

Suivi des effets réels de différents dispositifs expérimentaux de drainage forestier établies à la rivière Gouault huit ans après traitement.

Présenté au:

Gouvernement régional d'Eeyou Istchee Baie-James  
Johanne Morasse Ph.D.

Réalisé par :

Alain Leduc, Ph. D.  
Et  
Osvaldo Valeria, Ph. D.

Coopérative de solidarité en recherche et développement forestier  
de l'Abitibi-Témiscamingue et du Nord-du-Québec

Le 26 mars 2021



# Table de Matières

1. Introduction.....	4
2. Méthode .....	6
Aire d'étude .....	6
Stratification de l'inventaire sur le terrain .....	6
Protocole d'inventaire sur le terrain.....	8
Protocole du survol Drone.....	10
Analyses en laboratoire.....	11
Analyses des données d'inventaire .....	11
Analyses des données prises par Drone .....	12
3. Résultats et discussion .....	13
Les données de stocking.....	13
La croissance en hauteur selon la longueur des verticilles .....	15
La réponse au traitement selon l'analyse dendrochronologique .....	0
Analyse des données LiDAR aéroportées.....	3
Effet de la distance au canaux de drainage et hauteur de la canopée .....	13
Évidence du castor .....	16
4. Points saillants.....	18
5. Conclusion.....	19
6. Recommandations.....	19
7. Références .....	20

## I. Introduction

Le secteur à l'étude appartient à la région écologique de la plaine du lac Matagmi (6a). Ce secteur est caractérisé par un relief très peu accidenté recouvert de dépôts organiques dans les sections les plus basses ou par des dépôts argileux en secteurs plus élevés. Ces sols présentent habituellement des drainages déficients, ce qui favorise l'accumulation de matière organique. La récolte forestière ne fait qu'accroître cette tendance. En prélevant le couvert forestier, on expose le sous-bois à la pleine lumière ce qui facilite l'expansion des sphaignes de lumière et entraîne davantage l'accumulation de la matière organique. Cette accumulation va souvent s'accompagner par une remontée de la nappe phréatique qui limitera le réchauffement des sols ainsi que leur respiration. Le réseau racinaire des arbres se limitera aux horizons organiques de surface (moins de 20 cm) qui sont moins décomposés et par conséquent plus pauvres en éléments nutritifs. La forêt se transforme alors graduellement en tourbière plus ou moins dénudée d'arbres. Afin de contrer ce phénomène de paludification, il existe peu d'outils sylvicoles. On peut tenter de faire du brûlage contrôlé mais cette technique comporte certains risques de perte de contrôle ce qui en limite leur emploi. Une seconde approche consiste à faire des labours, c.-à-d. retourner et mélanger les couches organiques et minérales profondes avec celles de surface afin d'en favoriser la décomposition et la libération des nutriments. Finalement, le drainage des sols forestiers organiques est également largement utilisé dans certains pays scandinaves (e.g., Finlande) afin de rehausser la productivité forestière. En créant des canaux d'irrigation on accepte de sacrifier une partie des superficies productives, à un coût relativement élevé, en misant sur un rendement global plus élevé à l'ha.

La mise en place de ces canaux peut cependant entraîner des effets secondaires sur la qualité de l'eau des cours d'eau environnant, notamment l'arrivée d'une charge sédimentaire découlant de l'érosion des sols. Pour limiter ces effets, les dispositifs de drainage forestier sont habituellement pourvu d'un bassin de sédimentation dont l'efficacité peut être compromise par la venue de castors.

C'est dans ce contexte qu'en 2012 a été mis en place différents dispositif de drainage forestier visant à limiter l'apport de sédiments dans les bassins de sédimentation et les impacts causés par les castors. Ces dispositifs d'une superficie totale de 60 ha, consistaient en 1) mise en place d'un drainage conventionnel avec bassin de sédimentation et espacement des canaux (d'une profondeur 90 cm) de 35m ; 2) un essai de drainage avec des canaux plus rapprochés à 17m et d'une profondeur de 60 cm ; 3) un essai de drainage conventionnel (espacement 35m) avec enfouissement des débris d'andains dans les canaux afin de limiter l'érosion des sols. Les objectifs étaient de 1) vérifier la nécessité de la création de bassins de sédimentation ; 2) l'efficacité de densifier les canaux ; et 3) mesurer la présence des castors sur les canaux.

Un suivi d'interventions réalisé un mois après la mise en place des dispositifs concluait que le tout semblait bien fonctionner, les canaux rapprochés étaient secs, l'enfouissement de débris d'andain semblait bien retenir les sédiments, et l'absence de bassin de sédimentation ne posait pas de problèmes apparents (Morasse, 2012). On conseillait alors de faire un suivi des effets réels du drainage sur la croissance des arbres et l'écoulement des eaux 3 ans après traitement soit l'été 2015.

Ce rapport donne suite au rapport de suivi d'intervention de 2012. Au cours de l'été 2020, le Gouvernement régional d'Eeyou Istchee

Baie-James a contacté la Coopérative de solidarité en recherche et développement forestier de l'Abitibi-Témiscamingue et du Nord-du-Québec afin de planifier la réalisation d'un suivi des effets du drainage forestiers 8 ans après mise en place. Ce suivi a pour but : 1) de vérifier l'effet de la proximité de canaux de drainage sur la croissance des arbres ; 2) évaluer l'état global des canaux de drainage ; 3) vérifier des indices sur la présence de castor dans les dispositifs. Nous nous attendons à ce que la proximité des canaux de drainage favorise le développement et la croissance des arbres tant en hauteur qu'en diamètre. Nous espérons également que les canaux de drainage soient toujours fonctionnels et que la présence de barrages de castor y soit limitée.

## 2. Méthode

### Aire d'étude

L'aire d'étude se situe quelque kilomètre au nord de l'aéroport de Matagami, à proximité de la rivière Gouault (-77.82° de longitude et 49.83° de latitude). La forêt qu'on y retrouve est largement dominé par l'épinette noire mais on peut également y voir du sapin baumier et du mélèze laricin. Les dépôts de surface sont majoritairement composés de sols organiques (7 e) présentant un drainage allant d'imparfait à mauvais.

### Stratification de l'inventaire sur le terrain

La mise en place du dispositif de 2012 a donné naissance à 5 blocs expérimentaux soit un bloc drainé de façon conventionnelle avec bassin de sédimentation, un bloc sans bassin mais avec enfouissement des branches dans les canaux d'irrigation (espacement de 35m) et trois petits blocs avec canaux rapprochés au 15m (Figure 1). Chacun des traitements totalise 20 ha. À ces

blocs a été rajouté en 2020 deux blocs témoins sans drainage pour un grand total de 7 blocs d'inventaire. À noter que tous ces blocs ont été installé dans une coupe récente (CPRS) qui date de 2009. Au total, 64 grappes d'inventaire de régénération ont été distribuées parmi ces 7 blocs (Tableau 1) soit 16 grappes par traitement.



Figure 1. Disposition des dispositif expérimentaux tirée du rapport photographique COOP – UQAT, octobre 2020.

Tableau1. Distribution des grappes d'inventaire parmi les blocs.

Traitements	Bloc	Numéro des grappes
Drainage avec enfouissement des débris (35 m d'espacement)	1	1 à 16
Drainage avec espacement 15m	2	17 à 23
Drainage avec espacement 15m	3	24 à 26
Drainage avec espacement 15m	4	27 à 32
Drainage conventionnelle avec bassin de sédimentation	5	33 à 48
Sans drainage	6	49 à 59
Sans drainage	7	60 à 64

Les grappes d'inventaire visent à caractériser le degré d'établissement et la croissance de la régénération. Pour ce faire elles sont disposé en parallèle au canaux d'irrigation de manière rapprochée ou éloignée des canaux. Les grappes ayant un numéro pair devaient se situer à une distance rapprochée des canaux d'irrigation correspondant au premier quartile de l'espacement entre les canaux, soit une distance de 4,25m pour les canaux espacés de 15m et à 8,75 m pour ceux espacés de 35m. Pour les numéros impaires les grappes sont au maximum éloignées des canaux soient à une distance de 8,5m pour l'espacement de 15m et de 17,5 m pour l'espacement de 35m. Dans le cas des grappes établies dans les parcelles sans drainage, elles étaient orientées de manière perpendiculaire au chemin principal.

#### Protocole d'inventaire sur le terrain

La méthode utilisée lors de l'inventaire 2020 correspond à la méthode habituellement utilisée par le MFFP lors des inventaires de régénération soit des grappes composées de 10 micro placettes circulaires de 2m<sup>2</sup> (1,13 m de rayon) et espacées de 5m entre



chacune d'elles. Selon sa position dans la grappe, la présence ou un dénombrement des tiges est réalisé par classe de taille (Figure 2).

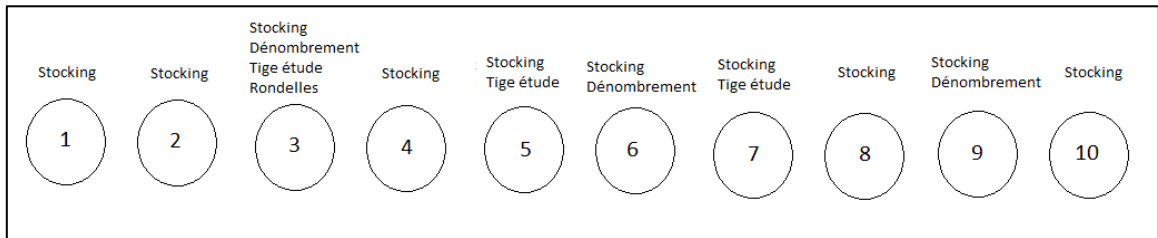


Figure 2. Type de mesure réalisé selon la position de la micro parcelle dans la grappe (tirée du rapport du Groupe Caf).

Les classes de taille pour lesquelles la présence ou le dénombrement des tiges a été réalisées sont les semis < 60cm, les semis > 60cm, les gaulis de 1 à 3 cm de DHP, les gaulis de plus de 3 à 5 cm de DHP, les gaulis de plus de 5 à 7 cm de DHP et les gaulis de plus de 7 à 9 cm de DHP. La présence d'arbre de plus de 9 cm de DHP était également relevé avec mensuration individuelle.

