce qui occasionnerait encore des causes d'erreur [rencontre 3]. Pour comparer ces forêts, il faut d'abord faire un plan sondage. Un plan sondage consiste à définir aléatoirement les endroits où nous ferons nos parcelles (une portion de forêt servant d'échantillons). Pour ce faire, le logiciel ArcMap utilisé qui tient

compte des contraintes qui lui sont imposées et du nombre de parcelles qui doit être effectué dans une forêt. Ce logiciel donne des coordonnées géographiques qui servent à identifier l'endroit précis des parcelles que les étudiants entrèrent dans un GPS pour pouvoir s'y rendre. La méthode d'échantillonnage par grappe est donc utilisée pour déterminer l'endroit de ceux-ci. Les parcelles sont de forme circulaire et ont un rayon de 11,28 mètres. Le fait d'utiliser ce rayon permet d'avoir exactement une superficie de 1/25 d'hectare.

En plantant un bâton dans le sol au point GPS. À l'aide de la corde attachée au bâton, faire un cercle autour de celui-ci. Bien tenir la corde tendue afin d'avoir le bon rayon et pouvoir peindre la circonférence. Une fois la parcelle délimitée, il faut recueillir les données nécessaires sur l'ensemble des arbres faisant partie de la parcelle. Dans la forêt reboisée, le diamètre de tous les arbres de la parcelle a été pris à l'aide du pied à coulisse. Le diamètre doit être pris au DHP qui consiste à être d'une hauteur de 1,3 mètre. Il est important de prendre le diamètre à cette hauteur pour chaque arbre, car dans le cas contraire, les données ne seront pas équivalentes. Afin de s'assurer que la mesure est vraiment à 1,3 mètre du sol, il faut utiliser un bâton de référence de 1,3 mètre et le planter dans la neige afin de trouver la hauteur à partir du sol. La hauteur de tous les arbres faisant partie de la parcelle

a été prise à l'aide d'un clinomètre. Après la prise de ces données, il faut identifier l'arbre pour éviter de prendre ces données en double, à l'aide de peinture aérosol.

Par la suite, pour déterminer l'accroissement des arbres, 30 arbres faisant partie des parcelles devront être sélectionnés au hasard, afin de sortir une carotte de ceux-ci. Les carottes (voir figure 1) seront prélevées à l'aide d'une sonde de Pressler à la hauteur du DHP. Dans la forêt naturelle, les mêmes mesures devront être prises que dans la forêt reboisée. Toutes les données doivent être prises en note sur des feuilles de papier pour être ensuite retranscrites sur Excel afin de faciliter les calculs. Une fois toutes les carottes prélevées des arbres, il faut mesurer l'agrandissement annuel pour chaque arbre à l'aide d'un vernier numérique. Cette étape devra être effectuée à l'école afin d'être bien installée sur un bureau et ainsi obtenir des données précises

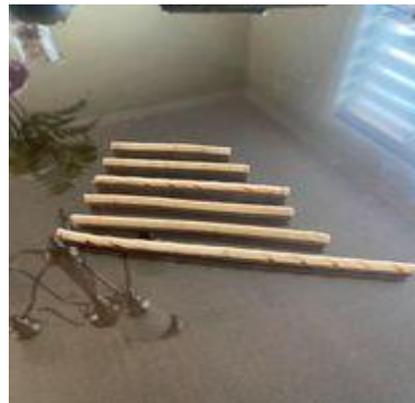


Figure 3 : carotte prélevée des arbres

Résultat :

Les tableaux 1 et 2 contiennent des données qui ont été calculées à partir de celles mesurées sur les 75 arbres de la forêt reboisée et les 99 arbres de la forêt naturelle pendant l'expérimentation.

Le tableau 1 contient le volume moyen par hectare et la surface terrière par hectare pour les deux types de forêts.

Tableau 1 : Comparaison des deux forêts actuelles

	Forêt reboisée	Forêt naturelle
Volume moyen (m ³ /hectare)	34,41	50,11
Écart type du volume (m ³ /hectare)	0,52	0,67
Surface terrière moyenne (m ² /hectare)	9,92	12,93
Écart type de la superficie terrière (m ² /hectare)	0,10	0,13

Comparativement au tableau 1, le tableau 2 contient le volume et la surface terrière par arbre et non par hectare.

