



Technote

cerfo

FORMATION
ACCOMPAGNEMENT
RECHERCHE
EN FORESTIERIE

NOTE TECHNIQUE N° 24-1076

JUIN 2026



GéoSylva : un nouvel outil de visualisation 3D des interventions forestières dans le paysage

- 01. Mise en contexte
- 02. Objectifs du projet
- 03. Développement de l'outil GéoSylva
- 04. Résultats
- 05. Évaluation de la performance
- 06. Limites et perspectives

- 2
- 2
- 3
- 6
- 7
- 8

ÉQUIPE DE RÉALISATION

Esther Carle-Pruneau, biol., M. Sc.
Daniel Gouge, ing.f., M. Sc.
Sophie Dallaire, ing.f., biol., M. Sc.
Maxime Brousseau, ing.f., biol., M. Sc.

EN PARTENARIAT AVEC



Alicia Lamontagne, B. Inf.
Vincent Thomas, ing. géomat., M. Sc.



Amélie Denoncourt, ing.f.
Bernard Guimond, techn. géomat.

01

Contexte

La forêt publique québécoise, en plus d'être une ressource renouvelable de grand intérêt, constitue un milieu de vie et de loisirs pour plusieurs personnes. La planification des activités d'aménagement forestier qui s'y déroulent s'inscrit dans le cadre d'un processus de concertation régionale et locale. À cet effet, les tables locales de gestion intégrée des ressources et du territoire (TLGIRT), mises en place en vertu de la *Loi sur l'aménagement durable du territoire forestier*, assurent une prise en compte des intérêts et des préoccupations des personnes et des organismes concernés par l'aménagement forestier.

Dans ce contexte, le ministère des Ressources naturelles et des Forêts (MRNF) confie à la municipalité régionale de comté (MRC) de Montmagny la coordination de la table de gestion intégrée des ressources et du territoire (TGIRT) dans la région de Chaudière-Appalaches et assure, en collaboration avec celle-ci, la tenue des consultations des plans d'aménagement forestier intégré (PAFI) pour le territoire associé.

Le maintien de l'esthétique des paysages, particulièrement dans les secteurs sensibles au niveau de l'acceptabilité sociale, constitue un enjeu récurrent soulevé au sein des TLGIRT à l'échelle du Québec. L'acceptabilité sociale de l'aménagement forestier dépend en grande partie des effets perceptibles de ces interventions sur les paysages forestiers. Cependant, la visualisation de la distribution spatiale des interventions forestières et de leurs effets sur l'esthétique des paysages demeure difficile sans outils appropriés.

Actuellement, la planification des interventions est principalement présentée à l'aide de cartes 2D. Toutefois, l'utilisation de ces cartes, combinée au jargon forestier employé lors des consultations, constituent souvent des obstacles à la compréhension pour le public. Il devient alors difficile pour les participants de bien saisir comment la planification forestière s'intègre au paysage visible. Cette distance entre les professionnels du milieu forestier et le public peut nuire à la qualité des échanges et réduire le niveau de participation aux consultations, ce qui risque d'accentuer la démobilisation des acteurs concernés.

02

Objectifs

Pour répondre à cet enjeu, un projet pilote a été lancé en partenariat avec la TGIRT de Chaudière-Appalaches, coordonné par la MRC de Montmagny, et deux centres collégiaux de transfert technologique, soit le Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy (CERFO) et le Centre en imagerie numérique et médias interactifs (CIMMI).

Ce projet visait le développement d'un outil de visualisation 3D des interventions forestières et de leurs effets sur le paysage pour l'unité d'aménagement 121-71 [Figure 1]. L'outil, nommé *GéoSylva*, a été conçu pour mieux outiller les intervenants du milieu forestier et favoriser une meilleure compréhension du public. Plus précisément, il permet : 1) d'offrir une expérience immersive similaire à celle d'un jeu vidéo; 2) d'améliorer la visualisation des plans d'aménagement forestier intégré; et 3) d'accroître la compréhension des effets sur le paysage.