Pour les micro-placettes 3, 5 et 7, un arbre étude était sélectionné et correspondait à la tige d'avenir la plus haute. On mesure la hauteur de la tige ainsi que la longueur des 3 derniers verticilles en cm. La tige devait être présente dans un rayon de 1.13m. Si aucune tige n'était présente dans une placette aucune mesure n'y figurait.

Pour la micro-placette 3, la tige d'avenir gaulis la plus haute a été abattue. Deux rondelles de 4cm d'épaisseur ont été prélevées. L'une à 30 cm puis une seconde à 1m de hauteur. S'il n'y avait pas de gaulis de plus de 1m dans la micro-placette 3, les micro-placette 5, 7 et 10 pouvait servir de substitues. S'il avait absence d'une tige admissible dans les micro-parcelles précédentes, on prenait une

note à l'effet qu'aucune gaules n'était disponible dans la grappe. Chaque rondelle était étiquetée sur le terrain puis ensachées individuellement.

#### Protocole du survol Drone

Un survol réalisé le 14 octobre de 2020 avec un drone de type *DJI Matrice 600 Pro*, muni d'un système Lidar *Yellow scan surveyor Ultra* a été utilisé à 80 m du sol à une vitesse de 8 m/s avec une distance entre les lignes de vol de 50 m. Deux produits à 30 cm de résolution ont été élaborés, soit un modèle numérique de terrain (MNT) et un modèle d'hauteur de la canopée (MHC) pour le site d'étude d'environ 2.65 km<sup>2</sup>.

Le MNT a été réalisé en interpolant les points de retour classés comme sol. L'interpolation a été faite en utilisant une analyse des k-plus proches voisins avec un algorithme de pondération à distance inverse (IDW). Nous avons ensuite utilisé le MNT pour normaliser l'élévation des retours lidar qui se traduisent par des hauteurs réelles des éléments (arbres) au-dessus du sol. Nous avons utilisé des points classés comme végétation pour calculer les métriques structurelles (hauteur – MHC), et nous avons supprimé points inférieurs à 0,5 m pour éviter les erreurs causées par la confusion entre le sol et la végétation, qui peut conduire à une surestimation de la hauteur de la végétation près du sol. Au total, 16 survols ont été nécessaires pour couvrir le site d'étude avec une intensité fixée à une moyenne de 20 points /m<sup>2</sup> et avec une précision absolue de 10 cm (mesurés à l'aide d'un système mobile GNSS RTK en statique et avec 12 cibles au sols pour contrôler les localisations géoréférencées en XYZ). Les produits ayant été élaborés ont une projection NAD83 (SCRS) et MTM zone 9N.

## Analyses en laboratoire

Les rondelles ont d'abord été séchées à l'étuve à 35°C pendant une période de 48 hrs. Par la suite, elles ont été sablé au papier 300. Certaines rondelles étaient très petites (moins d'un cm de diamètre) en raison de la taille des arbres. Tous les échantillons ont été scanné (1200 dpi) puis l'épaisseur des cernes de croissance a été mesuré sur Velmex (0,0001 mm de résolution) sur 2 rayons perpendiculaires par rondelle. Ces mesures permettent le calcul de la croissance radial sur les 8 dernières années de croissance soit le temps d'exposition au drainage. Elles permettent aussi d'estimer le temps nécessaire pour passer de 30 cm à 1m de hauteur en calculant la différence d'âge entre les deux rondelles provenant d'une même tige. Finalement, on peut connaître l'âge précis des gaules lors de la coupe de 2009.

## Analyses des données d'inventaire

L'analyse de données présentée dans ce rapport comporte plusieurs volets. Dans un premier temps, l'inventaire de la régénération permet le calcul du coefficient de distribution « stocking ». Ce stocking peut être décliné sur différentes classe de taille. On a calculé le stocking total en considérant toutes les tailles, puis le stocking des tiges ayant plus de 60 cm de hauteur et le stocking des tiges de plus de 1 cm de DHP. La comparaison du stocking des semis à celui des gaulis permet d'avoir une idée de la manière dont se distribue les tiges parmi les classes de taille. Les stockings des différents traitements seront comparés de même que ceux correspondant à différentes distances des canaux d'irrigation.

La mesure de la longueur des 3 derniers verticilles permet d'estimer les performances de croissance en hauteur. Contrairement à la hauteur totale des tiges qui est en bonne partie héritée de la taille

de la régénération préétablie, celle-ci donne une estimation directe de la qualité des conditions de croissance actuelle. On doit cependant tenir compte de l'effet taille initial des tiges car plus les tiges sont hautes et plus la croissance annuelle s'accroît. Il est possible de contrôler pour cet effet taille en développant un modèle de croissance maximale (régression polynomiale de 2<sup>e</sup> degré) puis en utilisant l'écart à la croissance prévue (valeur résiduelle) comme indicateur de performance de croissance en hauteur. Encore ici, ces performances seront comparées entre les traitements et entre les différentes distances aux canaux d'irrigation.

L'analyse des rondelles permet de vérifier si la croissance radiale des 8 dernières années est également influencé par un effet traitement ou par la distance au canal. Encore ici, on doit aussi vérifier s'il y a un effet taille initiale des tiges avant de faire l'analyse des effets traitements et distances.

Finalement, l'âge de la rondelle du haut permet de savoir si la croissance entre 30 cm et 1,3m de haut s'est faite principalement avant 2012 ou 2009 soit avant la mise en place du dispositif voire avant le coupe.

#### Analyses des données prises par Drone

Nous avons procédé à la création de placettes de 2m de rayon le long des transects et avons retenu uniquement des placettes à l'intérieur d'une distance de 25m des canaux pour éviter de tomber dans la forêt non-coupée. Une matrice de distance avec la méthode (*Euclidian distance* disponible sur ARCGIS 10.8) à 30 cm a été produit à partir des canaux numérisés. Nous avons procédé à une analyse de corrélation de Pearson entre la distance aux canaux et métriques Lidar à moins de 25 m de canaux de drainage. Nous avons également procédé à mettre en relation avec un diagramme

en moustache du 95e percentile de la hauteur et de la hauteur moyenne pour les trois traitements (traitement conventionnel, 35 m enfouie et 15 m). De plus, nous avons procédé à une inspection visuelle des débris (monticules) à la recherche des indices de présence de Castor.

### 3. Résultats et discussion

#### Les données de stocking

Les données de stocking s'expriment en terme de fréquence de micro-placette ayant la présence de tiges d'essence commerciale. On considérera que si la grappe comporte plus de 6 micro-placettes sur 10 avec la présence de résineux que la parcelle est bien régénérée et n'a pas besoin d'être regarnie. En général tous les sites sont bien régénérés, sur les 64 grappes d'inventaire réalisé aucune n'avait un stocking inférieur à 70% et seulement 2 grappes présentait un stocking inférieur à 80%. Si on resserre le critère à celle de tiges plus grandes que 60 cm de hauteur, la fréquence des grappes avec de bon stocking baisse légèrement. Dans ce cas, une seule grappe présente un stocking déficient à 40%. Plus de 54 grappes présentent un stocking égal ou supérieur à 80%. L'ensemble des sites s'avère bien pourvu de tiges résineuses de plus de 60 cm de haut. Si maintenant on ne regarde que le stocking en gaule (> 1 cm de DHP), la fréquence des grappes bien stockées diminue drastiquement. Seulement 20 grappes sur 64 présente un stocking de 60% et plus en gaules. La majorité des grappes soit 44 sur 64 (soit 69% d'entre elles) sont déficientes en gaules. On a donc opté pour une analyse plus détaillée de la distribution des gaules selon les traitements.

Parmi les grappes provenant des blocs témoins sans drainage seulement 25% apparaissent bien stockées en gaules (Tableau 2). Les blocs drainés de manière conventionnelle ou avec enfouissement des branches (conventionnel modifié) se comporte légèrement mieux avec des scores variant entre 37,5% et 31% respectivement de leurs grappes bien stockées en gaules. Le traitement qui performe le mieux est celui du drainage avec canaux rapprochés avec près de 44% des grappes bien stockées en gaules résineuses (Tableau 2).

La distance au canaux d'irrigation apparaît également avoir un effet sur le stocking en gaules. Peu importe le type de drainage, si la grappe se situe près d'un canaux d'irrigation, elle voit ces chances d'être bien stockée en gaules à 50% (Tableau 2). Éloigné des canaux, ces probabilités diminuent mais demeurent des plus élevées pour le dispositif à canaux rapprochés qui est le seul traitement à encore mieux performer que le témoin sans drainage (Tableau 2).

Tableau 2. Distribution des grappes bien stockées en gaules au sein des dispositifs.

	Près	Loin	Global
Sans drainage			0,25
Conventionnel	0,50	0,25	0,375
Conventionnel modifié	0,50	0,125	0,313
Canaux rapprochés	0,50	0,375	0,438

Ces résultats apparaissent donc encourageant car ils laissent entendre qu'en moyenne la croissance des arbres est améliorée près des canaux d'irrigation, du moins, jusqu'à une distance de 8 m de ceux-ci.

## La croissance en hauteur selon la longueur des verticilles

Comme prévu, il existe une forte relation allométrique entre la taille des arbres et leur capacité à croître en hauteur (Figure 3). Plus les tiges sont petites et plus leur croissance annuelle en hauteur sera limitée. Afin de dégager un modèle de croissance optimale on a écarté certaines arbres études montrant une forte déficience en croissance (Figure 3). La relation entre la hauteur des arbres et la longueur de leurs 3 derniers verticilles présente un  $r^2$  de 0,73. Afin d'éviter que l'analyse de la longueur des verticilles ne soit redondante avec celle de la hauteur des tiges, il importe de contrôler pour l'effet taille. En mesurant l'écart entre la valeur prédite de la croissance selon le modèle de croissance optimale et la croissance observée (3 derniers verticilles), on tient compte de l'effet de la taille (hauteur) des tiges.

