



Estimer la dégradation des chemins forestiers par télédétection

François Girard (UdeM), Osvaldo Valeria (UQAT), Alejandro Vega (UQAT) & Patricia Girardin (UQAT-diplômée)

Invitation à lire

- Girardin, P.; Valeria, O.; Girard, F. Measuring Spatial and Temporal Gravelled Forest Road Degradation in the Boreal Forest. *Remote Sens.* **2022**, *14*, 457.

<https://doi.org/10.3390/rs14030457>



Submit to this Journal

Review for this Journal

Propose a Special Issue

Article Menu

Academic Editor



Luis A. Ruiz

Subscribe SciFeed

Recommended Articles

Related Info Link

IK

Open Access Article

Measuring Spatial and Temporal Gravelled Forest Road Degradation in the Boreal Forest

by Patricia Girardin ^{1,2} ✉, Osvaldo Valeria ^{1,2,3} ✉ and François Girard ^{2,4,*} ✉

¹ Institut de Recherche sur les Forêts, Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, 445 Boul. de l'Université, Rouyn-Noranda, QC J9X 5E4, Canada

² Centre d'étude de la forêt, Case Postale 8888, Succursale Centre-Ville, Montréal, QC H3C 3P8, Canada

³ Hémera Centro de Observación de la Tierra, Escuela de Ingeniería Forestal, Facultad de Ciencias, Universidad Mayor, Camino La Pirámide 5750, Huechuraba 8580745, Santiago, Chile

⁴ Département de Géographie, Université de Montréal, Campus MIL, 1375 Avenue Thérèse-Lavoie-Roux, Montréal, QC H2V 0B3, Canada

* Author to whom correspondence should be addressed.

Remote Sens. **2022**, *14*(3), 457; <https://doi.org/10.3390/rs14030457>

Submission received: 30 December 2021 / Revised: 10 January 2022 / Accepted: 16 January 2022 /

Published: 19 January 2022

(This article belongs to the Section Forest Remote Sensing)

Order Article Reprints



Contexte

Vecteur d'accessibilité au territoire

- Industrie forestière, sylviculture
- Communauté scientifique
- Trappeurs, chasseurs, pêcheurs
- Produits forestiers non ligneux
- Usage autochtone

Atout important pour planification de l'aménagement durable

- Coupes partielles (2 -3 retours)
- Suivis après perturbations (feux, épidémies...)

Coûteux

- Économiques (construction, entretien)
- Environnementaux (fragmentation)
- Sociaux (désagrément)



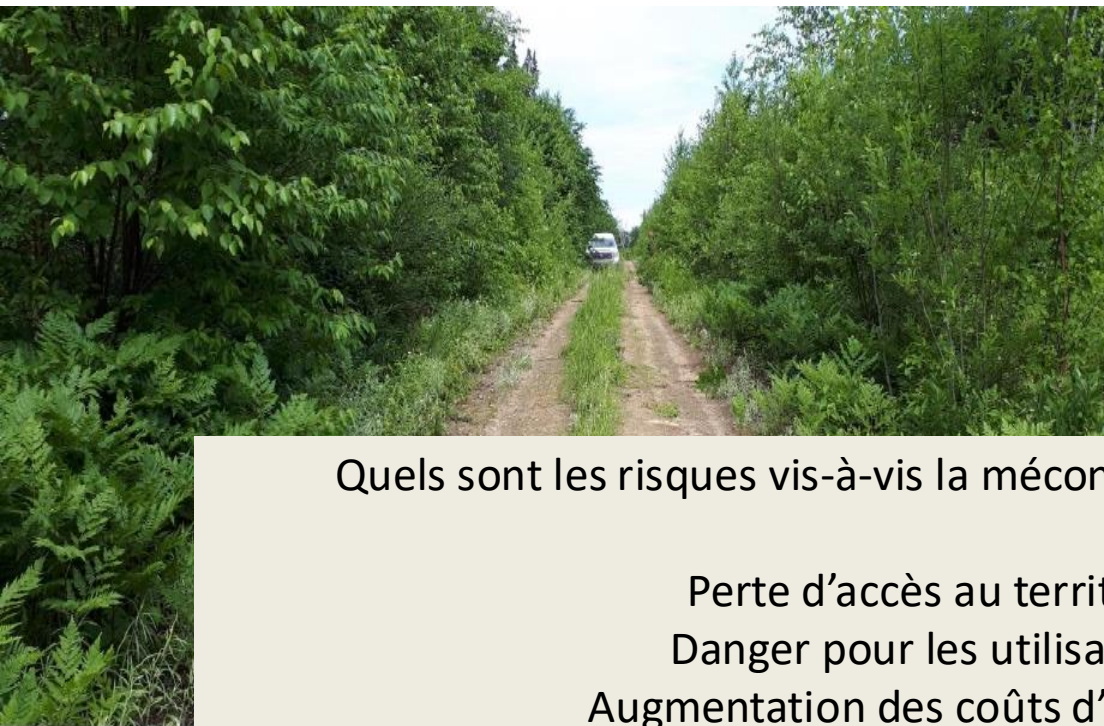
Contexte

- La question à poser:
 - Une fois construits, qu'arrive-t-il avec les chemins forestiers?
 - Quel est leur état actuel et comment ça peut changer dans le temps?
 - Roger le chauffeur de niveleuse le sait... mais qui d'autre?









Quels sont les risques vis-à-vis la méconnaissance du réseau ?

Perte d'accès au territoire

Danger pour les utilisateurs

Augmentation des coûts d'entretien

Impacts environnementaux



Problématique

- Comment réduire les risques?
 - Il faut un aménagement du réseau durable, sécuritaire et profitable aux utilisateurs
 - Il faut donc:
 - Acquérir la connaissance
 - Entretienir les chemins



Objectif principal

- Comblers le manque de connaissances sur l'état du réseau routier forestier au Québec
- Nous avons >600 000km de chemins forestiers au Québec
- On ne peut pas tout vérifier sur le terrain
 - Peut-on faire une évaluation de l'état des chemins à distance?