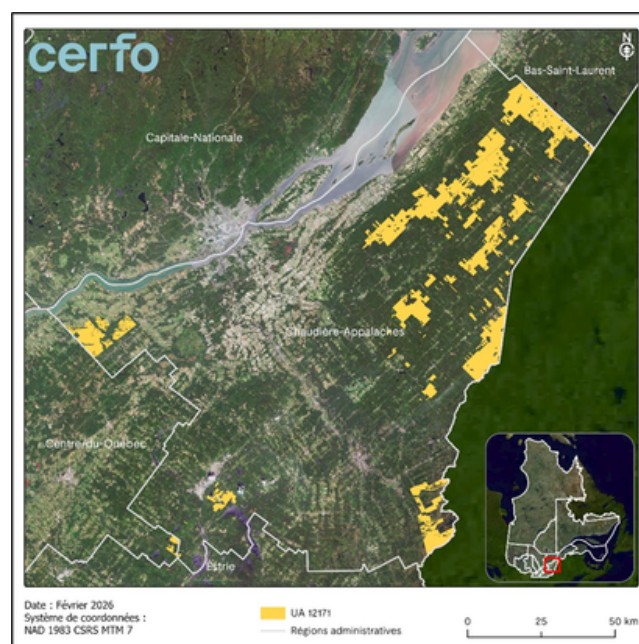


FIGURE 1. Localisation de l'unité d'aménagement 121-71.

03

Développement de l'outil GéoSylva

La première étape du projet a consisté à mettre en place des règles précisant l'ordre des actions et les conditions à respecter afin de garantir un processus reproductible et cohérent. C'est à partir de ces règles qu'il devient possible de modéliser le paysage et les traitements forestiers associés.

Le développement des règles procédurales a nécessité l'utilisation des données suivantes :

- **Carte écoforestière**

Elle permet de décortiquer la structure de base des peuplements ainsi que les perturbations (majeures ou mineures) qui y sont associées. L'utilisation du type écologique associé aux peuplements permet de développer des groupes d'espèces végétales de sous-couvert représentatifs, en fonction de leur tolérance à l'ombre.

- **Plan d'aménagement forestier intégré opérationnel**

Plus connu sous l'acronyme PAFIO, il permet de décortiquer l'emprise des chemins forestiers prévus ainsi que les types de traitements, lesquels sont regroupés selon la famille de traitement et le type de peuplement.

03.1

Analyser les peuplements forestiers à l'aide des règles procédurales

Les règles procédurales permettent d'interpréter et d'ordonner les divers attributs de la carte écoforestière afin d'assurer un traitement logique dans la chaîne de modélisation. Ainsi, lors de la simulation, le type de dépôt de surface a été le premier attribut traité afin que la texture du sol soit la plus représentative possible.

Ensuite, les différents codes de terrain ont été traités afin de représenter l'ensemble des milieux non forestiers (aulnaie, dénudé humide, étendue d'eau, zone inondée, gravière, emprise de route, dénudé sec, ligne

électrique et milieu agricole). Pour les superficies forestières, les règles procédurales développées servent à mettre en place la structure de base du peuplement [Figure 2].

En plus des informations de densité, de hauteur et de composition, ces règles tiennent compte des perturbations, qu'elles soient naturelles ou anthropiques, affectant les peuplements. Des règles ont également été élaborées pour intégrer la végétation de sous-couvert en fonction du type écologique et de l'ouverture du couvert forestier.

03.2

Décortiquer les PAFIO à l'aide des règles procédurales

Des règles procédurales ont été développées afin de traiter les informations comprises dans les PAFIO. En se basant sur la composition, la structure, la densité et l'historique de perturbations initiales des peuplements, des procédures ont été établies pour représenter le traitement spécifique le plus approprié et le plus probable de la famille de traitement identifiée au PAFIO. Le choix des traitements spécifiques se base sur les modalités d'aménagement régionales, qui ont été validés par un ingénieur forestier responsable de l'aménagement du territoire. Pour chaque traitement, les chemins de débardage, la répartition spatiale des arbres résiduels et du bois mort ont été considérés dans la modélisation.