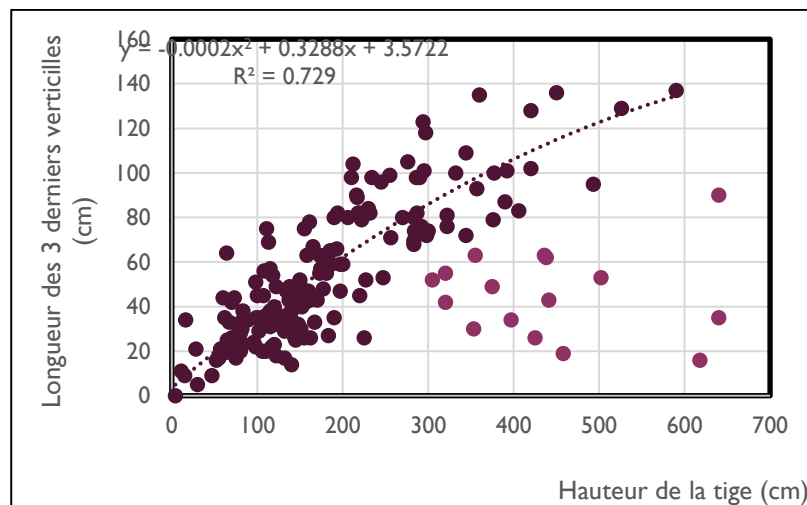


Figure 3. Relation entre la hauteur des arbres d'études et la longueur des 3 derniers verticilles. La relation est décrite à l'aide d'une relation polynomiale de 2e degré. Les points en orange ont été retirés de la population ayant servi à la calibration du modèle.

Le tableau 3 présente les différentes mesures déduites de l'analyse des arbres étude. La hauteur moyenne minimale a été obtenue dans la parcelle sans drainage (bloc 6, Tableau 3) alors que la hauteur moyenne maximale est observée dans les blocs 3 et 4 appartenant au traitement de canaux rapprochés. À noter cependant que le bloc 7 (sans drainage) présentent des arbres études d'une hauteur comparable aux blocs 1, 2 et 5 qui ont été drainé de différentes manières (Tableau 3).

La comparaison de la longueur des 3 derniers verticilles reprends a peu de chose près ce rangement des blocs. Le bloc 6 sans drainage présente la plus faible croissance triennale avec seulement 40,9 cm d'élongation (Tableau 3). À l'opposé, les blocs 2 et 4 présentent des croissances en hauteur de 57,8 et 65,9 cm sur 3 ans. À noter cependant que le bloc 7 (sans drainage) montre une croissance triennale de 63,4 cm, ce qui le place parmi les meilleures croissances (tableau 3). Finalement, le bloc 3 (canaux rapprochés) présente la plus faible croissance avec seulement 33,5 cm sur 3 ans.

Les écarts de croissance moyen aux valeurs prédites par le modèle de croissance optimale font contraster ces résultats. Le bloc 7 (sans drainage) comporte des arbres études qui performement généralement mieux que la croissance optimale avec un écart supérieur à la moyenne optimale de 6,11 cm sur 3 ans. À l'opposé, le bloc 3 (canaux rapprochés) présente la pire performance avec des écarts moyens inférieur de -36,14 cm par rapport à la moyenne optimale de croissance. À part, ces extrême, les autres blocs apparaissent performés de façon similaire avec des écarts allant de -7,63 (bloc5 drainage conventionnel) à -5,71 (bloc 2, canaux rapprochés) ce qui inclus le bloc 6 sans drainage avec un écart moyen de -5,87 cm par rapport à la croissance optimale prédite.



Tableau 3. Hauteurs moyennes des arbres étude et longueurs moyennes de leurs 3 derniers verticilles au sein des différents blocs et traitements. Le nombre d'arbres étude figure sous la colonne N. L'écart moyen à la croissance optimale représente la différence entre la croissance observée et celle prédite par le modèle optimal de croissance. La dernière colonne représente l'écart moyen pour les tiges près des canaux d'irrigation.

Traitements	Bloc	N	Hauteur (cm)	Longueur des 3 derniers verticilles (cm)	Écart à la croissance optimale	Écart à la croissance optimale (près)
Sans drainage	6	29	153,4 (115,3)	40,9 (30,6)	-5,87	
Sans drainage	7	11	189,8 ( 91,6)	63,4 (21,2)	6,11	
Conventionnel	5	42	202,1 (116,7)	51,6 (30,4)	-7,63	-1,94
Conventionnel modifié	1	39	182,6 (126,0)	53,4 (28,7)	-0,45	7,27
Canaux rapprochés	2	17	222,5 (132,1)	57,8 (31,6)	-5,71	-2,9
Canaux rapprochés	3	8	268,1 (209,9)	33,5 (16,0)	-36,14	0,55
Canaux rapprochés	4	18	269,2 (168,2)	65,9 (30,8)	-6,31	9,06

Les écarts sont nettement améliorés si on ne retient que les arbres près des canaux d'irrigation. Dans ce cas, la plupart des traitements se comporte mieux que le témoin du bloc 6 (tableau 3). Encore ici cependant, le bloc 3 ainsi que le bloc 2 des canaux rapprochés continue de sous performer avec un écart de 0,55 et - 2,9 cm respectivement. La croissance des 3 dernières années ne semble donc pas indiquer de tendances claires quant à l'effet traitement.

La réponse au traitement selon l'analyse dendrochronologique

Le dénombrement des cernes de croissance d'un arbre permet de calculer leur âge, de même que la mesure de l'épaisseur de ces cernes permet d'identifier tout changement dans leur environnement immédiat. La distribution de l'âge des arbres étude est étalée dans le temps et indique un recrutement plus ou moins continu sur les 100 dernière année (Tableau 4). L'arbre le plus âgé date de 1875 et provient de la grappe 48 qui appartient au dispositif de drainage conventionnel. Le recrutement est surtout présent après 1975, ce qui n'a rien de particulier considérant que la majorité des arbres de taille commerciale ait été récolté en 2009.

Tableau 4. Distribution des âges des arbres étude au travers différentes périodes selon la hauteur de l'échantillon.

	Bas (30 cm)	Haut (100 cm)
Avant 1900	1	0
1901 à 1925	1	0
1926 à 1950	7	2
1951 à 1975	7	6
1976 à 1998	20	7
1999 à 2016	27	29
2016 à 2020	0	19

Le patron de croissance radial indique une nette reprise de croissance en 2011 soit un peu plus d'un an après coupe. En général, les tiges affichent une augmentation de croissance de 300% après coupe. La distribution de ces reprises de croissance parmi les différents traitements n'indique pas d'effet drainage (Tableau 5). En fait, les plus fortes reprises de croissance sont observées parmi les tiges provenant des blocs non drainés.

Il en va de même pour la croissance radiale moyenne au cours des 8 dernières années soient celles après coupe. Les meilleures croissances sont obtenues dans les dispositifs témoins non drainés avec une croissance moyenne de 1,38 mm/ an. La pire provient du dispositif drainé de manière conventionnelle avec une moyenne de 1,13 mm/an (Tableau 5). La croissance radiale n'apparaît donc pas témoigner d'un avantage des conditions de croissance conféré par le drainage.

Tableau 5. Distribution des reprises de croissance au sein des différents traitements.

	Croissance radiale (mm) des 8 dernières années	Augmentation (%)
Sans drainage	1,38 (0,57)	386%
Drainage conventionnel	1,13 (0,63)	258%
Drainage conventionnel modifié	1,30 (0,59)	248%
Cannaux rapprochés	1,19 (0,69)	313%

La croissance en hauteur peut également être mesurer en comparant l'âge de l'échantillon du bas pris à 30 cm à celui de l'échantillon du haut pris à 1 m de hauteur. La différence d'âge permet de connaître le temps que la tige a pris pour passer de 30 cm à 1m de haut. Pour être éligible toutefois, la tige devait avoir près de 30 cm de hauteur au moment de la coupe soit en 2009 et

surtout ne pas avoir franchis le mètre de hauteur bien avant 2020. On a sélectionné les arbres qui ont atteint 1 mètre de hauteur au minimum en 2016. Des 63 arbres étudiés récoltés (la grappe 56 étant dépourvu de gaules), seules 18 tiges réussissent à se classer. La majorité des tiges avait déjà plus d'un mètre de haut après coupe ou ayant déjà dépassé 1 mètre en 2015. La figure 4 illustre en quoi les conditions de croissance avant coupe pouvaient être très limitées pour les petits arbres qui se retrouvaient alors sous couvert. La plupart de ces tiges montrent un temps de passage supérieur à 15 ans ce qui représente une croissance annuelle en hauteur inférieure à 5 cm.