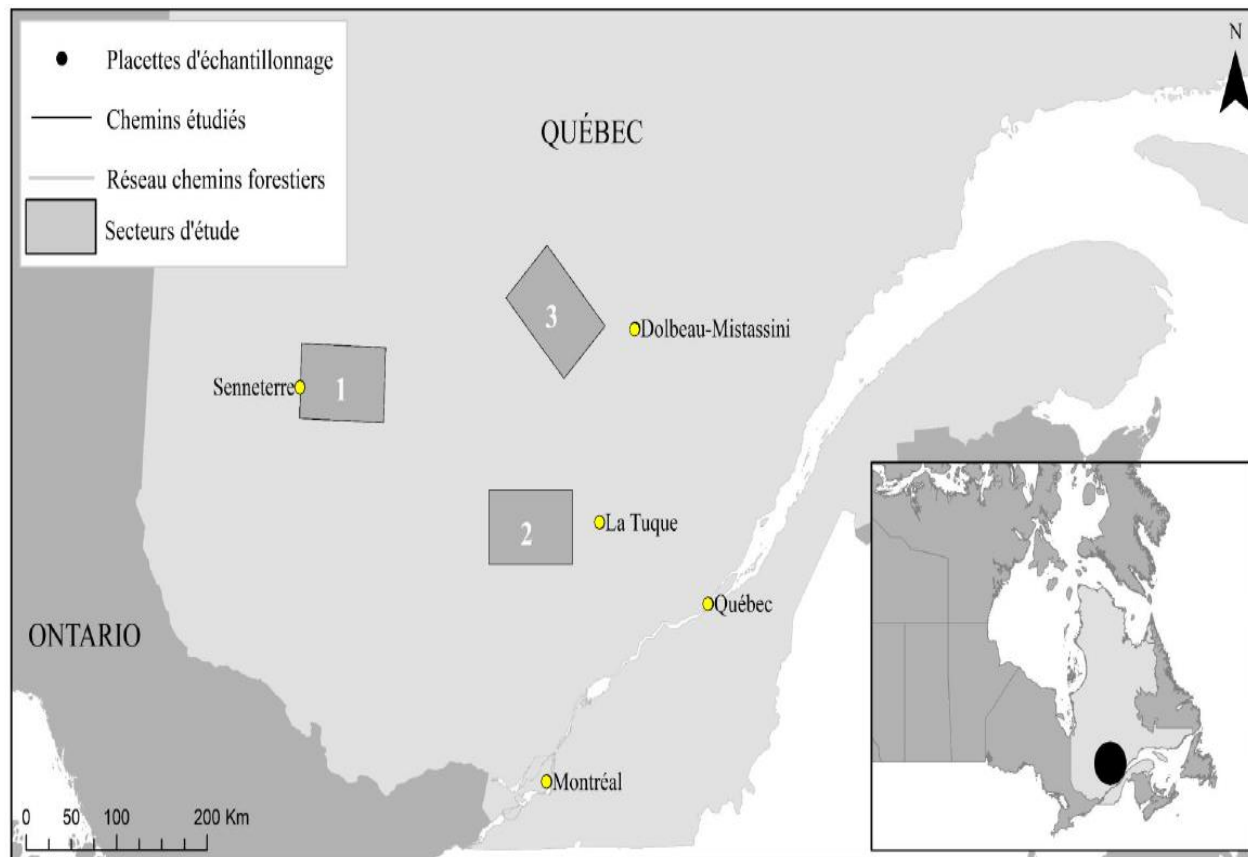
Objectif 1

- Déterminer les facteurs qui influencent la dégradation des chemins forestiers gravelés et créer des courbes de dégradation temporelles
- La pente, le temps , la largeur et la perte de surface de roulement sont de bons indicateurs de la dégradation.

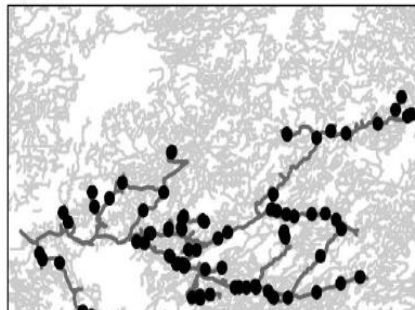
Objectif 2

- Déterminer le potentiel des indices extraits des données LiDAR et Sentinel 2A pour estimer la dégradation temporelle
- Les indices de topographie, de rugosité et de végétation extraits des données à distance sont corrélés avec le taux de dégradation

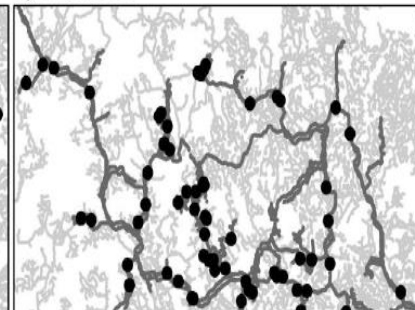
Zone d'étude



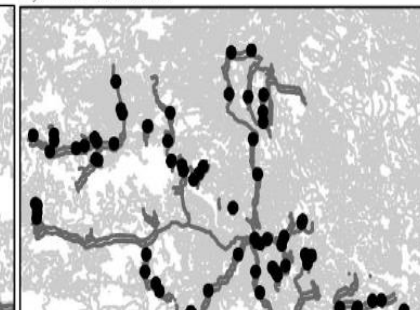
1) Abitibi



2) Mauricie



3) Lac-St-Jean



Les outils



Données terrain

Objectif 1

Dégradation observée



Données télédétection

Objectif 2

Indice de **topographie**

Indices de **rugosité**

Indices de **végétation**



Données terrain : sélection



Temps depuis dernier entretien

Récent [2015-2019]

Vieux [1970-2014]



Pente

Faible [$\leq 4\%$]

Forte [$>4\%$]

**12 combinaisons
6 répliques**



Largeur

Largeur 3 = 4 à 7 m (30 km/h)

Largeur 2 = 7 à 9,5 m (50 km/h)

Largeur 1 = 9,5 à 14 m (70 km/h)

+ 200 placettes



Données terrain : échantillonnage



Ornière



Émergence de la couche de fond



Planche à laver



Érosion



Roulière



Nid de poule





Données terrain : échantillonnage

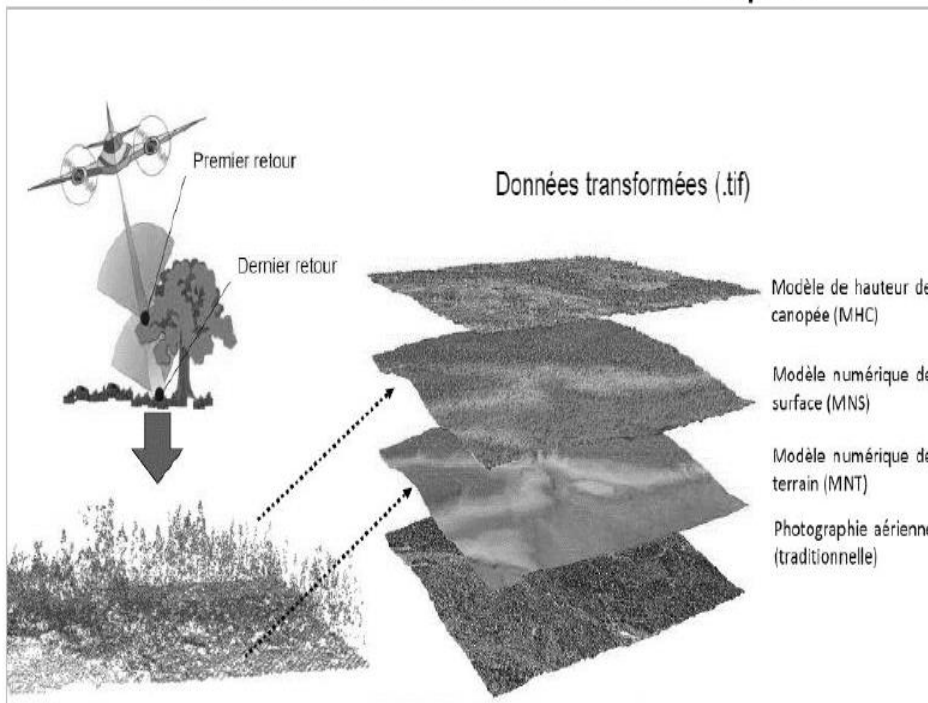
- ✓ Pente longitudinale (%)
- ✓ Largeur du chemin actuelle (m)
- ✓ Temps depuis le dernier entretien (ans)
- ✓ PPSR
(pourcentage de perte de surface de roulement)
Largeur initiale – largeur actuelle
- ✓ Position GPS





Données télédétection

Modèle numérique de terrain Modèle de hauteur de canopée

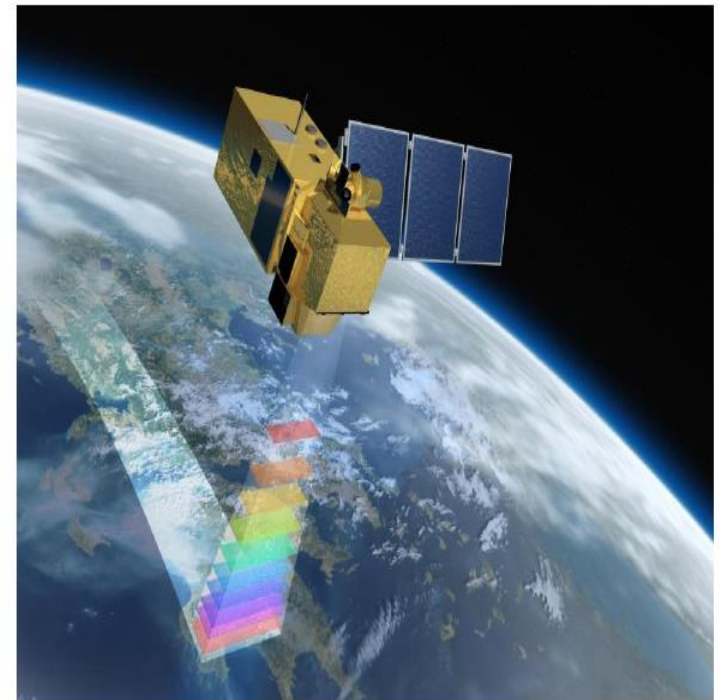


Résolution : 1m

Source : LiDAR

Acquisition : été 2017-2018

Images multispectrales



Résolution : 10 m

Source : Satellite Sentinel 2A

Acquisition : été 2019



Indice de position topographique (TPI)





