



Changer de perspective avec précision :

Des solutions peu coûteuses pour les opérations forestières

Udaya Vepakomma

Copie et redistribution interdites. Copying and redistribution prohibited.

Opérations forestières : réponses à un besoin ayant un impact à long terme



Opérations forestières : réponses à un besoin ayant un impact à long terme

Peu de temps pour réagir

Connaissance limitée du site

Ressources qualifiées limitées

Changement de climat et de conditions

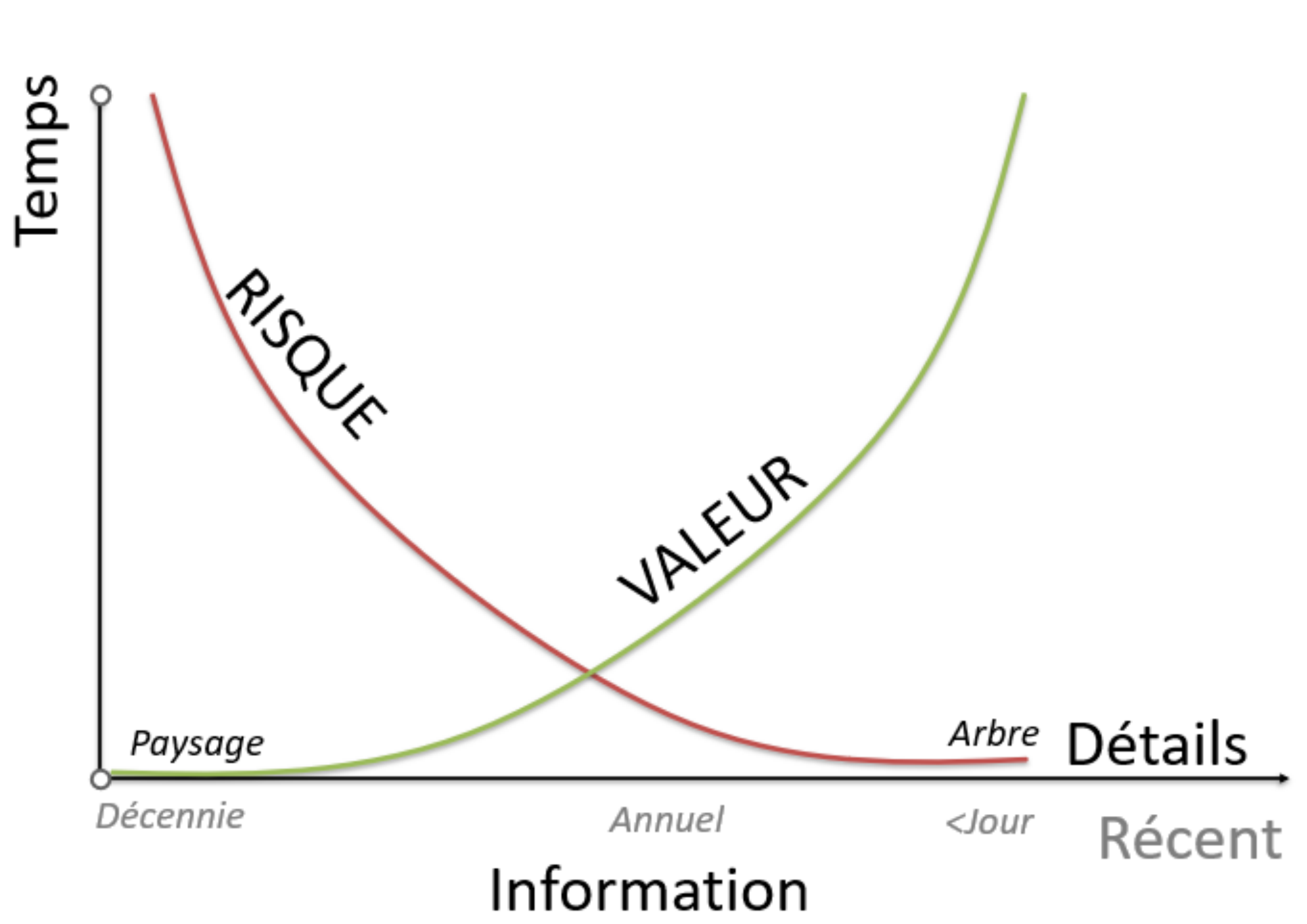
Perturbations naturelles

3



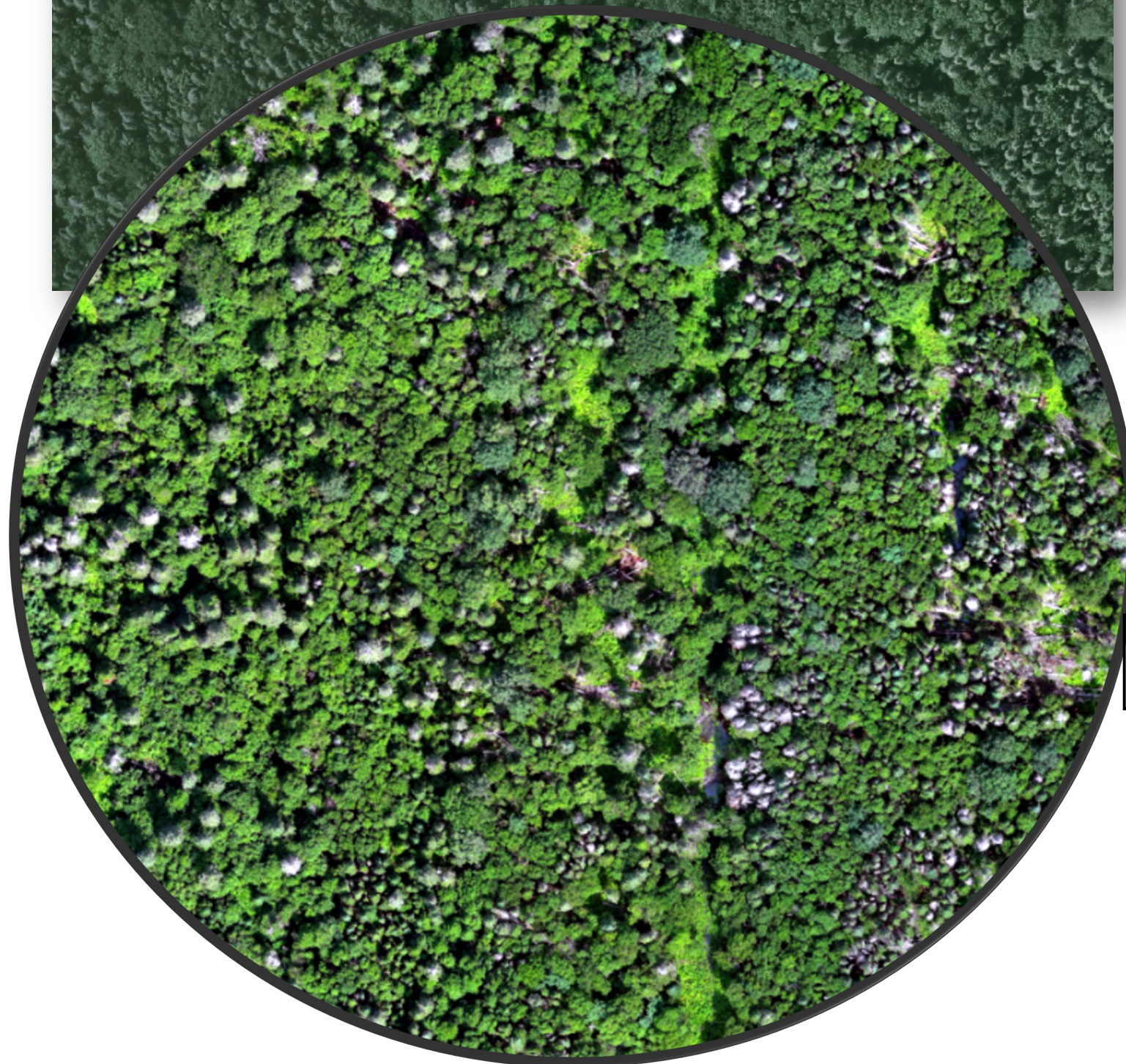
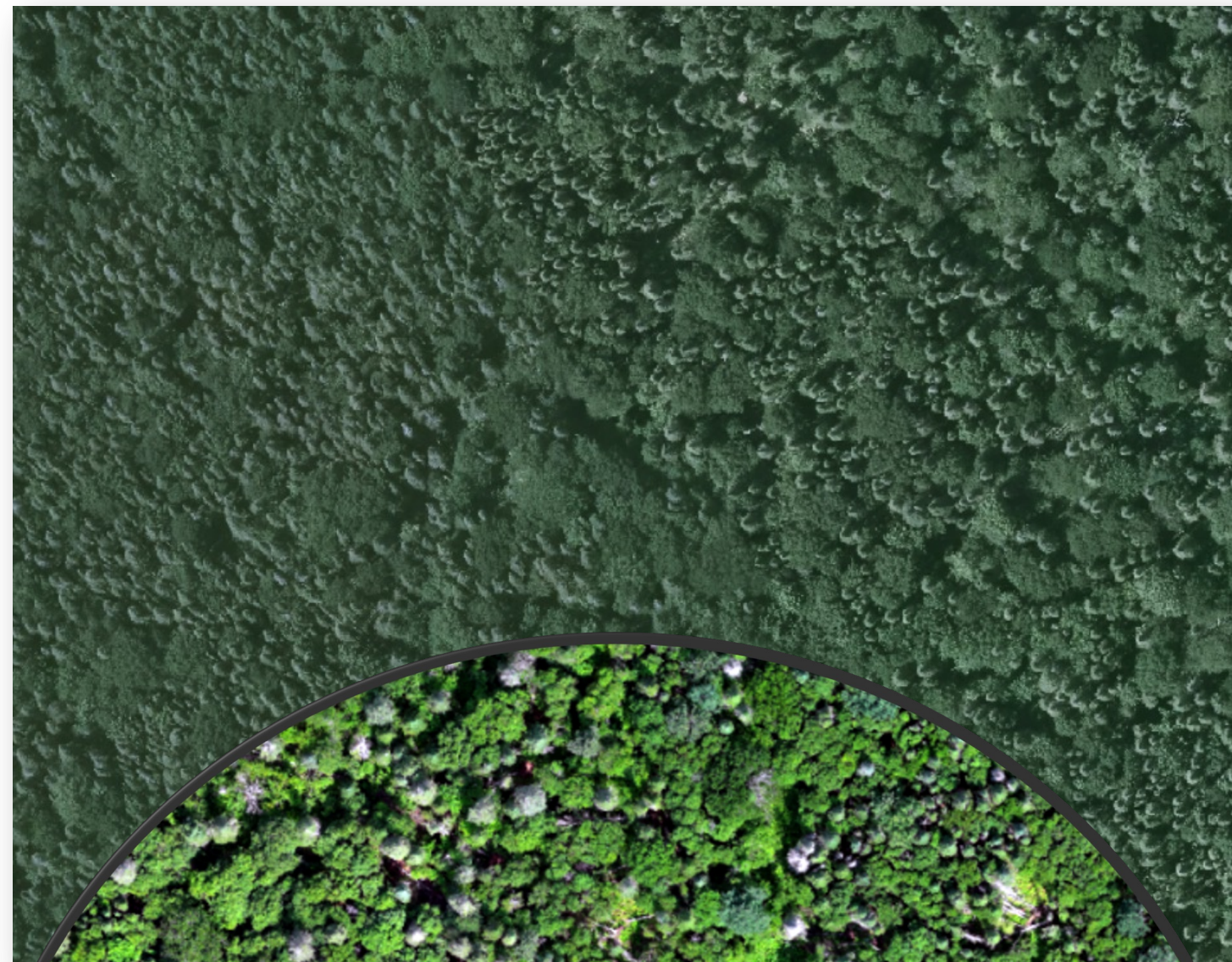
Opérations forestières : réponses à un besoin ayant un impact à long terme

Impact des décisions durant la planification des opérations/mise en application



Téledétection réactive : granularité et récence améliorées

Amélioration des détails



Facilité de collecte des données

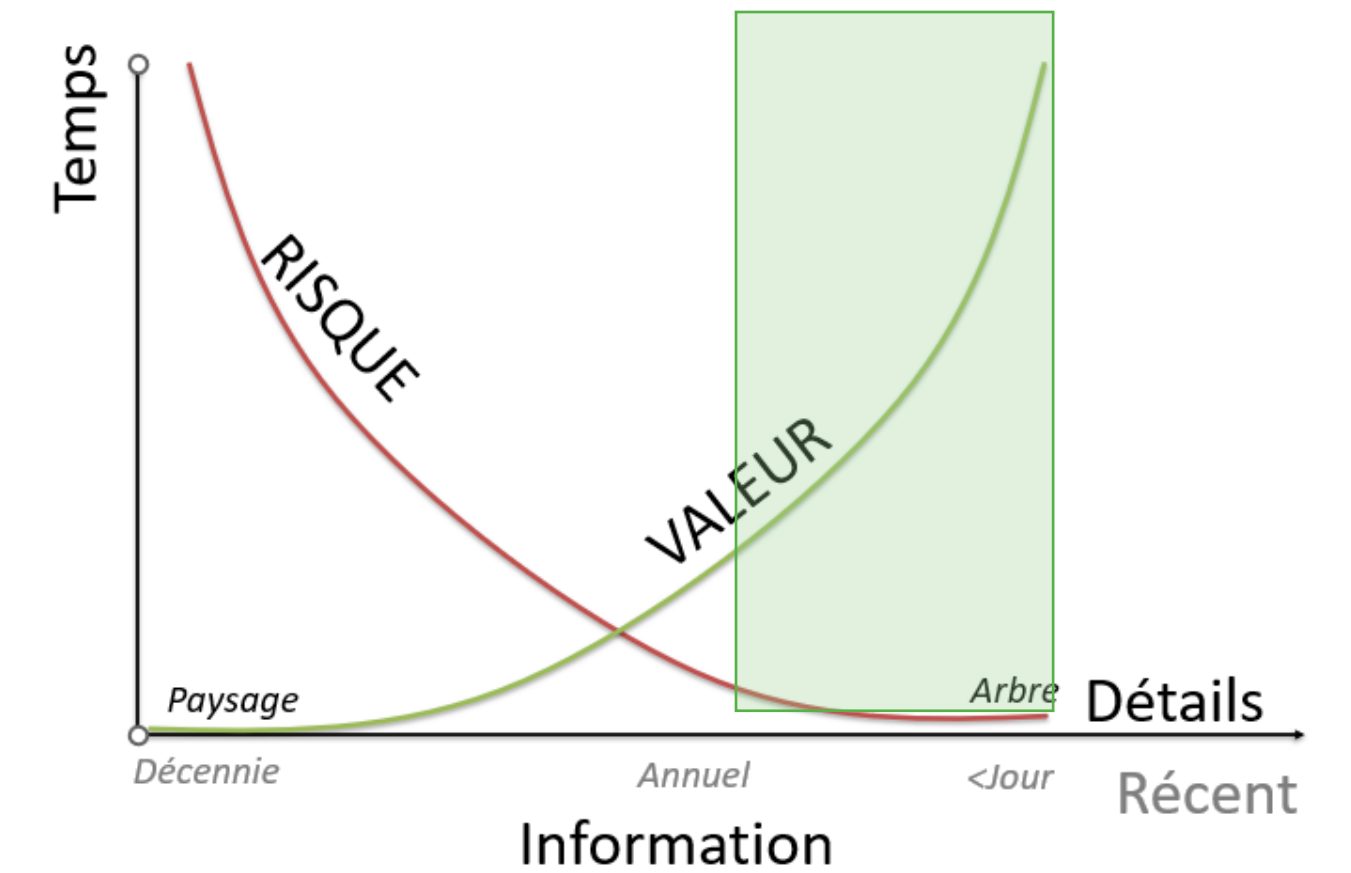


Flux de travail automatisés (presque en temps réel)

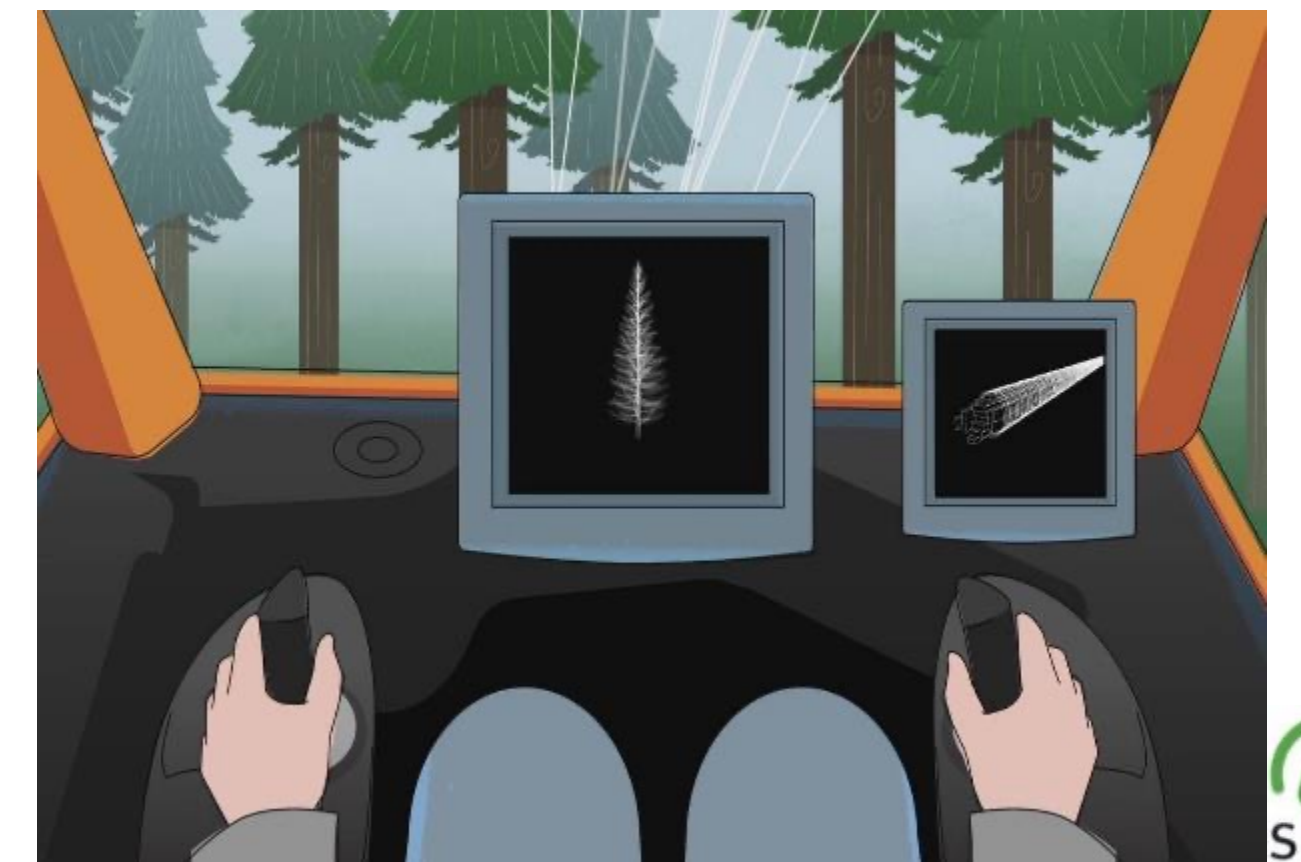


Risque réduit

Impact des décisions prises lors de la planification / mise en œuvre des opérations



Transformation numérique



Téledétection réactive : le drone comme plateforme de niche et la GeoAI comme conducteur



+

Geo-AI (Intelligence Artificielle)
Vision par ordinateur

Sensibilisation à la situation/sécurité

Conformité

Santé

Inventaire

OÙ, VALEUR AJOUTÉE, DÉFIS ?

Études de faisabilité

1. Contrôle et sécurité : identification des dangers potentiels et documentation
2. Routes forestières en terrain escarpé – commutations
3. Détection des points chauds, brûlage hivernal des piles
4. Inventaire dans les cours d'usine et piles de copeaux
5. Drainage de surface de la cour d'usine
6. Inventaire avant la récolte (couronne des arbres individuels, hauteur des arbres, DHP, distribution des DHP, distribution des hauteurs)
7. Identification des espèces d'arbres
8. Conformité après-récolte : détection automatique des biles et des piles (recensement et taille des pièces) FPResidue
9. Zones de récupération de la biomasse
10. Régénération : recensement et distribution (distribution des tiges, hauteur, densité, chargement, libre croissance) FPSilvi
11. Vigueur et dommages dus aux insectes
 - Stress et mortalité
 - Tordeuse des bourgeons de l'épinette/Intervention précoce
 - Récupération
15. Qualité du bois à la souche (arbres sur pied) :
 - Tiges individuelles (emplacement, hauteur de l'arbre, hauteur de la base du couvert, diamètre de la couronne, tige claire, diamètre de la tige)
 - Embranchements
 - Courbure de la tige
 - Détection de la sous-couverture
20. Efficacité du traitement
21. Caractérisation de la surface :
 - Identification des dangers de la surface
 - Capacité d'écoulement du trafic

Études de faisabilité

INVENTAIRE, CONFORMITÉ, SANTÉ

Essais	RGB, TIR Lidar	Visuel seulement	Recense- ment / Terrain aussi	Automa- tion possible	Modèle Portable / Adaptable
1		X			P
2		X	R		P
3			R	X	P
4			R	X	P
5			R	X	P
6			RT	X	A
7			R	X	A
8			RT	X	A
9			R	X	A
10			RT	X	A
11					
12			R	X	A
13					
15					
16			R	X	A
17					
18					
19			R / L	X	A
20			R	X	A
21					

IMPACT ÉLEVÉ

- ✓ Rentabilité
 - l'acquisition de données
 - latence
- ✓ Réduction des travaux terrain
- ✓ Valeur ajoutée
- ✓ Des flux de travail faciles à mettre en œuvre
- ✓ Courbe de formation courte

F : Partiellement complété par un inventaire terrain (dommages aux tiges, maladies, qualité des billes)