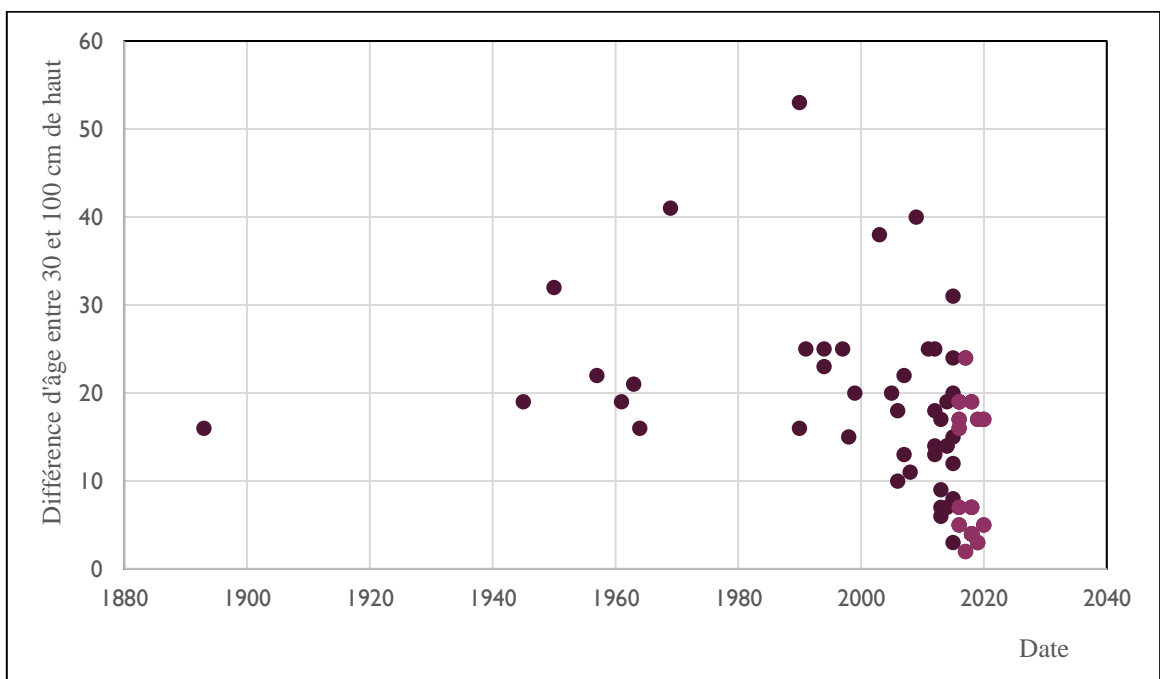


Figure 4. Relation entre la date de naissance des arbres étudiés et la différence d'âge entre la rondelle du bas (30 cm) et celle du haut (100 cm). Les points en orange correspondent aux arbres qui se sont développés après coupe et qui ont été exposés au traitement.

Chez les tiges s'étant développées durant la période expérimentale, la croissance en hauteur apparait influencée par le drainage. En absence de drainage les tiges d'épinette noire prennent en moyenne 17 ans pour passer de 30 cm de haut à un mètre de haut, ce qui signifie une croissance d'un peu plus de 4 cm par année en hauteur (Tableau 6). Dans les dispositifs de drainage modifié et celui à canaux rapproché, ces temps sont de 5 à 6 ans ce qui correspond à des flèches terminales de 12 à 14 cm de long (Tableau 6). Le dispositif de drainage conventionnel se situe à mi-chemin avec des temps moyens de passage de 10 ans.

Tableau 6. Temps nécessaire pour passer de 30 cm à 100 cm de hauteur chez les arbres études exposés aux différents traitements.

	N	Temps 30 à 100 cm
Sans drainage	6	17
Drainage conventionnel	5	10
Drainage conventionnel modifié	7	6
Canaux rapprochés	1	5

#### Analyse des données LiDAR aéroportées

Les sites d'étude présentent une élévation variant de 252 à 268 msnm représentés par un gradient de couleur passant du vert pour les altitudes les plus basses au rouge pour les altitudes les plus élevées. La figure 5 présente la topographie pour l'ensemble des sites à l'étude. Un agrandissement de chacun de sites suivant le même ordre du haut de la carte vers le bas, est présenté à la figure 6.

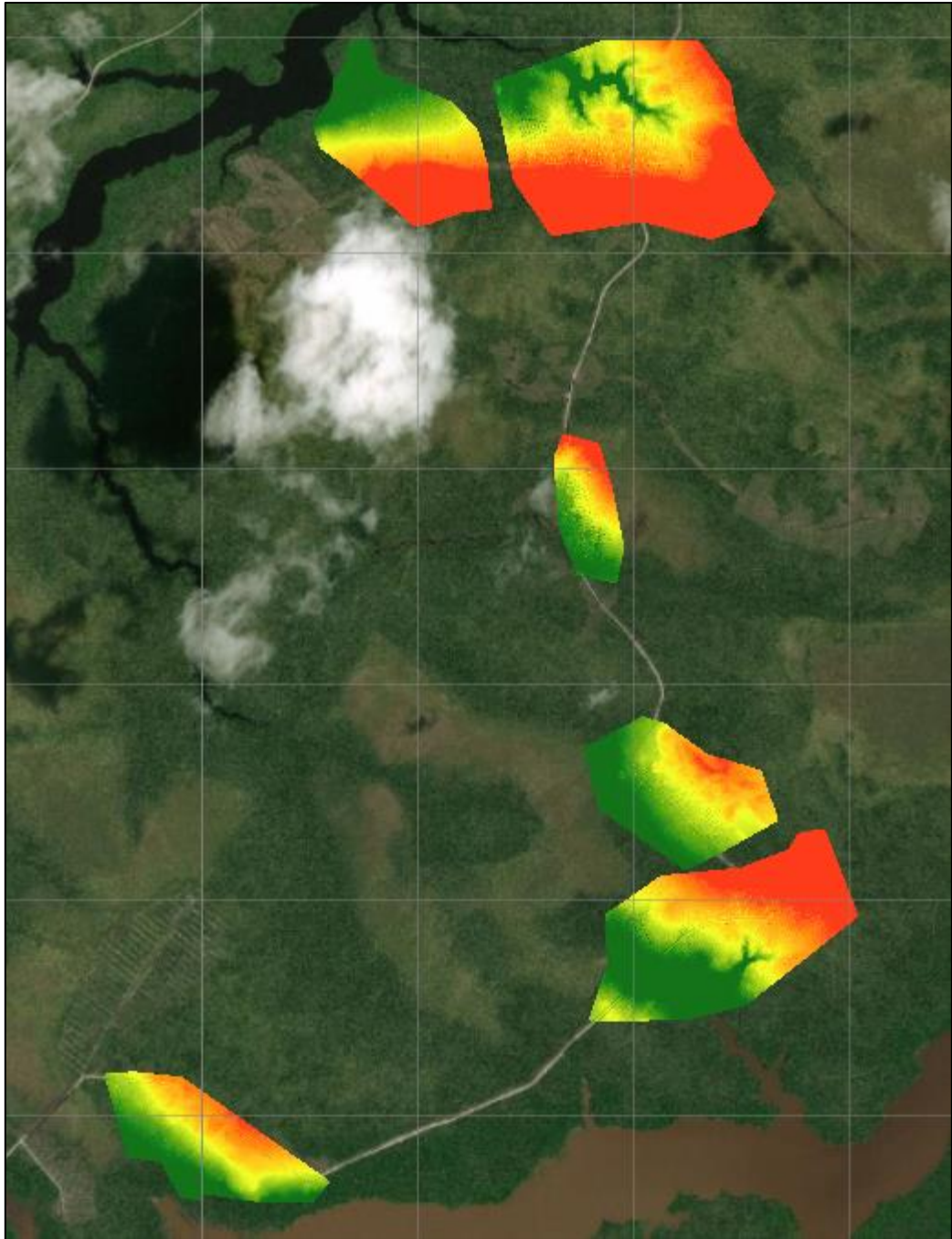
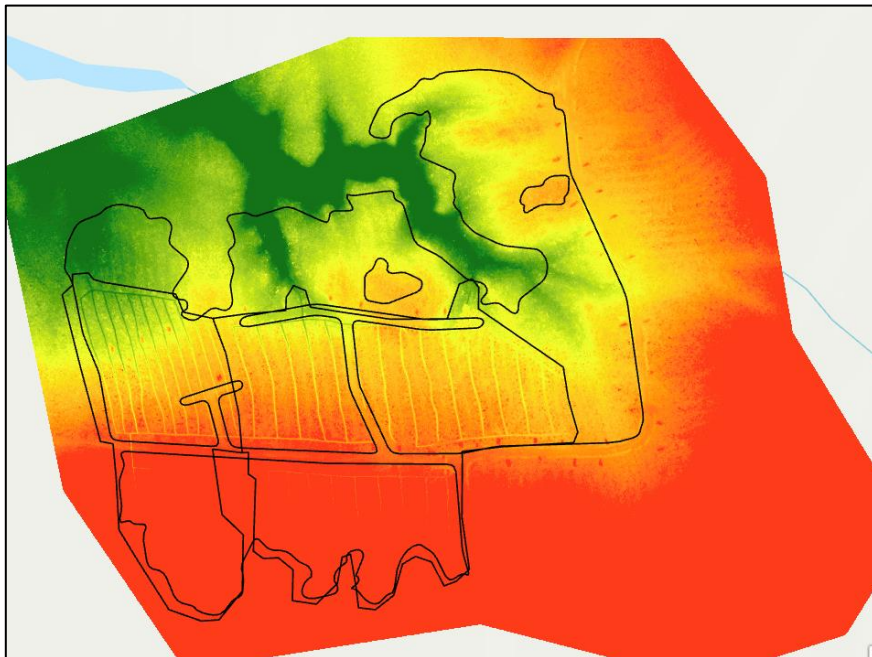
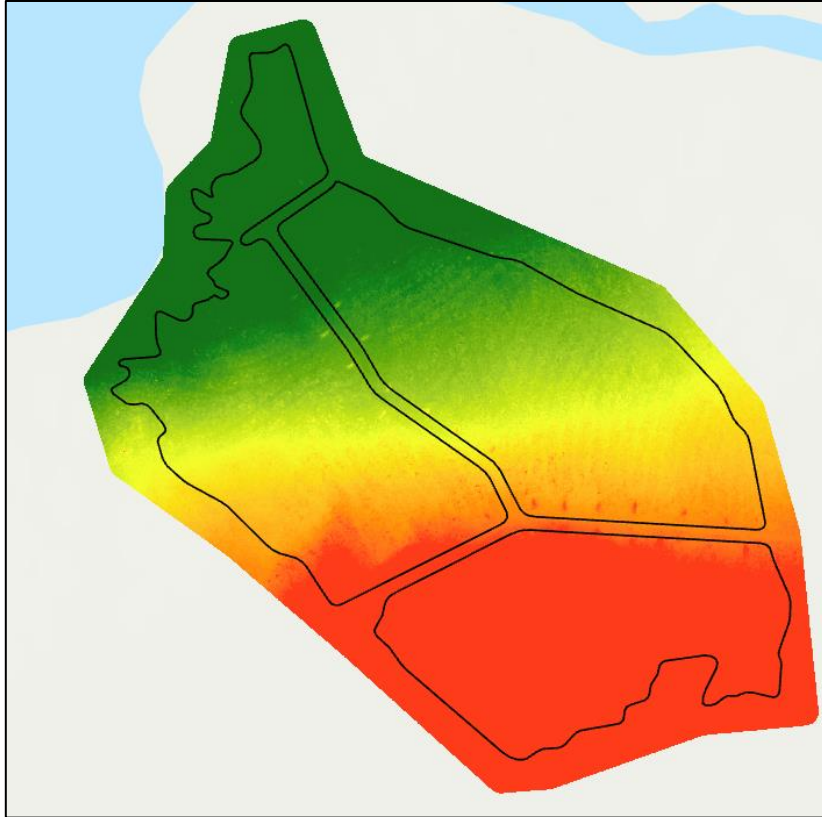
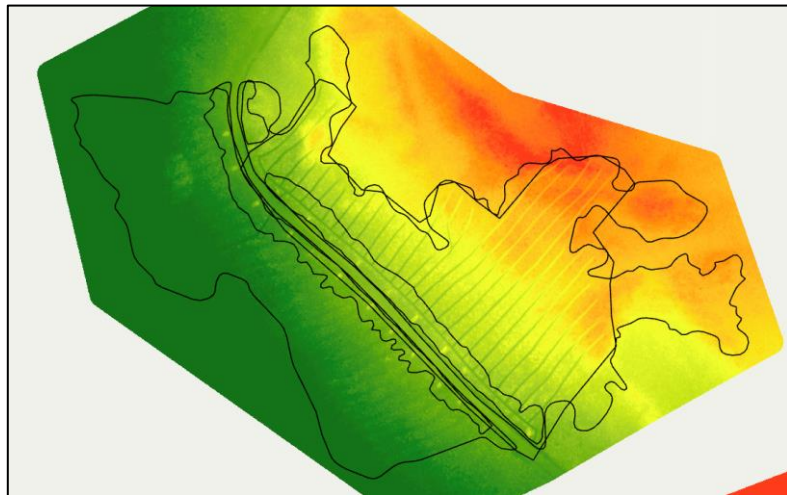
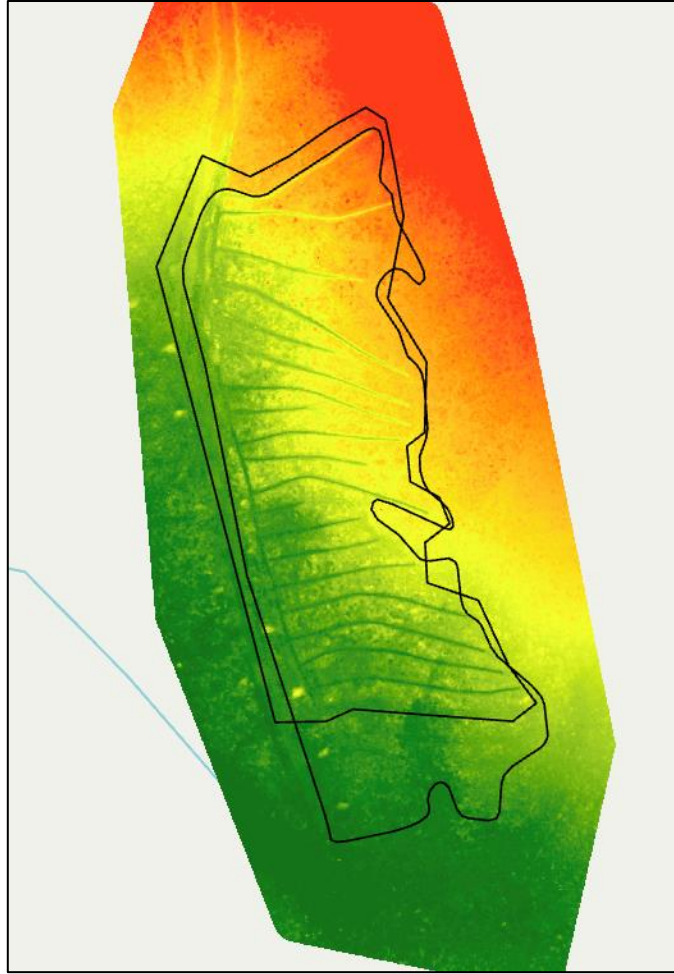