Indice de position topographique (TPI)

Indice d'humidité topographique (TWI)



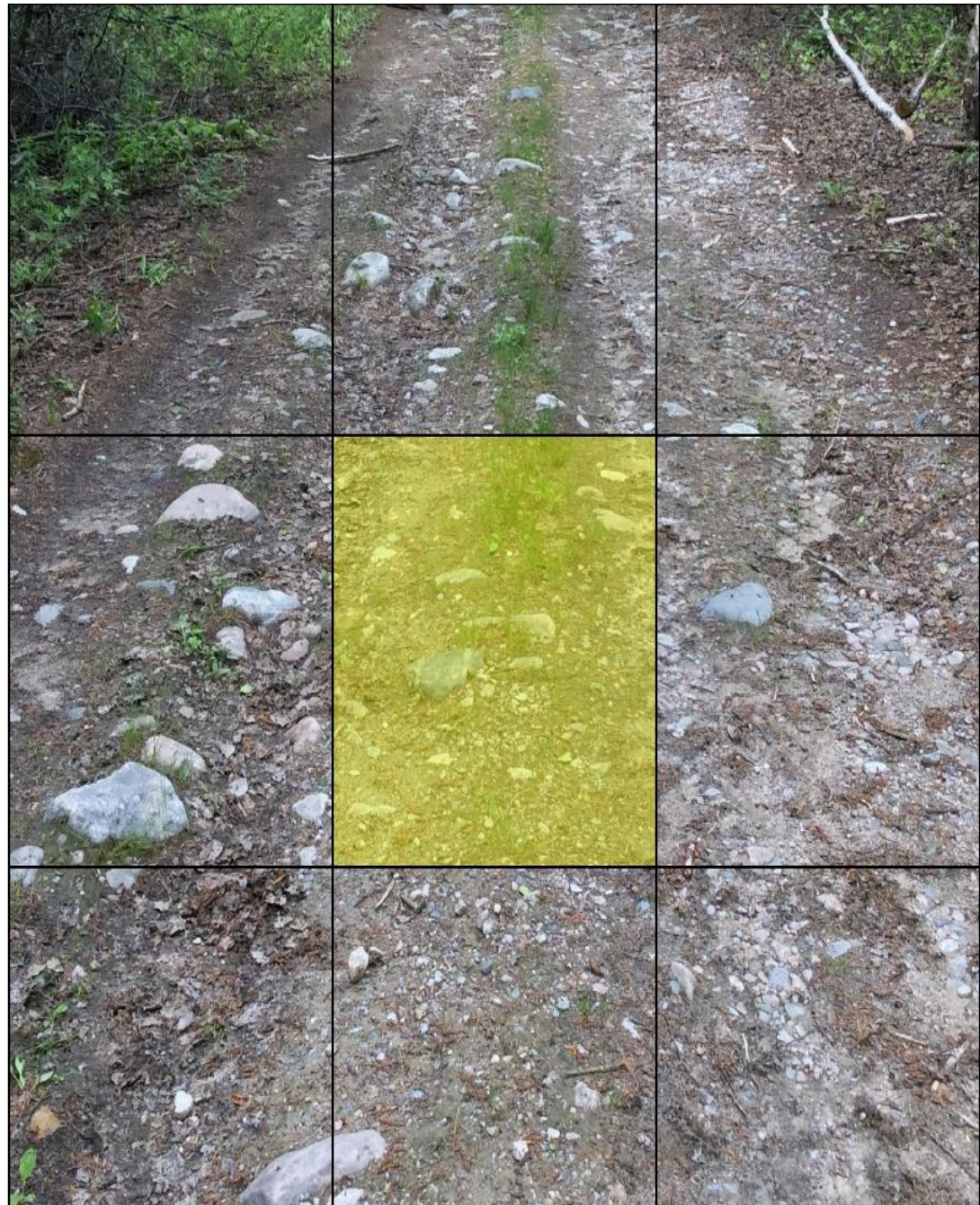


Indice de position topographique (TPI)

Indice d'humidité topographique (TWI)



Indices de rugosité de terrain (TRI)





Indice de position topographique (TPI)

Indice d'humidité topographique (TWI)



Indices de rugosité de terrain (TRI)

Indices de courbure de la surface (CSI)





Indice de position topographique (TPI)

Indice d'humidité topographique (TWI)

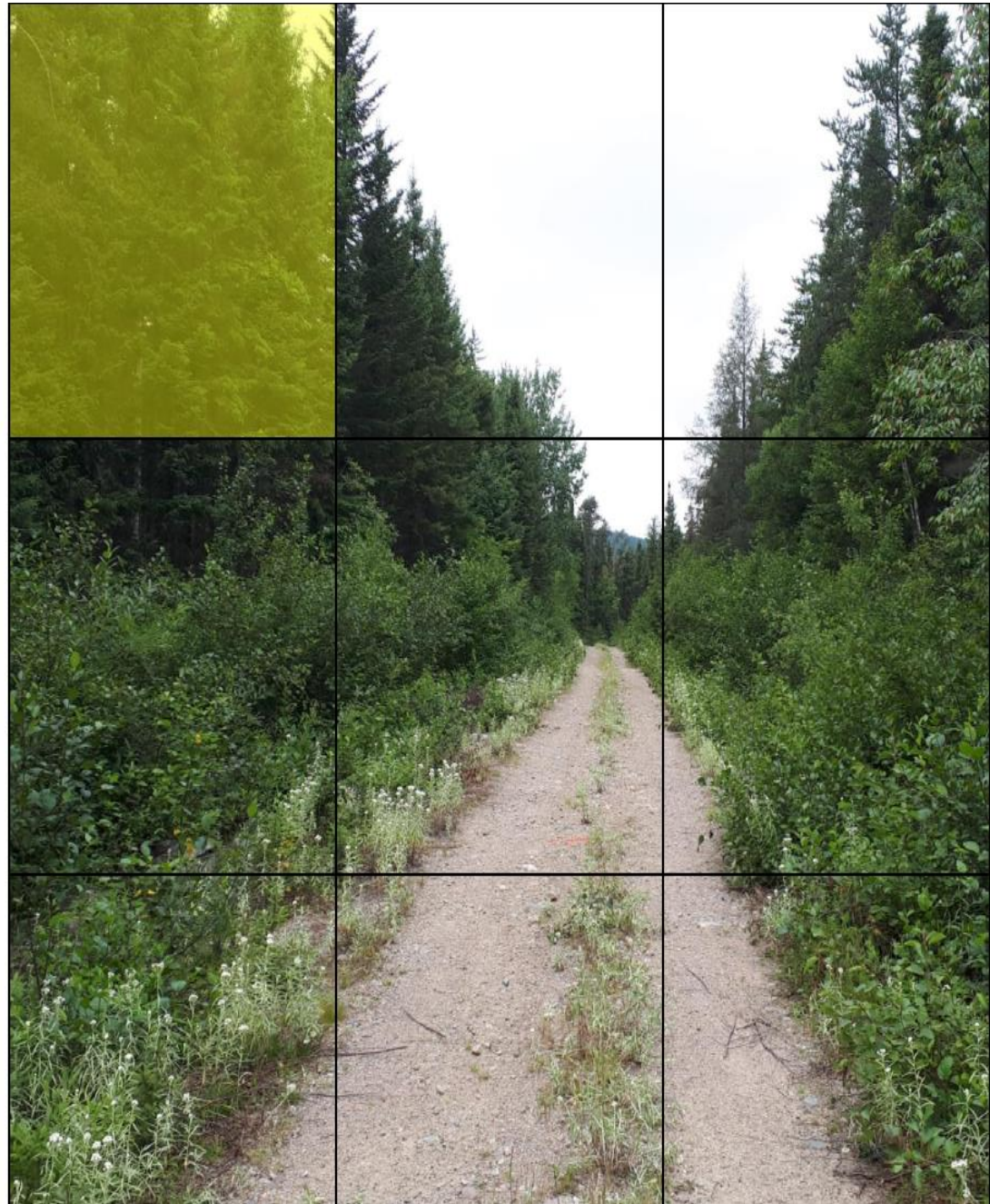


Indices de rugosité de terrain (TRI)