Qu'est-ce qu'un PAFIO ?

Les PAFIO présentent les secteurs où la récolte de bois et la réalisation d'autres activités d'aménagement forestier (p. ex. : des travaux sylvicoles non commerciaux et la voirie) sont planifiées pour les prochaines années. Ils présentent aussi les mesures d'harmonisation entre les différents utilisateurs de la forêt. Les PAFIO en vigueur pour les différentes régions peuvent être consultés sur le site du [gouvernement du Québec](#).

Intégration des modèles d'arbres en 3D

Dans le cadre de ce projet, l'application de modélisation 3D s'appuie sur des modèles d'arbres déjà intégrés au logiciel. Comme ceux-ci ne comportent pas différents stades de croissance, il a été nécessaire d'en ajuster la taille (en les agrandissant ou en les réduisant) afin qu'ils correspondent aux classes de hauteur de la carte écoforestière.

Afin de faciliter l'intégration de la densité des peuplements dans la chaîne de modélisation, une équation a été développée en fonction de l'essence, de la densité de l'étage, de la hauteur moyenne et du

pourcentage de surface terrière occupé par chaque essence. Pour établir cette relation, 783 parcelles d'inventaire écoforestier situées dans l'unité d'aménagement ont été utilisées. Ces données ont permis d'estimer le nombre de tiges par hectare pour chaque essence, en fonction des différentes hauteurs et densités observées en forêt naturelle. Des regroupements ont également été effectués entre certaines essences présentant des densités et des espacements similaires pour une même classe de hauteur, afin de réduire le nombre d'équations nécessaires.