Figure 5. Gradient d'élévation des sites d'études survolés par drone.  
Les lignes (grille) sont distantes de 1 km.







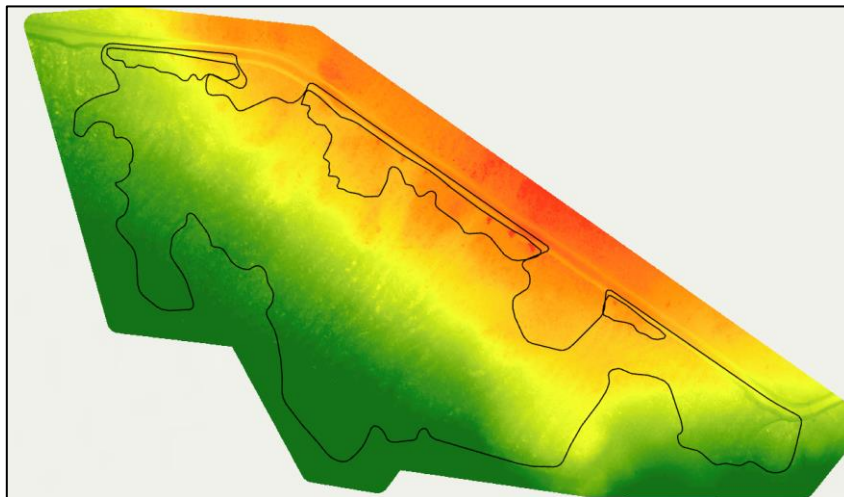
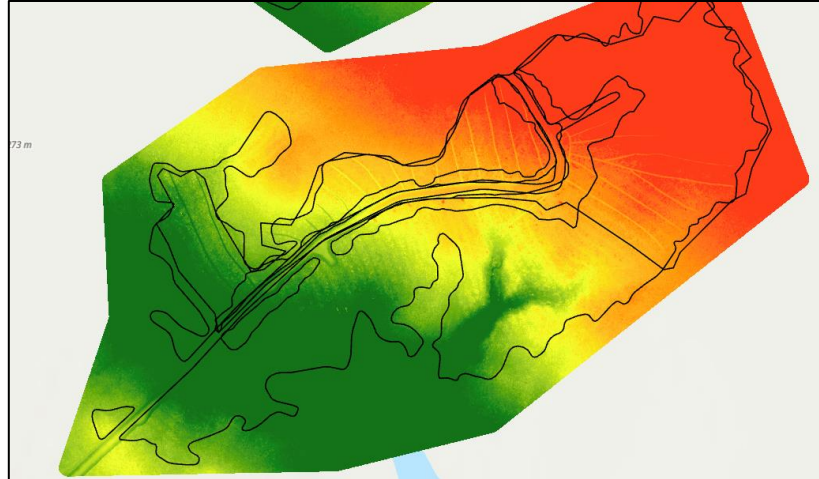
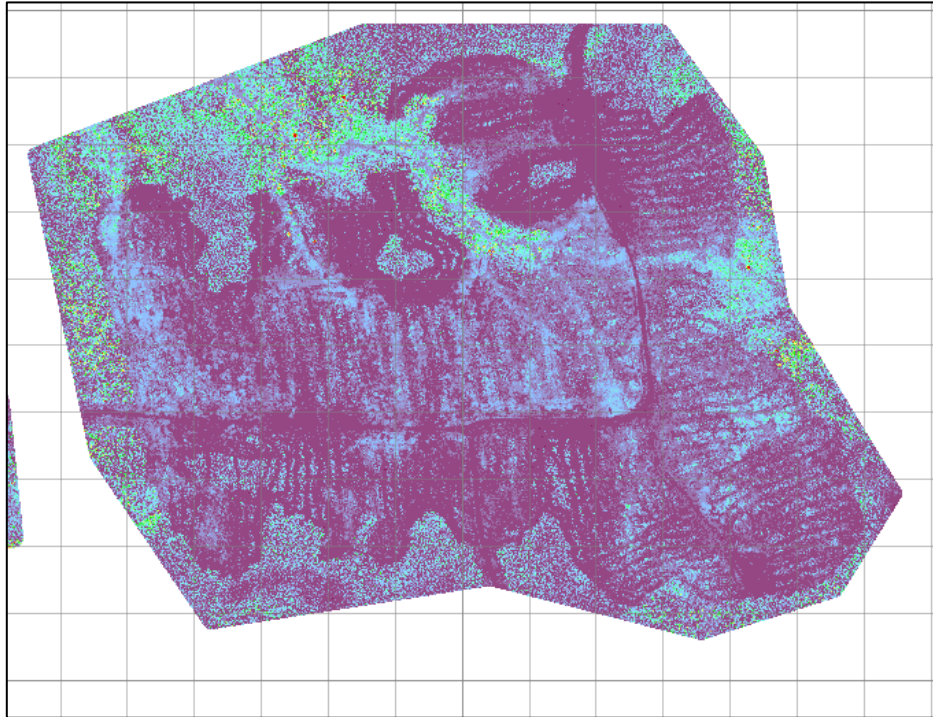
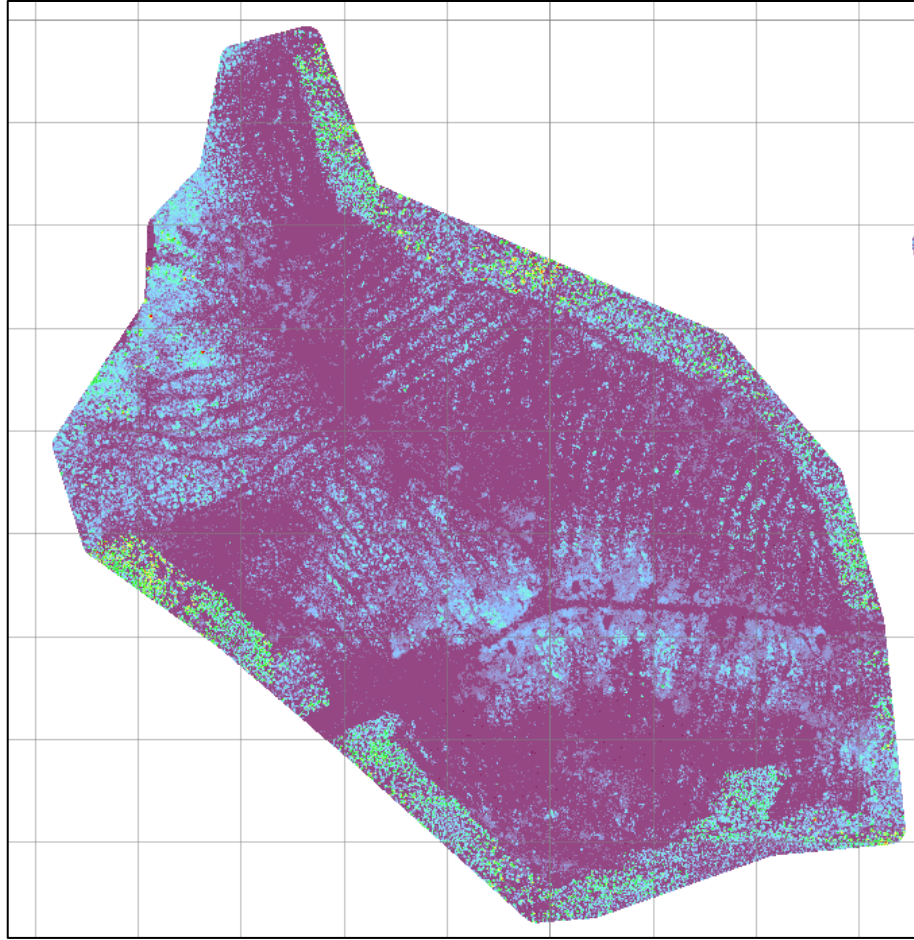
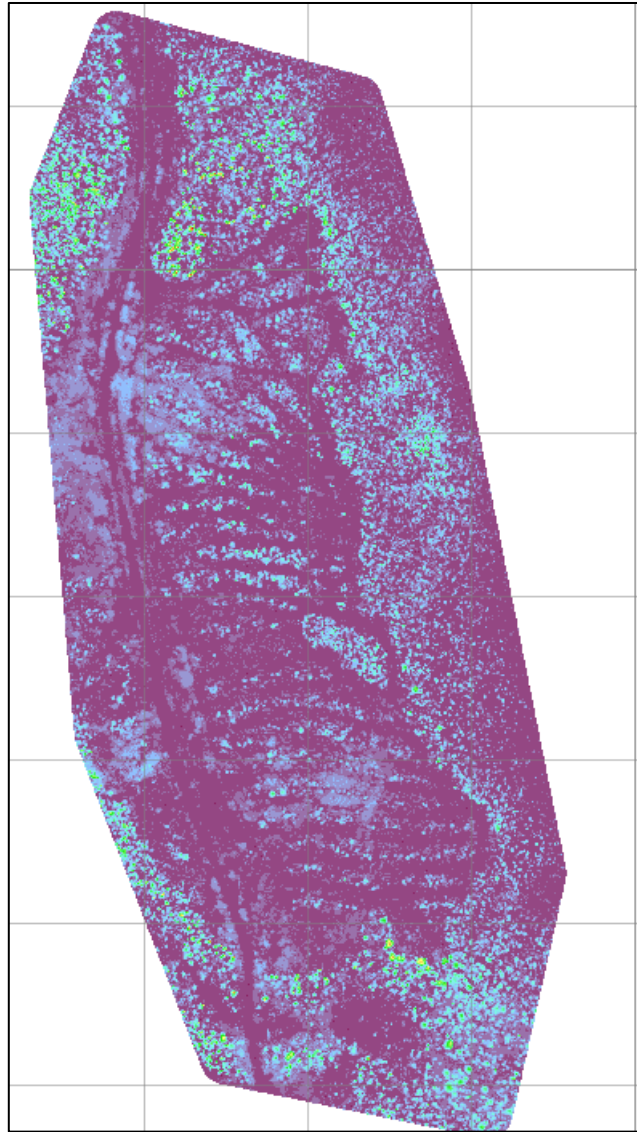
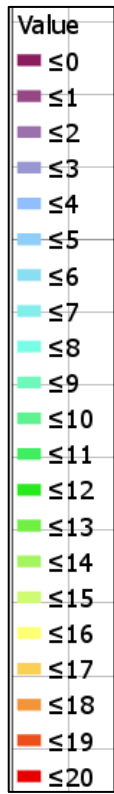