Indices de courbure de la surface (CSI)



Indice de végétation par difference normalisée
(NDVI)





Indice de position topographique (TPI)

Indice d'humidité topographique (TWI)



Indices de rugosité de terrain (TRI)

Indices de courbure de la surface (CSI)



Indice de végétation par difference normalisée
(NDVI)

Indices de hauteur de canopée (MHC)



Analyses statistiques

Chercher à trouver le meilleur modèle de prédictions de la *dégradation* (y)

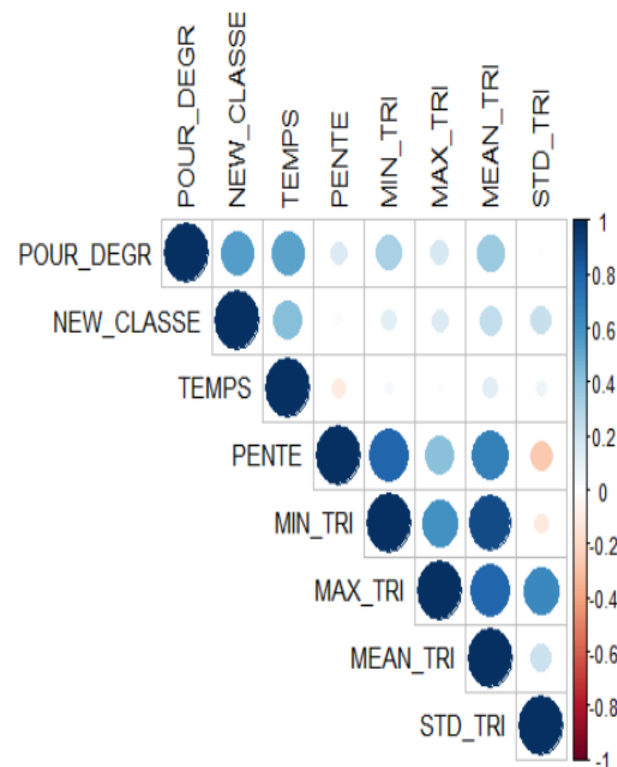
Terrain (objectif 1) et **Télédétection** (objectif 2)

- 1) Matrices de corrélation
- 2) Sélectionner variables les plus performantes
- 3) Construire modèle de régression

Terrain : Dégradation ~ Pente + PPSR+ Temps + Largeur

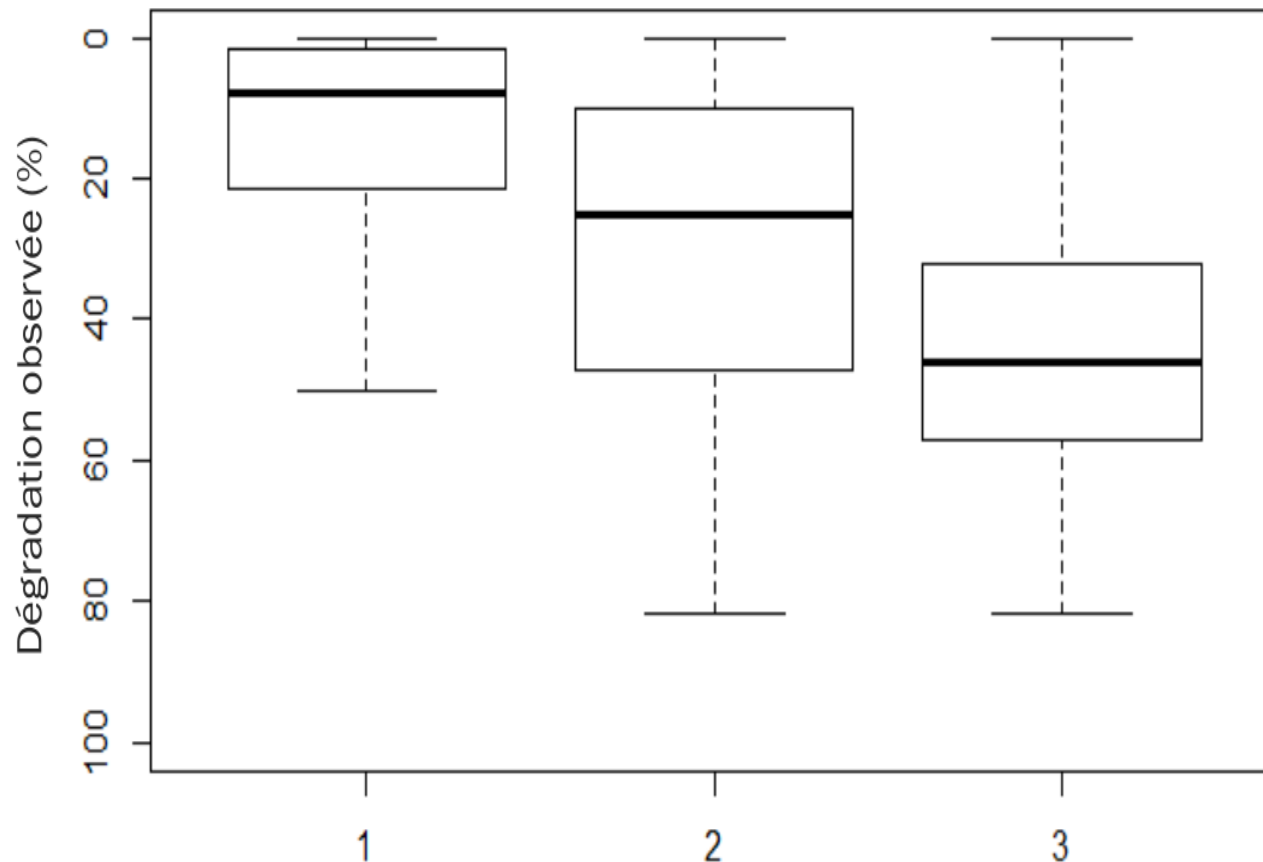
Télédétection : Dégradation ~ Végétation + Rugosité + Topographie

- 4) Sélection modèle candidat (AIC)
- 5) Courbes de prédictions





Largeur du chemin



Largeur 1:
4 à 7m
(30km/h)