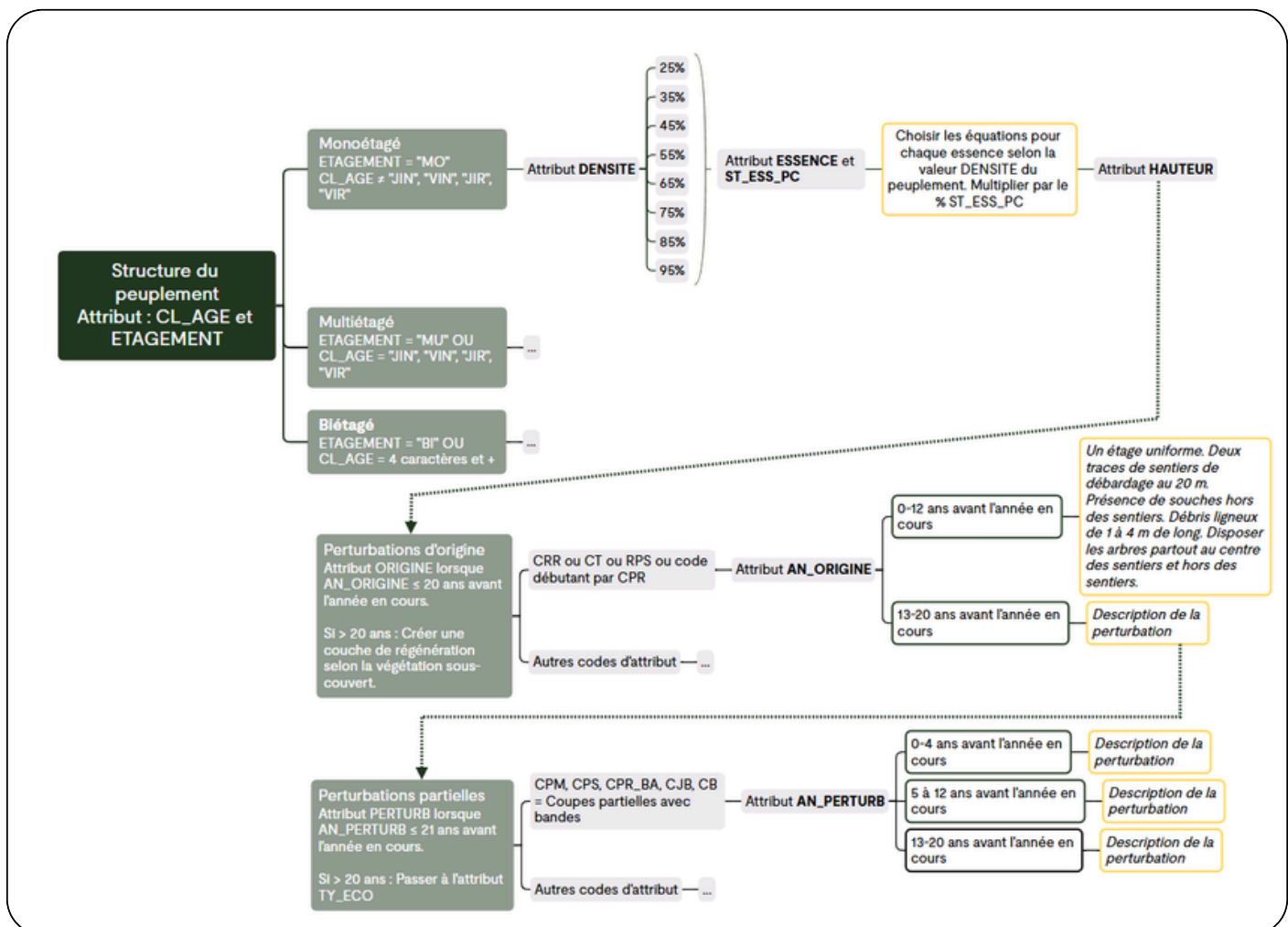


FIGURE 2. Exemple d'un embranchement des règles procédurales.

03.3

Télécharger et traiter les données avec GéoSylva Compagnon

GéoSylva Compagnon est une application qui télécharge automatiquement les données ouvertes du gouvernement du Québec pour une région de quatre ou seize kilomètres carrés, et qui les traite en s'appuyant sur les règles procédurales établies. Simple d'utilisation, *GéoSylva Compagnon* présente une carte permettant de sélectionner le secteur d'intérêt, ainsi que des boutons permettant de choisir l'emplacement d'enregistrement des données [Figure 3]. En quelques clics seulement, les données sont téléchargées, découpées et traitées sans qu'aucune intervention manuelle ne soit nécessaire. Le résultat est un ensemble de fichiers aux formats standards (GeoJSON, GeoTIFF, PNG). Ces fichiers peuvent ensuite être utilisés par *GéoSylva* afin de recréer en 3D la région sélectionnée.

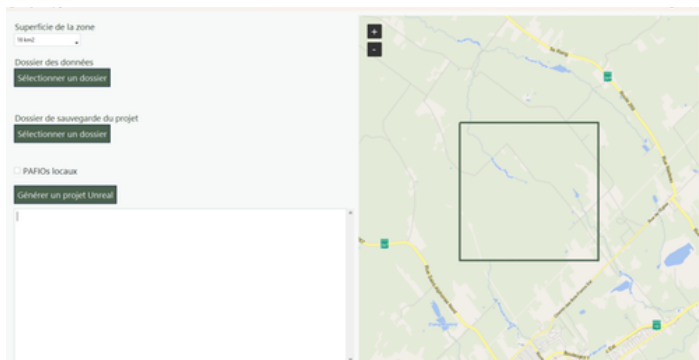


FIGURE 3. Exemple de carte produite par l'interface *GéoSylva Compagnon* permettant de choisir le secteur d'intérêt.

03.4

Créer les simulations avec GéoSylva

GéoSylva est l'outil qui permet de créer automatiquement les simulations 3D grâce aux règles procédurales et aux données traitées par *GéoSylva Compagnon*. Dans les faits, *GéoSylva* est une extension de l'engin de jeu vidéo Unreal Engine 5, un standard de l'industrie des jeux vidéo permettant d'obtenir un rendu visuel exceptionnel.