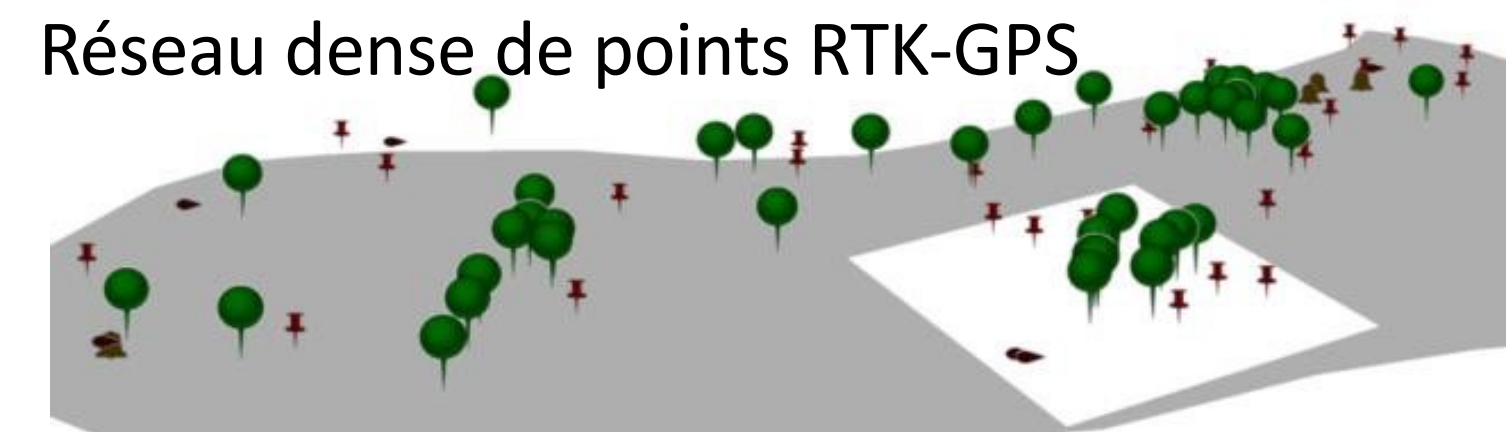
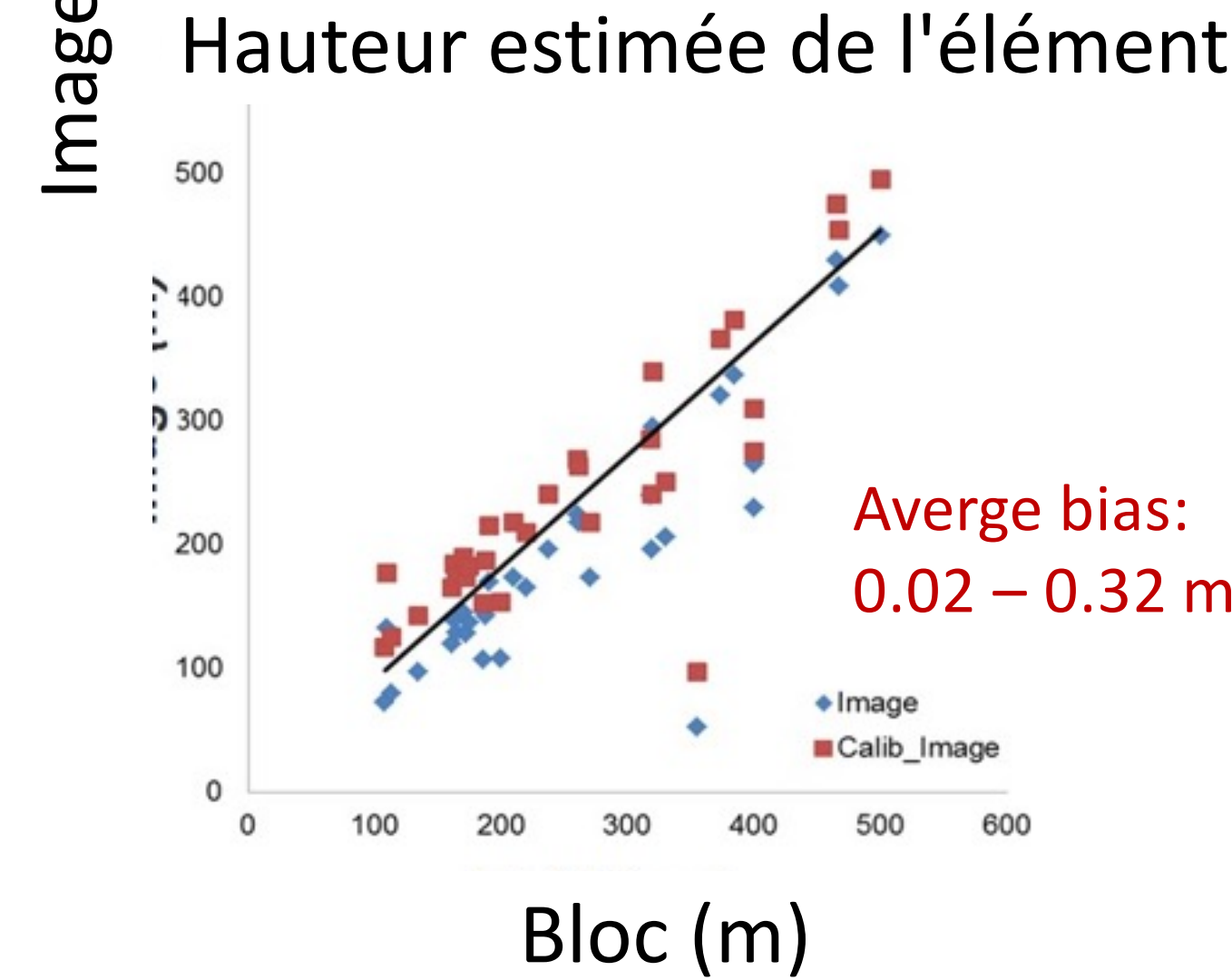
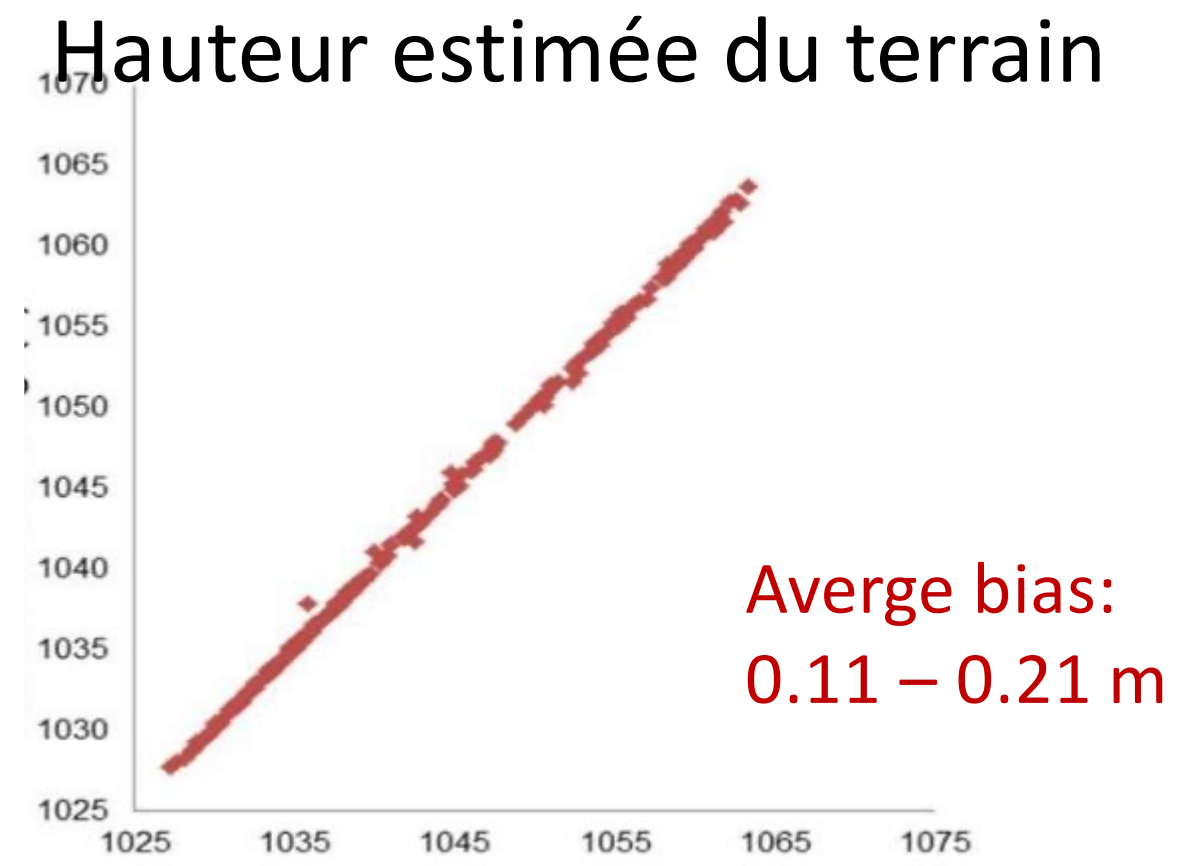
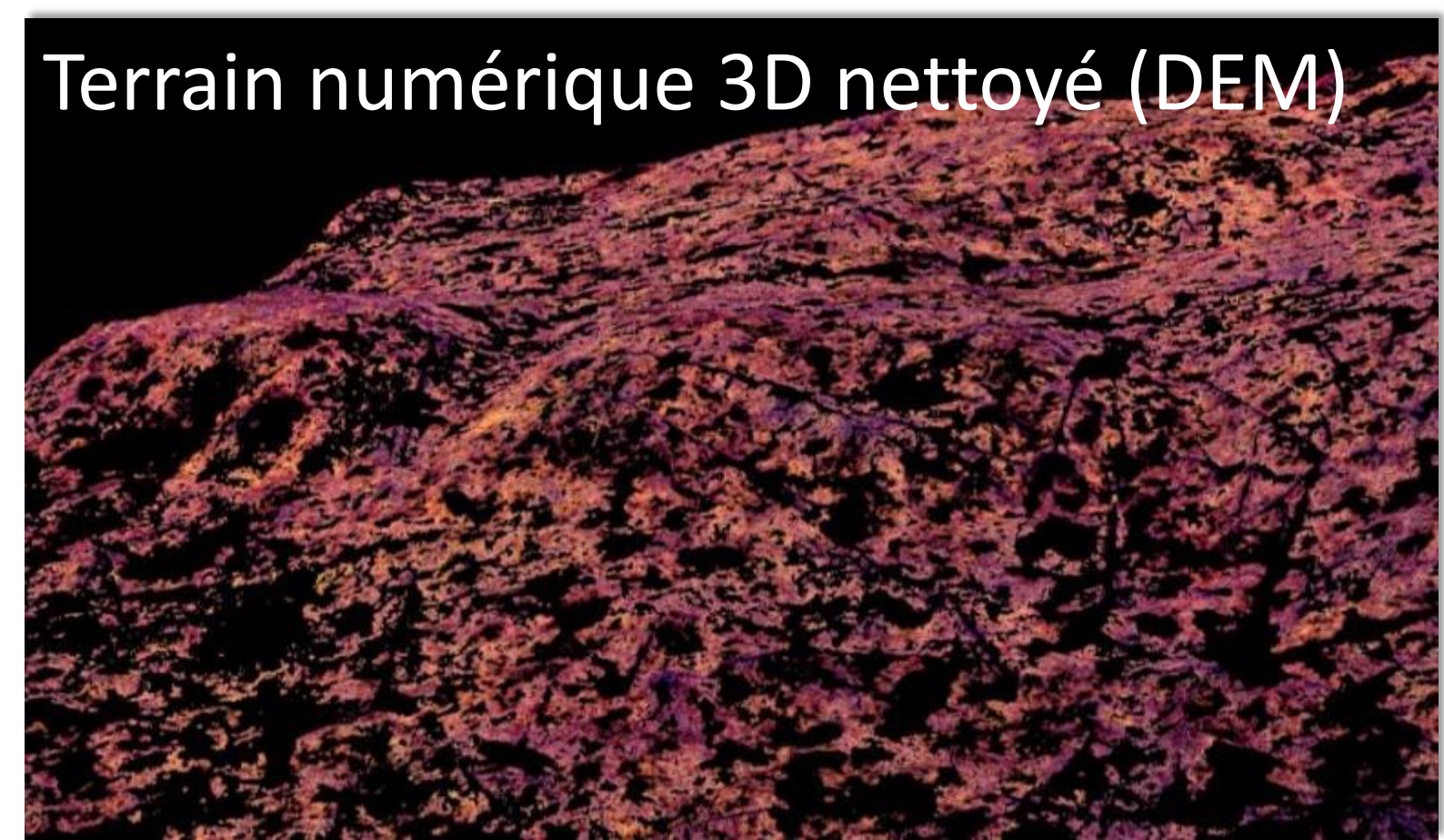
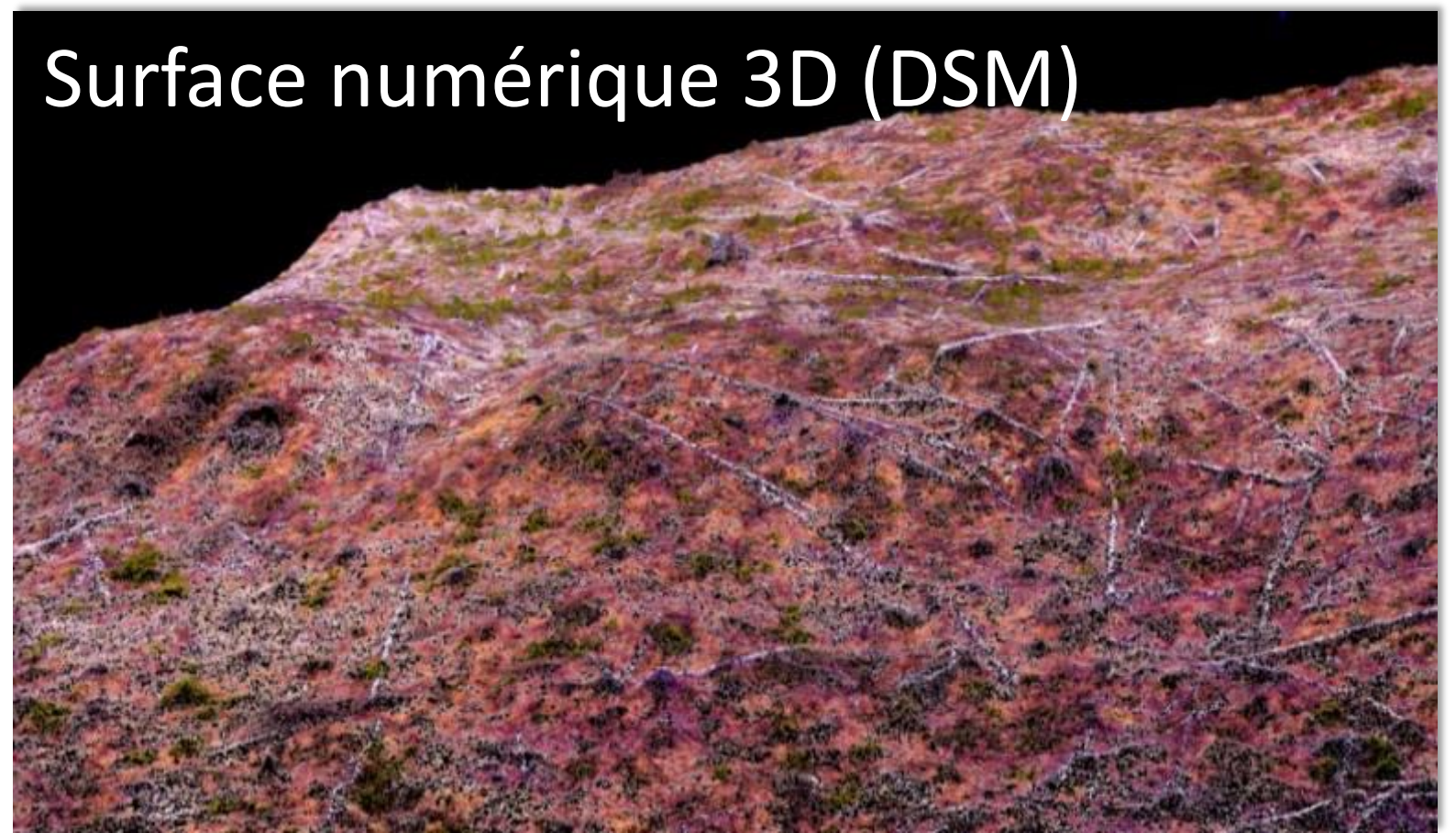
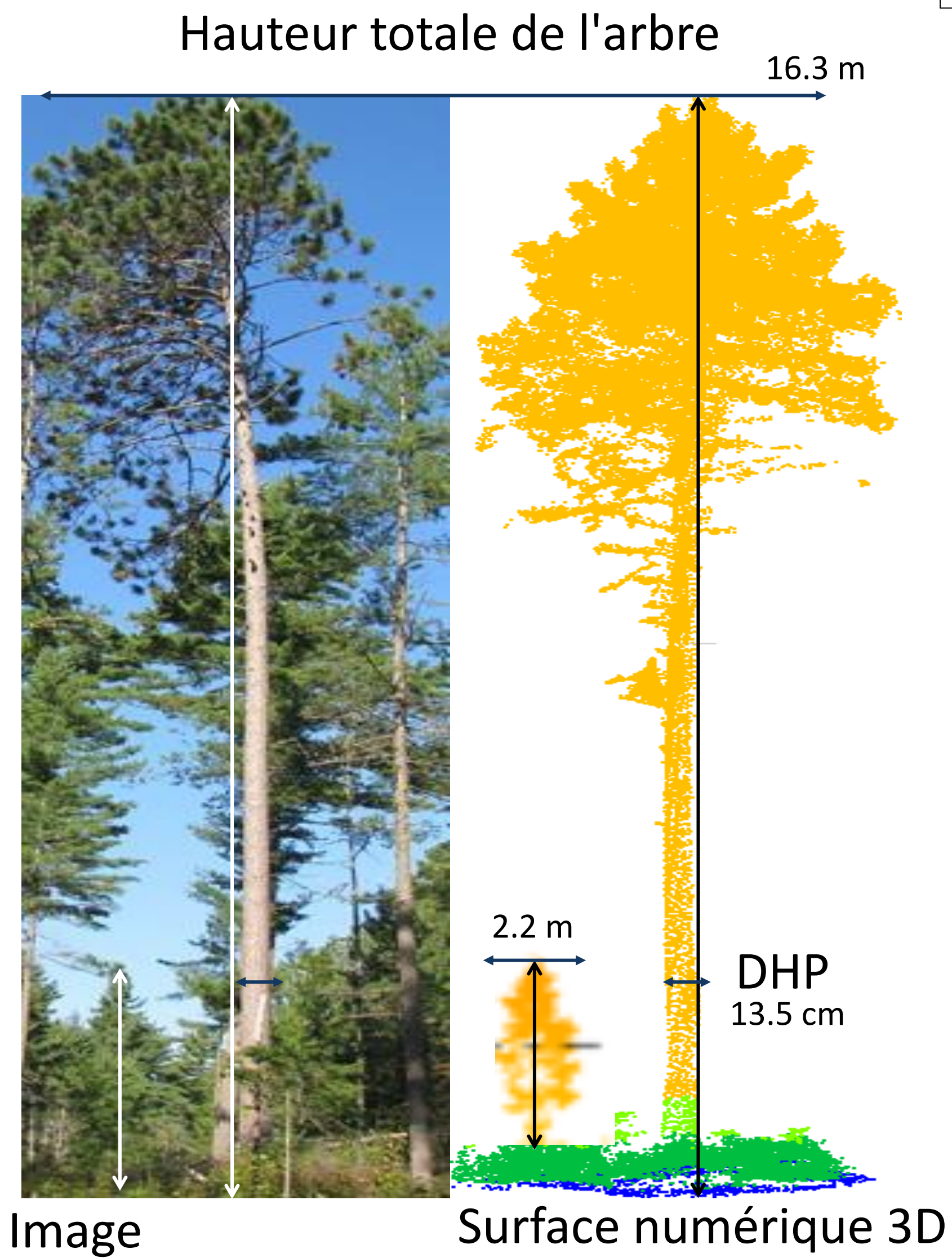
Téledétection réactive : Des solutions à fort impact

INVENTAIRE, CONFORMITÉ, SANTÉ

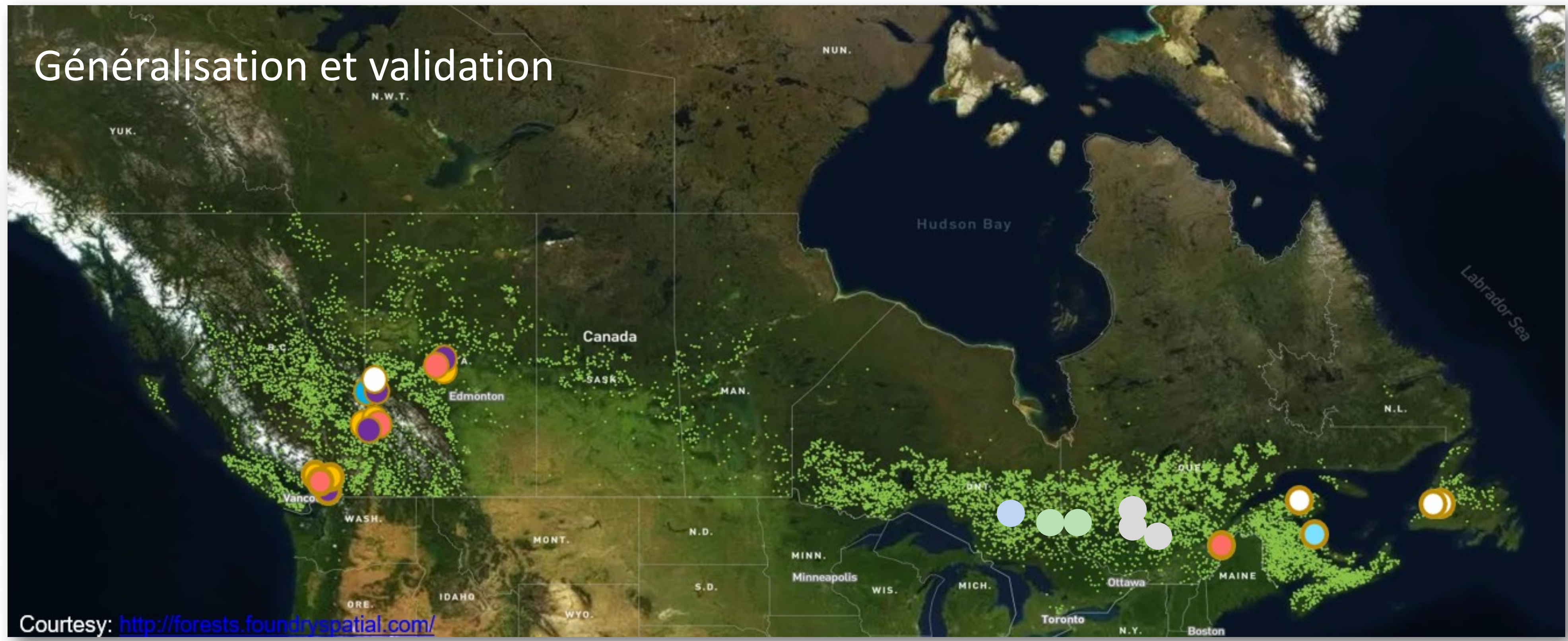
RGB Image	Automatisé	Généralisé	Validé	Prêt au déploiement
STEMS Image: Inventaire avant récolte avec image RGB	Green	Green	Green	Green
FPResidue - Conformité après récolte - Résidus	Green	Green	Green	Green
FPSilvi - Conformité après récolte - Régénération	Green	Green	Green	Green
AIDD – Détection précoce des dommages d’insectes	Green	Green	White	White
FoliageLoss – Stress, mortalité, récupération	Green	Green	Green	Green
DETECT: Efficacité du traitement	Green	White	White	White
LiDAR	Grey	Grey	Grey	Grey
STEMS lidar: Qualité du bois à la souche	Green	Green	White	White
Danger de surface	Green	Grey	Grey	Grey
Trafficabilité	Green	White	White	White

Mesure précise de l'élément sur l'image

Hauteur de l'objet = DSM - DEM



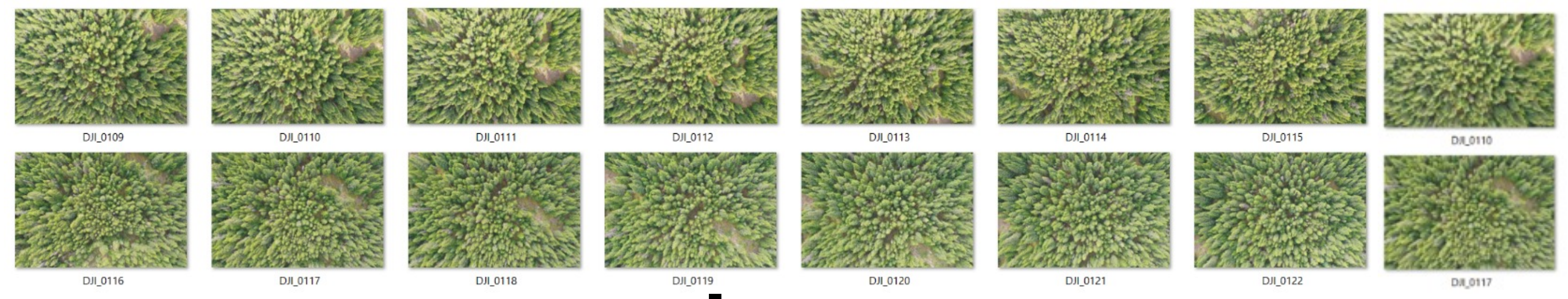
Expérience dans des conditions variées à travers le Canada



Terrain, mélange d'espèces, compétition, vigueur

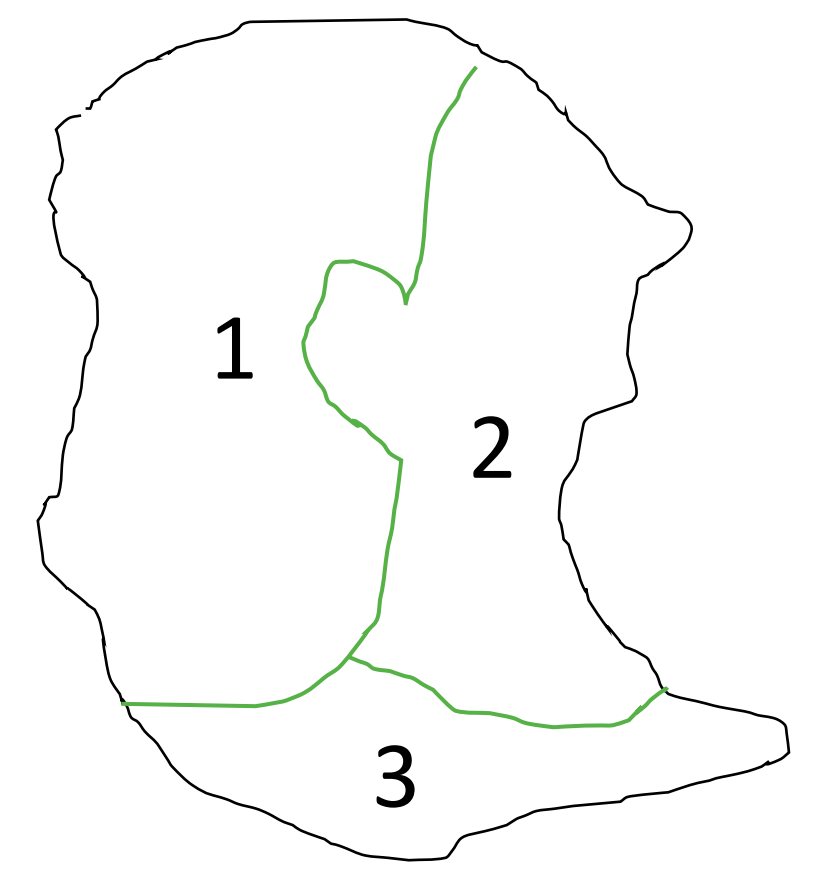
1 Entrées standard pour toutes les solutions basées sur les images (RGB)

Images brutes venant de drone



Processus de photogrammétrisation

Contour du bloc



Modèle de surface numérique (MSN)