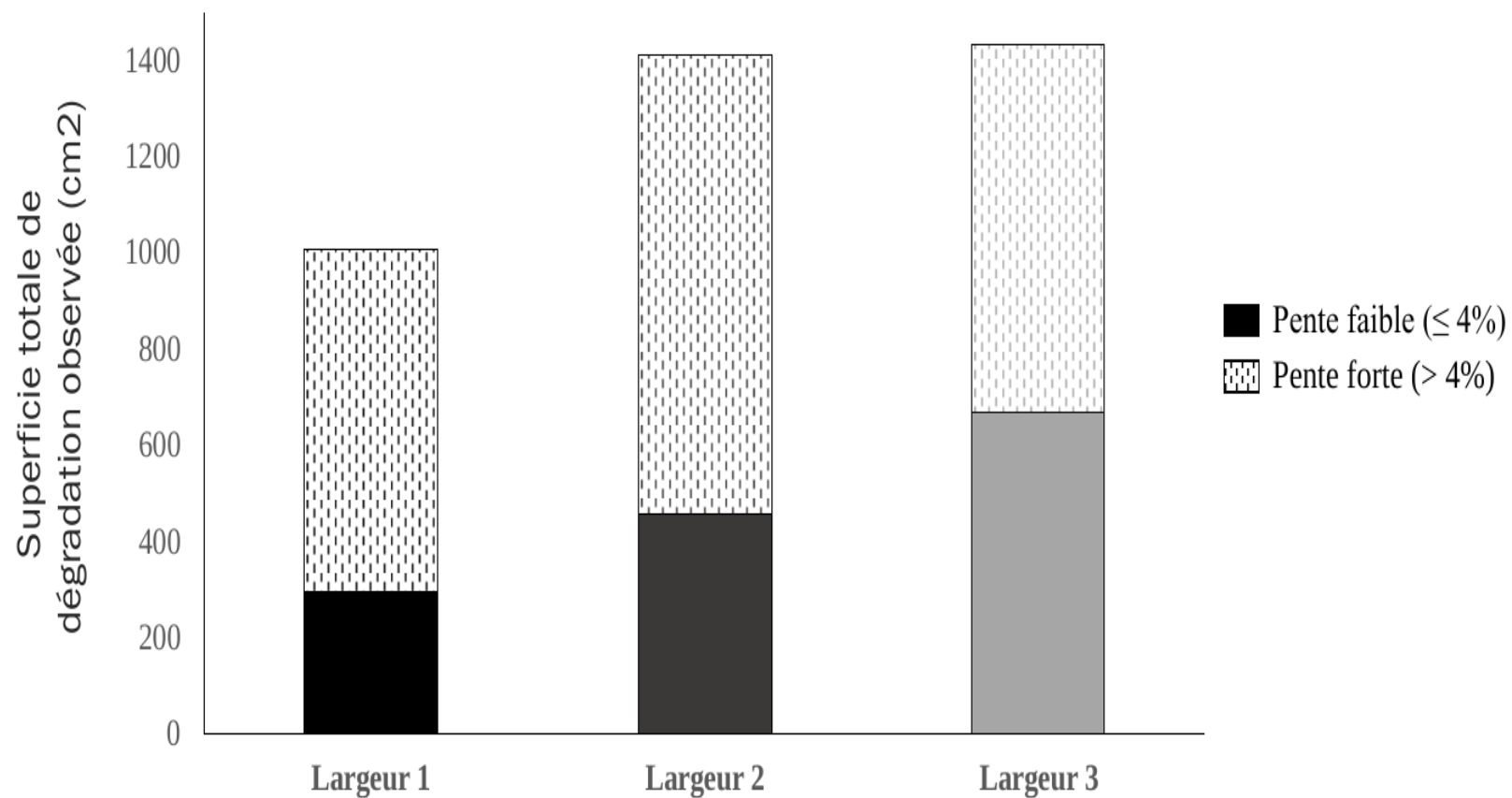
Largeur 2:
7 à 9.5m
(50km/h)

Largeur 3:
9.5 à 14m
(70km/h)