Tableau 2 : Comparaison des arbres des deux forêts actuelles

	Arbre reboisé	Arbre naturel
Volume moyen (m ³ /arbre)	0,40	0,44
Écart-type du volume (m ³ /arbre)	0,23	0,30
Surface terrière moyenne (m ² /arbre)	0,011	0,011
Écart-type de la surface terrière (m ² /arbre)	0,004	0,005

Le tableau 3 contient des données qui ont été recueillies à l'aide des cernes sur les carottes prélevées sur les 30 arbres dans chacune des forêts. Ces données ont permis d'obtenir la surface terrière moyenne des arbres pour une durée de 15 ans après avoir atteint une hauteur de 1,3 mètre. Un total de 30 carottes a été prélevé dans la plantation et 30 autres dans la forêt naturelle à une hauteur de 1,3 mètre du sol. Concrètement, cela signifie que la surface du disque a augmenté de 58 cm² à partir du moment qu'il a atteint 1,3 mètre dans la plantation.

Tableau 3 : Comparaison des arbres des deux forêts à un même âge

	Forêt reboisée	Forêt naturelle
Surface terrière moyenne (cm ² /arbre)	58	11
Écart-type de la surface terrière (cm ² /arbre)	21	4

La figure 4 représente l'agrandissement annuel du rayon moyen des arbres d'une forêt reboisée selon le nombre d'années qui s'est écoulé depuis qu'ils ont atteint une hauteur de 1,3 mètre.

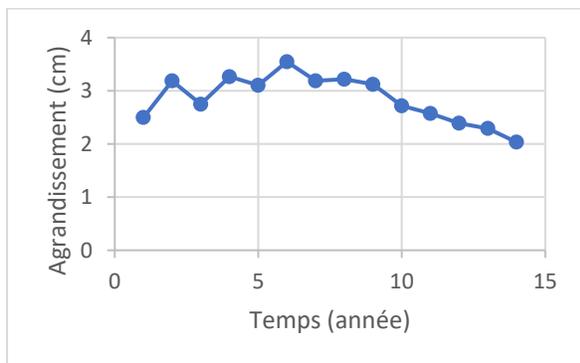


Figure 4 : Agrandissement annuel du rayon moyen en cm d'une plantation selon le nombre d'années

La figure 5 représente l'agrandissement annuel moyen des arbres d'une forêt naturelle selon le nombre d'années qui s'est écoulé depuis qu'ils ont atteint une hauteur de 1,3 mètre.

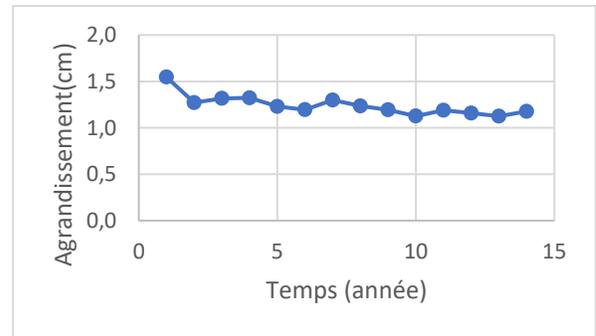


Figure 5 : Agrandissement annuel du rayon moyen en cm d'une forêt naturelle selon le nombre d'années

Le tableau 4 contient les données de l'emplacement de la parcelle. Le type écologique ainsi que les coordonnées GPS de chaque parcelle sont indiqués.

Tableau 4 : Localisation des parcelles

	Plantation	Forêt naturelle
Type écologique	RE21	RE21
Coordonnée GPS ₁	49°52'41''N 74°37'49''W	49°52'36''N 74°37'38''W
Coordonnée GPS ₂	49°52'42''N 74°37'55''W	49°52'42''N 74°37'27''W

Discussion :

À partir des résultats du tableau 1 et en effectuant un intervalle de confiance, il est possible d'observer que la forêt naturelle est plus mature que la forêt reboisée puisque son volume et sa surface terrière sont plus élevés.