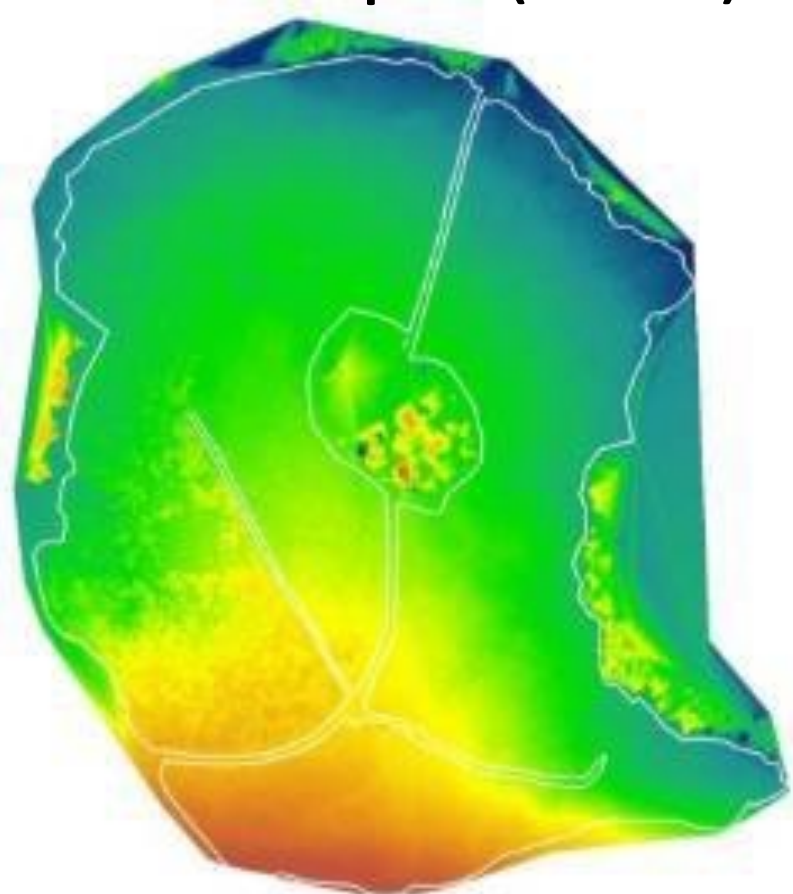
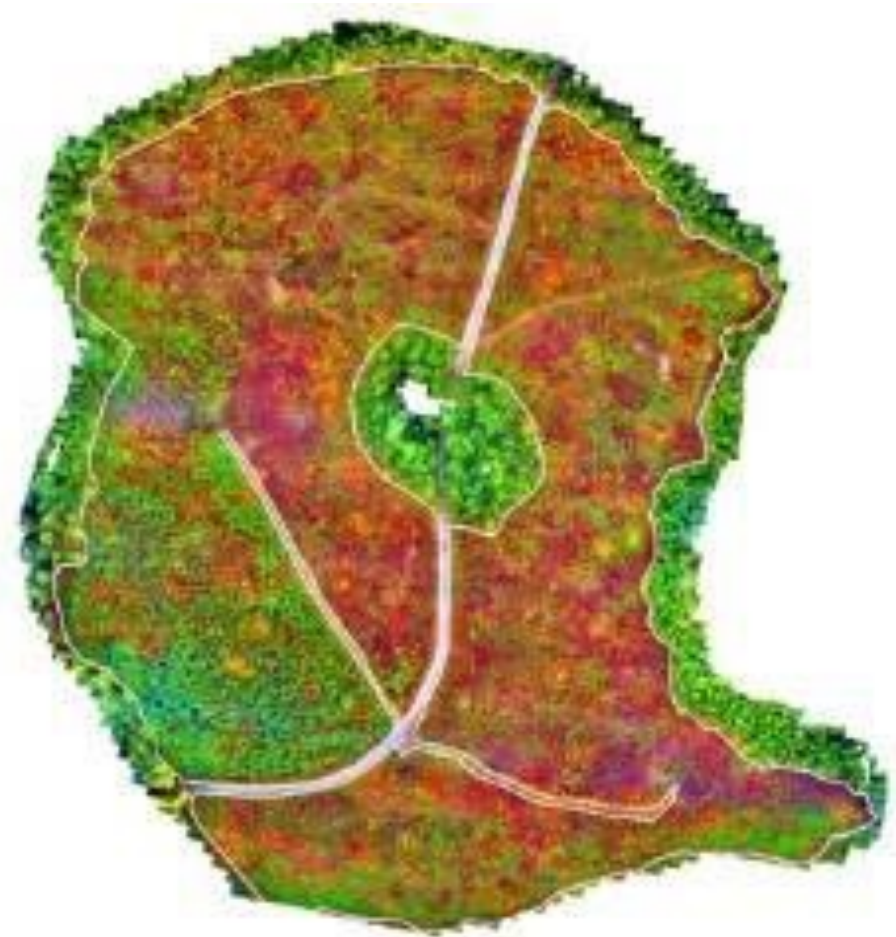
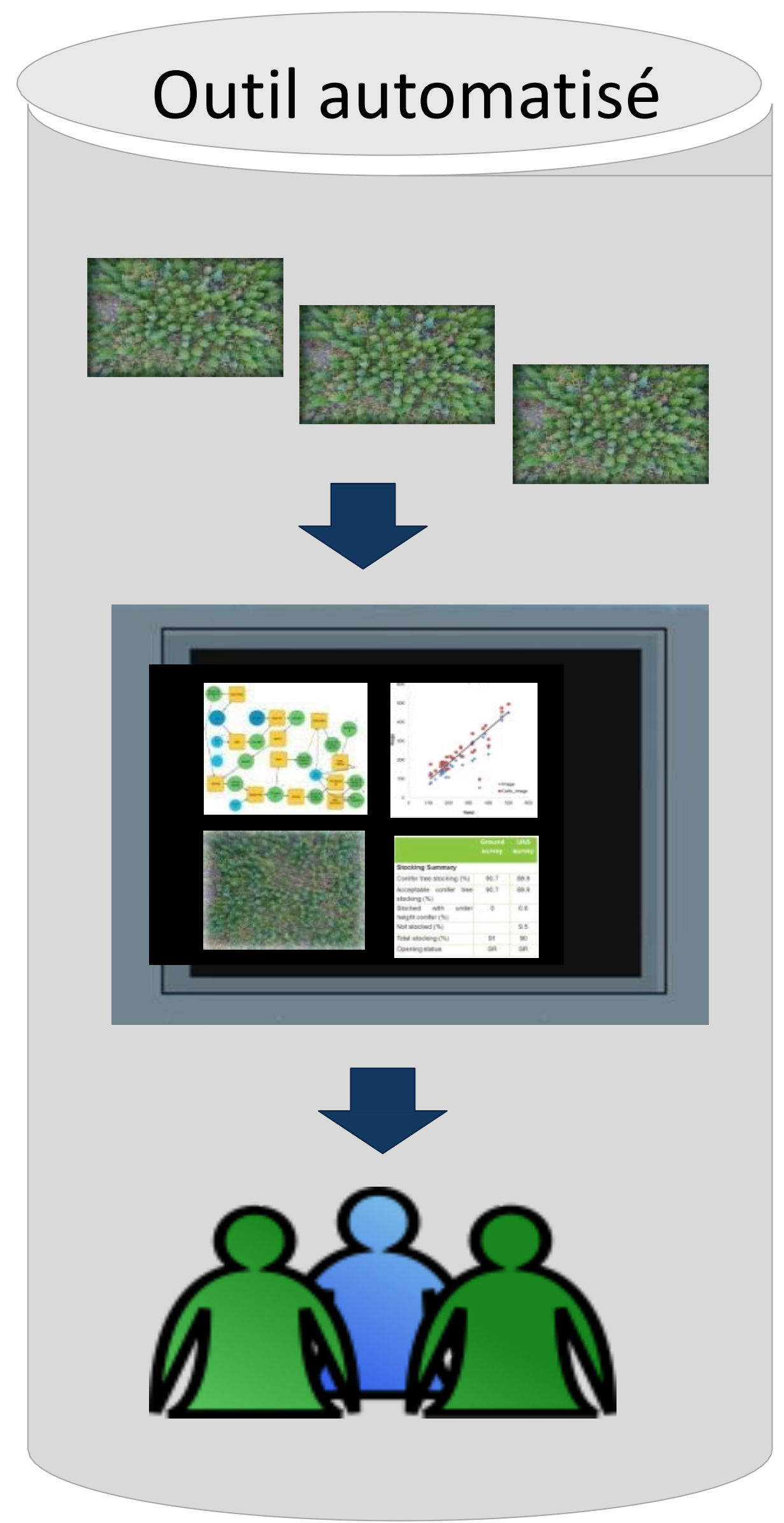


Image orthomosaique



copie et redistribution interdite

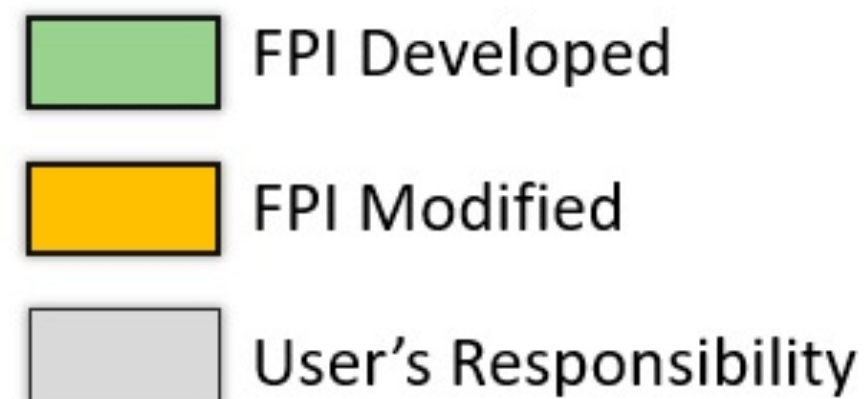
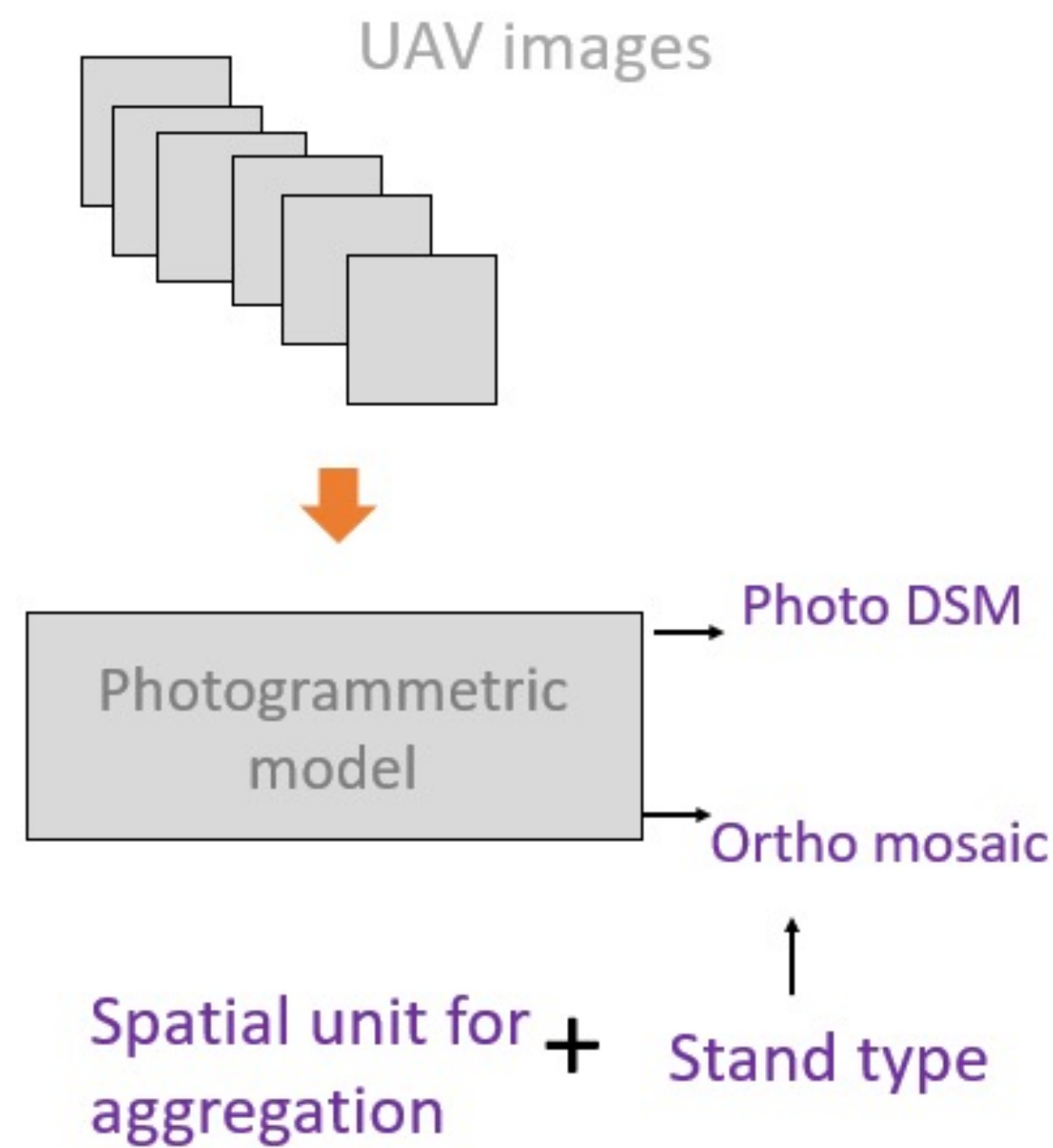


Inventaire avant récolte avec STEMS

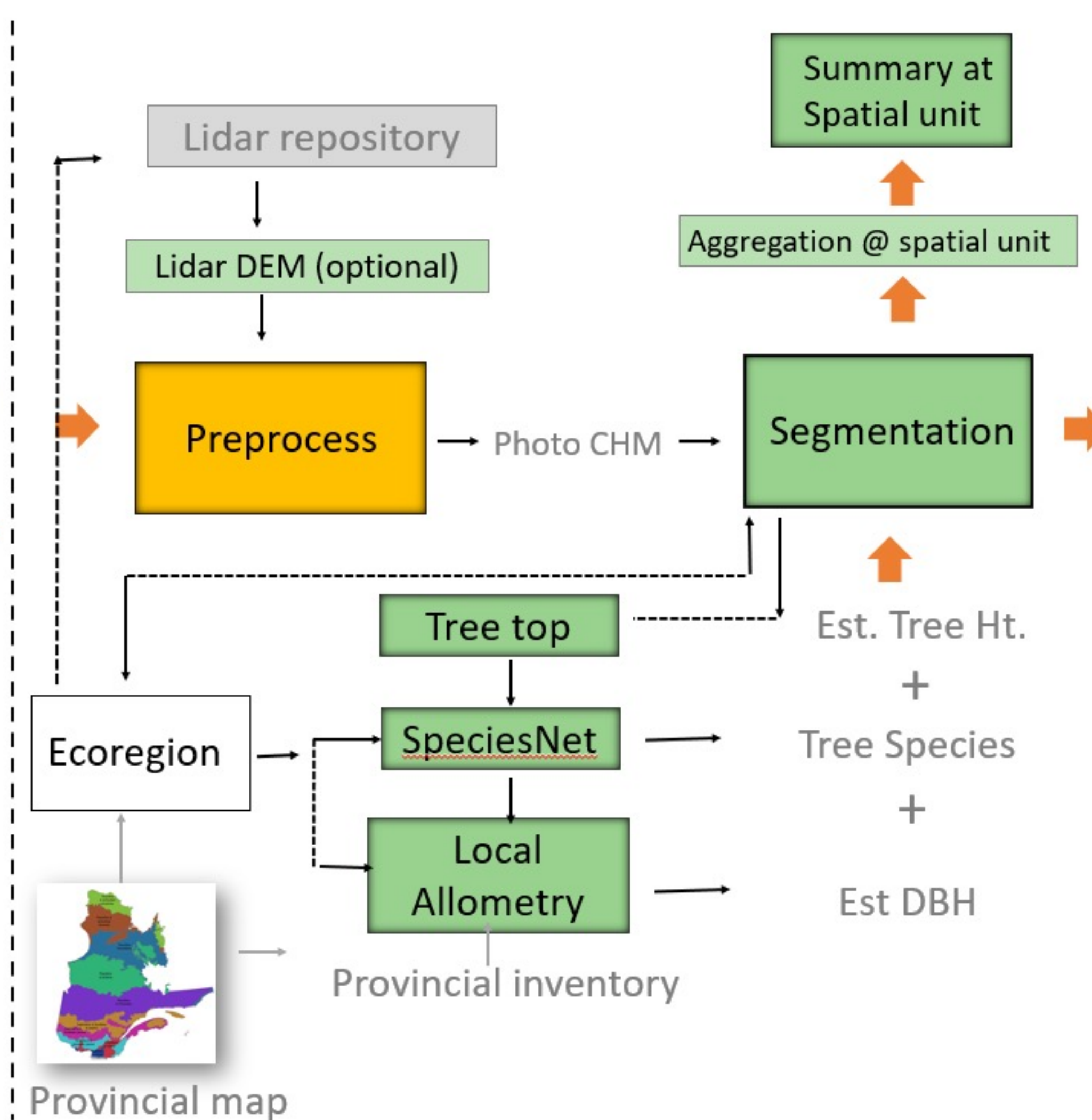


STEMS IMAGE - FLUX DE TRAVAIL GÉNÉRAL

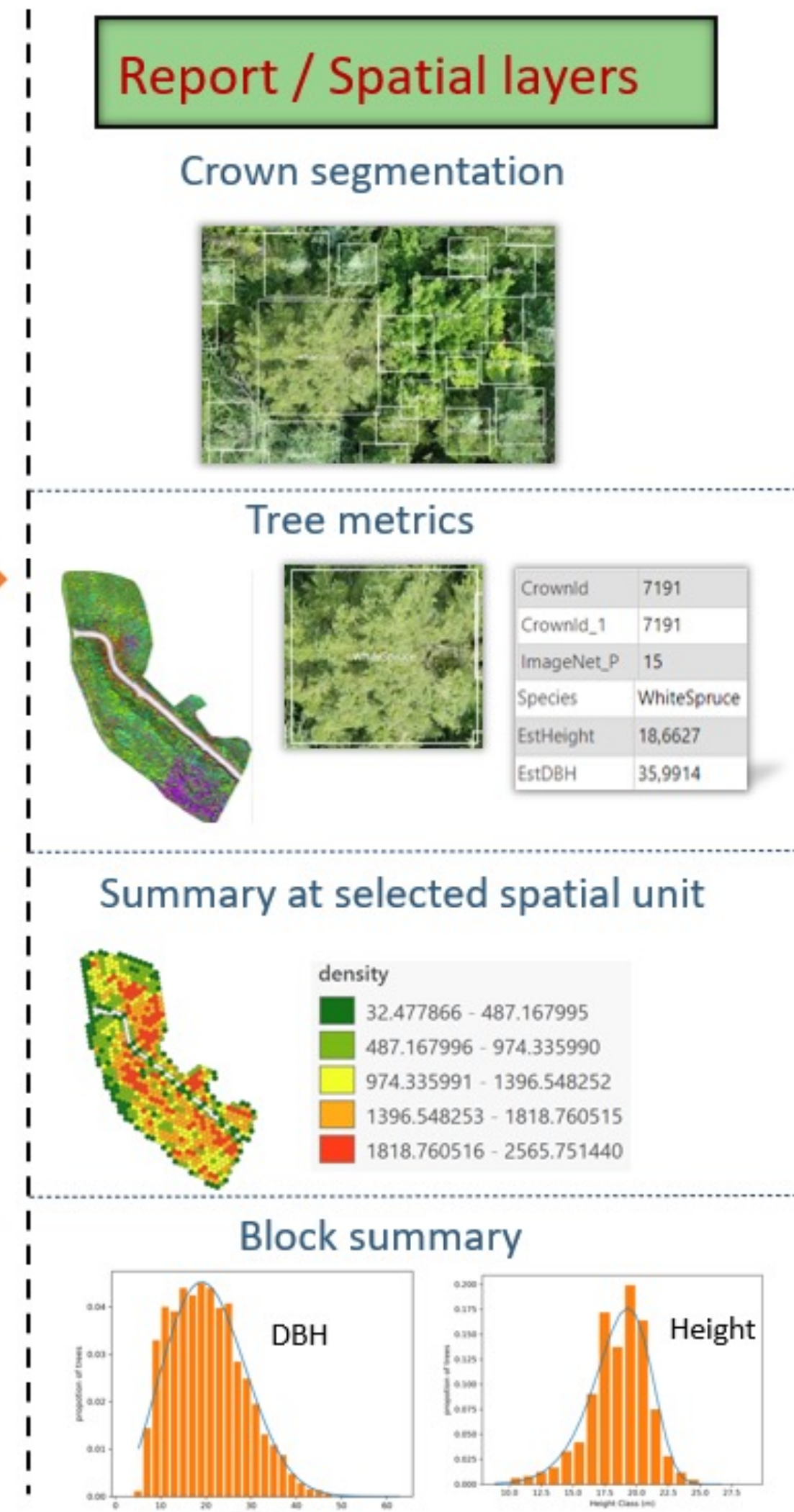
Contribution à STEMS



Processus STEMS



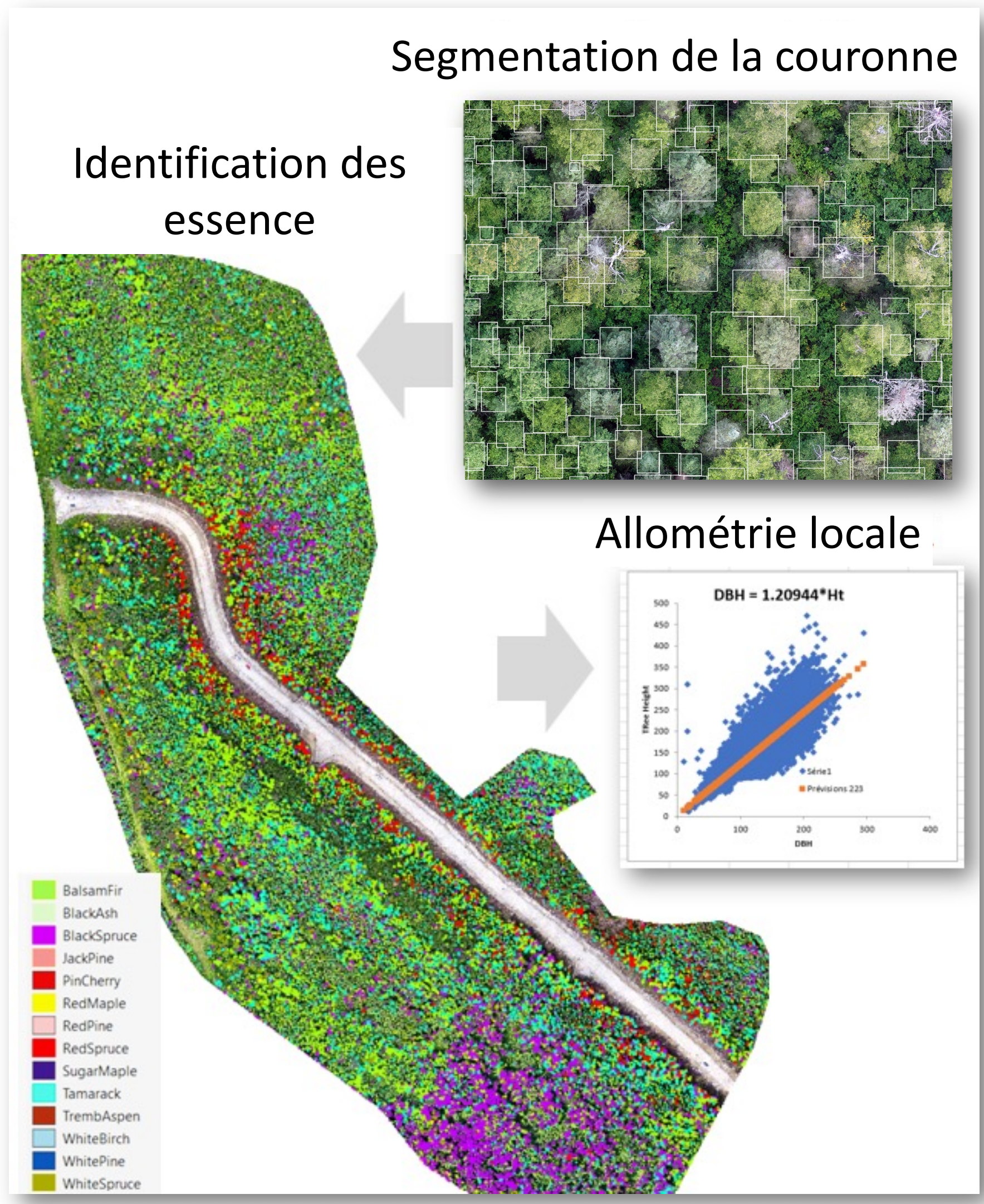
Résultats de STEMS



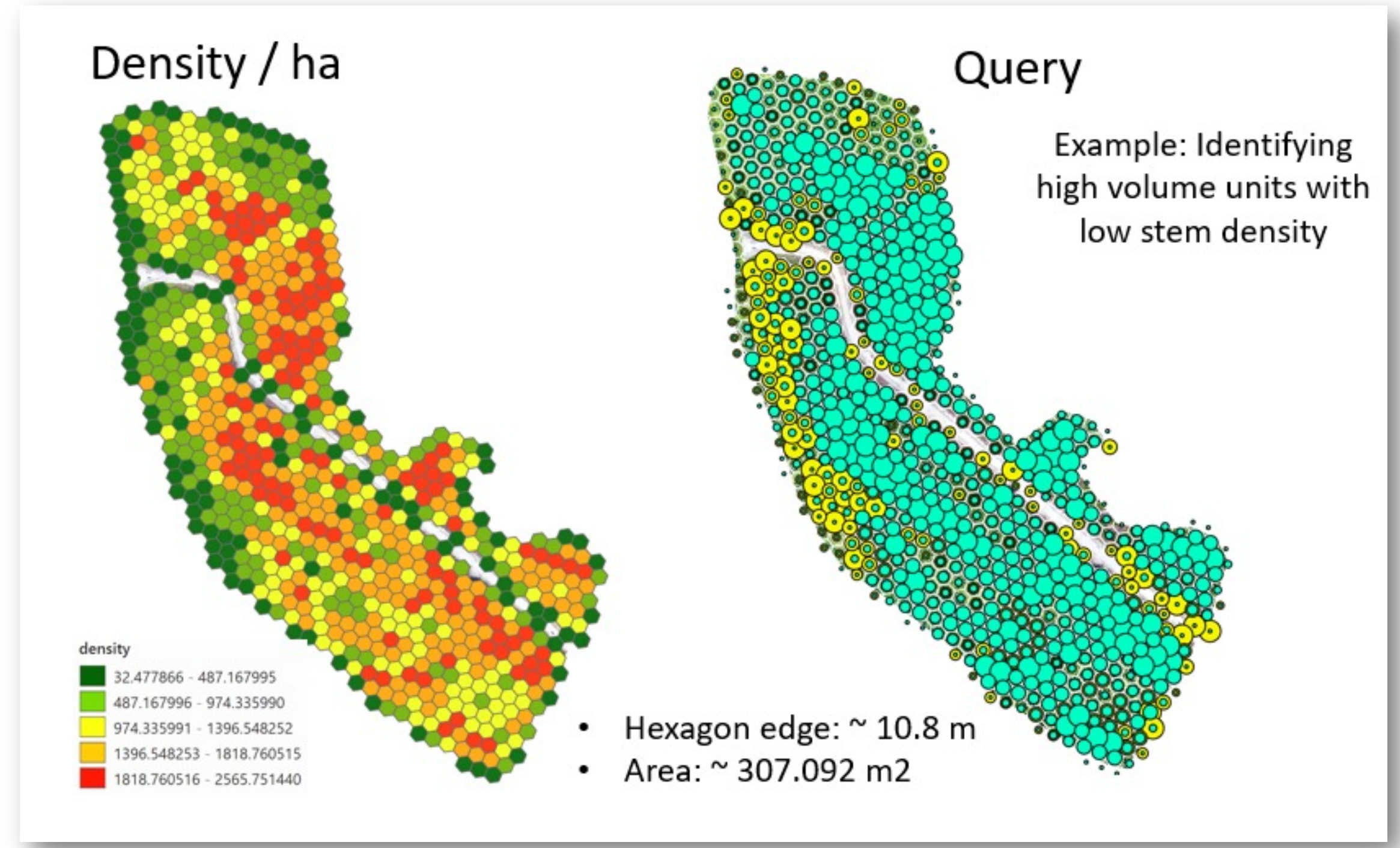
Outil d'imagerie STEMS (Single Tree Metrics and Stand Assessment)