Largeur du chemin

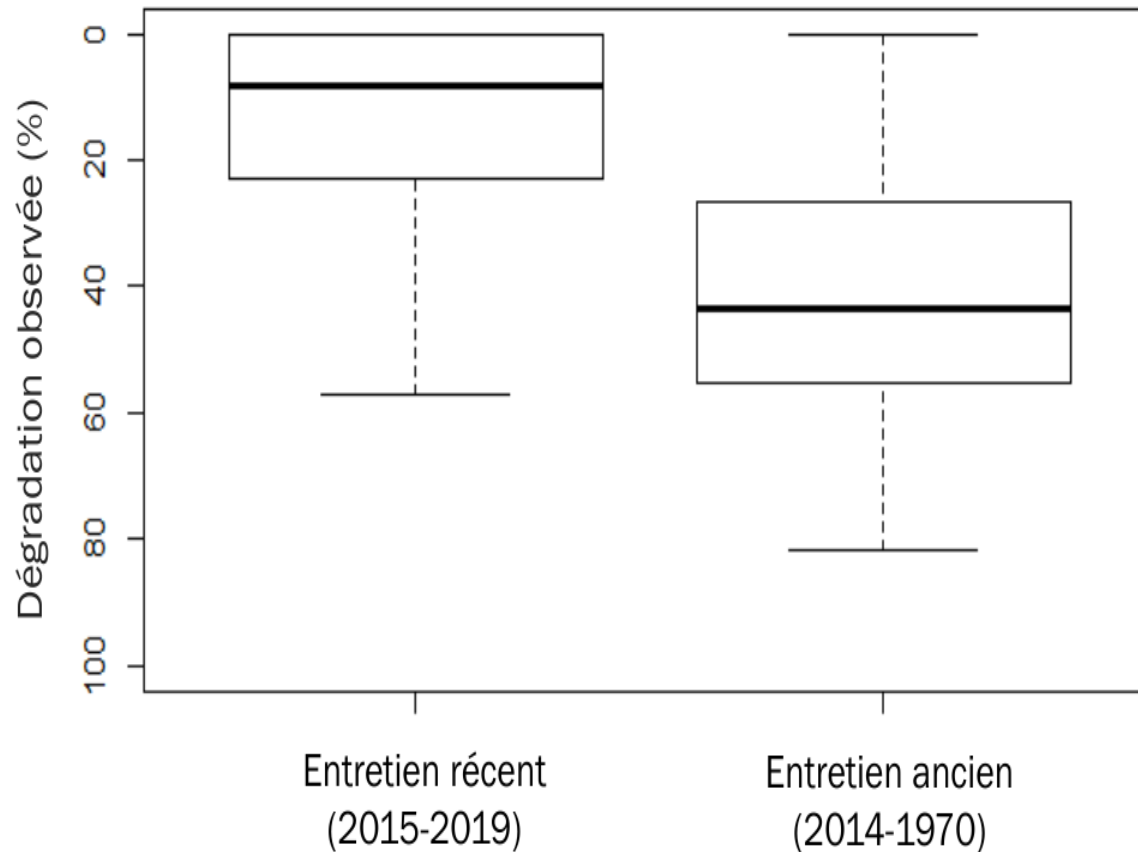


Pente



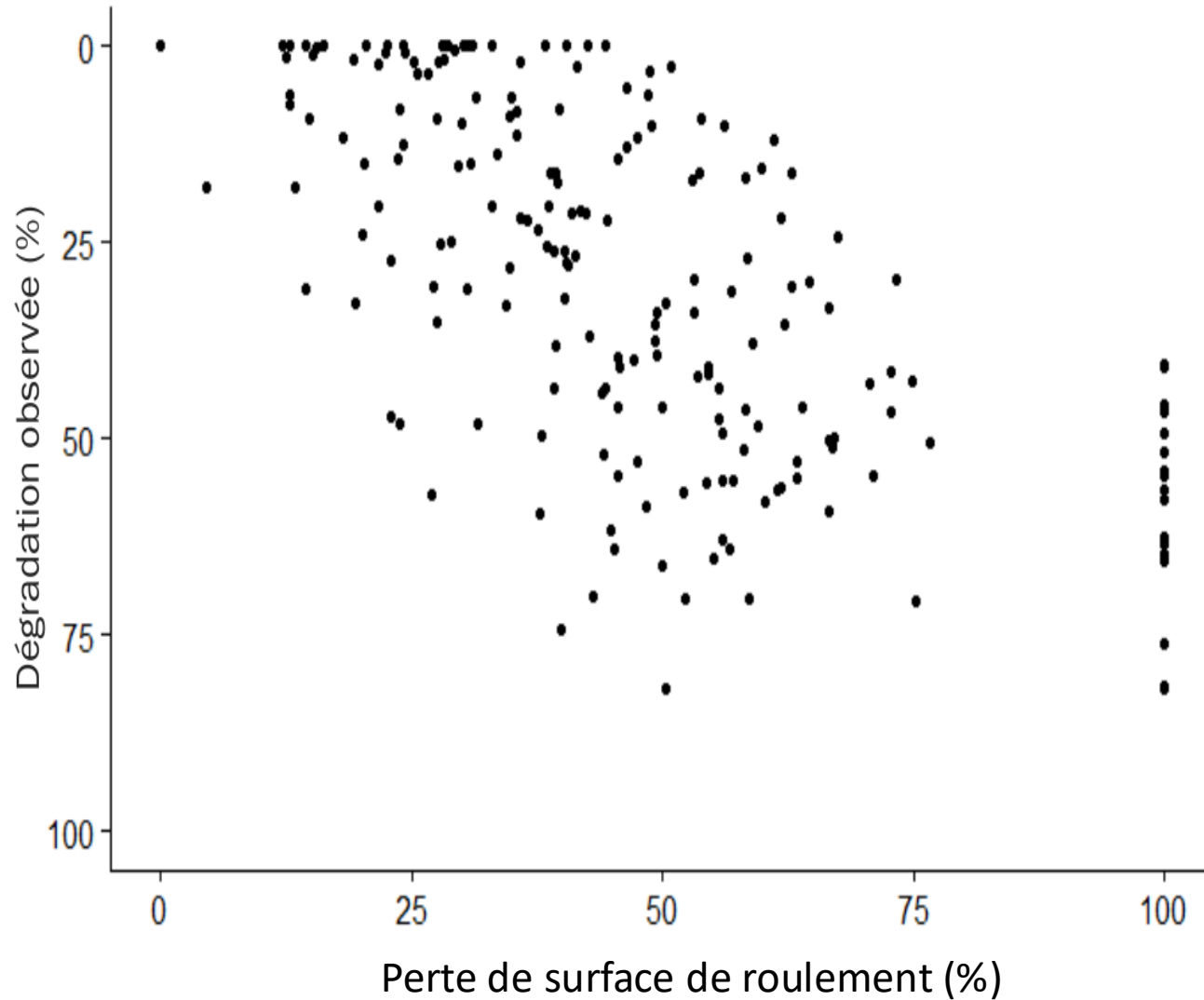


Temps depuis le dernier entretien





Perte de surface de roulement (PPSR)



Sélection par AIC

Modèles candidats <i>Terrain</i>							
Modèles	Pente	Largeur	Temps	PPSR	AICc	Δi	w_i
1					-208,60	0,00	0,931
2					-203,20	5,39	0,063
3					-198,60	10,07	0,006

PPSR : % perte de surface de roulement

Modèles candidats <i>Télédétection</i>									
Modèles	NDVI	TRI	TPI	MHC	CSI	TWI	AICc	Δi	w_i
1							-180,70	0,00	0,246
2							-179,00	1,76	0,102
3							-178,90	1,86	0,097
4							-178,70	2,06	0,088
5							-178,60	2,17	0,083
...									
23							-170,10	10,64	0,001
24							-168,80	11,92	0,001

NDVI + MHC : végétation

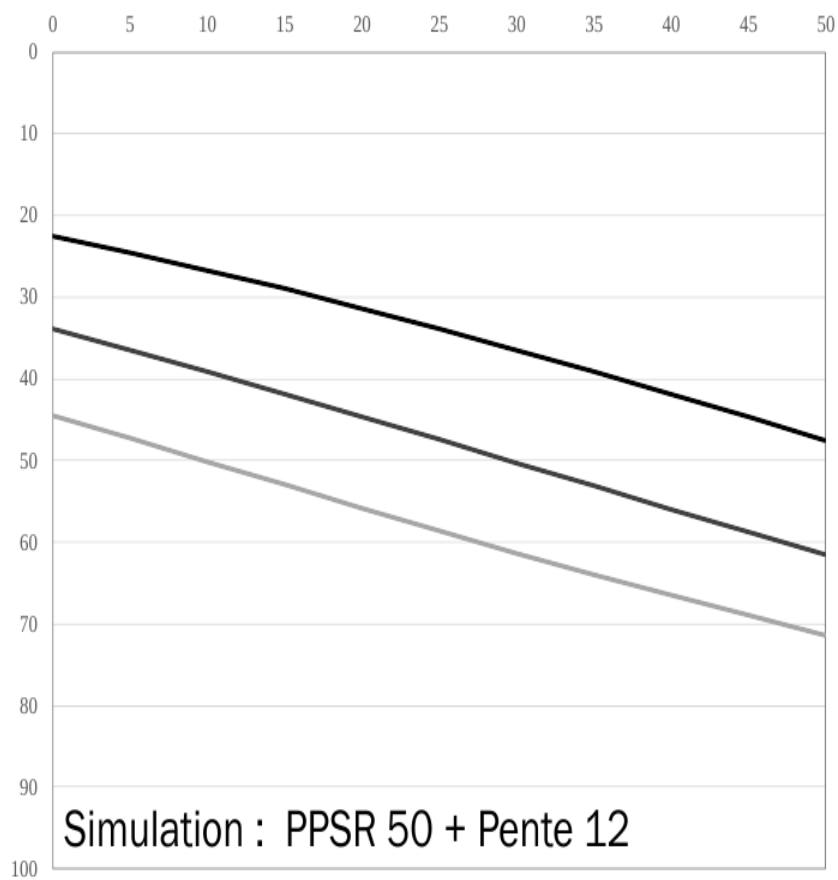
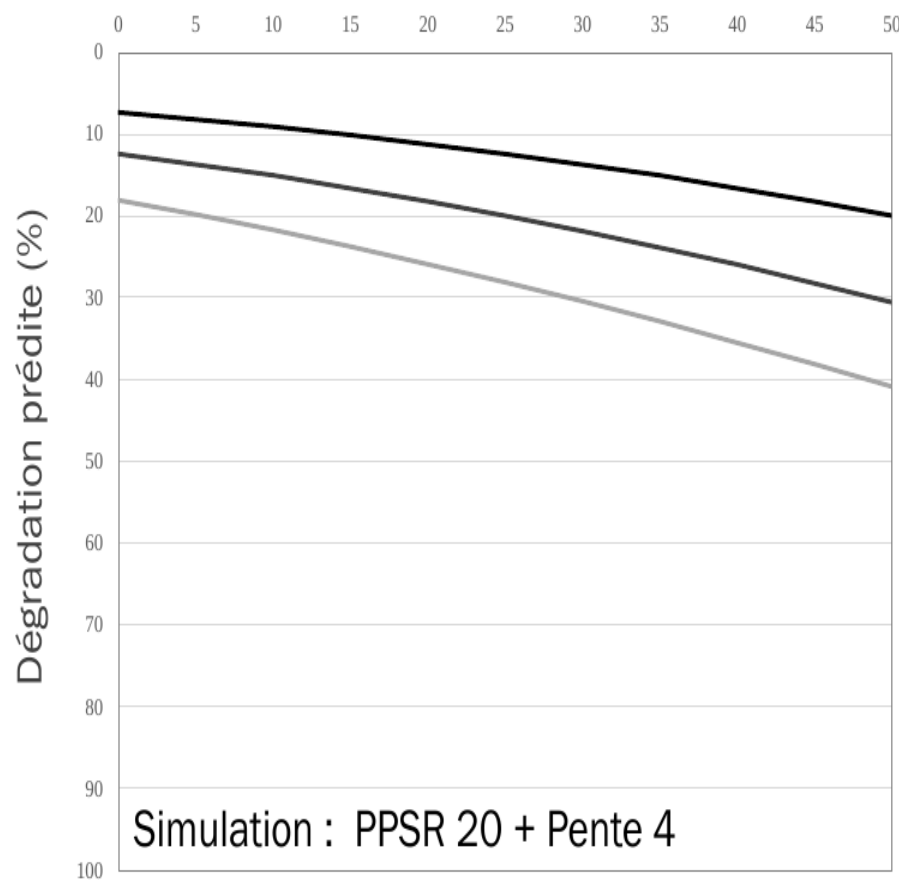
TRI + CSI : rugosité

TPI + TWI : topographie



Terrain – Courbes de prédictions

Temps depuis le dernier entretien (ans)