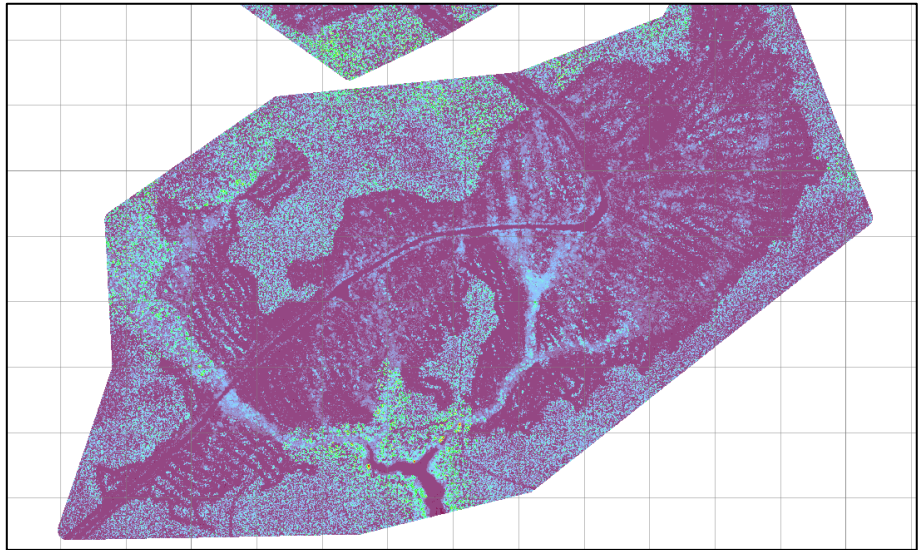
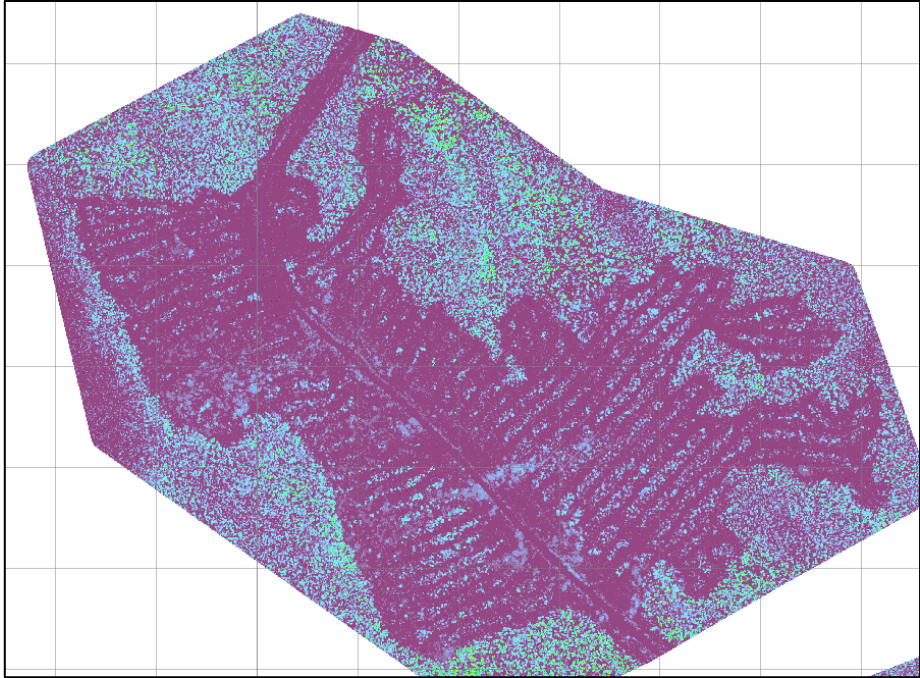
Figure 6. Agrandissement de chaque site d'étude. Les polygones (noir) présentent les limites du dispositif. On peut identifier sur les images la présence de canaux de drainage indiqués par une structure rectiligne plus basse que le milieu environnant. Il est aussi possible d'y voir les monticules (débris) près des chemins principaux indiqué par de petits amas de points rouges correspondant à des altitudes plus hautes.

Les valeurs de hauteur du couvert (MHC) pour chaque site sont exprimées sur un gradient de couleur passant du violet chez les

plus basses vers le rouge pour les plus hautes, avec un pas fixe de 1m de hauteur (Figure 7). À remarquer que les arbres les plus hauts (correspondant aux pixels aux teintes chaudes allant du vert au rouge) sont surtout présents aux pourtours des dispositifs de drainage. L'interprétation visuelle des cartes de hauteur du couvert peut être trompeuse car l'information qu'on y retrouve est à très haute résolution ce qui fait en sorte de noyer les petites structures dans les plages de couleurs dominantes. C'est la raison pour laquelle il est préférable d'en faire une analyse numérique plus détaillée.