Exemples de résultats spatiaux et sommaires attendus de STEMS

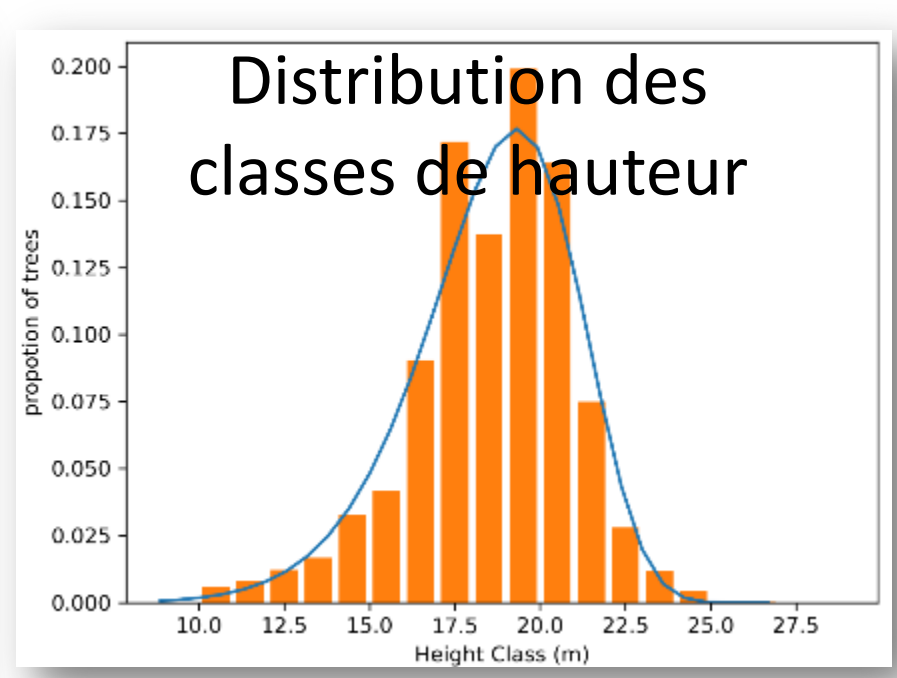
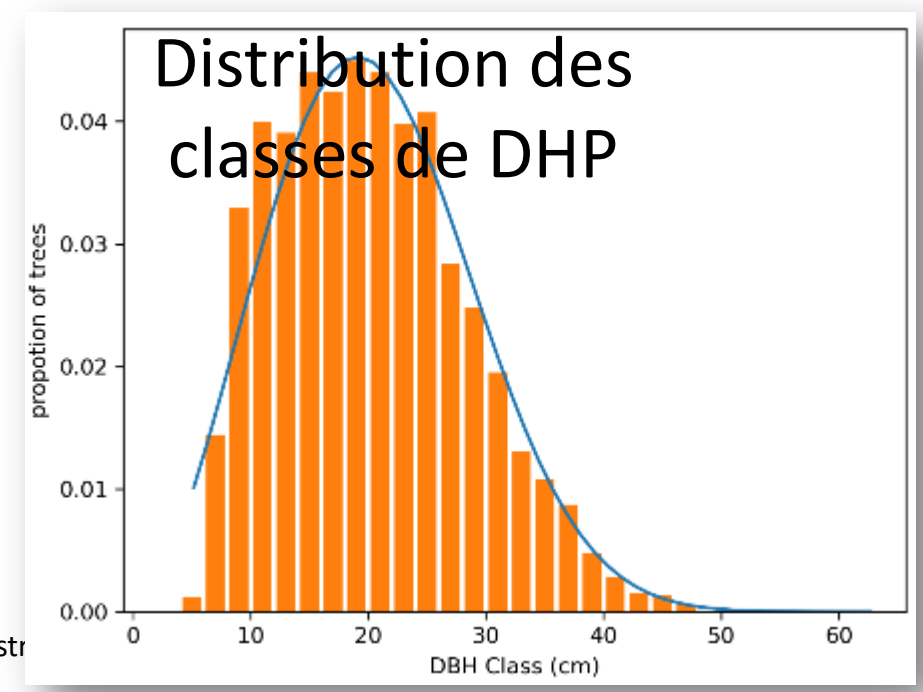
Au niveau de l'arbre individuel



Agrégé à une unité spatiale



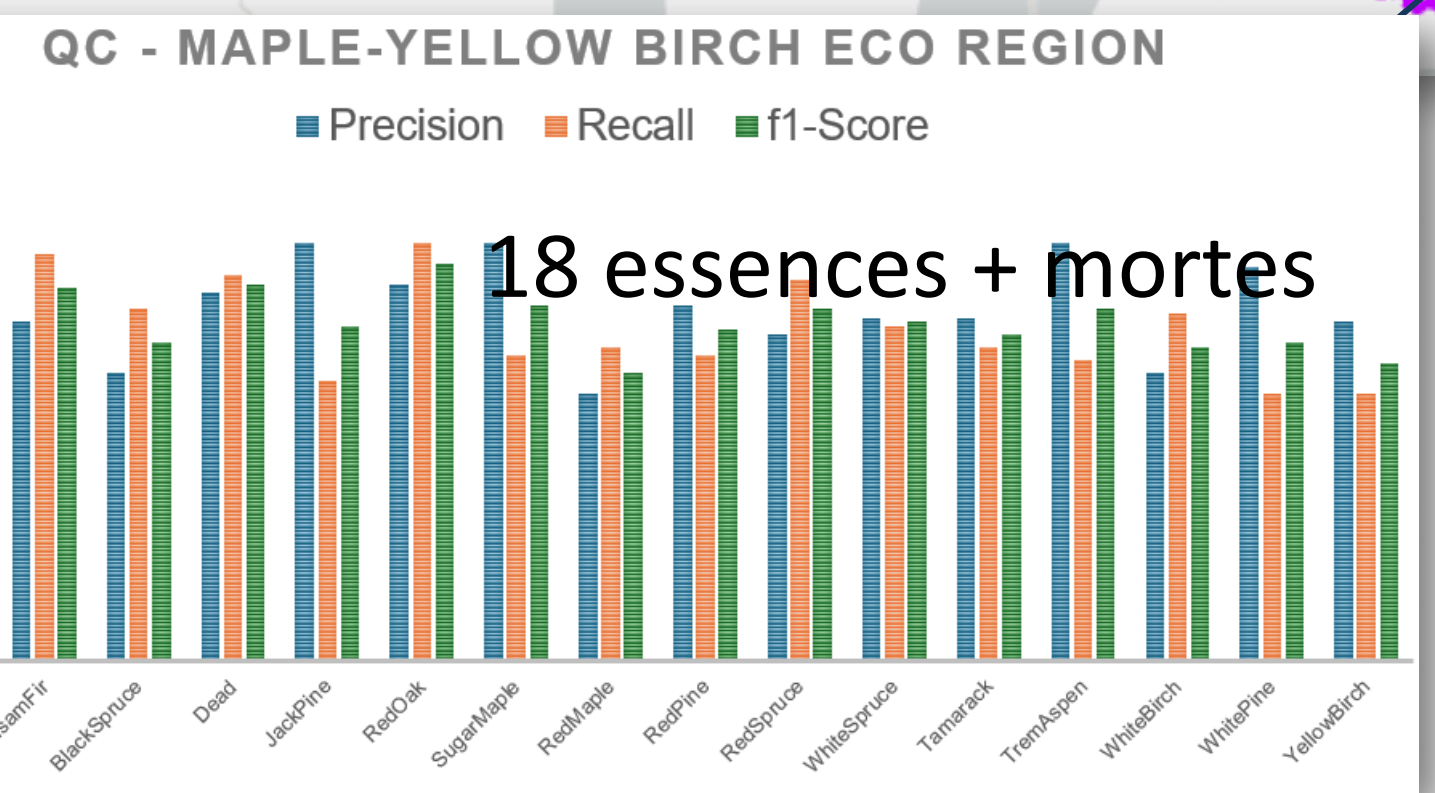
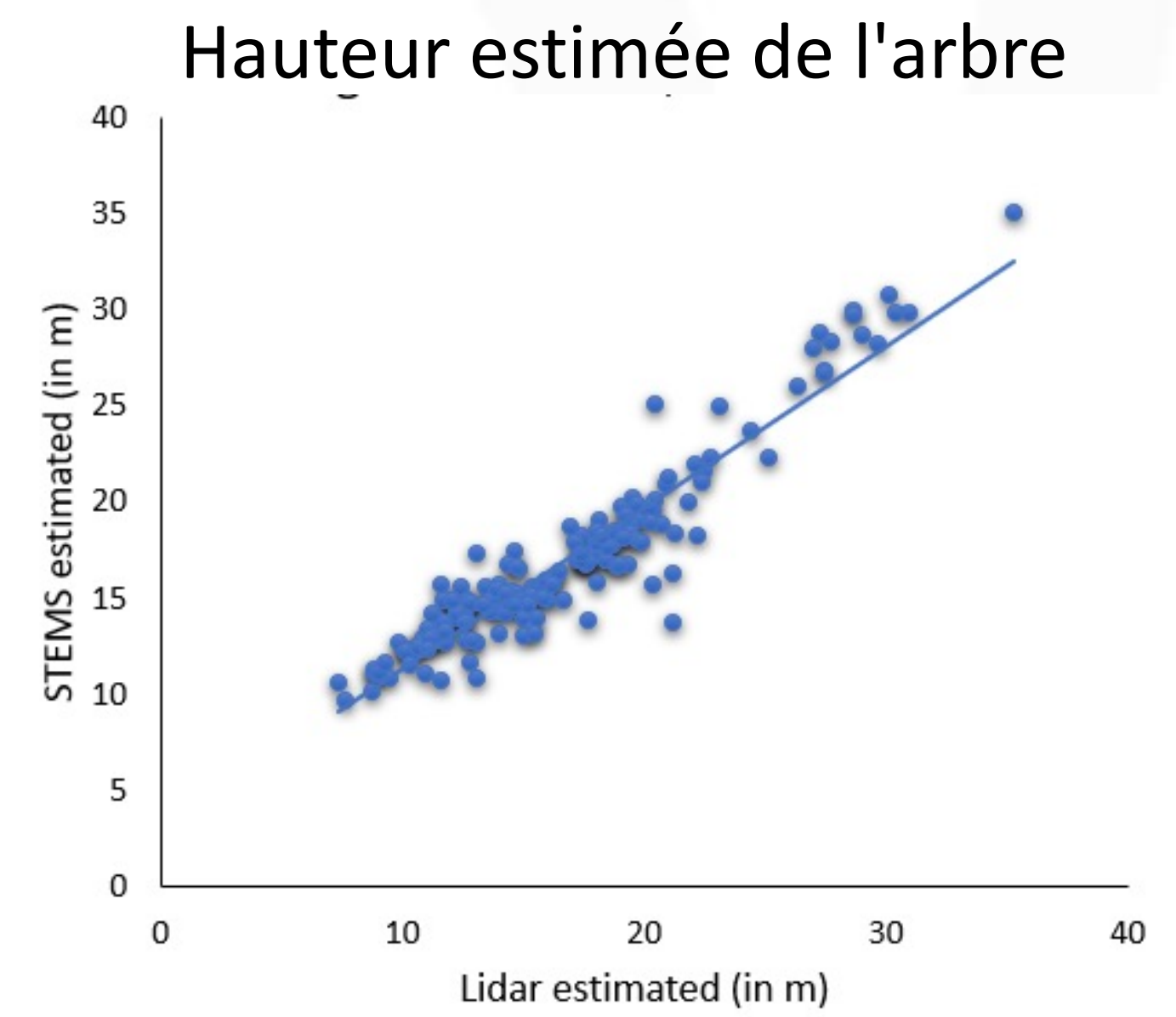
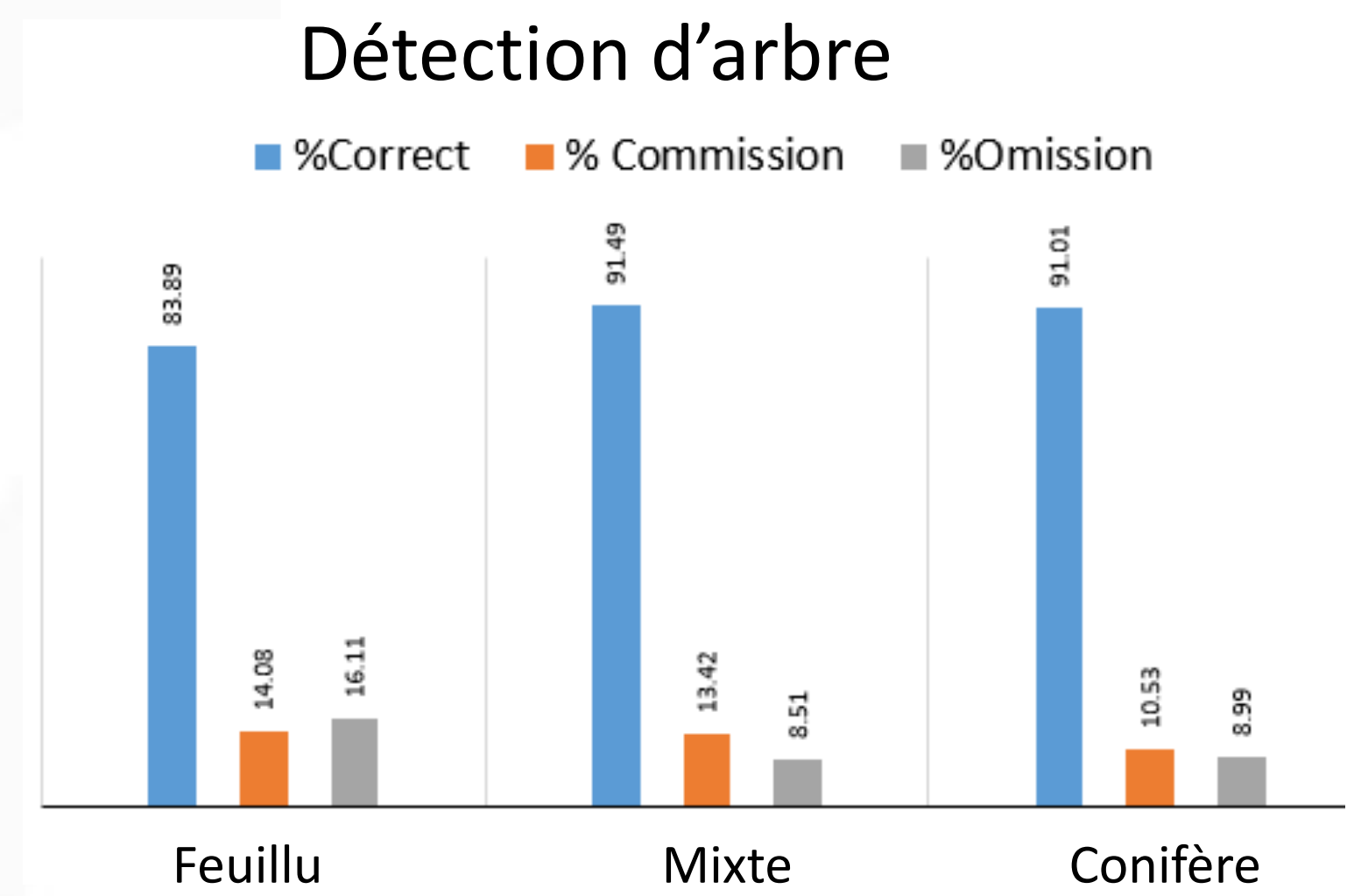
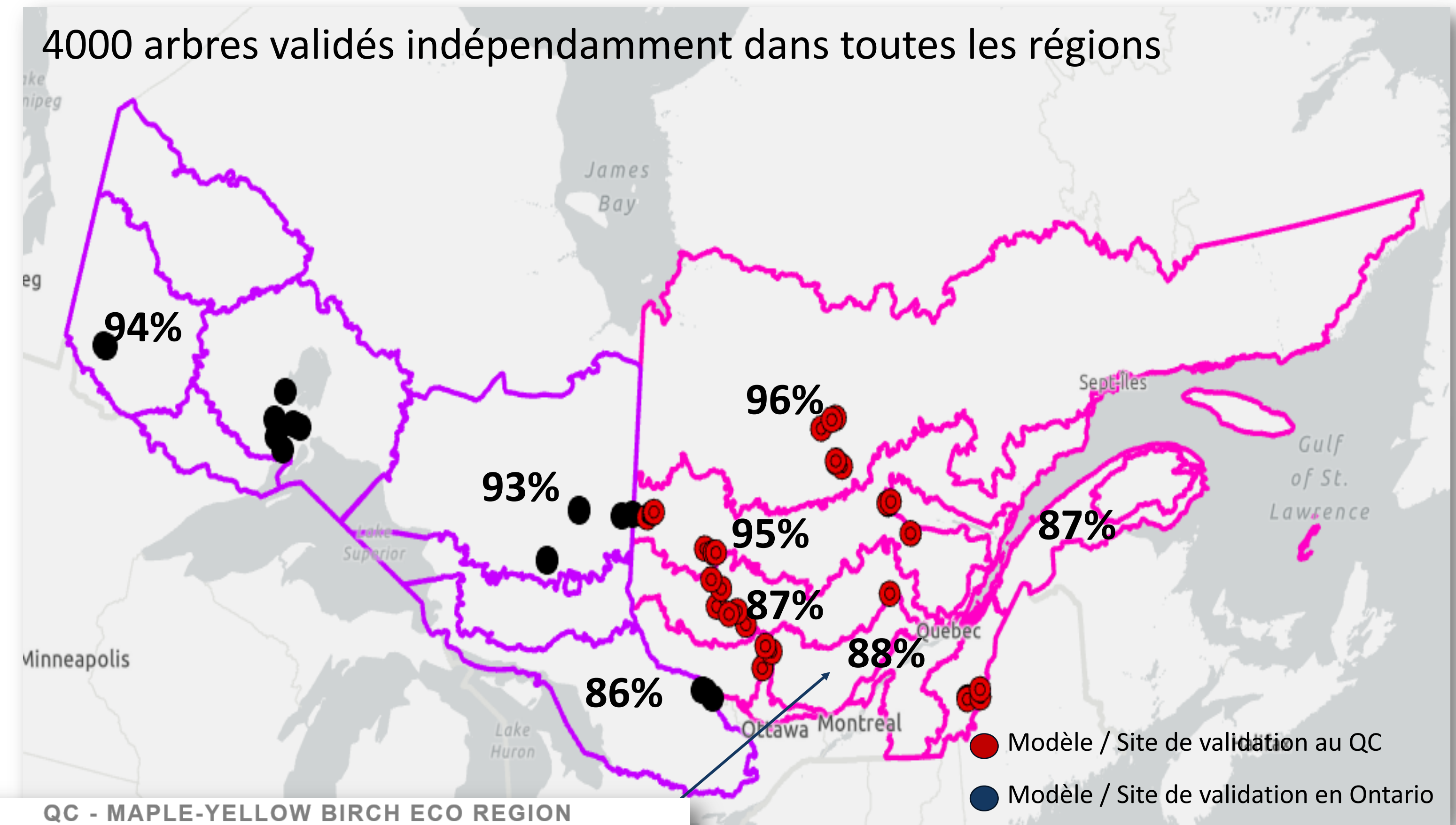
Résumés des blocs



Densité au niveau du bloc : 818 arbres/ha
 Surface terrière au niveau du bloc : 31,26 m²/ha
 Volume au niveau du bloc : 256,15 m³/ha
 Couverture de la canopée au niveau du bloc : 70%

Validation indépendante de STEMS d'arbres aléatoires dans différentes écorégions

4000 arbres validés indépendamment dans toutes les régions



18 essences + mortes

Interprétation : 13,4% ; Omission : 13,5%.