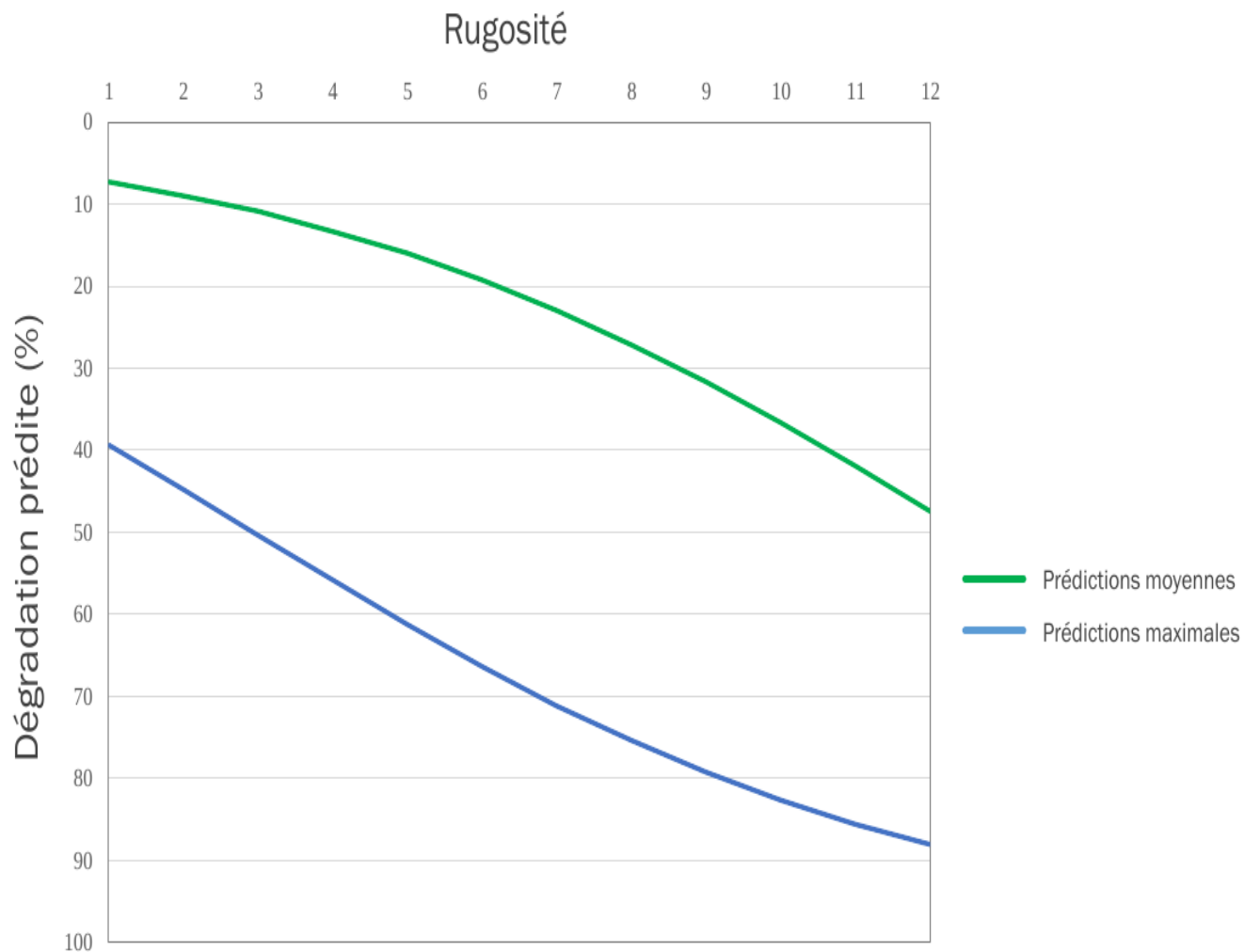


PPSR : % perte de surface de roulement

— Largeur 1 — Largeur 2 — Largeur 3



Téledétection – Courbe de prédictions





Modèle Terrain

1. Largeur : revoir la structure des chemins de largeur 2 et 3





Modèle Terrain

1. Largeur : revoir la structure des chemins de largeur 2 et 3
2. Pente : apporter attention particulière chemin en pente





Modèle Terrain

1. Largeur : revoir la structure des chemins de largeur 2 et 3
2. Pente : apporter attention particulière chemin en pente
3. Temps : prévoir des entretiens plus réguliers





Modèle Terrain

1. Largeur : revoir la structure des chemins de largeur 2 et 3
2. Pente : apporter attention particulière chemin en pente
3. Temps : prévoir des entretiens plus réguliers
4. PPSR : entretenir l'emprise pour éviter avancement de la végétation





Application - Aménagement du territoire

Année	Dégradation prédite (%)		
	Faible (0 – 15)	Modérée (15 – 40)	Élevée (40 – 82)
2019	22%	57%	21%
2024	17%	59%	24%
2029	13%	56%	31%
2039	8%	49%	43%



Application - Aménagement du territoire

Année	Dégradation prédite (%)
	Faible (0 – 15)
2019	22%
2024	17%
2029	13%
2039	8%





Application - Aménagement du territoire

Année	Dégradation prédite (%)
	Modérée (15 – 40)
2019	57%
2024	59%
2029	56%
2039	49%





Application - Aménagement du territoire

Année	Dégradation prédite (%) Élevée (40 – 82)
2019	21%
2024	24%
2029	31%
2039	43%



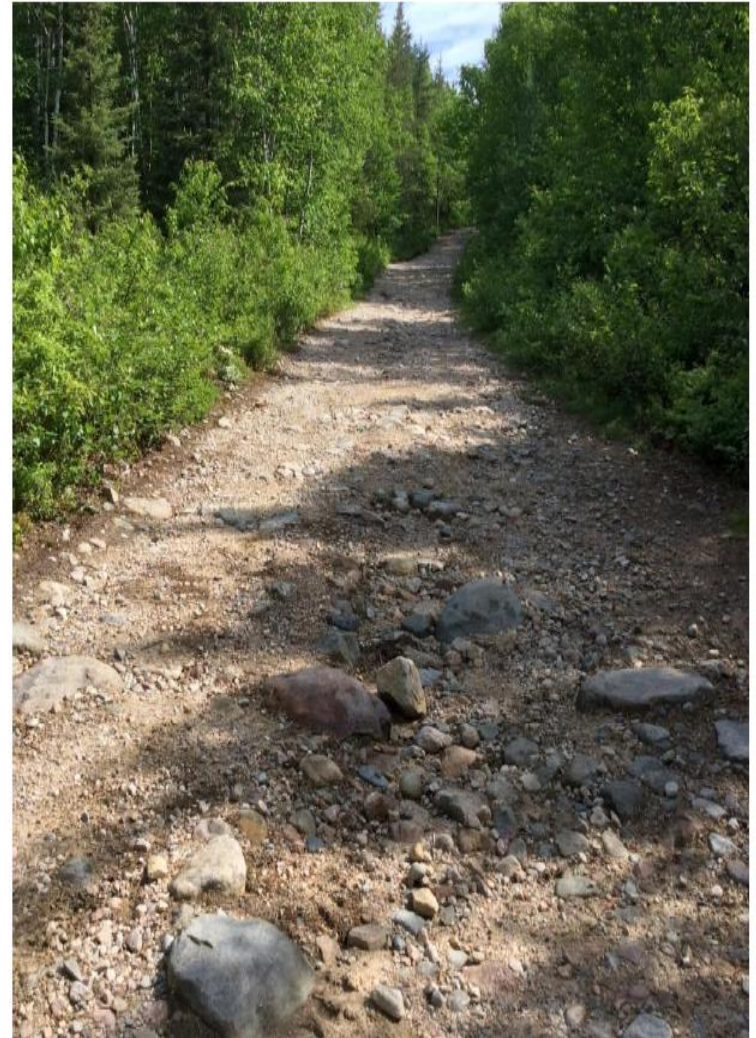


Modèle Télédétection



Rugosité

Variation de la dégradation





Modèle Télédétection



Rugosité

Variation de la dégradation



Végétation

Avancement de la végétation (Temps et PPSR)