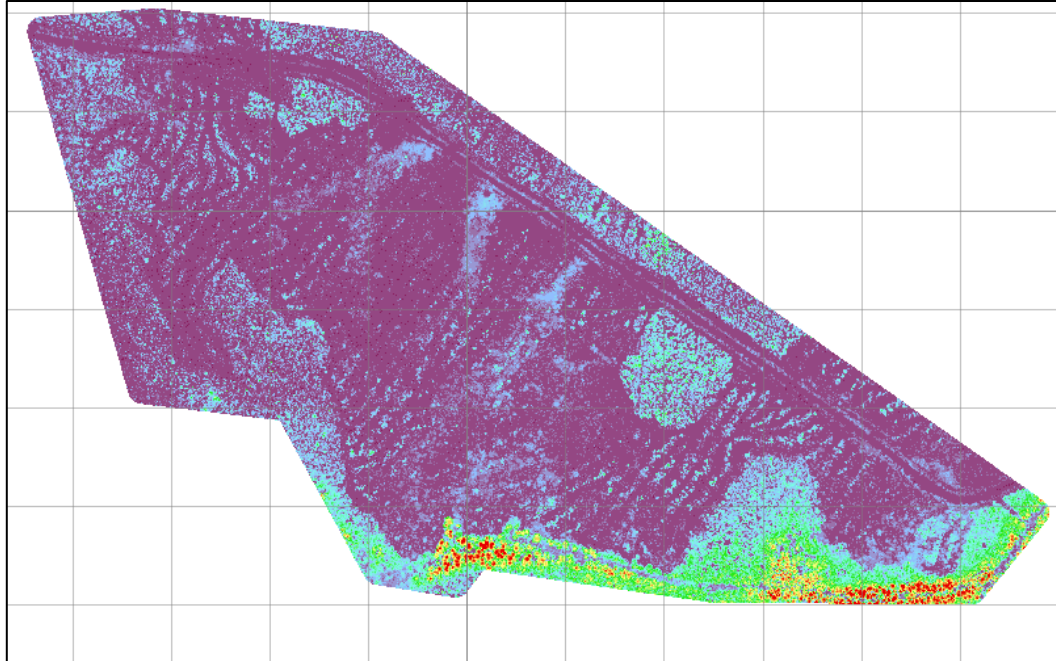


Figure 7. Valeurs de MHC (m) pour chaque site d'étude.

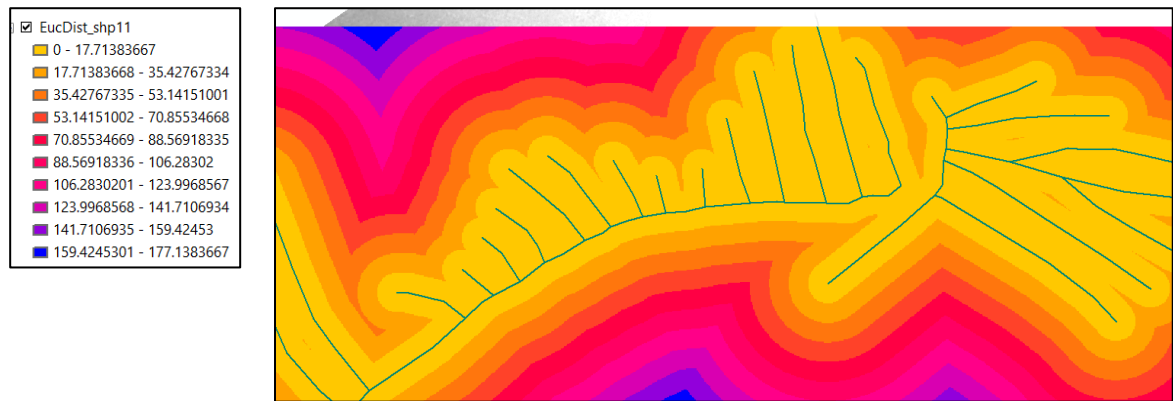


Figure 8. Exemple de calcul de matrice de distance à partir du canal numérisé.

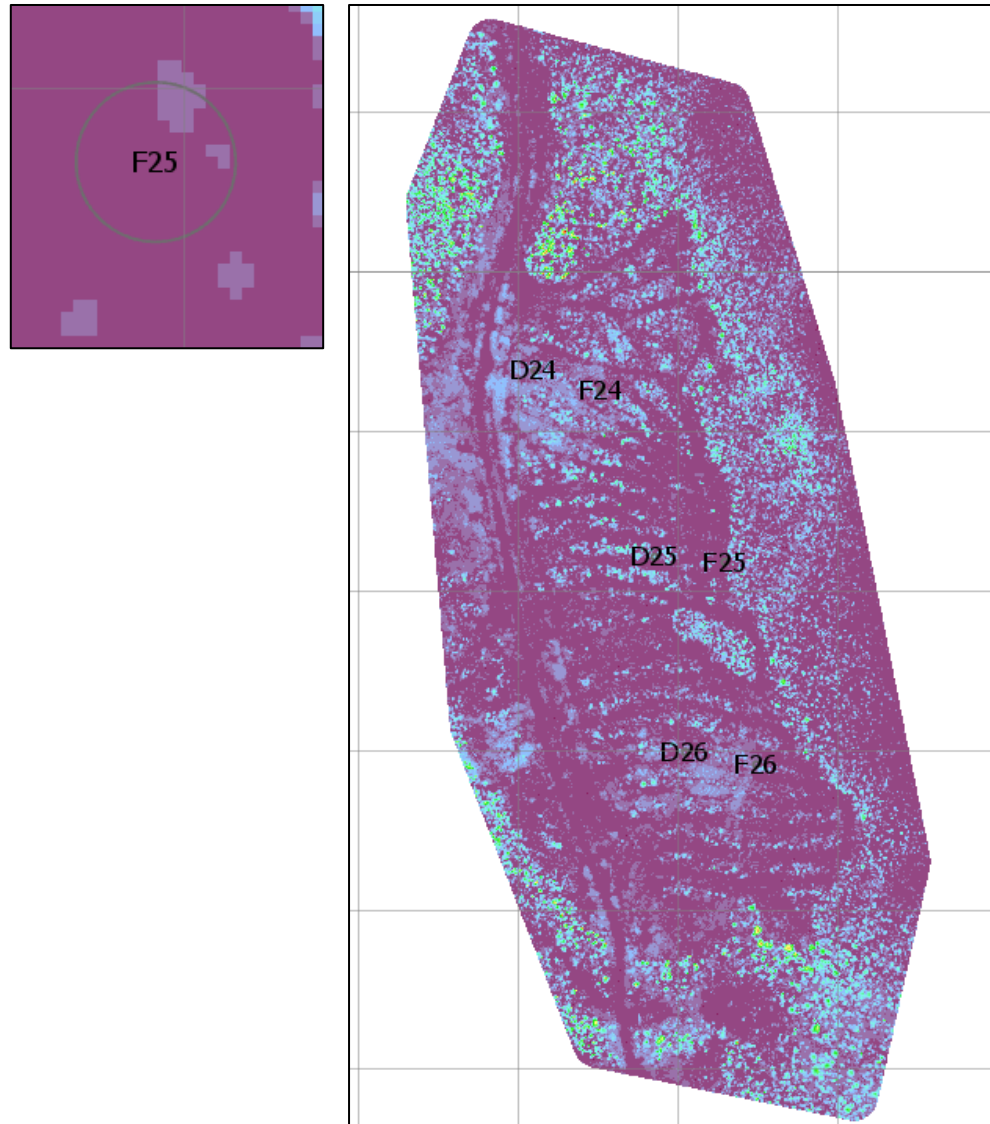


Figure 9. Superposition entre les placettes de 2 m de rayon sur le MHC.

Effet de la distance au canaux de drainage et hauteur de la canopée

L'analyse numérique des cartes nécessite la création d'une carte des distances aux canaux de drainage (Figure 8) qui sera mise en relation avec les propriétés de moyenne, maximum et de 95<sup>e</sup> percentile de hauteur calculé au sein de placettes de 2m de rayon (Figure 9) disposées de manière à couvrir le gradient de distances aux canaux de drainage à l'intérieur de chaque traitement.

La matrice de corrélation de Pearson a été calculé pour chaque traitement (Tableau 7) et la figure 10 présente la relation entre la distance au canaux et la hauteur du couvert pour chaque traitement.

Tableau 7. Corrélation de Pearson entre distance aux canaux et métriques LiDAR; placettes à moins de 25 m des canaux.

Indice LiDAR	Traitement		
	Conventionnel ( <i>n</i> = 79)	35m, enfoui ( <i>n</i> = 83)	15m ( <i>n</i> = 112)
Hauteur maximum	-0.351**	-0.168	0.297**
95e percentile de la hauteur	-0.327**	-0.152	0.276**
Hauteur moyenne	-0.336**	-0.167	0.275**