Erreur d'interprétation : proportion de faux positifs
Erreur d'omission : proportion de faux négatifs

NIVEAU DE LA PARCELLE

10 parcelles de terrain
(de 400 m²)

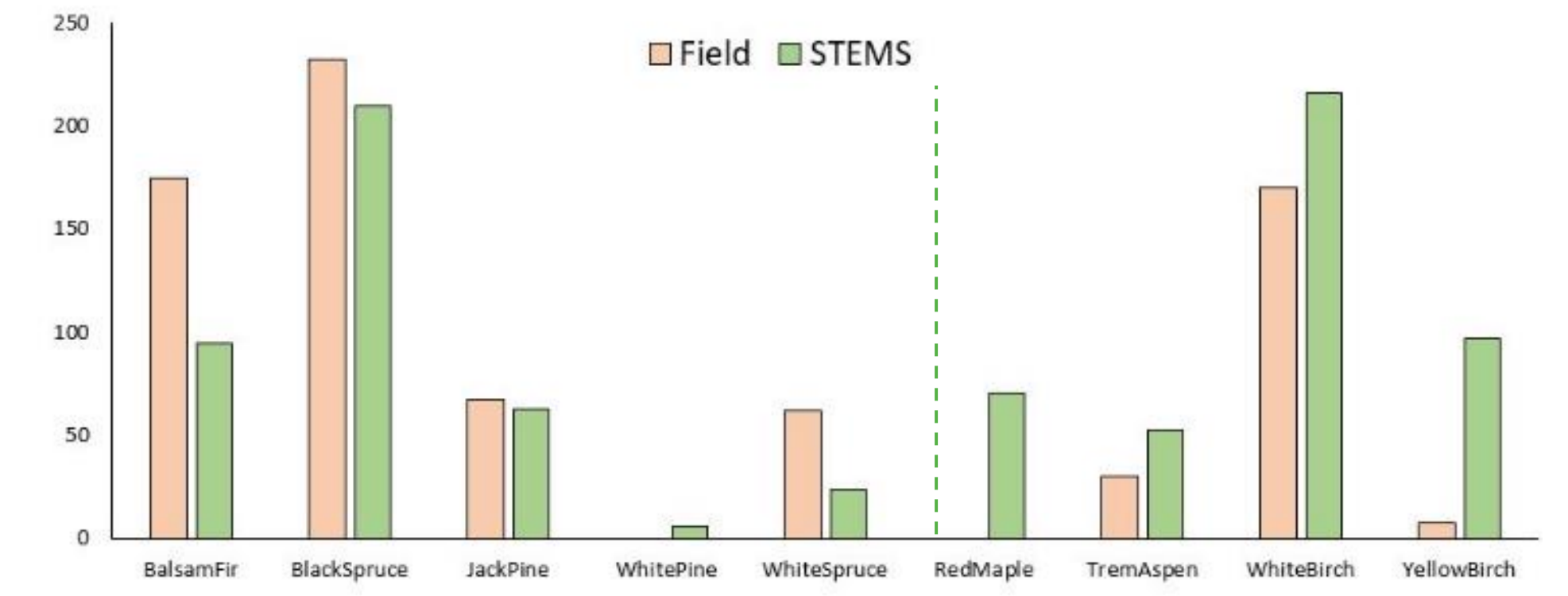
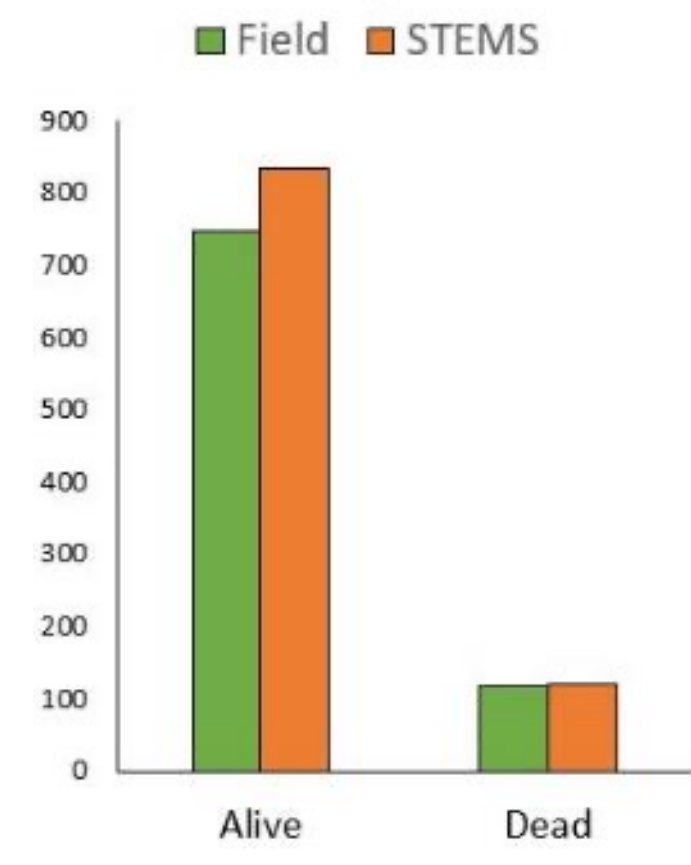
Validation : Peuplements surannés dans la région du Lac Abitibi (ON)

48 ha ; 800 arbres /ha ; 7 espèces

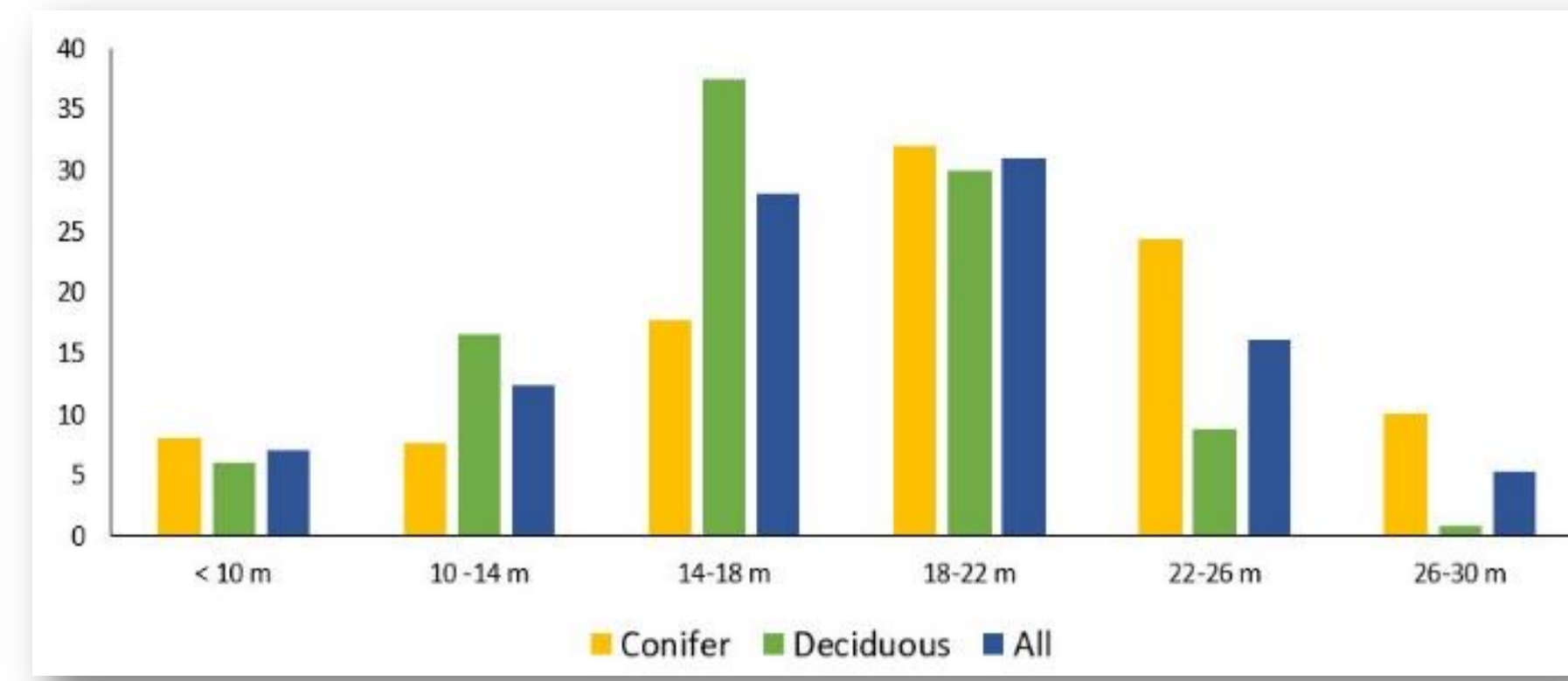
Taux de détection des arbres - 95 %
précision de prédiction des essences - 85 %.



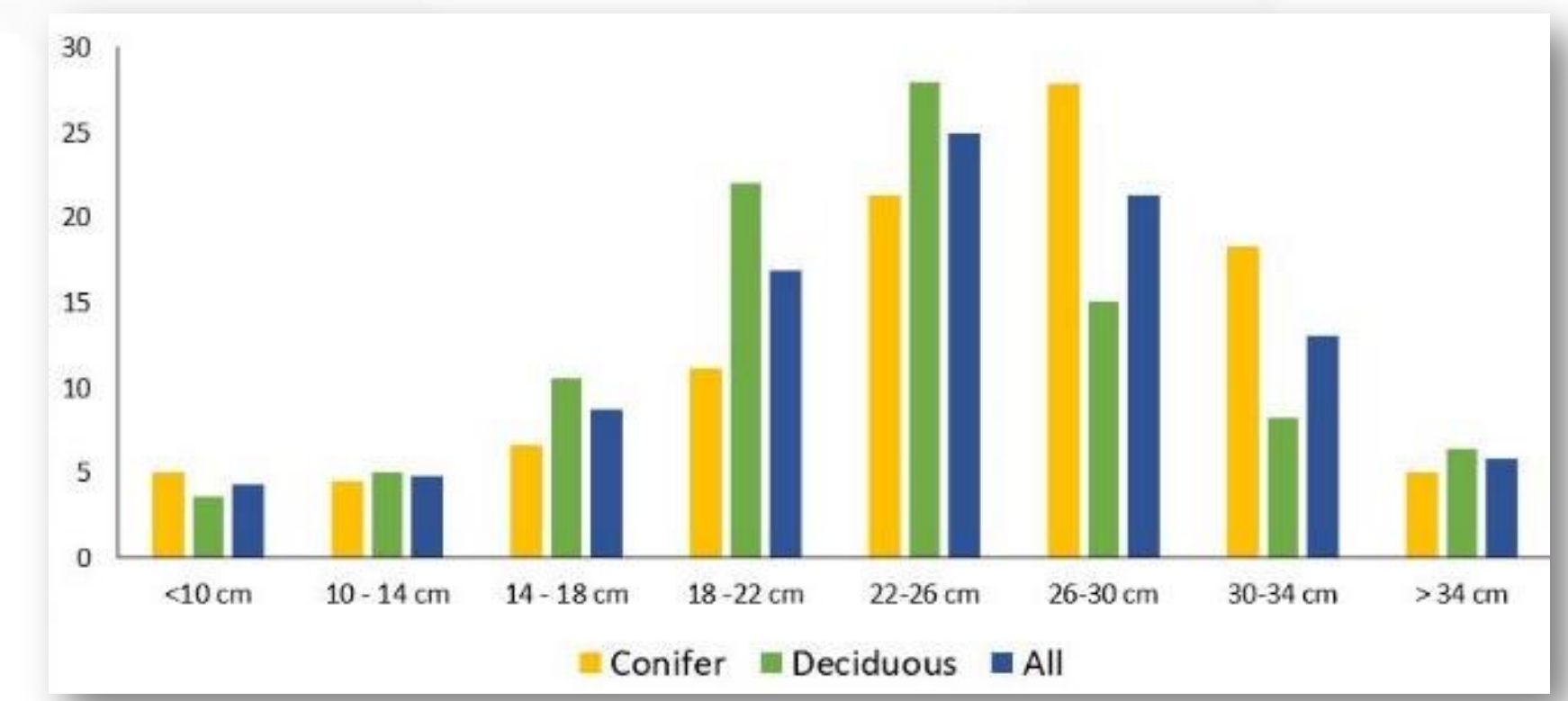
Estimation du nombre de tige / ha



Estimation de la distribution de la hauteur des arbres par STEM



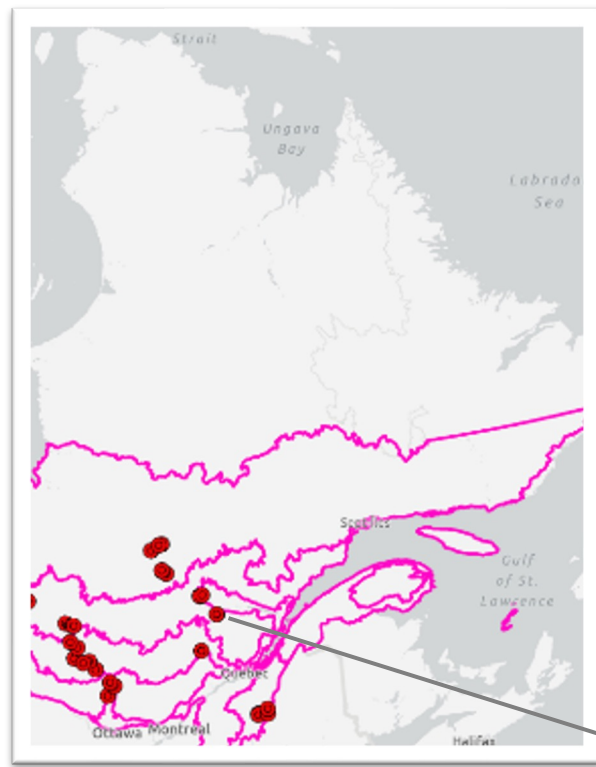
Estimation de la distribution du DHP par STEM



Validation : Peuplement de conifères dans la région du Lac St-Jean (QC)

Zone contiguë - 1 ha ; 1200 arbres /ha ; 5 essences

Taux de détection des arbres - 95 % ; précision de prédiction des essences - 85 %.



Bloc / interprété manuellement

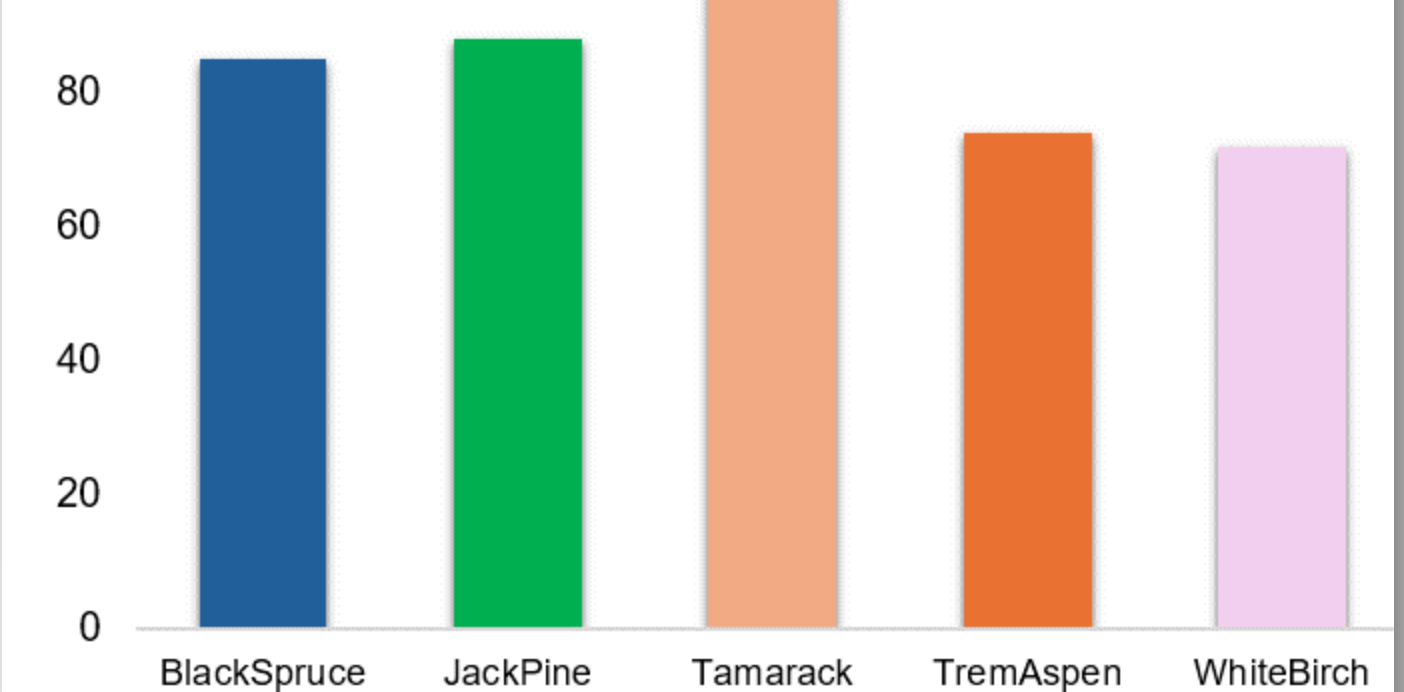
STEMS prévu

Erreur : Interprétation (3%) ; Omission (5%)

Détection

Précision de la prédiction des essences

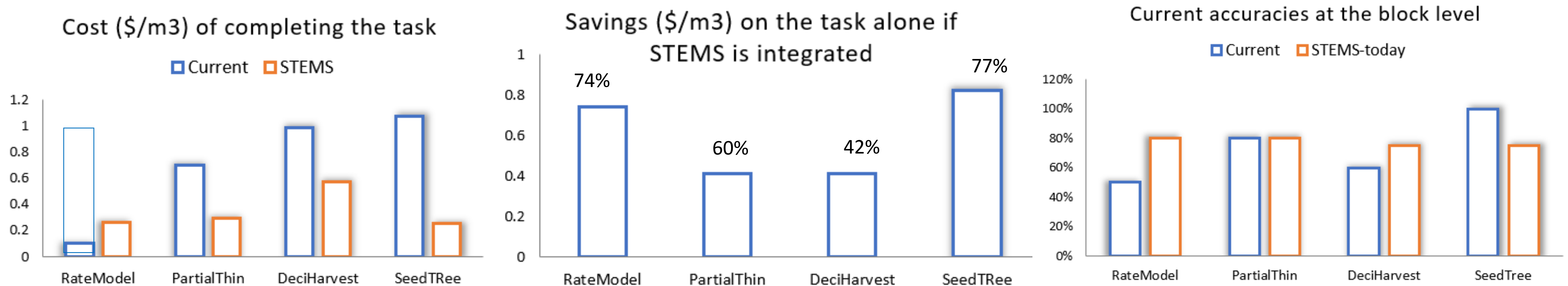
Individuelles



Erreur : Interprétation (19%) ; Omission (15%)

La dimension des tiges compte : analyse de la valeur dans quatre cas d'utilisation

Grilles d'évaluation des taux, plan de coupe partielle, plan de récolte de feuillus, marquage des semenciers
(défini par les membres de l'industrie participant au projet)



*Toutes les analyses ont été effectuées à l'aide d'un petit drone ;

La solution STEMS présente un avantage concurrentiel

"La dimension de l'arbre que vous coupez détermine le poids avec lequel vous devez lancer la hache. – Israëlmore Ayivor

PROCHAINES ÉTAPES : PUBLICATION PRÉVUE DE STEMS v1.0 D'ICI AOÛT 2024

La participation d'une tierce partie pour validation et rétroaction est bienvenue !



The screenshot shows the 'API interactive' interface for STEMS. It includes a navigation menu with options: Page, Définir les, Rapports, and Visualisation. Below the menu are links for 'WebApp', 'Commençons', and 'Documentation'. A 'Contact' section provides links for 'Soutien' and 'FPInnovations'. The main content area features a forest landscape image and a form titled 'Single TrEe Metrics and Stand assessment (STEMS) - Inputs'. The form includes a 'Select Forest Type' dropdown (with 'Softwood' selected), a 'Tile Window Size' slider (set to 800), and a 'Threshold' slider (set to 0.11). There are two file upload sections for 'Input Orthomosaic File (.tif)' and 'Input Canopy Height Model File (.tif)', both with 'Browse files' buttons. A 'Start Single Tree Segmentation Processing' button is visible, and a status message at the bottom reads 'Species and Summarization Done!'.

22 essences commerciales

Développé à l'aide d'outils "open source"

FPSILVI : Étude et inventaire de la régénération après récolte

FPSilvi 1.6.0.0

Un outil d'évaluation de la régénération

1. Spécifier la région

C.-B. (Intérieur) C.-B. (Côtière) Québec Nouvelle-Écosse

2. Spécifier l'échelle spatiale de détection d'un arbre individuel

Échelle de détection : 1 Fin Grossier

3. Spécifier les entrées des données spatiales

Fichier de nuage de points (.las) :

Fichier orthomosaïque (.tif) :

Fichier de formes pour la stratification de la régénération (.shp; utilisé pour les rapports par strates; *optionnel*) :

Champ représentant les strates :

Fichier des mesures d'hauteur d'arbres pour calibration (.csv; *optionnel*) :

4. Spécifier les entrées selon les plans sylvicoles du bloc

Densité cible (tiges/ha) spécifiée sur le plan sylvicole :

Distance minimale entre les arbres (en mètres) telle que prescrite dans le plan sylvicole :

Hauteur maximale de l'arbre (en mètres) :

Hauteur minimale de l'arbre (en mètres) telle que prescrite dans le plan sylvicole :

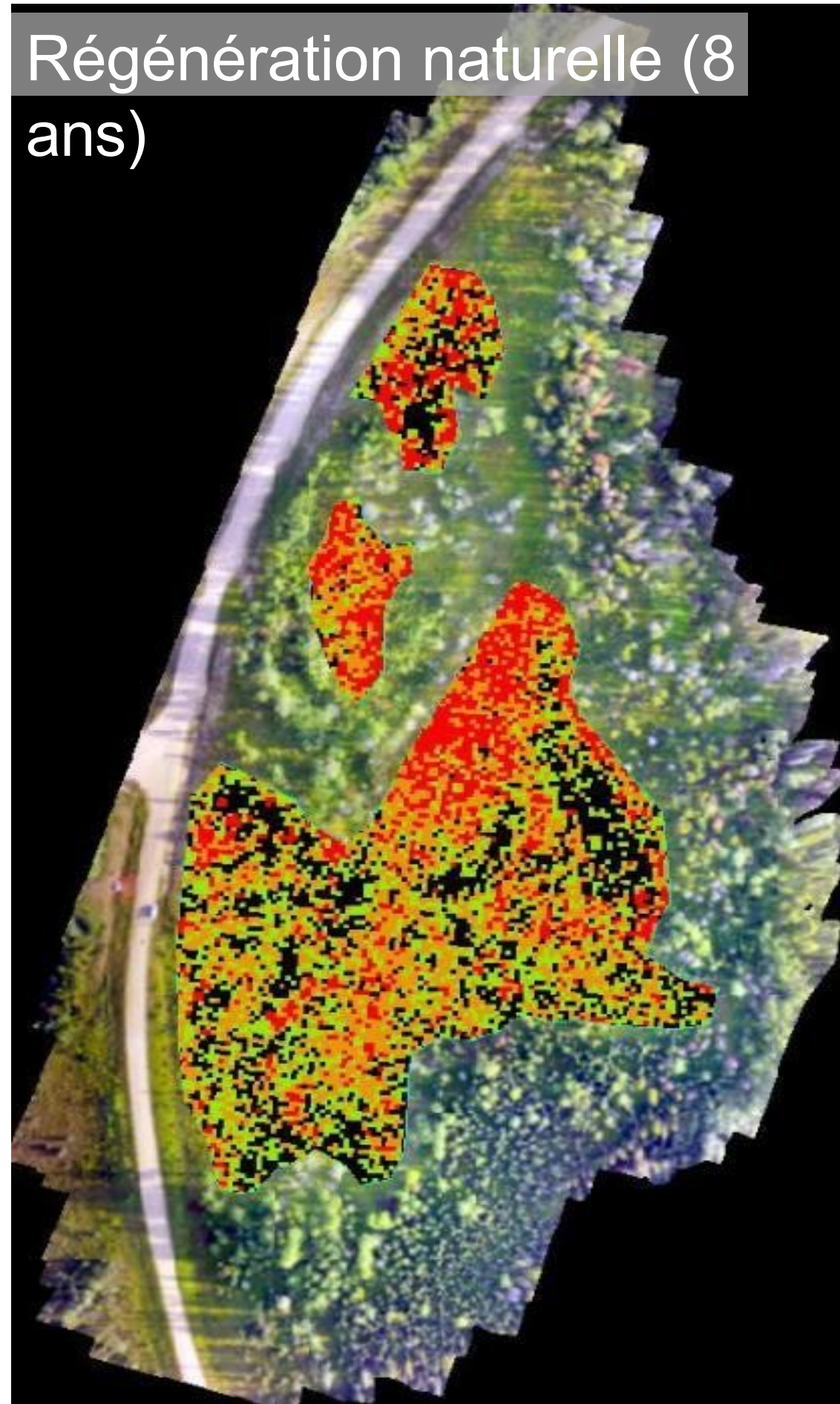
Hauteur minimale de l'arbre (en mètres) pour être considéré comme un arbre bien espacé :

Adapté / validé dans 4 provinces



RENDEMENTS SPATIALES DE FPSILVI

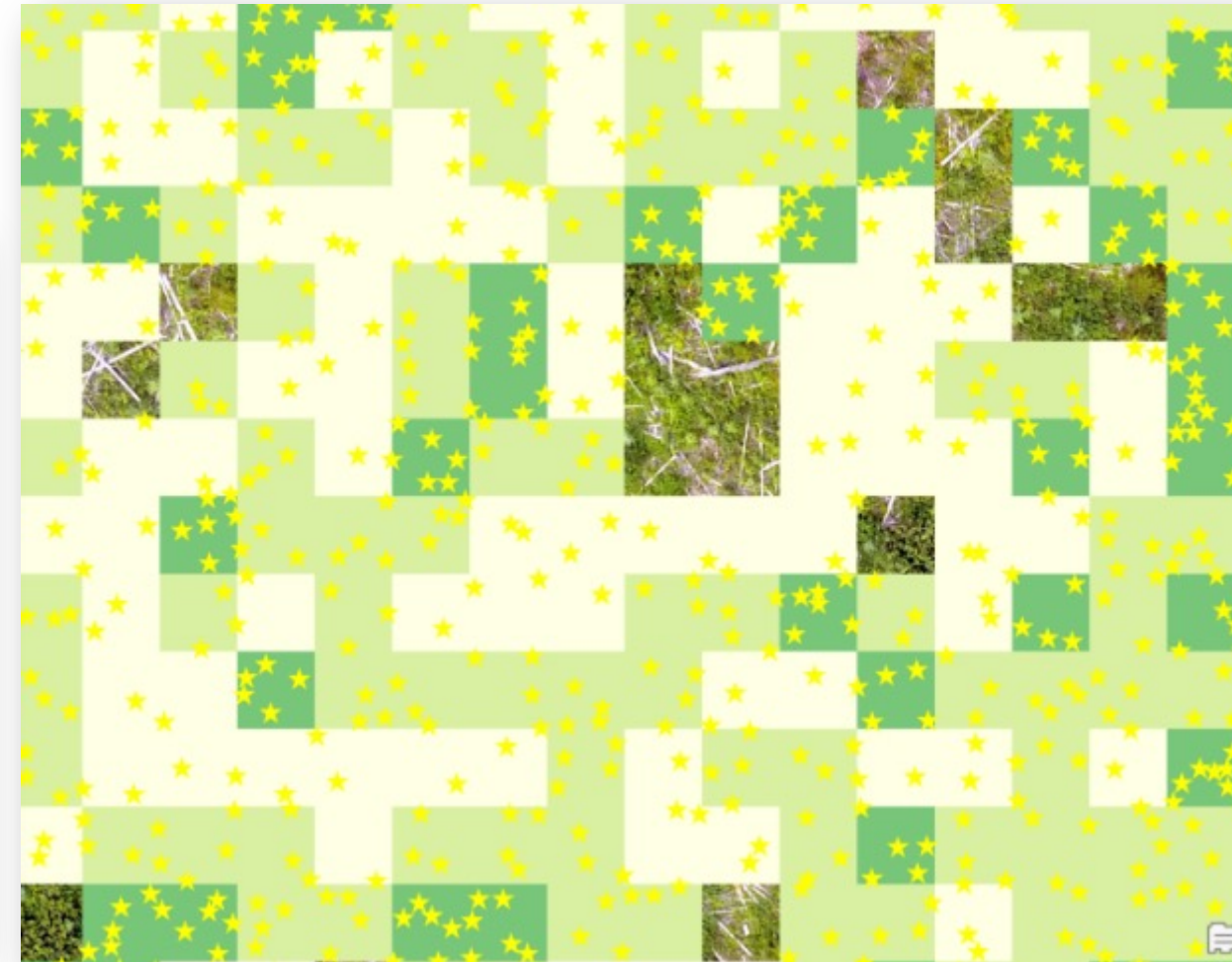
Établissement / Évaluation de la libre croissance