Le volume moyen par hectare d'une forêt reboisée est de $34,4 \pm 0,1$ mètres cubes alors que la forêt naturelle est de $50,1 \pm 0,1$ mètres cubes. Grâce à l'intervalle de confiance et du test d'hypothèse, il est possible d'affirmer que la forêt naturelle possède un volume

plus élevé, et ce, avec une certitude de 99%. Les coefficients de variation ($\frac{\text{écart-type}}{\text{moyenne}} \times 100$) de chacune des forêts sont respectivement de 1,3% et 1,5%. Les données sont donc homogènes.

Les résultats de la surface terrière par hectare ont été sensiblement identiques au résultat du volume moyen. La surface terrière moyenne pour une forêt reboisée a été de $9,92 \pm 0,02$ mètres carrés et de $12,93 \pm 0,03$ mètres carrés pour une forêt naturelle. Il est donc également possible de conclure à 99% que la surface terrière est plus grande pour une forêt naturelle de 90 ans que pour une forêt reboisée de 30 ans grâce au test d'hypothèse et à l'intervalle de confiance. Ces résultats sont expliqués par un plus grand nombre d'arbres dans la forêt naturelle que dans la forêt reboisée. Le coefficient de variation ($\frac{\text{écart-type}}{\text{moyenne}} \times 100$) de chacune des forêts sont respectivement de 1% et 1%. Les données sont donc homogènes.

Cependant, lorsque le volume moyen et la surface terrière moyenne est prise par arbres, les conclusions sont très différentes. À partir du tableau #2, il est possible d'observer un volume moyen par arbre de $0,40 \pm 0,05$ mètre cube dans la forêt reboisée et un volume moyen de $0,44 \pm 0,06$ pour la forêt naturelle. Comme il est possible d'observer, les intervalles de confiance se chevauchent. Il n'y a donc aucune différence significative entre le volume d'un arbre de 90 ans et d'un arbre reboisé de 30 ans. Donc, il est possible d'affirmer que le volume par arbre d'une forêt naturelle est le même qu'une forêt reboisée. Le coefficient de

variation ($\frac{\text{écart-type}}{\text{moyenne}} \times 100$) de chacune des forêts sont respectivement de 57,8% et 68%.

Les résultats sont semblables pour ce qui est de la surface terrière de chacun. Peu importe l'origine de l'arbre, les résultats démontrent que la surface terrière est la même. L'intervalle de confiance pour l'arbre naturel prend en compte entièrement l'intervalle de confiance de l'arbre reboisé. La surface terrière moyenne par arbre pour une forêt reboisée a été de $0,011 \pm 0,001$ mètre carré et de $0,011 \pm 0,001$ mètre carré pour un arbre provenant d'une forêt naturelle. Il est donc possible d'affirmer qu'il n'y a pas de différence significative de volume et de surface terrière entre un arbre reboisé de 30 ans et un arbre naturel de 90 ans. Le coefficient de variation ($\frac{\text{écart-type}}{\text{moyenne}} \times 100$) de chacune des forêts sont respectivement de 36,4% et de 45,5%.

À partir du tableau #3, il a été possible de déterminer la surface terrière de chacun des arbres au même âge à l'aide des carottes prises sur le terrain. Il a été possible d'observer que les arbres reboisés ont une surface terrière significativement plus grande que les arbres naturels puisque l'intervalle de confiance pour l'arbre naturel n'est pas pris en considération dans l'intervalle de confiance pour l'arbre reboisé. La surface terrière moyenne par arbre pour une forêt reboisée a été de 58 ± 6 centimètres carrés et de 11 ± 1 centimètres carrés pour un arbre provenant d'une forêt naturelle. Grâce au test d'hypothèse et à l'intervalle de confiance, il est possible d'affirmer à 95% que la surface terrière d'un arbre reboisé de 15 ans est supérieur à la surface terrière d'un arbre naturel de 15 ans.

Le coefficient de variation ($\frac{\text{écart-type}}{\text{moyenne}} \times 100$) de chacune des forêts sont respectivement de 37% et 38%.