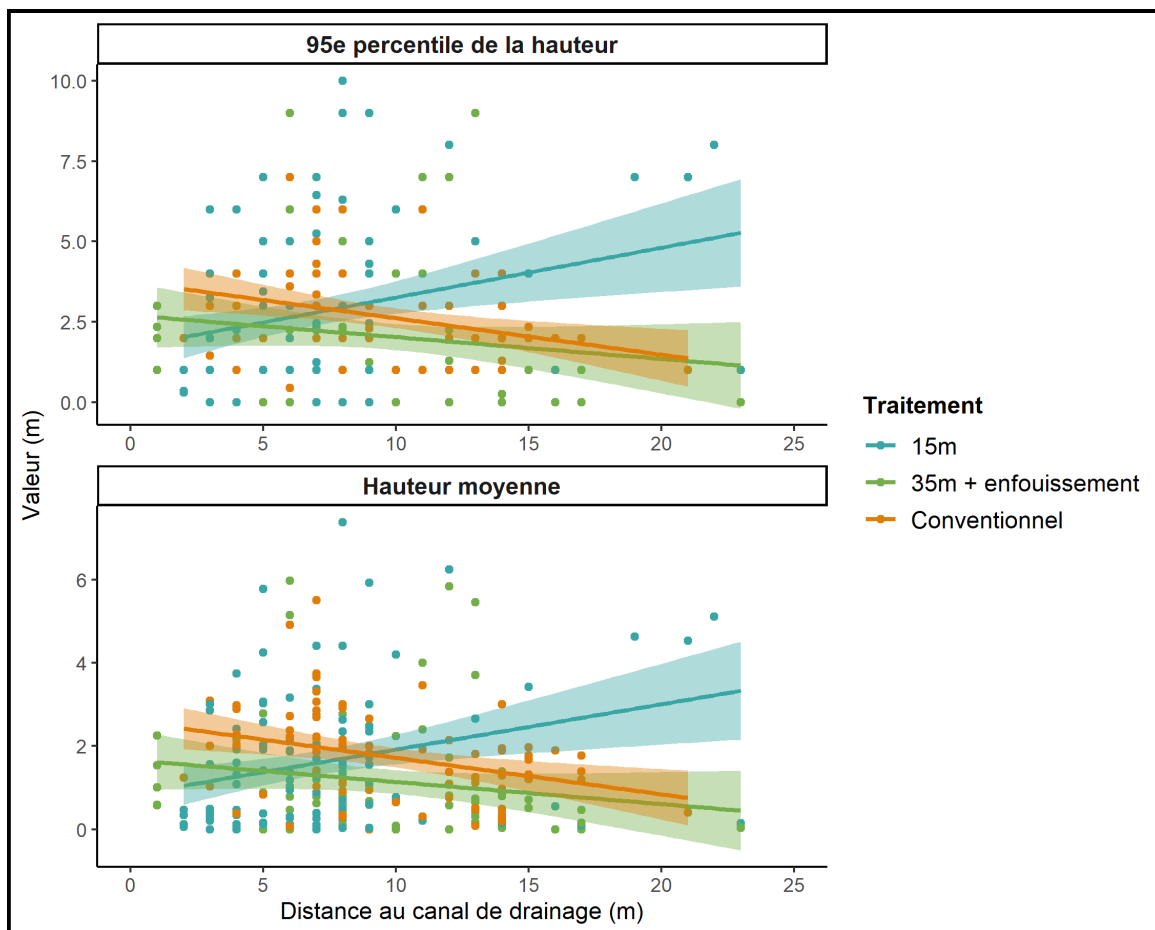


Figure 10. Relation entre la distance (m) au canaux de drainage et le 95<sup>e</sup> percentile de la hauteur (panneau du haut) et de la hauteur moyenne (panneau du bas) selon les trois traitements (conventiennel, 35 \_ enfouissement et 15 m).

Les écarts de hauteur du couvert sont considérables et varient entre moins de 1m et plus de 6m de hauteur parmi les différents traitements (Figure 10). Bien que significatives, l'effet de la distance aux canaux de drainage demeure relativement faible ( $r < -0,36$ , Tableau 7). La figure 10 indique que le traitement par drainage conventiennel (en orange) est légèrement supérieur à celui modifié sans bassin de rétention (en vert) mais cette différence n'apparaît pas significative (chevauchement des courbes). Ce qui est cependant inquiétant, c'est l'effet positif et

significatif de la distance aux canaux de drainage dans le dispositif à canaux rapprochés. Cela signifie que, dans ce cas, les tiges les plus hautes sont généralement celles qui sont le plus éloignées des canaux. Cela laisse supposer un choc de traitement élevé lié au passage plus intensif de la machinerie dans le traitement à canaux rapprochés.

#### Évidence du castor

Nous n'avons pas trouvé d'évidence de castor dans les canaux de drainage que ce soit à partir de l'analyse des images que des inventaires de terrain. La figure 11 avec le MNT montre une surélévation du sol en rouge (débris) qui est confirmé par l'image optique plus bas. Mais rien n'apparaît lié à la présence de castors.

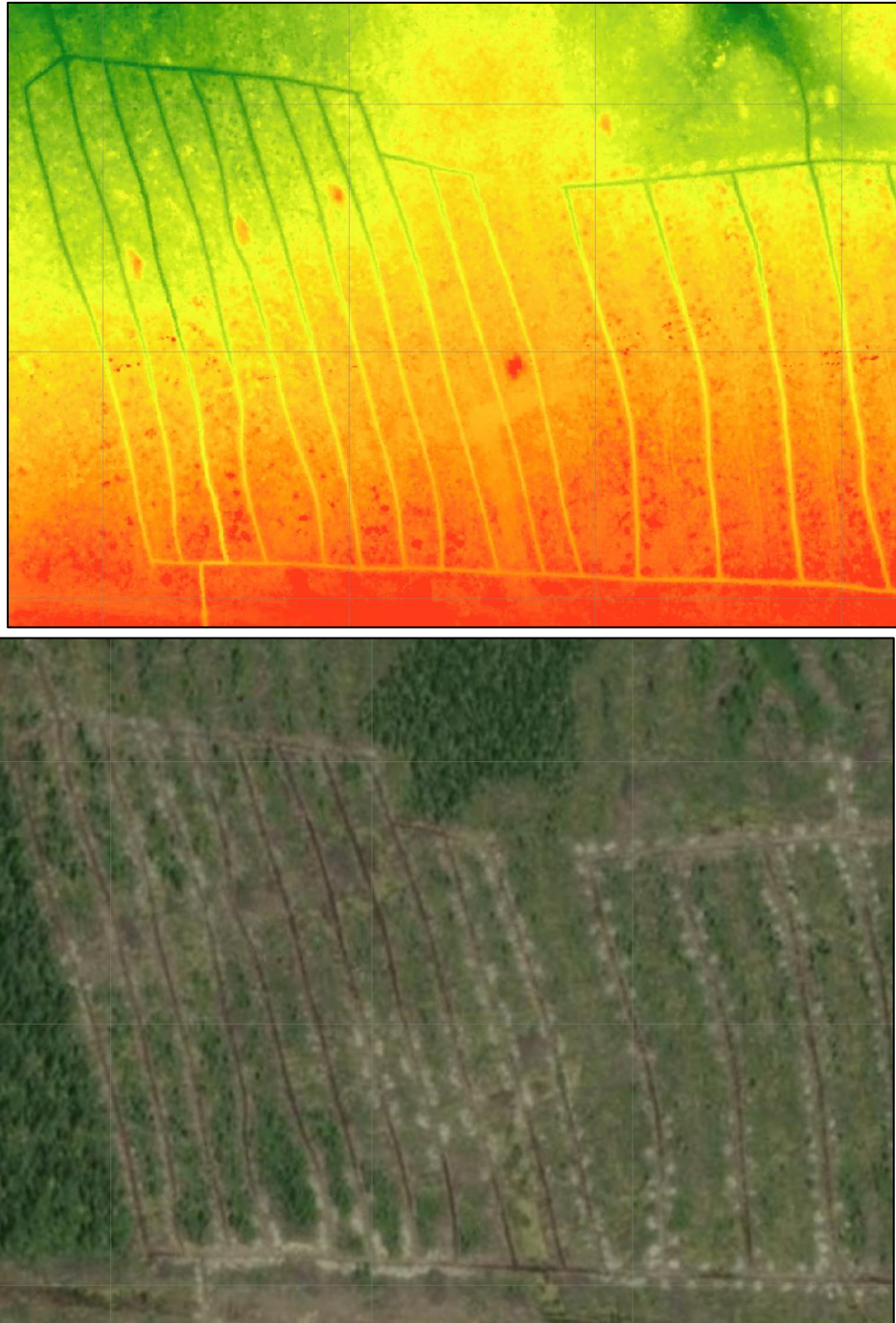


Figure 11. Monticules en rouge sur le MNT (haut) et image optique (en bas).

#### 4. Points saillants

- Le stocking en gaules indique qu'en moyenne il y avait plus de chance de rencontre de gaules dans les sites drainés et encore davantage près des canaux drainage.
- L'analyse des flèches terminales indique des tendances moins claires mais supporte l'hypothèse que la croissance est meilleure près des canaux d'irrigation. Le bloc 7 (témoin sans drainage) fait cependant exception avec les meilleures performances de croissance parmi tous les blocs de traitement.
- L'analyse de la croissance radiale ne révèle pas d'information pertinente. Cette croissance est possiblement davantage influencée par le degré d'ouverture du peuplement que par le drainage.
- L'analyse dendrochronologique de la croissance en hauteur semble confirmer un effet drainage avec des temps plus longs de passage de 30cm à 1m de hauteur chez les sites non drainés et plus court chez les sites à drainage plus intensifiés mais les effectifs (n= 19) demeurent passablement faibles.
- L'analyse des images LiDAR aéroportées livre un aperçu plus global de la réponse de croissance à la proximité d'un canal de drainage. La hauteur du couvert apparaît légèrement plus haute près des canaux d'irrigation (près d'un mètre plus haut) pour les traitements à drainage conventionnel et légèrement modifié (sans bassin de rétention) mais l'effet traitement est inversé lorsqu'on densifie les canaux en les espaçant de 15 m seulement. Dans ce traitement, le couvert est plus haut lorsqu'on s'éloigne des canaux. Dans toutes les situations, la relation demeure faible ( $r < -0,36$ ) et est donc très variable selon la localisation.

- Aucun indice de présence du castor n'a été observé sur les sites que ce soit rapportés par les équipes de terrain ou sur les images LiDAR.

## 5. Conclusion

Considérant la faible réponse au traitement et la forte variabilité qui accompagne cette réponse, davantage d'investigations devront être réalisées avant de conclure en un effet réel du drainage.

## 6. Recommandations

- 1) Refaire un suivi dans une dizaine d'années. Dans bien des cas, la réponse des conditions de croissance favorables tend à s'accroître avec le temps ;
- 2) Sélectionner des tiges études parmi les tiges d'avenir plutôt que de prendre les plus hautes. Il a été noté que les meilleures réponses de croissance sont davantage observées chez les petites tiges d'épinette. Les grandes tiges souvent réagissent mal aux changements de conditions de croissance. Dans cette étude la sélection des plus grandes tiges a possiblement diminué la réponse à la proximité d'un canal de drainage ;
- 3) Vérifier si le micro relief, les températures et l'humidité des sols sont altérées par la proximité d'un canal de drainage. Il existe de plus en plus d'indices qui permettent de calculer avec une grande précision la productivité des sols et cela à grande échelle ;
- 4) Refaire des analyses des images LiDAR avec un plus grand effectif d'échantillonnage. Les images prises dans cette étude pourraient être ré-analysées et faire l'objet d'une recherche plus approfondie afin de comprendre le pourquoi que la hauteur du

couvert est si variable selon la distance au plus proche canal de drainage.

## 7. Références

Groupe CAF 2020. Rapport photographique COOP UQAT. MFFP 8 pages.