Tige de conifère - recensement



Coefficient de distribution



Écarts de régénération



Rétention



Bien espacé

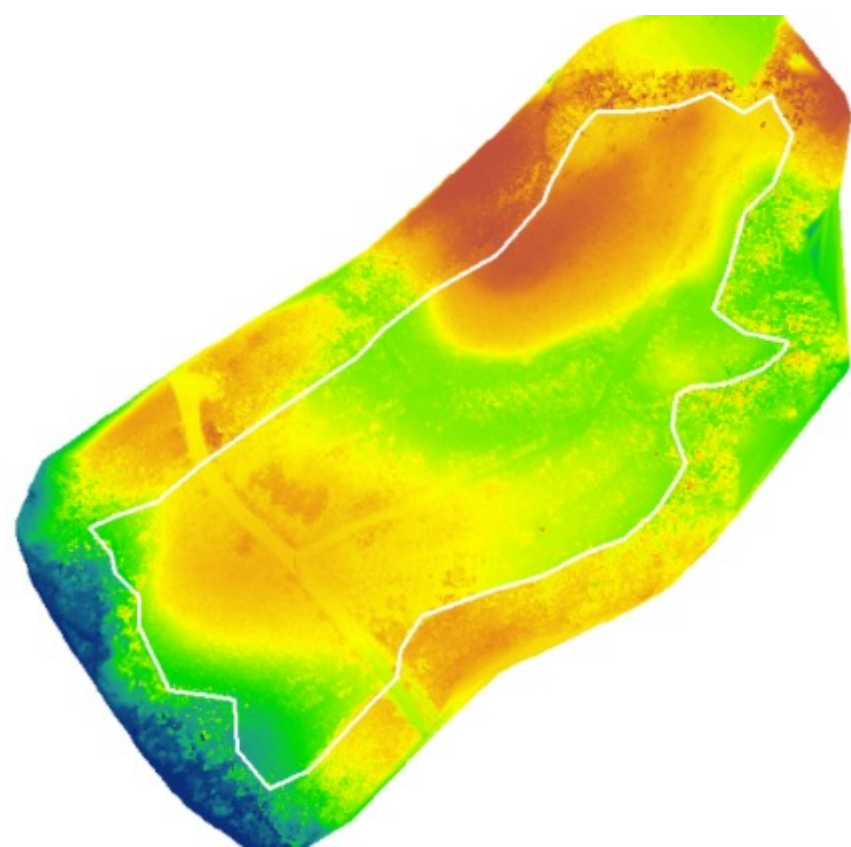


Libre croissance



gap ≤ 5000 5000 – 20,000 > 20,000

Entrées



Entrées selon le plan opérationnel du bloc

Densité ciblée: 700 arbres par ha

Distance minimum entre les arbres: 2.0 m

Hauteur minimale des arbres: 1.0 m

Hauteur minimale pour être qualifié comme bien espacé: 0.2 m

Sommaire de l'inventaire libre croissance

Superficie totale:	32.4 ha
Nb total de conifère:	54310
Nb total de conifère par ha:	1678
Nb total de conifères (hauteur >1.3 m):	35190
Nb total de conifères (hauteur >1.3 m) par ha:	1087
Nb total de conifères (hauteur > 3 m):	13364
Nb total de conifères (hauteur >3 m) par ha:	413
Nb total d'arbres bien espacés ¹ :	41629
Nb total d'arbres bien espacés par ha:	1286
Nb total d'arbres en libre croissance ² :	31011
Nb total d'arbres en libre croissance par ha:	958
Nb d'arbres morts:	3184
Nb d'arbres morts par ha:	98

*Nb signifie nombre

1. Nb d'arbres bien espacés est estimé en fonction de la présence d'au moins un arbre bien espacé dans un espacement de grille fixe de 2 m x 2 m
2. Nb d'arbres à croissance libre est estimé en fonction de la présence d'au moins un arbre bien espacé de 1 m sans compétition dans un espacement de grille fixe de 2 m x 2 m

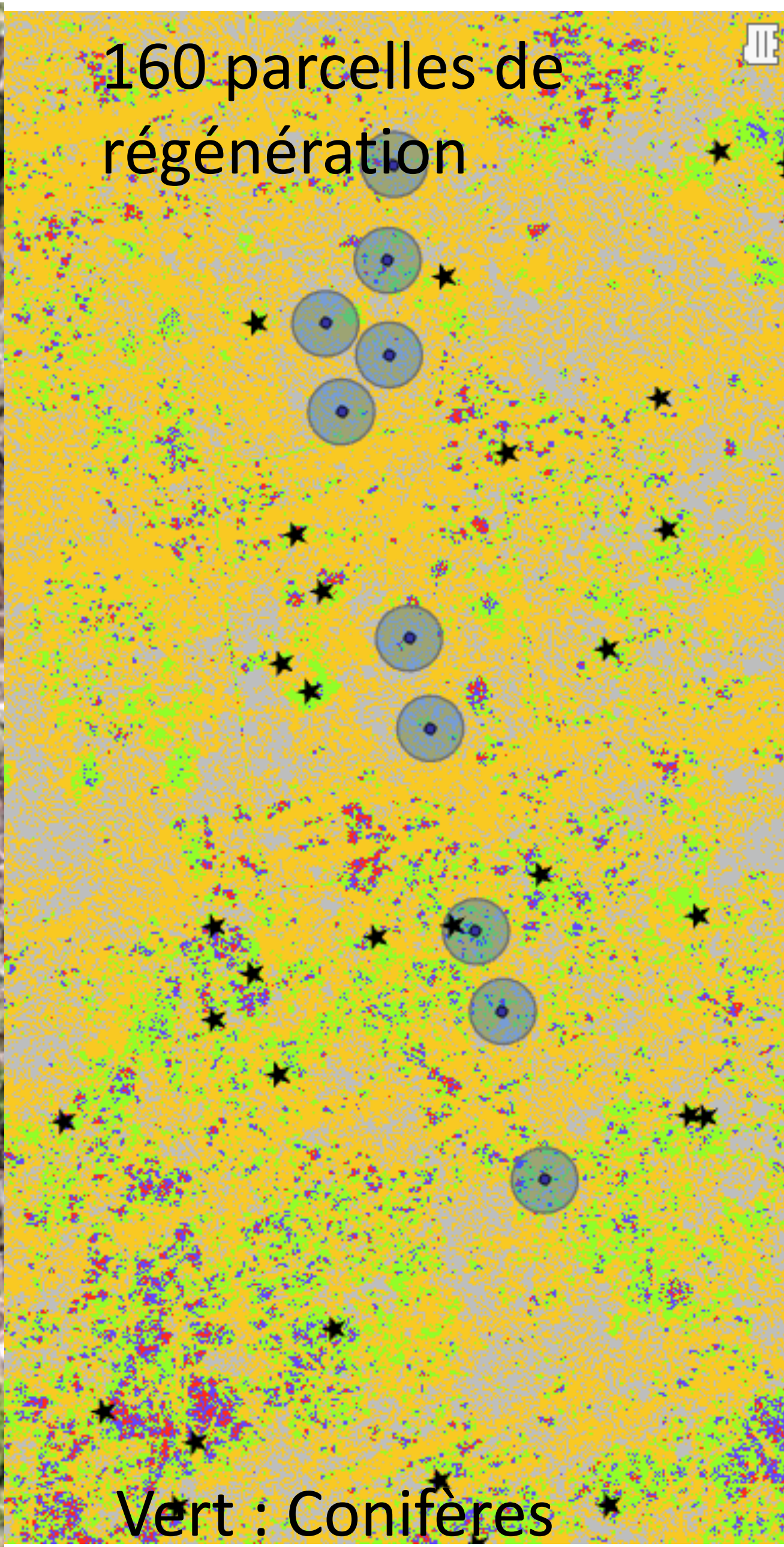
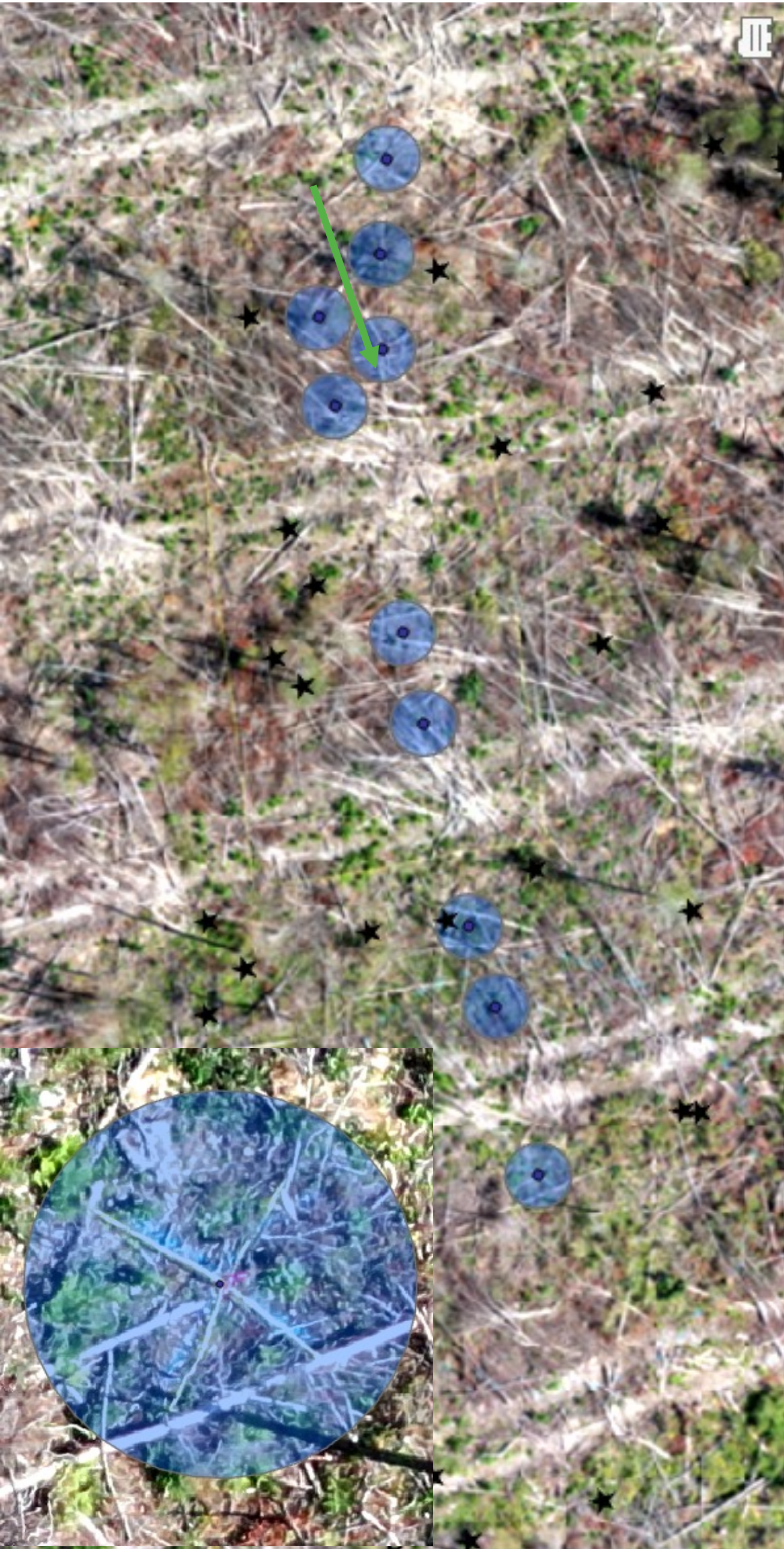
Distribution des classes de hauteur

Height class (m)	Tree count
< 0.3	5
>= 0.3 and < 1	15149
>= 1 and < 2	13636
>= 2 and < 3	12156
>= 3 and < 4	8042
>= 4 and < 5	2914
>= 5 and < 6	1094
>= 6 and < 7	518

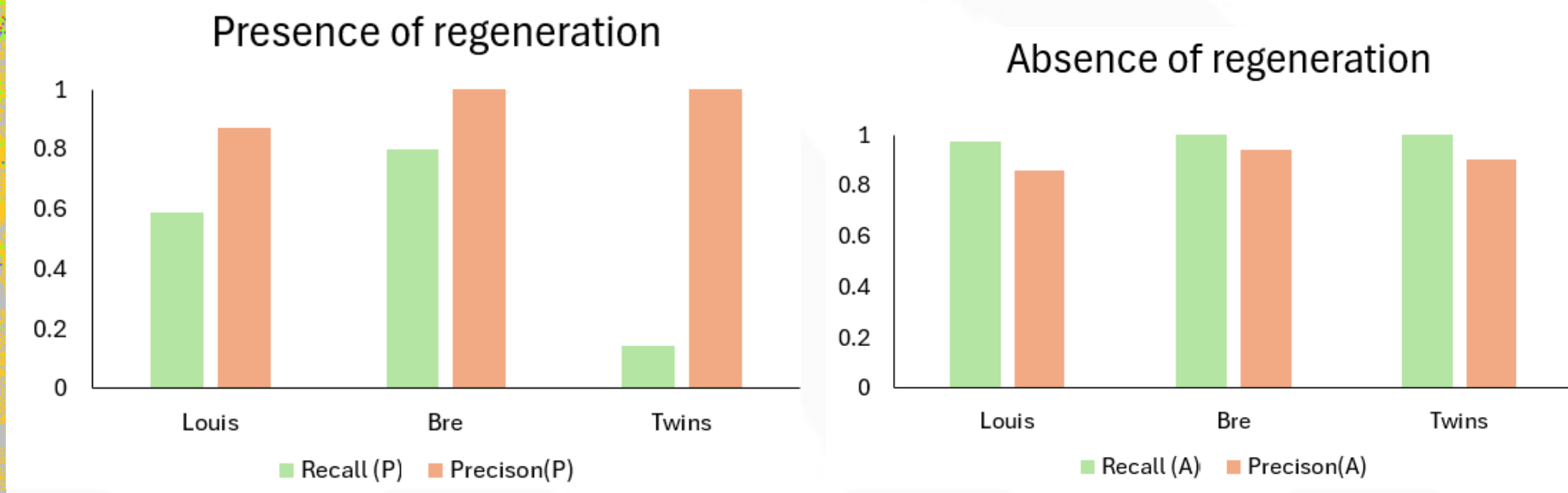
Lacune totale = 4,7 ha

% de surface avec lacune = 14%

Présence de régénération avancée dans une coupe récente (< 1 an)

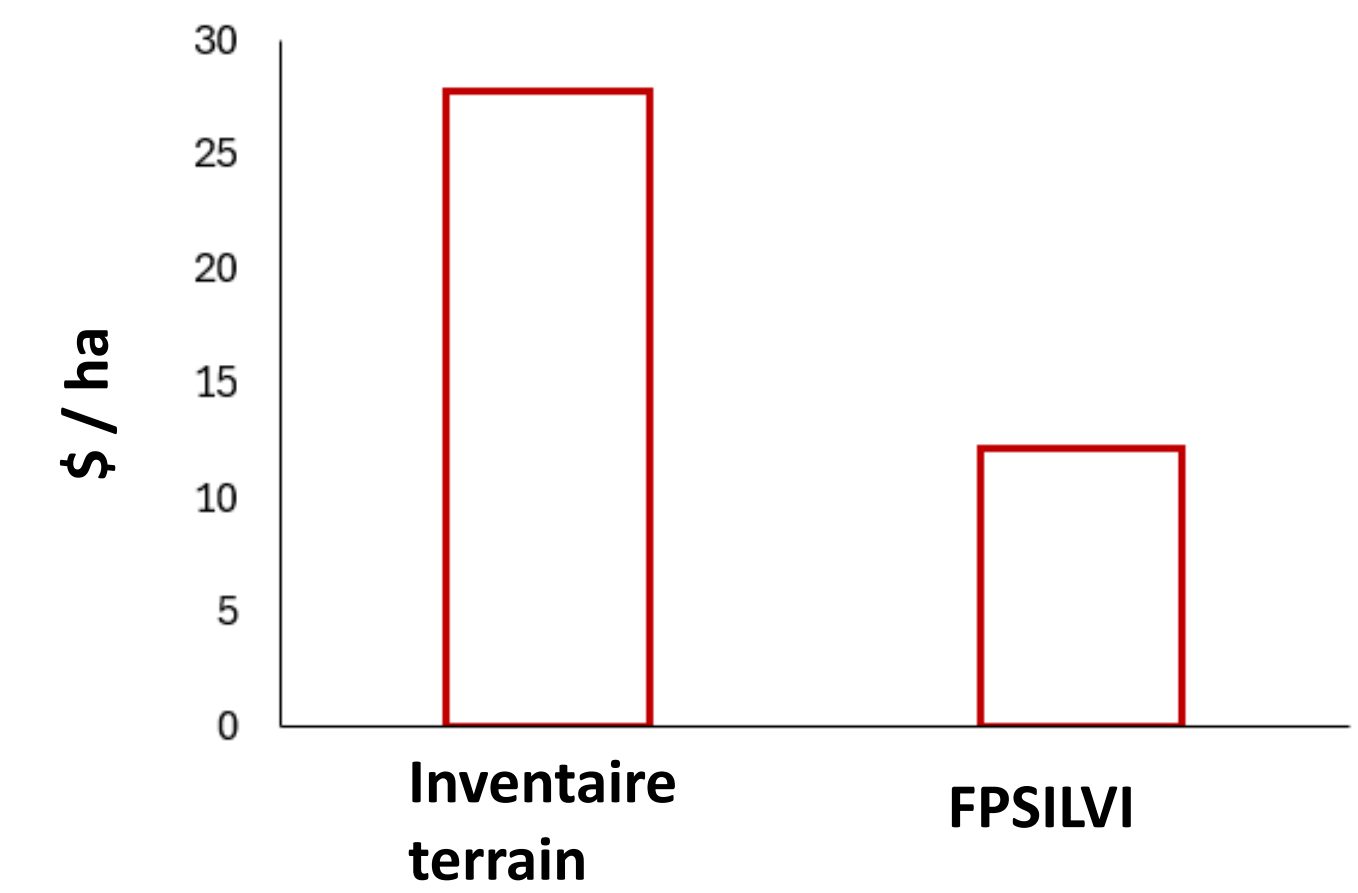


Évaluation de la précision



Évaluation de la valeur (2021)

Potential de réduire le coût des inventaire de 60%



Gaspésie, QC

FPResidue 1.2.2.0

Un outil pour identifier la fibre disponible au sol après récolte

FPInnovations

1. Spécifier le type d'évaluation ou le rapport

Trois modules d'évaluation principaux sont proposés et peuvent être choisis.

AllFibre : Identifie toutes les fibres potentielles disponibles et estime le volume de fibre dispersé.
 DMerch : estime la quantité de déchets marchands dispersés (en fonction du volume) sur le site.
 PileVol : détecte et estime volume apparent de la fibre en pile.
 Toutes les options.

2. Spécifier les entrées des données spatiales

Fichier de nuage de points (.las) :

Fichier orthomosaïque (.tif) :

Fichier de formes des centres de parcelles (créés selon les lignes directrices provinciales; *.shp) :

Polygones masquants (à exclure de la détection AllFibre; *.shp) :

3. Spécifier les paramètres de traitement

AllFibre

Largeur minimum de la fibre (m) :
 Longueur minimum de la fibre (m) :
 Filtre de fibre : 0.20 Bas Élevé

DMerch

Garder seulement les billes marchandes jusqu'à 16 pi
 Rayon minimum des souches (m) :
 Rayon maximum des souches (m) :
 Filtre de souche : 0.5 Bas Élevé

PileVol

Largeur minimum de la pile (m) :
 Hauteur maximum de la pile (m) :
 Seuil de compacité de géométrie de la pile :
 Filtre de pile : 90 Bas Élevé

FPRESIDUE : INVENTAIRE DE RÉSIDUS APRÈS RÉCOLTE

Adapté / validé dans 3 provinces



Inventaire des résidus après récolte avec FPRESIDUE



Résidus empilés



Billes interprétées



Souches



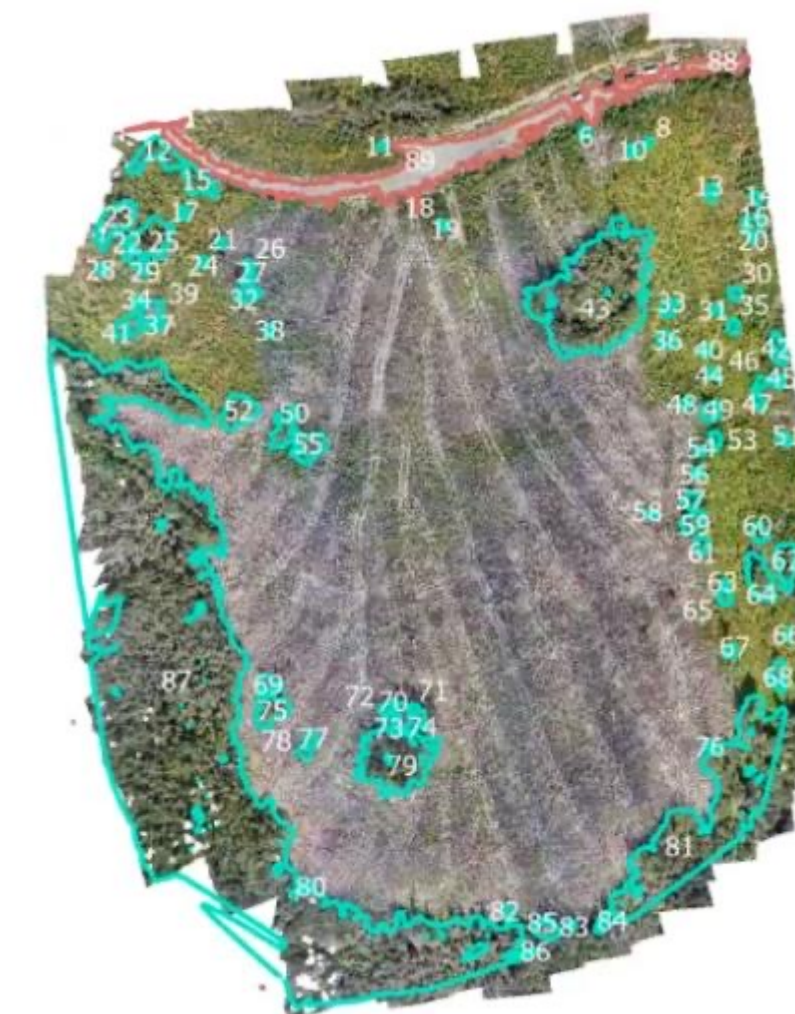
Taux d'occupation des sentier de débardage



Géométrie des pièces

FID	Shape *	LENGTH	BUTT_Dia	TOP_Dia	VOL
0	Polyline	2.796347	0.116001	0.0707	0.020266
1	Polyline	3.328509	0.231183	0.139671	0.095358
2	Polyline	2.527868	0.095931	0.095814	0.018249
3	Polyline	2.859322	0.182031	0.127843	0.055558
4	Polyline	3.477513	0.171503	0.092857	0.051942
5	Polyline	4.500269	0.143027	0.095814	0.052376
6	Polyline	3.781325	0.150584	0.0909	0.045941
7	Polyline	2.44123	0.130595	0.078571	0.022269
8	Polyline	5.259416	0.131446	0.107143	0.059395
9	Polyline	4.066167	0.149688	0.099271	0.051514
10	Polyline	2.863024	0.149546	0.092857	0.034838