Modèle Télédétection



Rugosité

Variation de la dégradation



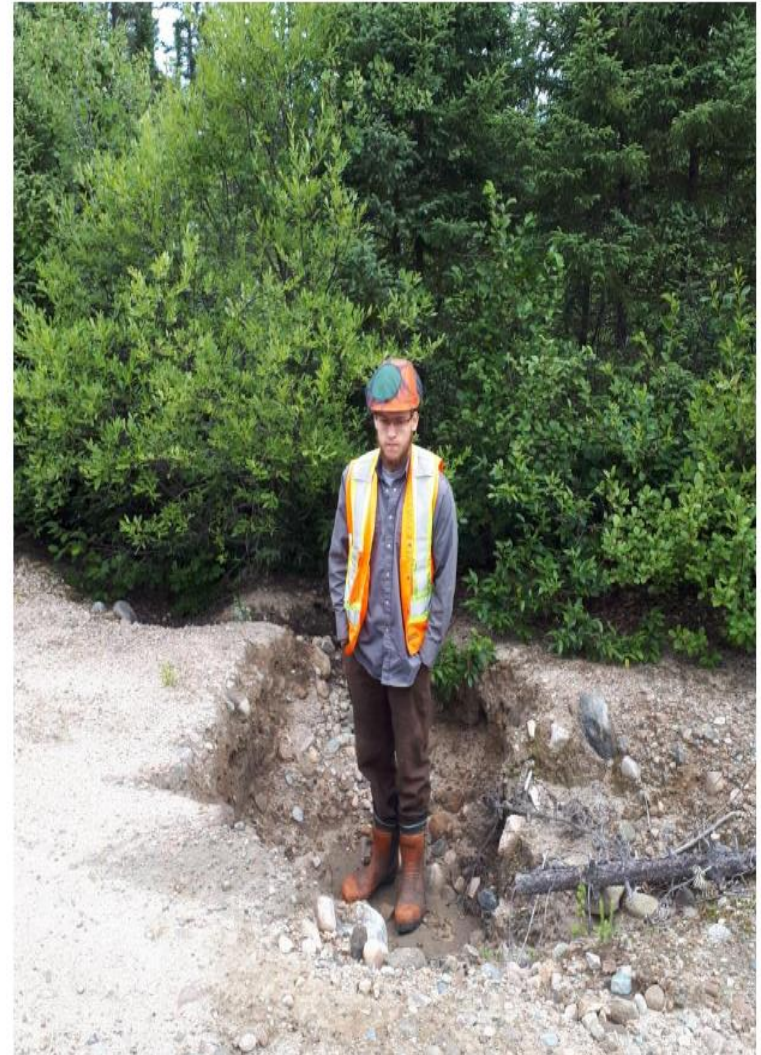
Végétation

Avancement de la végétation (Temps et PPSR)



Topographie

Récurrence de la dégradation



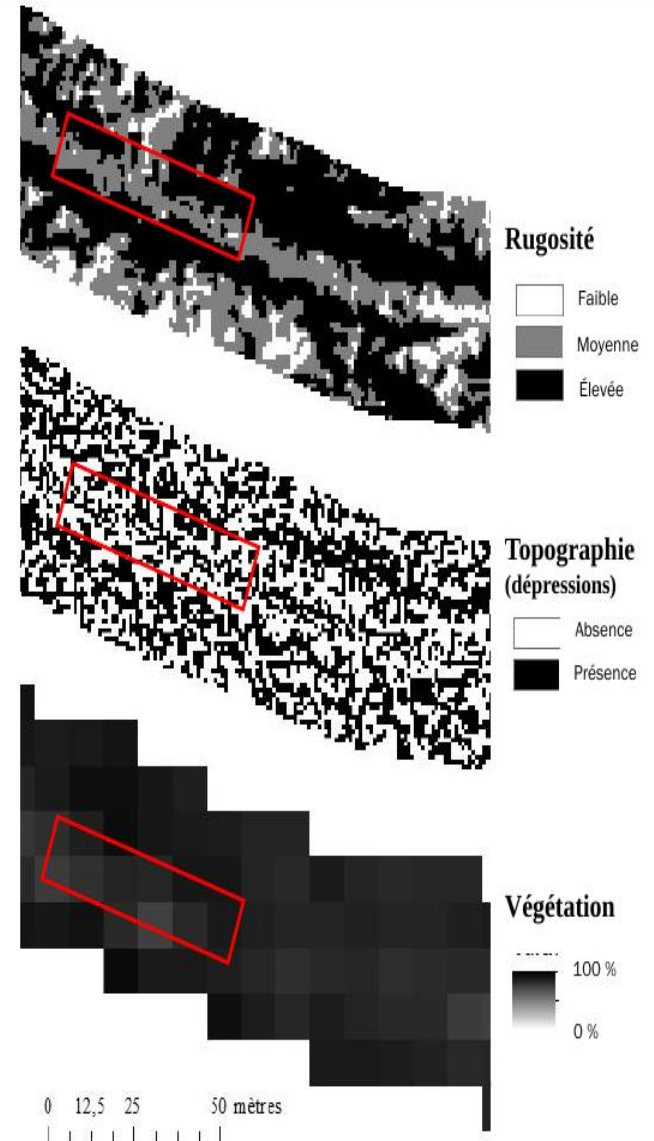
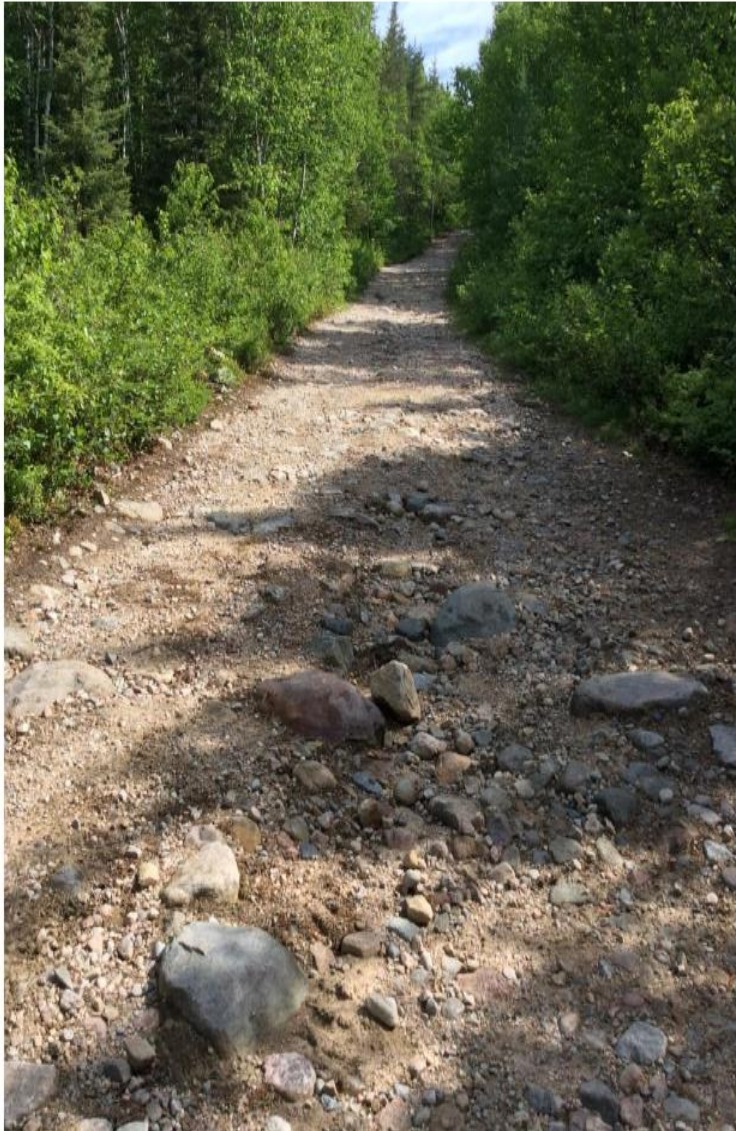


Modèle Télédétection





Application - Aménagement du territoire





Limites de l'étude – Modèle Terrain

Autres variables qui ne sont pas prises en compte
flux de transport, précipitations, matériel utilisé, compactage du sol et les fameux castors !

Pente + PPSR + Temps + Largeur = facilement accessibles





Limites de l'étude – Modèle Télédétection



Résolution des données

Disparité entre les années LiDAR et les observations terrain

2017-2018 : différence significative ?

Conclusion



Nouvelle connaissance des facteurs qui influencent la dégradation des chemins forestiers



Témoigne du **potentiel de l'utilisation des données à distance** pour estimer la dégradation des chemins forestiers



**Forêts, Faune
et Parcs**