Le développement s'est appuyé sur le cadriciel *Procedural Content Generation* (PCG) (« génération de contenu procédural »). Cet outil, disponible depuis 2023, permet de

créer les éléments du paysage à l'aide de règles et d'algorithmes, plutôt que de devoir les concevoir manuellement.

Au bout de quelques secondes, la simulation apparaît et l'utilisateur peut s'y déplacer et l'inspecter sous tous ses angles, à la manière d'un jeu vidéo. Un ordinateur performant est toutefois requis afin de réaliser les simulations. Un processeur récent, une carte graphique disposant d'au moins 16 Go de mémoire ainsi que 128 Go de mémoire vive sont recommandés.

Une fois créée, la simulation peut être exportée sous forme d'application exécutable (.exe), facilement distribuable. Ces simulations nécessitent des ressources matérielles moindres. Un système d'exploitation Windows muni d'une carte graphique récente et de 32 Go de mémoire vive suffit dans la plupart des cas. La figure 4 illustre le processus de création et d'exportation d'une simulation.

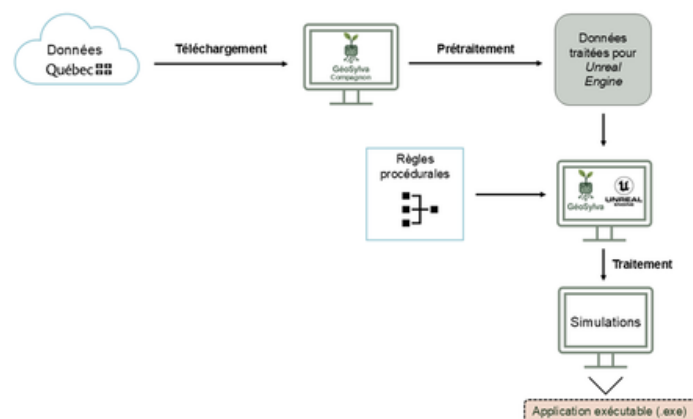


FIGURE 4. Processus de création et d'exportation d'une simulation.

GéoSylva utilise le module PCG afin de disposer les éléments du paysage automatiquement selon les règles procédurales établies [Figure 5]. Pour chaque polygone de peuplement forestier du secteur, *GéoSylva* analyse les données qu'il contient et génère les éléments visuels à partir d'une banque de modèles 3D et de textures.

Une fois le logiciel Unreal Engine installé, il suffit d'ouvrir le menu *GéoSylva* et d'indiquer l'emplacement des données sur l'ordinateur, puis d'appuyer sur « Générer ».

Le même principe s'applique à tous les éléments du paysage, tels que le réseau routier, l'hydrographie, les travaux sylvicoles ainsi que les zones non forestières et non productives. Ainsi, GéoSylva permet de créer des simulations réalistes en quelques minutes, sans nécessiter de compétences pointues en informatique.

04

Résultats

Les simulations produites offrent une expérience immersive permettant à l'utilisateur de se déplacer librement dans l'environnement virtuel et d'obtenir une vue à 360°. Il peut ainsi se positionner à des endroits stratégiques pour observer le paysage et les interventions associées. GéoSylva représente également les secteurs non forestiers et non productifs, tels que les aulnaies, les zones agricoles, les milieux humides ou les gravières, évitant ainsi toute zone dépourvue d'information visuelle.

Les simulations de GéoSylva offrent plusieurs options d'affichage donnant accès à une information détaillée sur les peuplements forestiers, les PAFIO ainsi que les cours d'eau [Figure 6]. Lors de l'affichage des PAFIO, l'utilisateur peut comparer les secteurs avant et après intervention afin d'illustrer les effets visuels des traitements selon le type de peuplement d'origine [Figure 7].