Rétention d'îlots



FPRESIDUE : Rendements pilevol

Entrée ortho



Empreinte de la pile

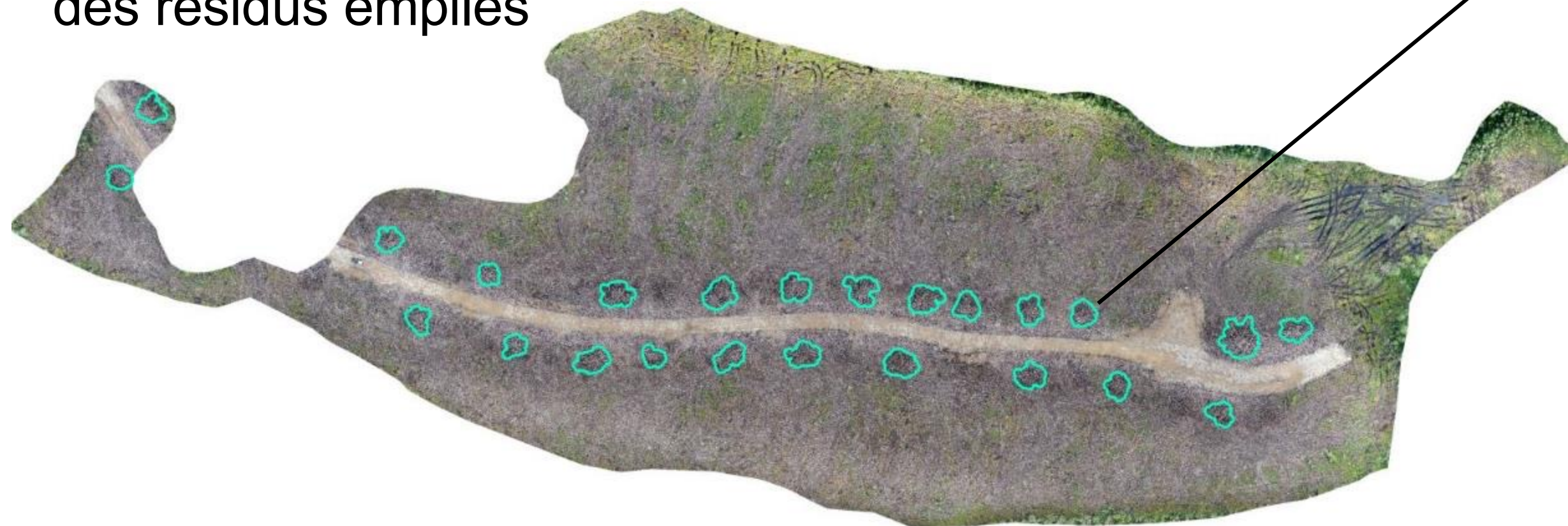


Caractéristiques des piles

PileVol - 63

OBJECTID	6
Volume	63
Shape_Length	39.364093
Shape_Area	104.32276

Rendement de la carte des résidus empilés



Résumé du rapport sur les piles

PileVol summary reporting
2023-06-01 15:03:07

Inputs

Cut block point cloud file: C:/Users/jjil.li/Documents/Projects/2023-2024/FPResidue Biomass/CWD_Biomass/DOG_SAP_1006_2022_08_25_points - Cloud_clip.las

Pile apparent volume summary

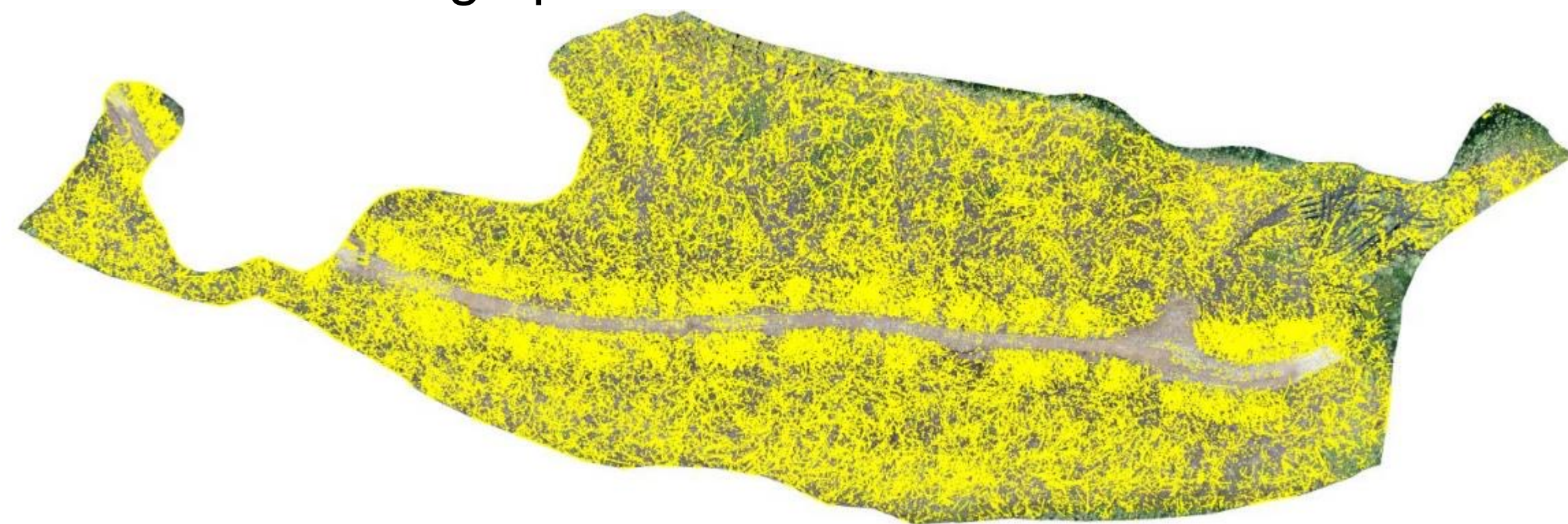
Pile #	Volume (m³)
1	42
2	26
3	13
4	42
5	130
6	63
7	54
8	38
9	56
10	76

FPRESIDUE : Rendements AllFIBRE

Entrée ortho



Toutes les fibres sont au sol :
Rendement cartographiée

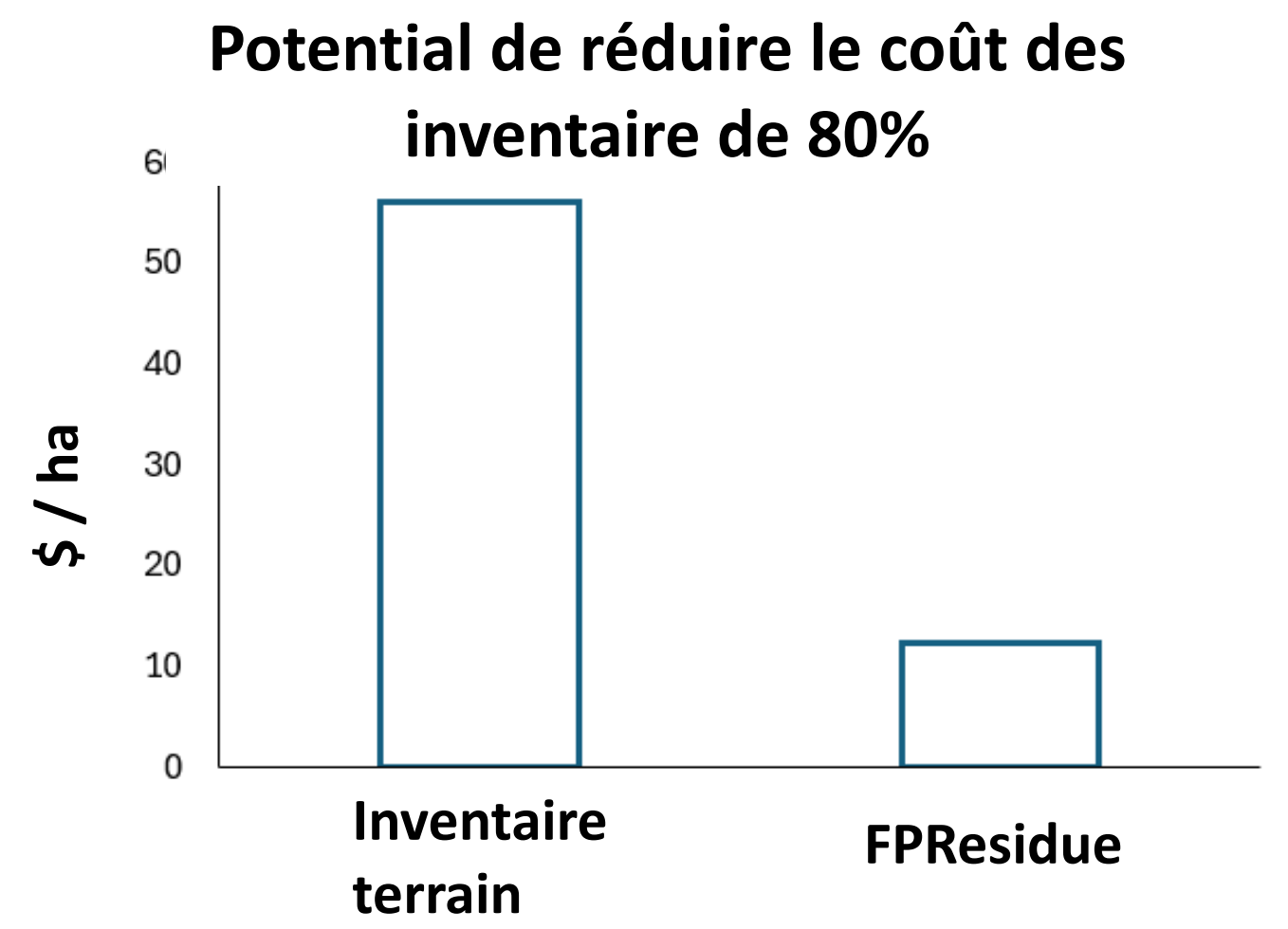
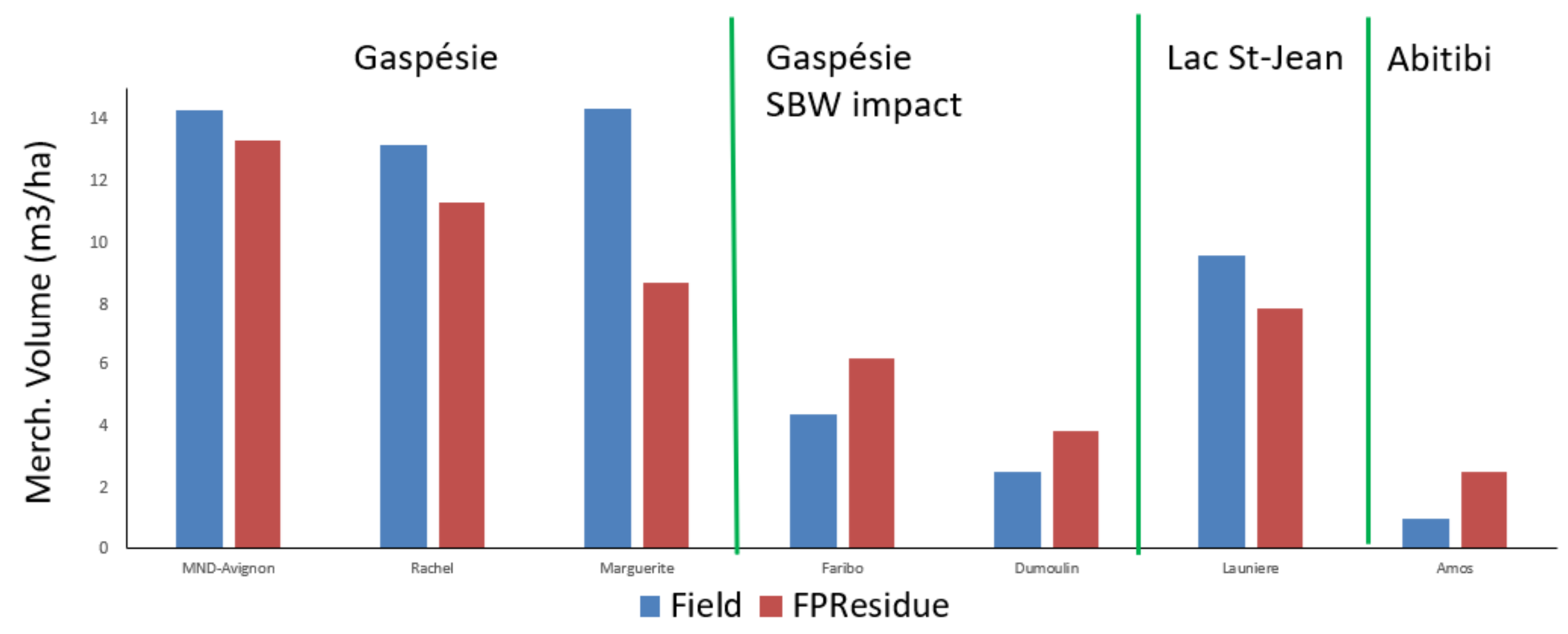


Résumé de la biomasse signalée

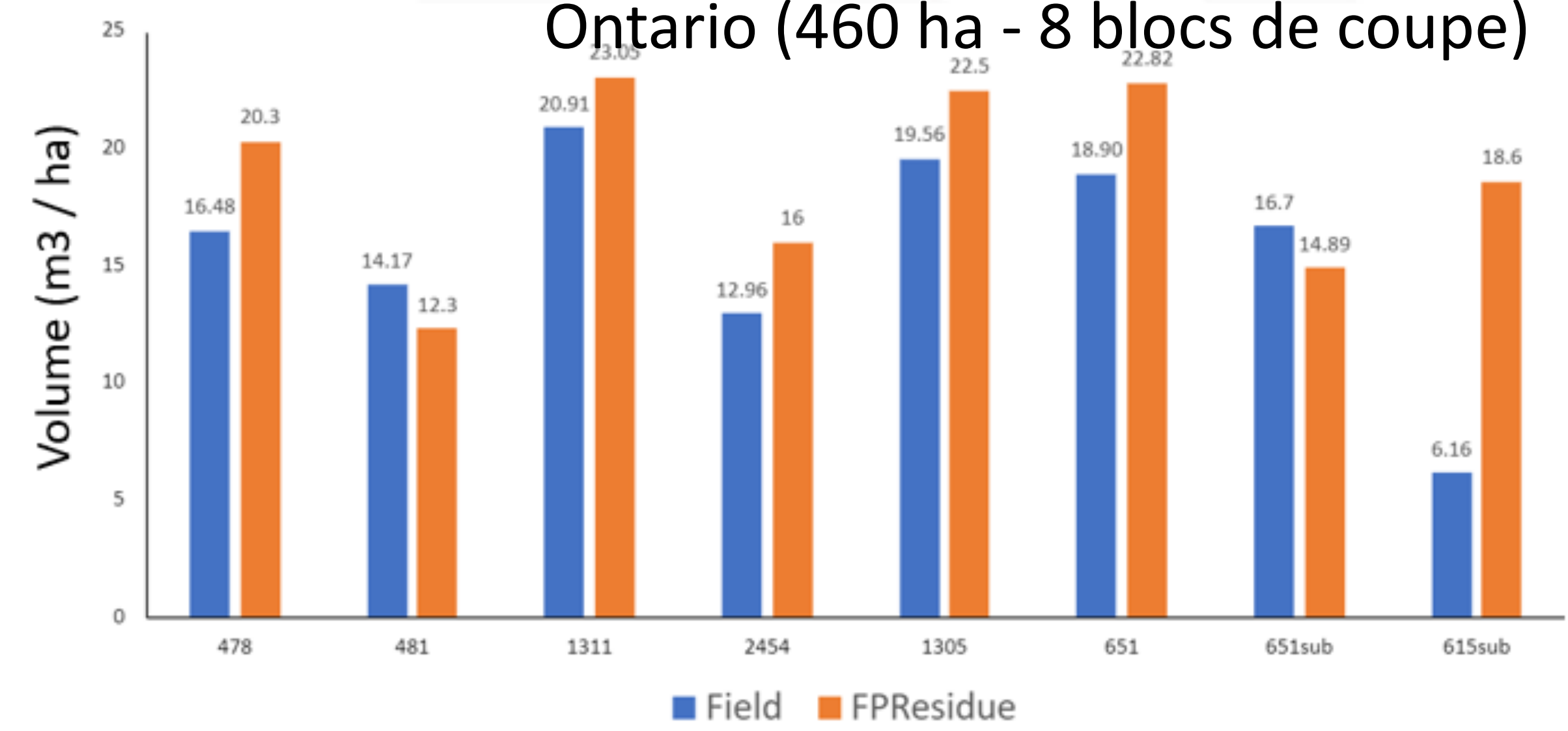
Résidus d'exploitation disponibles pour la productivité du site (odt/ha): 28 (basé sur un diamètre moyen de 6 cm)

Residues	Class I (width 0 - 10 cm)	Class II (width > 10 cm)
Total volume (m ³)	65	84
Total mass (odt)	26	33

Validation de FPResidue pour l'évaluation du volume marchand au Québec (1200 ha - 7 blocs de coupe)



Validation de FPResidue pour l'évaluation de la biomasse en Ontario (460 ha - 8 blocs de coupe)



Valeur estimée par le membre :
économies de 100 000 \$ / an

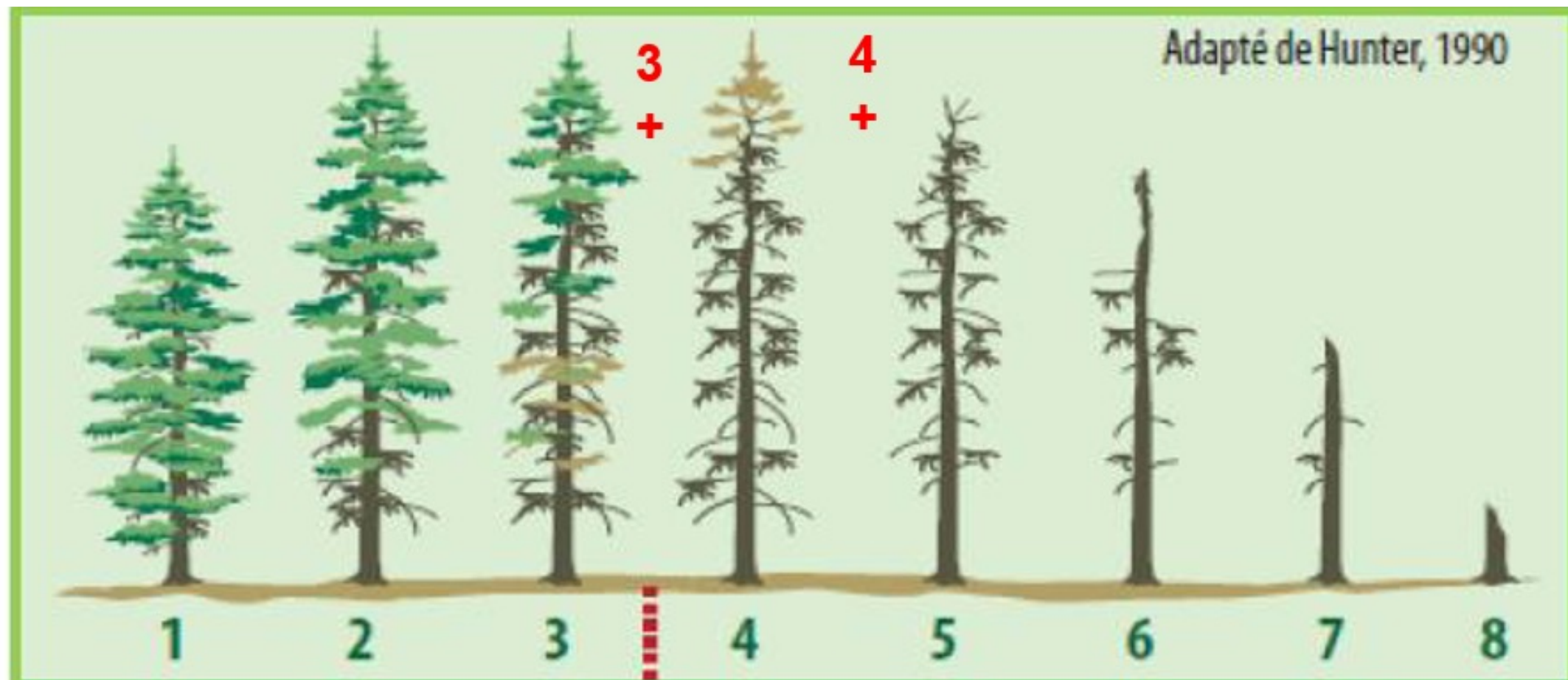
An aerial photograph of a forest landscape. A dirt road runs diagonally from the top left towards the bottom center. To the right of the road, a stream flows through the forest. The forest is dense with trees, showing a mix of green and brownish tones, indicating a mix of species. The background shows a more open, rocky area with sparse vegetation.