En ce qui concerne l'accroissement des arbres plantés et naturels, il a été possible de prouver que les arbres reboisés ont un accroissement annuel plus élevé que les arbres naturels grâce à plusieurs tests d'hypothèse. À partir des figures 4 et 5, il est possible d'observer que l'agrandissement de chaque année d'un arbre reboisé est plus élevé que l'agrandissement de chaque année d'un arbre naturel. Par exemple, à la première année, l'agrandissement de l'arbre naturel a été de 1,55 millimètre et de 2,50 millimètres pour l'arbre reboisé. Il a été prouvé avec des tests d'hypothèse que l'agrandissement par année d'un arbre reboisé est significativement plus grand que l'arbre naturel. Comme il est possible d'observer sur les figures 4 et 5, l'agrandissement pour les arbres reboisés commence avec une pente positive, le rayon augmentant de plus en plus avant de ralentir quelque peu et finir avec une pente négative. Cela est tout à fait normal puisque la forêt reboisée n'a aucune compétition au départ car les arbres sont petits. Par la suite, la compétition entre chacun des arbres commence à s'installer puisque les arbres sont plus gros, ont plus de branches et prennent plus d'espace au sol, ce qui fait en sorte que l'agrandissement annuel devient de plus en plus petit. On observe que l'année où l'arbre reboisé grandit le moins vite (15ième) est tout de même plus élevé que tous les agrandissements annuels d'un arbre naturel. Pour ce qui en est de la figure 2, il est possible d'observer que la pente du graphique est toujours constante et que sa

pente est quelque peu négative. Cela est expliqué par le niveau de compétition déjà installé lorsque les arbres naturels commencent à grandir.

Avant d'aller recueillir les données nécessaires pour la recherche, il fallait s'assurer que les deux forêts n'aient pas trop de facteurs différents pouvant influencer les résultats. À l'aide du site internet, forêt ouverte [internet 5], il a été possible de trouver une forêt reboisée et une forêt naturelle ayant le même type écologique signifiant que celles-ci ont sensiblement les mêmes dépôts de surface, le même drainage, la même pente, la même élévation, etc., et ainsi éviter plusieurs facteurs pouvant potentiellement influencer les résultats. Les forêts analysées avaient un type écologique RE21 [internet 4] et étaient composées majoritairement de pins gris et d'épinettes noires. De plus, il fallait que l'endroit où étaient les parcelles soit défini aléatoirement pour qu'elle ne soit pas choisie par ceux qui font l'expérimentation mais bien qu'elles soient définies au hasard. Elles doivent donc être définies par un logiciel informatique, tel que ArcMap qui a été utilisé lors de cette expérience.

Conclusion :

Pour conclure, certaines formules statistiques ainsi que certains concepts biologiques ont été nécessaires à la réalisation du projet. À l'aide de quelques données prises sur des arbres dans une forêt reboisée et une forêt naturelle, de calculs de moyennes et d'écart type, de tests d'hypothèse, il a été possible d'affirmer ou d'infirmer les trois hypothèses préétablies avant l'expérimentation.

La première hypothèse était que la surface terrière moyenne par hectare d'une forêt reboisée et d'une forêt naturelle serait égale, ce qui a été infirmé grâce à un test d'hypothèse qui indique que la surface terrière d'une forêt naturelle est significativement plus élevée. (13cm² et 10cm²)

La seconde hypothèse était que le volume d'arbre par hectare dans la forêt reboisée et dans la forêt naturelle serait le même, mais a été infirmé, car le test d'hypothèse indique que le volume d'arbres par hectare est significativement plus élevé dans la forêt naturelle. (34m² et 54m²)

La troisième hypothèse était que les arbres d'une forêt reboisée allaient avoir une augmentation du diamètre annuel plus élevé que dans une forêt naturelle. Cette hypothèse a été affirmée, car selon le test d'hypothèse, l'augmentation du diamètre est significativement plus élevée dans la forêt reboisée et à l'aide de la comparaison des figures 1 et 2.

De plus, deux autres hypothèses ont été ajoutées lors de l'expérimentation.