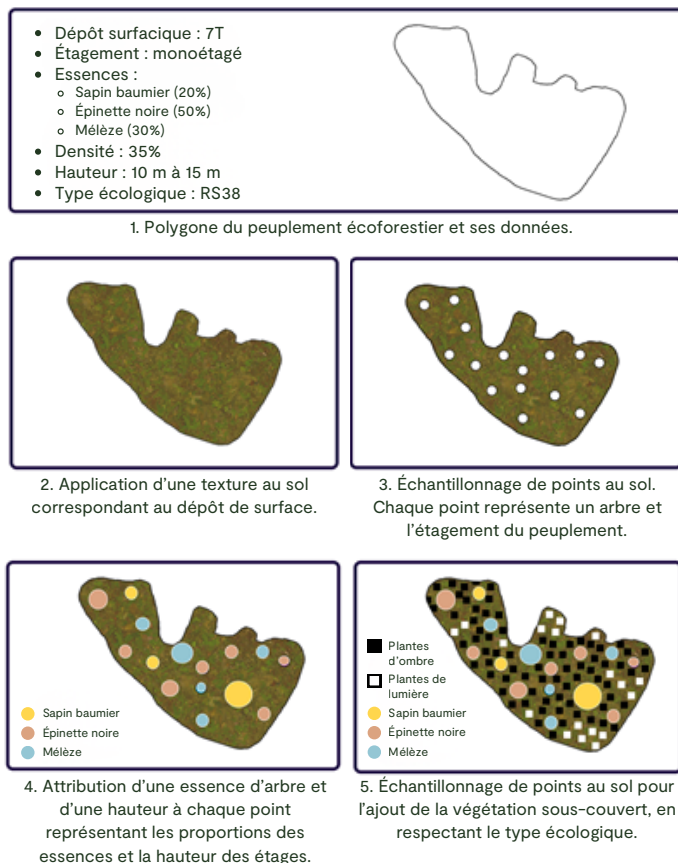


FIGURE 5. Exemple simplifié d'utilisation du module PCG.