Récupération - gestion des approvisionnementns avec FoliageLoss

Prédominance d'épinette noir mélangé à du sapin baumier

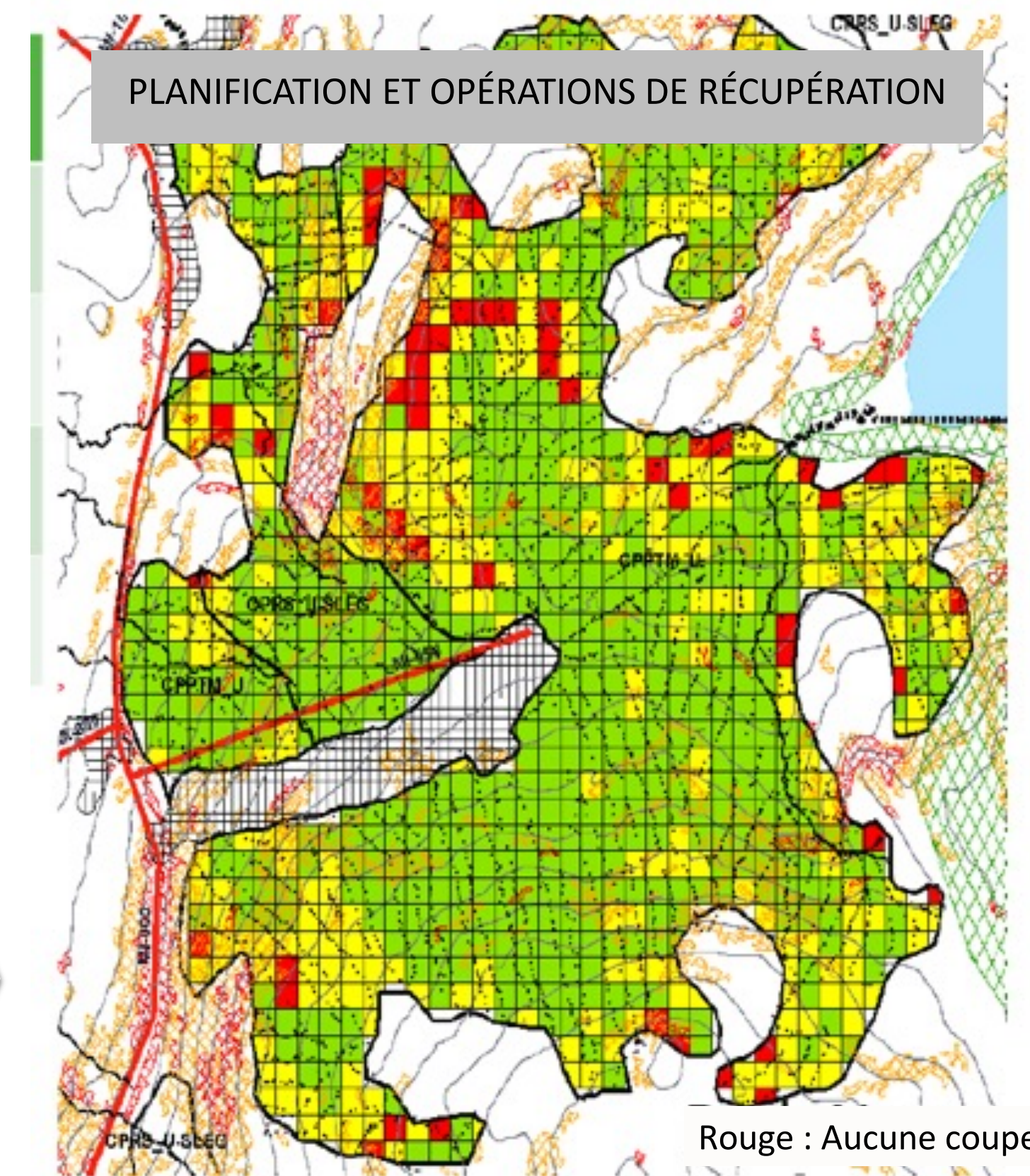
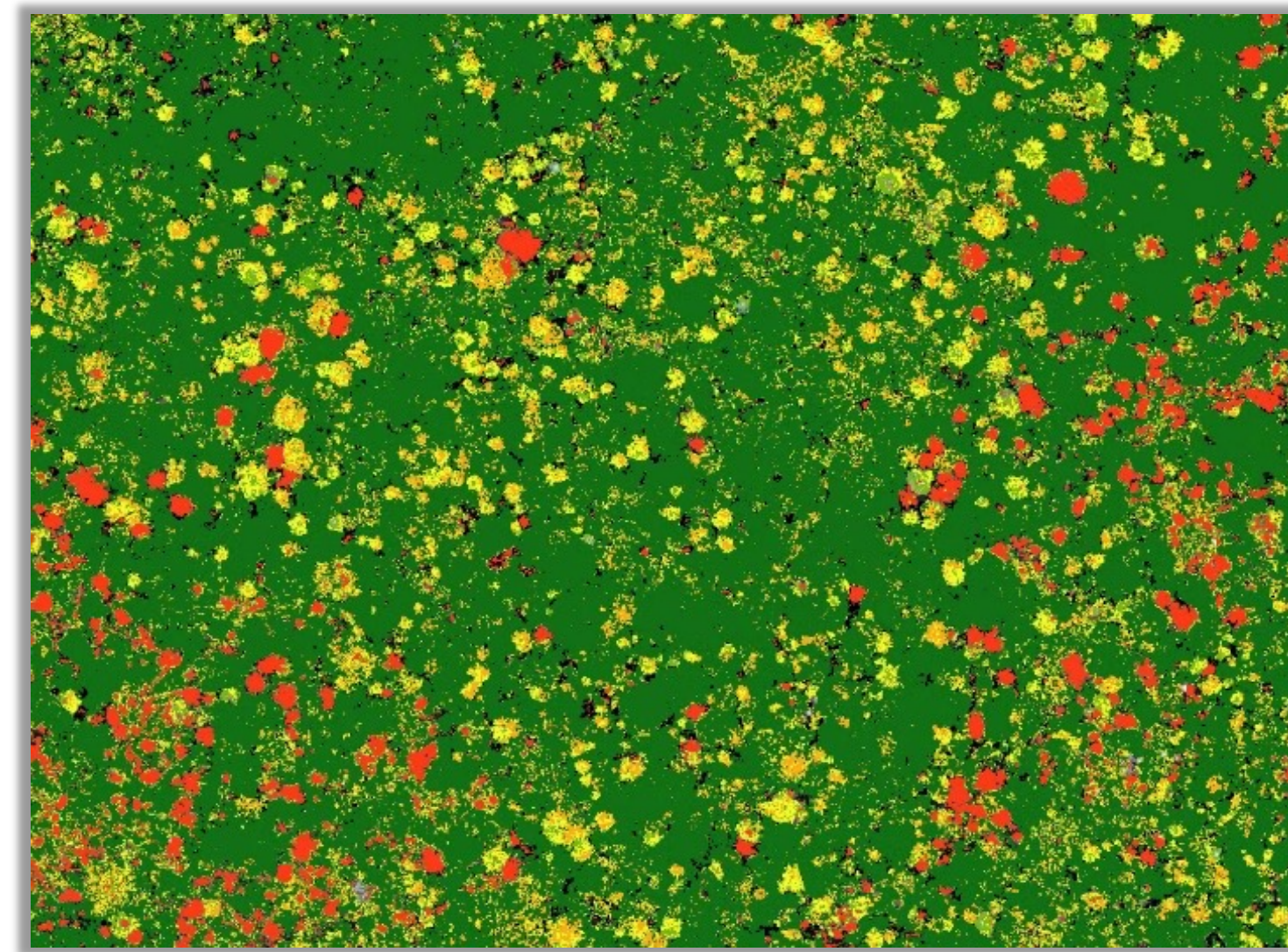
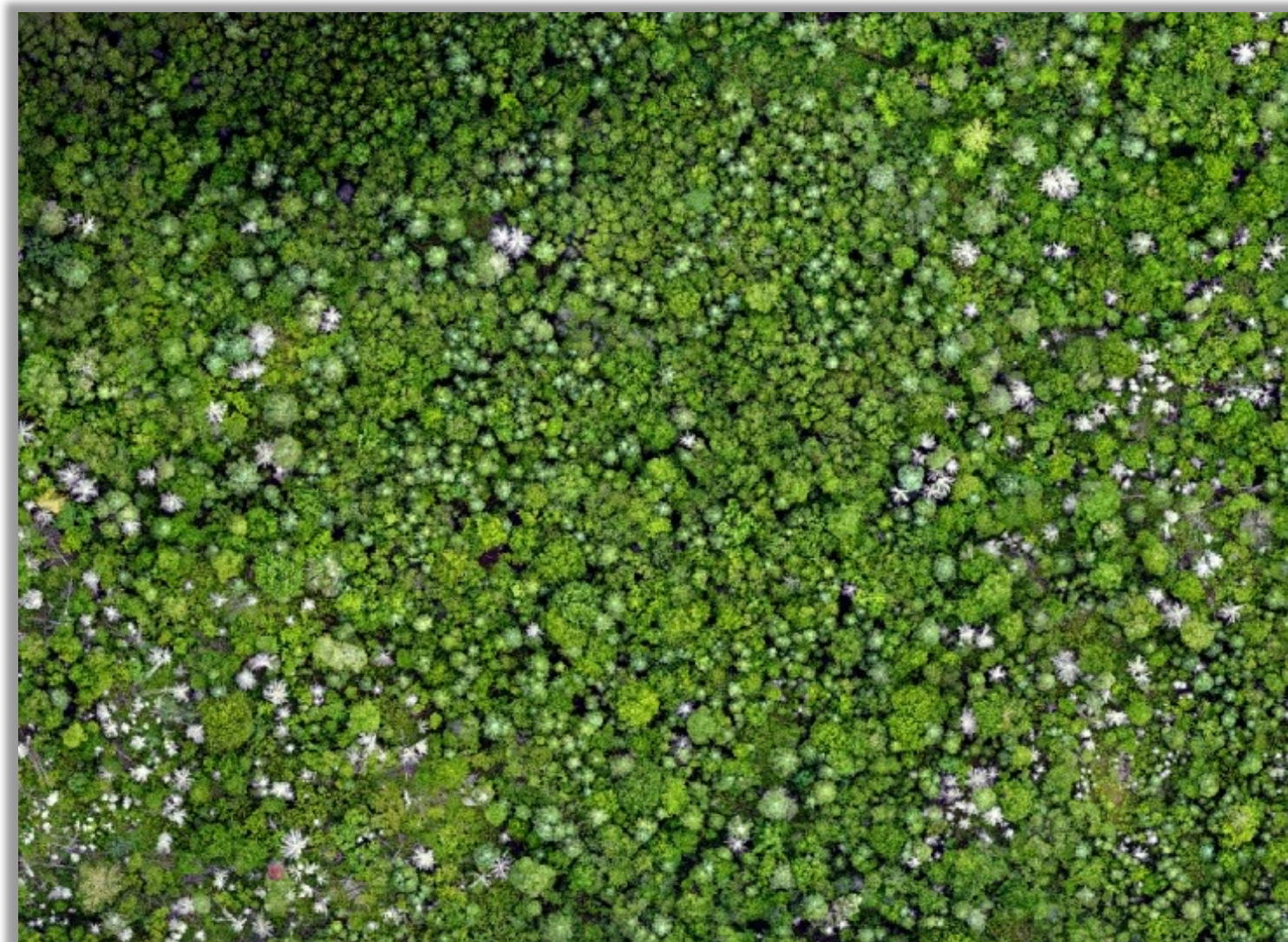
Aide à l'intervention précoce (récupération) : Estimation de la perte de feuillage

Bloc de coupe de 40 ha Baie-Comeau, QC



Foliage:	95%	20-95%	<20%	<5%	Nil	Nil
Sign of mortality	Nil	Nil	Nil	Nil	Nil	Yes

CARTE INDEX DU FEUILLAGE



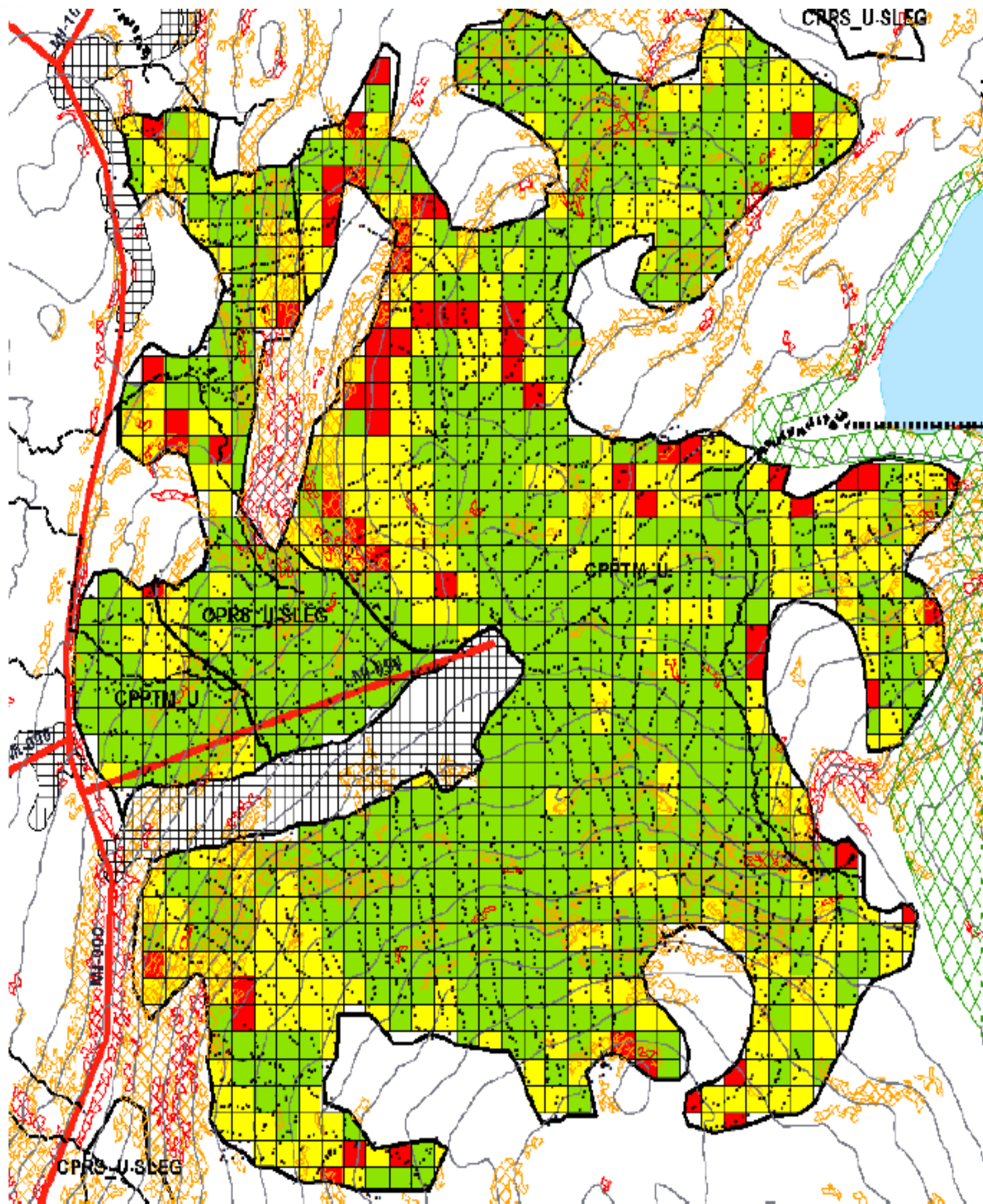
- 1 Foliage Over 90%
- 2 Foliage 20 – 90%
- 3 Foliage below 20%
- 3+ Foliage below 5%
- 4 No foliage, dry and/or dead

Coût-bénéfice de la récupération appuyée par la vigueur

Sommaire des essais (2018)

	Test 1	Test 2
Volume récolté (\$/HMP)	584	513
Productivité (\$/HMP)	13,3	13,8
Taux horaire (\$/HMP)	175	175
Économie (\$/m ³)	0.41	

Bloc de coupe de 40 ha Baie-Comeau, QC



Test 1 : Coupe à blanc status quo

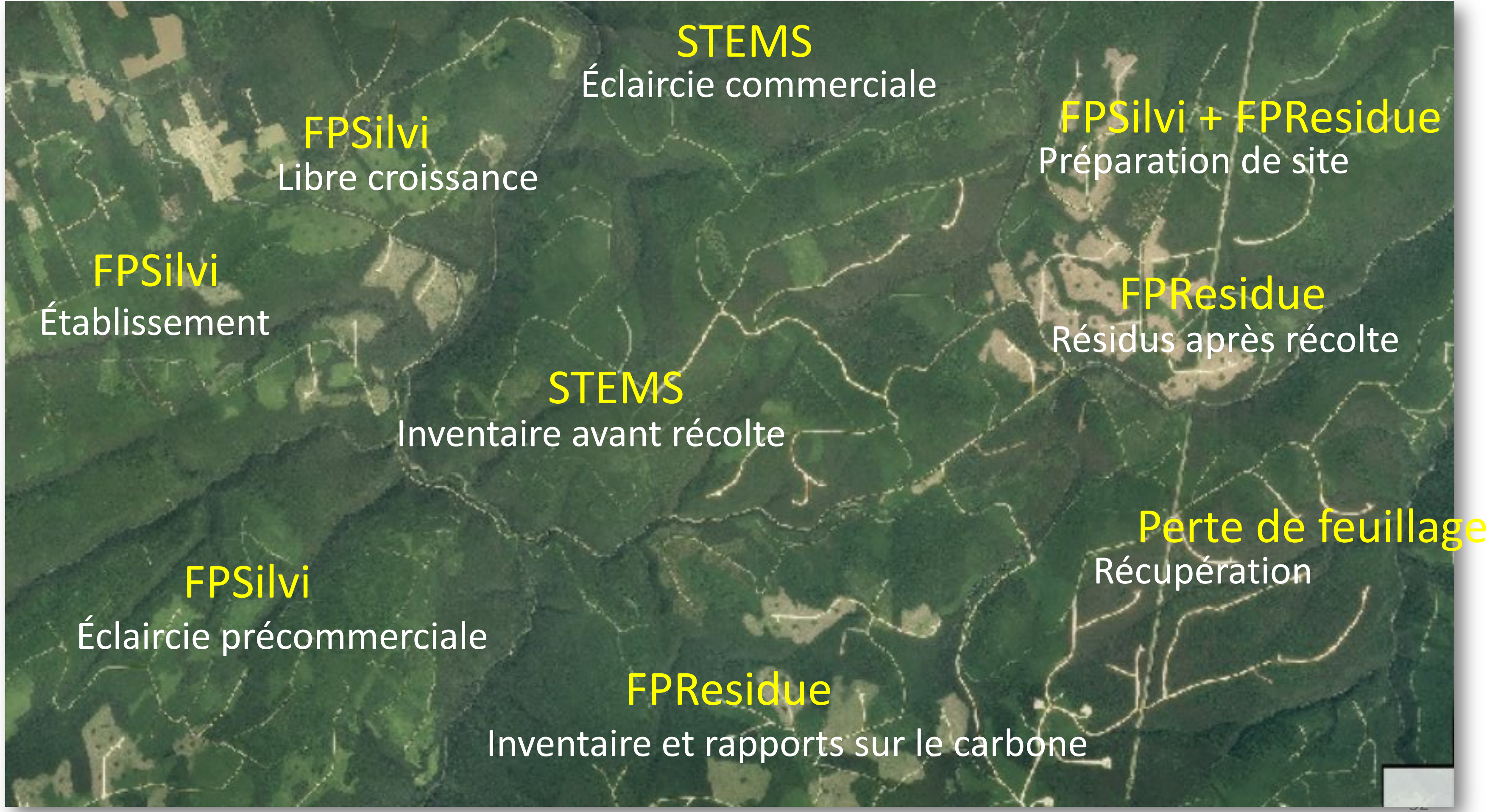
Test 2: 'Récupération avec carte opérationnelle

Région du Saguenay - Lac St-Jean

Économies estimées à 270 000 dollars en coûts directs de récolte sur la zone à risque de mortalité

Rouge : Aucune coupe

Gamme de solutions - Innovante





Défis de la mise en œuvre

- Structurel
 - Infrastructure - Technologie
 - Changement de compétences
 - Flux d'informations (du bas vers le haut)
- Acceptation / normalisation des résultats
 - Paramètres réglementaires fixes
 - Se limiter à l'essentiel
- Rigidité / résistance au changement

33

Le drone est une technologie perturbatrice dans le secteur forestier

Merci de votre attention !

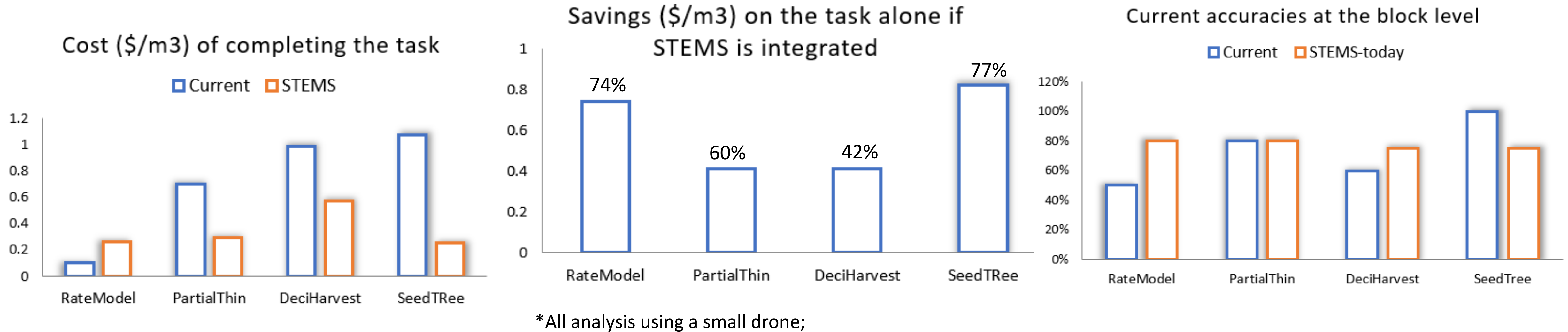
Des questions ?

CONTACTEZ-NOUS

udayalakshmi.vepakomma@fpinnovations.ca

PIECE SIZE MATTERS: Techno-economic analysis in four use cases

Pre-harvest assessment for rate models, plan partial cutting or deciduous harvest, seed tree marking
(Sponsors: Interfor, Domtar, Cedrico, Resolute)



Scalability (eastern members)

Annual harvest (K ha)	125
Annual partial harvests (K ha)	60
Deciduous tree harvest (M m3)	38
Seedtree marking (ha)	3500

Inputs to the analysis based on customer discovery

UAV data acquisition (4cm res) ha/day	250	Plot survey(70-75% accuracy) plots/ha	0.25
Cost of acquisition (small drone, incl travel) \$/ha	2.32	Plot survey cost (\$/plot)	72
Cost of acquisition (small drone) \$/m3	0.58	Average block size (ha)	25
STEMS license (\$K)	1	Seedtree marking (trees /hr @ 12/ha)	16
Data processing (\$/hr)	\$40	Harvest plan (\$/block)	150
		Employee rate (\$/hr)	\$40-50

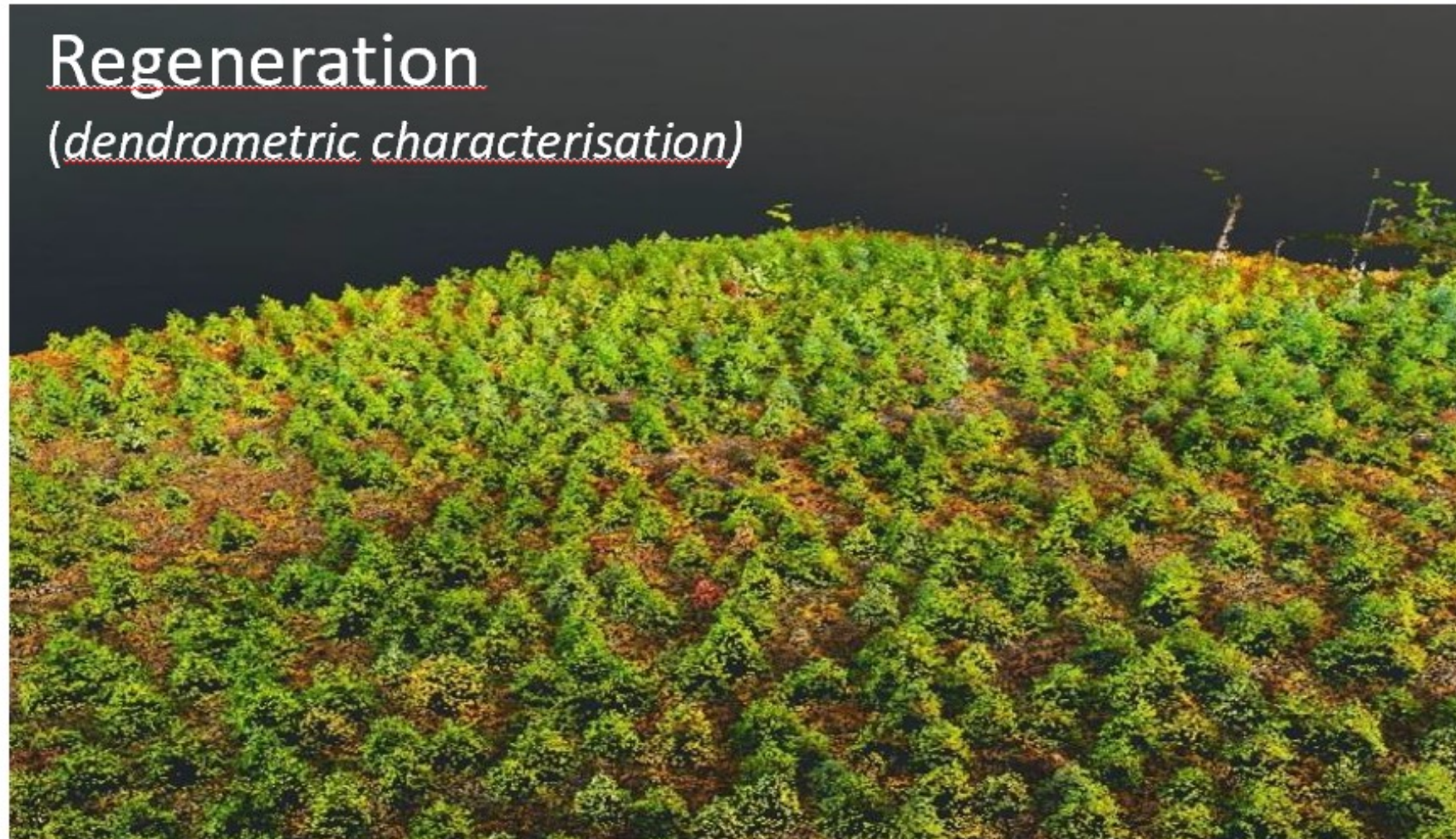
“The size of the tree you cut determines the weight with which you have to throw the axe.” – Israelmore Ayivor



Survey effort comparisons

Regeneration + Waste survey

Regeneration
(*dendrometric characterisation*)



UAV crew of one for 2 days	Manual survey, crew of two, five days
\$850	\$5900
Flight time 4 hrs/day	1 plot / 2ha
16 ha/hour	1.5 plot/person/hour

- Potential savings of 80% (sensing versus survey)

Drone based solution has a competitive advantage

Minimiser les défis lors de l'acquisition de données



Drones hybrides

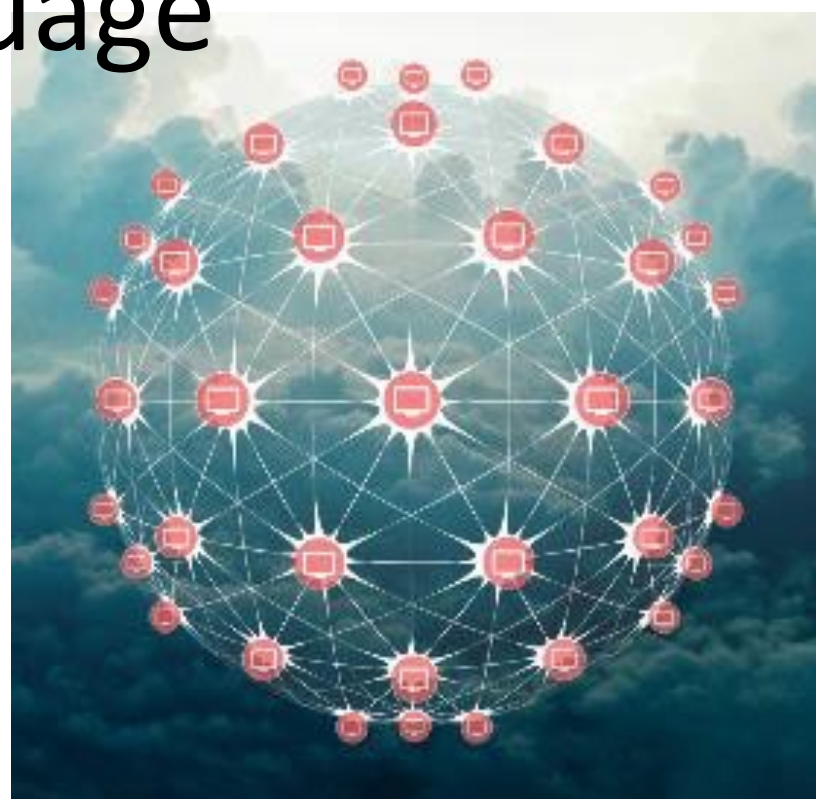


Bornes de recharge portables

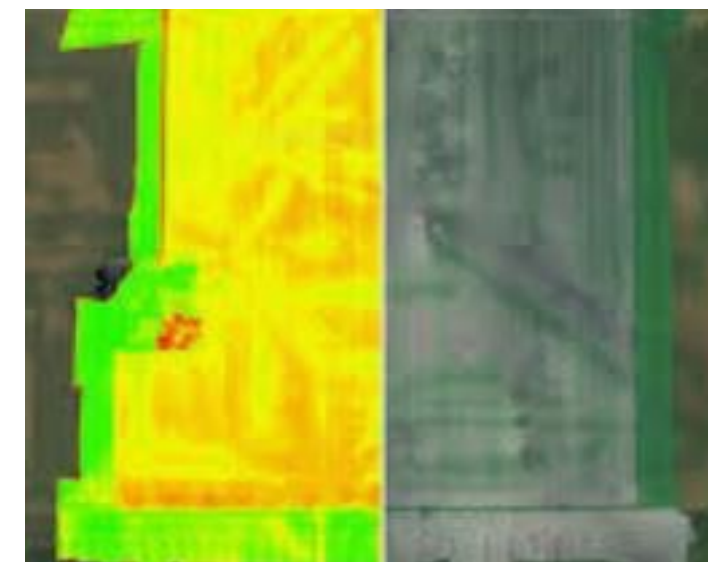


Charges utiles plus lourdes

Services de traitement en nuage



Traitement en temps quasi réel



De meilleures charges utiles