La quatrième hypothèse était que la surface terrière moyenne par arbre serait plus élevée dans la forêt reboisée que dans la forêt naturelle, mais a été infirmée, car le test d'hypothèse indique qu'il n'y a pas de différence significative entre les deux.

La cinquième hypothèse était que le volume moyen par arbre serait plus élevé dans la forêt reboisée. Cette hypothèse a elle aussi été infirmée, car le test d'hypothèse indique qu'il n'y a pas de différence significative entre les deux.

Les résultats de surface terrière et de volume ont été différents selon le référentiel utilisé puisque la forêt naturelle est composée de plus d'arbres. Par conséquent, selon le référentiel à l'hectare, il est normal d'obtenir des résultats différents que la forêt reboisée. Par contre dans le référentiel à l'arbre, il est impossible d'y voir de différence. Malgré la différence d'âge de 60 ans avec un arbre naturel, l'arbre reboisé possède sensiblement le même volume et la même surface terrière.

Perspective d'avenir

Comme perspective d'avenir, il pourrait être intéressant de refaire ce genre d'expérimentation avec les deux mêmes forêts sous une base régulière. Considérant le fait que les arbres grandissent tranquillement, il serait raisonnable qu'une équipe aux 5 ans retourne prendre des données dans ses forêts afin de savoir à quel moment la forêt reboisée aura une surface terrière et un volume par hectare plus élevé que la forêt naturelle. De plus, il serait aussi intéressant que ces équipes effectuent un plus grand nombre de parcelles afin d'obtenir des résultats plus précis.

Remerciements :

Nous tenons grandement à remercier François Payette, professeur en technique milieu naturelle pour son aide sur notre projet. Il a su nous orienter grâce à sa connaissance du terrain ainsi que nous

montrer les techniques à utiliser avec chacun des outils. Nous tenons aussi à remercier Jean-Norbert Fournier, sans qui ce projet n'aurait pas pu être réalisé puisqu'il a cru en nous et il a appuyé et épaulé notre projet. Finalement, nous aimerions remercier toutes

les autres personnes qui nous ont aidé de près ou de loin afin de faciliter la réalisation de ce projet. En outre, Martin Imbeault, Hugo Vézina, Jean-François Caron et Jean-Pierre Boudreault.

Bibliographie :

Internet 1 : UNIVERSITÉ LAVAL, 2014, étude sur la relation de la compétition-densité de l'épinette noire au Québec, <https://corpus.ulaval.ca/jspui/bitstream/20.500.11794/24779/1/30299.pdf>

Internet 2 : JARDIN BOTANIQUE, comment se reproduit un conifère? consulté le 20 avril 2020, http://jardin-botanique.unistra.fr/fileadmin/upload/jardin_botanique/Documents/Poster_conniferes-reproduction-light.pdf

Internet 3 : WIKIPÉDIA, les cernes botaniques d'un arbre, consulté le 20 avril 2020 [https://fr.wikipedia.org/wiki/Cerne_\(botanique\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Cerne_(botanique))

Internet 4 : REVUE LITTÉRATURE, croissance en hauteur de la régénération naturelle de l'épinette noire, consultée le 4 mai 2020 <https://sdeir.ugac.ca/639/1/Revue%20litterature%20ericacees.pdf>

Internet 5 : FORÊT OUVERTE, donnée territoriale du Québec, consulté le 20 avril
<https://www.donneesquebec.ca/recherche/fr/dataset/resultats-d-inventaire-et-carte-ecoforestiere/resource/5d06baeb-4b43-4b25-8ede-2dc06d70633d>

Internet 6 : VOLUME D'ABRE, l'estimation du volume d'un arbre, consulté le 20 avril 2020
<http://jymassenet-foret.fr/cours/dendrometrie/coursdendrometrieppt/versionspdfdespptdendro/dendrometriechap4ppt.pdf>

Rencontre #1 : Rencontre avec Jean-Pierre Boudreault, ingénieur forestier, Chantier Chibougamau

Rencontre #2 : Rencontre avec Jean-François Caron, ingénieur forestier, gouvernement du Québec

Rencontre #3 : rencontre avec François Payette, professeur en technique en milieu naturel