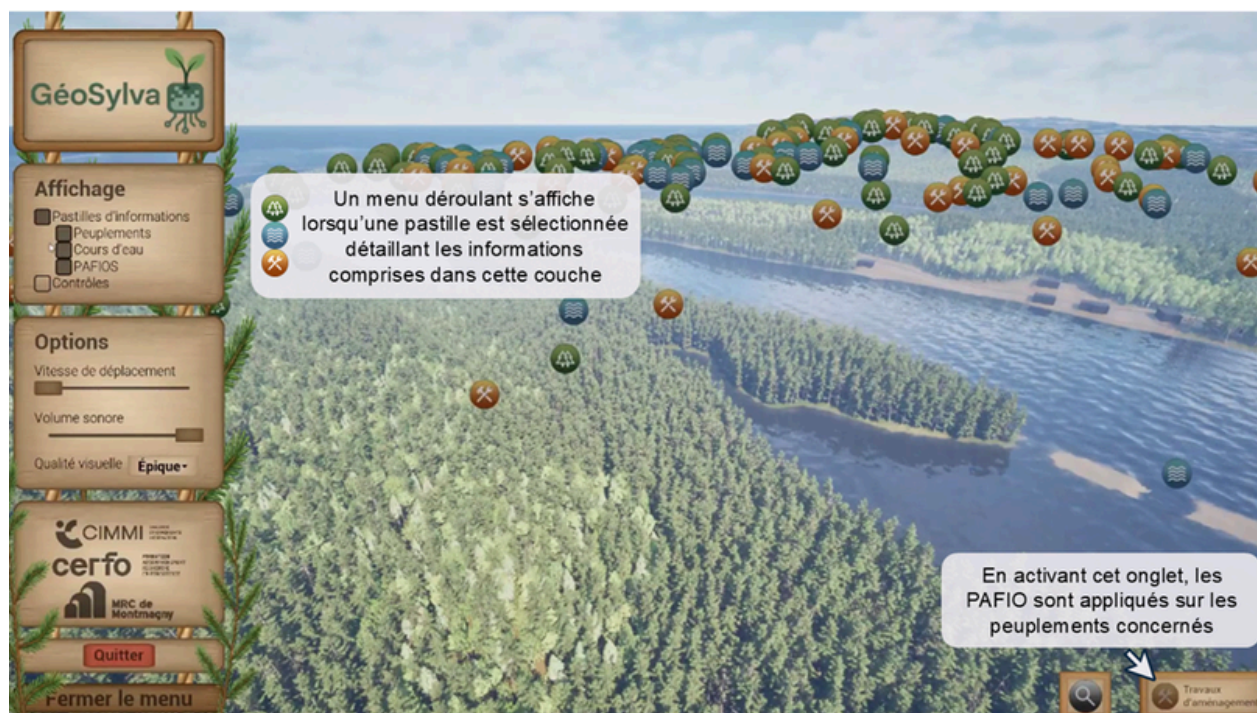


FIGURE 6. Capture d'écran de l'interface GéoSylva présentant les options d'affichage détaillées sur les peuplements forestiers.

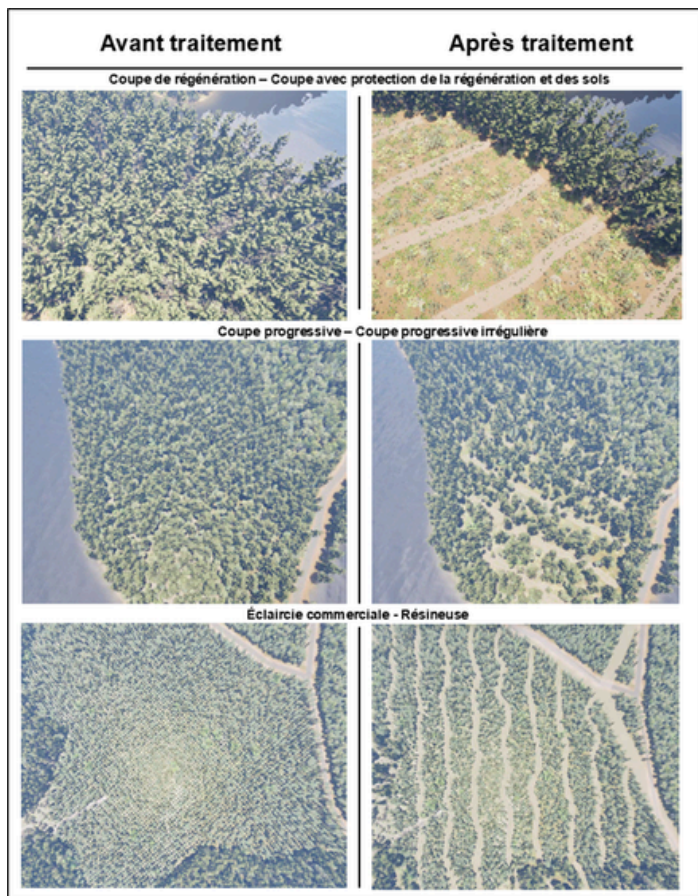


FIGURE 7. Visualisation des secteurs avant et après les traitements sylvicoles.

05 Évaluation de la performance

Dans une perspective d'amélioration continue de GéoSylva, des questionnaires ont été élaborés et transmis à différents acteurs du milieu afin d'évaluer la performance de l'outil, de la comparer à celle des cartes actuelles de consultation en 2D et d'identifier les principales forces et faiblesses de chacun.

Pour les cartes 2D, des questions supplémentaires visaient à mieux comprendre la manière dont le public les interprète et dont l'information y est véhiculée. Pour GéoSylva, ces questions ont permis d'identifier les développements jugés nécessaires pour répondre à un éventail plus large de besoins exprimés dans le milieu.

Au total, 83 personnes ont répondu aux questionnaires, soit 16 membres de la TGIRT, 27 étudiants de première année et 40 étudiants de troisième année en technologie

forestière. Ces groupes ont permis la prise en compte de différents niveaux de connaissance des notions forestières et de leur intégration dans le paysage lors de l'analyse des résultats.

De manière générale, plus de 80 % des répondants jugent que GéoSylva est plus facile à comprendre que les cartes 2D et recommanderaient l'utilisation de cet outil pour de futures consultations publiques.

Les résultats montrent que les cartes 2D présentent certaines limites importantes. En effet, 31 % des répondants ont jugé ce format peu adapté pour visualiser les types de coupes, le relief et l'effet visuel des interventions forestières. Le manque d'information, la nécessité de recourir à des outils complémentaires et la difficulté à comprendre ou à interpréter les informations de la carte figurent également parmi les faiblesses les plus fréquemment mentionnées [Figure 8]. Toutefois, l'accès rapide à l'information de base demeure une force des cartes 2D pour 57 % des répondants.

Pour GéoSylva, 33 % des répondants estiment que les données forestières utilisées pourraient être bonifiées, notamment pour mieux représenter les essences et l'évolution des peuplements. L'ajout d'informations écologiques ou en lien avec l'occupation du territoire ressort également comme un aspect à développer afin d'accroître la pertinence et la portée de l'outil [Figure 9].

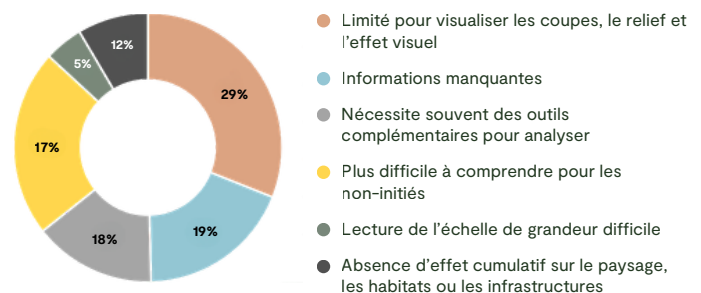


FIGURE 8. Répartition des faiblesses les plus souvent mentionnées pour les cartes 2D.

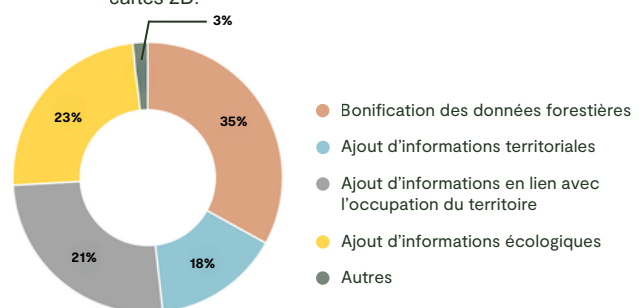


FIGURE 9. Répartition des améliorations les plus souvent mentionnées pour GéoSylva.

06

Limites et perspectives

GéoSylva en est à sa première version, et des développements sont en cours afin d'enrichir ses fonctionnalités. Parmi les améliorations possibles, l'optimisation graphique de certaines essences forestières est envisagée afin de mieux représenter la diversité des arbres présents au Québec et d'améliorer les proportions de densité.

Sur le plan du développement de l'outil, la simulation de l'ensemble des types de forêt québécoise et l'intégration de conditions hivernales permettraient une visualisation plus complète des impacts saisonniers des interventions à l'échelle du Québec. La comparaison de différentes options d'intervention sylvicole faciliterait la planification forestière, tandis que la représentation de l'évolution des peuplements dans le temps apporterait une dimension temporelle précieuse à l'analyse.

Vous souhaitez explorer comment GéoSylva pourrait répondre à vos besoins spécifiques ? N'hésitez pas à contacter l'équipe du projet via le site Web de l'outil.



<https://geosylva.ca/fr>

Pour en savoir plus

Données ouvertes

<https://www.donneesquebec.ca/>

Plans d'aménagement forestier régionaux et consultations

<https://www.quebec.ca/agriculture-environnement-et-ressources-naturelles/forets/planification-forestiere/plans-regionaux-consultations>

cerfo

FORMATION
ACCOMPAGNEMENT
RECHERCHE
EN FORESTERIE

Tél. : (418) 659-4225
Courriel : info@cerfo.qc.ca

Ce projet, une initiative de la TGIRT de Chaudière-Appalaches, est financé par le *Programme d'aménagement durable des forêts* du ministère des Ressources naturelles et des Forêts, grâce à une subvention du Gouvernement du Québec, ainsi que par le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada.