

# Rapport final 2023

## Applications de télédétection pour protéger la production fourragère d'une ferme individuelle

N° de projet ARI-IAR-RD-09 : Du 7 février 2020 au 31 mars 2023

Le présent rapport final est une synopsis des résultats du projet *Applications de télédétection pour protéger la production fourragère d'une ferme individuelle*. Ce projet a été géré par l'Association canadienne des bovins en vertu d'une entente de contribution avec le ministre de l'Agriculture et Agroalimentaire Canada.

Le rapport a été préparé par DYMAC Risk Management Solutions Ltd., JSM Risk Management Consulting Ltd., et Truer Words Desktop Publishing Inc. afin de souligner les principaux éléments du projet, les résultats et les recommandations pour une portée future pas nécessairement celles du ministère ou du Gouvernement du Canada.

*Commanditaires du projet :*



**Association  
canadienne  
des bovins**

*Financé en partie par :*

 PARTENARIAT  
CANADIEN pour  
l'AGRICULTURE

*Agences d'agri-protection provinciales :*

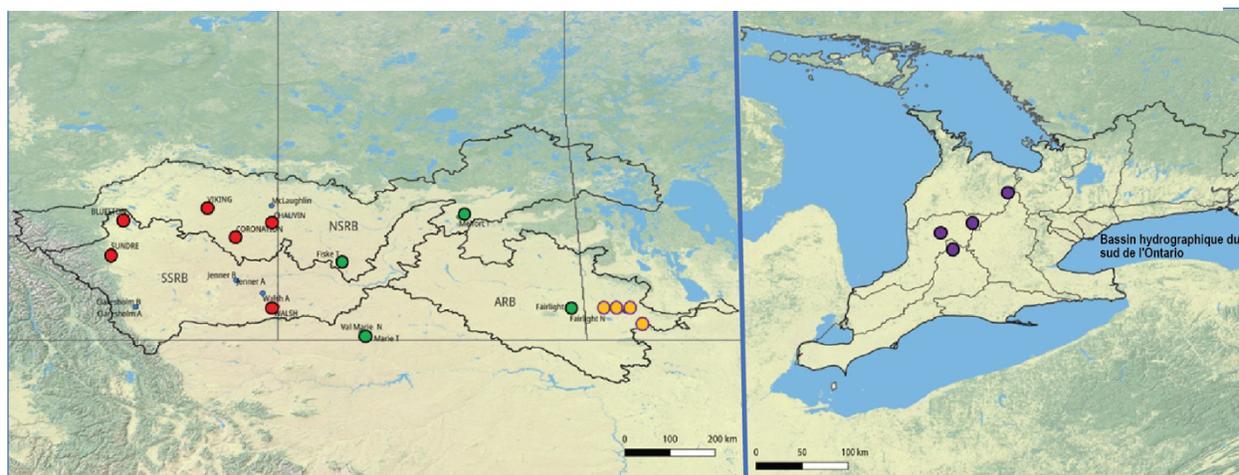


# 1. Introduction

## Objet

Le présent projet fait suite à une étude de faisabilité menée en Alberta de 2015 à 2018, mais avec une portée géographique élaborée incluant la Colombie-Britannique, l'Alberta, la Saskatchewan, le Manitoba et l'Ontario. La Figure 1 indique les emplacements des ranchs volontaires qui ont permis des prélèvements d'échantillons sur leurs terres

Figure 1 : Emplacements des ranchs volontaires



Cartes des bassins d'eaux relatifs aux ranchs volontaires. Source : Aquanty Inc.

En plus du financement fourni en partie par le programme fédéral « Initiatives Agri-risques (IAR) », les contributions en nature au projet étaient les suivantes :

- Les agences d'agri-protection provinciales dans les provinces participantes ont fourni des ressources d'échantillonnage sur le terrain, des experts techniques et/ou du matériel.
- Les groupes de tierces parties, notamment Gallagher Re, Aquanty, LandView Drones et VanderSat (Planet), ont fourni les données et l'expertise afin de rehausser les résultats du projet.
- Two Story Robot Labs Inc. a contribué son temps à produire une maquette de l'application Web.
- Des conseillers du projet ont fourni du temps, du matériel et l'espace de travail.

Le présent projet décrit plus en profondeur les résultats concrets de l'étude de faisabilité qui visent à examiner la portée géographique de la relation (algorithme) « X à Y » déterminante entre les données télédéteectées et la production fourragère. Alors que l'étude de faisabilité se concentrait sur le pâturage naturel, l'étude actuelle distingue d'abord les types de cultures par pâturage naturel, pâturage cultivé, puis en second, par foin.

L'objectif premier visait à développer et à vérifier l'exactitude des algorithmes mathématiques qui peuvent transformer un « X » (valeur d'indice de végétation satellite, par ex. : indice de végétation par différence normalisée - NDVI) en un « Y » (mesure physique de la biomasse verte hors-sol) comme un indicateur de production d'herbe. En cas de réussite, les données télédéteectées pourraient appuyer le ranch individuel et les programmes de protection fourragère en cas de déficit de production catastrophique zonale.

## Défis imprévisibles

Le 11 mars 2020, l'Organisation mondiale de la santé déclarait la COVID-19 comme une pandémie, et ce, à peine un mois après le lancement du projet. Cet événement a eu un impact sur les opérations du projet dès le début, y compris (mais non limité à) :

- La protection des récoltes de la C.-B. a cessé l'exercice de prélèvement d'échantillons sur le terrain en raison des pressions budgétaires.
- Les restrictions de voyage ont eu un impact sur la portée géographique de l'échantillonnage sur le terrain au Manitoba et en Ontario.
- Le matériel d'échantillonnage sur le terrain est arrivé en retard, cela signifie que les échantillons de l'Alberta et de la Saskatchewan ont été recueillis 2020 et 2021, et la plupart des échantillons du Manitoba et de l'Ontario en 2021 et en 2022.
- Les délais d'échantillonnage sur le terrain ont eu un impact sur les efforts de triage d'échantillons, sur l'analyse et la construction de l'algorithme, et sur les essais.
- Les installations de séchage d'échantillons n'étaient pas accessibles dans plusieurs endroits. D'autres dispositions (par ex. : la congélation d'échantillons en vue d'un séchage ultérieur, le transport d'échantillons de la Saskatchewan vers l'Alberta) ont compliqué les efforts de travail et provoqué des dommages ou des pertes d'échantillons.
- Les exigences du personnel auprès des organismes de protection agricoles provinciales limitaient le transfert des données de foin et contournaient l'analyse pour ce type de culture.
- Le voyage de l'équipe du projet pour appuyer les efforts de formation partout dans les juridictions provinciales participantes avait été annulé, puis remplacé par des conférences téléphoniques/manuels d'utilisation.

Le présent rapport fait suite aux activités professionnelles décrites dans l'application du projet tel qu'il a été prescrit par l'IRA. En réalité, les tâches et les efforts de travail chevauchent les activités. Les liens entre les activités sont identifiés.

## 2. Coordination scientifique

Le projet a formé un comité technique (CT) afin de solliciter des intrants vers les objectifs du projet, les opérations stratégiques, les résultats du projet et l'interprétation des trouvailles. Deux groupes de CT ont été établis :

- Un comité technique global (CTG) composé d'experts d'agri-protection nationaux et internationaux, d'experts en réassurance, de spécialistes en gestion de pâturages, de spécialistes en télédétection, et de représentants de l'industrie.
- Un sous-comité technique (SCT) composé d'un personnel en agri-protection provinciale et de représentants gouvernementaux pour coordonner les activités d'échantillonnage sur le terrain.

Tout au long de la première année, des conférences téléphoniques trimestrielles du CTG étaient la norme, alors que le SCT était occupé le plus souvent à coordonner les activités provinciales d'échantillonnage sur le terrain (la sélection de sites de collecte, l'acquisition d'installations de séchage, et l'élaboration de solutions stratégiques en cas de pénuries de matériels). De plus, l'équipe du projet avait organisé des conférences téléphoniques au besoin afin d'identifier et de résoudre les défis opérationnels et de s'assurer d'avoir atteint les jalons du projet.

Par ailleurs, il était clair que la coordination des conférences téléphoniques avec les membres du CTG serait difficile à cause des membres d'un peu partout et des différences de fuseaux horaires. Ainsi, les conférences téléphoniques du SCT se poursuivaient régulièrement alors que les membres du CTG avaient été contactés individuellement afin de fournir les mises à jour du projet, et au besoin, afin d'obtenir l'expertise spécialisée. Cependant, même avec moins de contact formel, le groupe du CTG a fourni l'aide essentielle au projet avec leur propre expertise et par l'entremise de personnes-ressources du réseau. Voici quatre exemples spécifiques :

- L'étude actuarielle indépendante des techniques analytiques spécifiques dans le développement d'un algorithme – Le triage et l'activité d'analyse.
- Le lien avec un concepteur d'outil web intéressé à préparer la maquette d'une application Web – Conception, portée future et lien à une activité de plateforme commerciale.
- L'utilisation d'un drone comme une application de télédétection – L'activité d'échantillonnage sur le terrain.
- La coordination des participants du projet à une conférence internationale sur la technologie en agriculture au Tbilissi, Géorgie – L'activité de communication.

# 3. Acquisition des données

Des données d'une tierce partie servaient à confirmer les tendances dans les estimations de la production d'herbe avec les algorithmes du projet. Les bonnes corrélations de données d'une tierce partie indiquent l'exactitude des mesures de production générées par l'algorithme. De plus, il existe aussi la possibilité de remplacer ces données lorsque d'importantes interruptions de données satellites surviennent en raison d'une couverture de nuages ou de fumée de feux de forêts.

Deux sources d'acquisition de données avaient été définies en tant que contributrices en nature au projet dans le processus d'application. À mesure que le projet progressait, d'autres sources de données se faisaient connaître. Malgré un résultat positif, d'autres ressources s'avéraient nécessaires pour évaluer la valeur au projet, valeur qui, dans certains cas, s'est révélée minimale.

Peu importe, beaucoup d'efforts ont été déployés pour simplement acquérir les données dans un format utilisable au moyen d'une extraction et d'une analyse utiles au projet. Les tierces parties recueillent, conservent et gèrent leurs données à des fins précises, mais pas pour les applications de gestion des risques ou le transfert des risques (protection).

Des données d'essai avaient été fournies par les tierces parties suivantes afin de déterminer si elles convenaient aux objectifs du projet :

- Aquanty – Modélisait les données d'humidité du sol à des profondeurs variables afin de corrélérer avec les valeurs NDVI satellites. Le suivi des données d'humidité du sol tout au long de la saison de croissance était comparé aux valeurs de biomasse générées par l'algorithme à des emplacements d'essais prédéfinis en Alberta.
- Gallagher Re (anciennement Willis Re Canada) – Les données de températures et de précipitations servaient à évaluer les tendances relatives aux estimations de production de biomasse à des emplacements d'essai prédéfinis en Alberta.
- VanderSat – Les données radar satellites pour les emplacements habituels en Saskatchewan.
- LandView Drones – Les données de résolutions multispectrales et hyperspectrales acquises par des drones chez certains ranchs individuels en Alberta visaient à comparer la portée des valeurs NDVI acquises par des drones à une résolution de 5 cm par rapport aux valeurs obtenues au moyen d'un spectromètre.

# 4. Collecte des données primaires – Échantillonnage et triage sur le terrain

Le processus de collecte de données primaires chevauche deux activités du projet, notamment l'échantillonnage sur le terrain et l'élément triage de l'activité Triage et Analyse. Ces deux tâches représentent un élément important de l'ensemble du budget et des efforts de travail du projet.

Les données d'indice de végétation (principalement NDVI, bien que d'autres données aient été recueillies également) sont disponibles à partir de plusieurs plateformes à divers coûts selon la résolution. Cependant, les données de production de pâturage ne sont pas aussi facilement disponibles. Puisque les indices de végétation comme les NDVI mesurent la chlorophylle dans les plants—et qu'il y a une importante variation sur le terrain dans les peuplements de plants—l'acquisition de données d'herbes et satellites à une résolution identique était *cruciale pour réussir*.

La Figure 2 présente le processus de collecte de données primaires utilisées pour le présent projet. Dans la photo 1, un spectromètre portable à commande manuelle stocke un jeu de valeurs d'indice de végétation à résolution d'un demi-mètre directement au-dessus de chaque échantillon d'herbe recueilli. Dans la photo 2, les échantillons d'herbes à l'intérieur d'un anneau métallique d'un demi-mètre avaient été coupés au moyen de ciseaux de tonte et rangés dans des sacs en papier brun étiquetés dans le champ (photo 3). Les échantillons d'herbes étaient par la suite séchés à un niveau d'humidité très faible afin d'éviter de les ruiner dans l'attente du processus de triage (photo 4). Le séchage préserve la couleur originale de la biomasse végétale recueillie dans le champ. Finalement, chaque échantillon d'herbe a été trié (photo 5) de façon à pouvoir distinguer la biomasse verte de la biomasse brune.

Des brins de matière brune et verte dans le même plant ont été séparés lors du processus

Figure 2 : Processus de collecte de données primaires



de triage. Chaque brin de l'échantillon total — herbe verte, graminées vertes et matières brunes — a été pesé en grammes, puis enregistré. La biomasse verte représente le total d'herbes vertes plus les graminées vertes. La biomasse verte de chaque échantillon avait été « liée » à sa valeur d'indice de végétation correspondante acquise sur le terrain au moyen d'un spectromètre.

Le présent processus a produit un « X » (satellite) et un « Y » (biomasse verte) pour chaque échantillon d'herbe recueilli sur le terrain. Des essais sur le terrain avaient été menés afin de s'assurer que les spectromètres portatifs avaient été étalonnés selon la plateforme satellite utilisée dans l'étude (MODIS).

Les ranchs volontaires dans chaque province où les échantillons d'herbes avaient été recueillis figurent dans la Figure 1 (p. 1). La gamme d'indices de végétation qui correspondent aux paramètres, notamment la grosseur et la densité de l'herbe, diffèrent entre les emplacements géographiques. Ainsi, une plus vaste dispersion géographique des ranchs convient mieux à l'échantillonnage. Cependant, les protocoles en place qui visent à réduire la transmission de la COVID empêchaient les déplacements dans certaines juridictions provinciales et limitaient les distances entre les sites de collecte sur les ranchs.

Le tableau 1 indique le nombre d'échantillons d'herbes recueillis et triés par année et par province. Le nombre d'échantillons recueillis dépassait le nombre qui pouvait être trié. Les échantillons non triés n'avaient aucune valeur au projet, mais pour s'assurer qu'il y avait autant de points de données « X » et « Y » disponibles pour le triage pendant l'incertitude et les restrictions de voyage pendant la COVID, des échantillons supplémentaires avaient été recueillis où cela était possible au cours des premières années d'échantillonnage.

Tableau 1 : Échantillons d'herbes recueillis (R) et triés (T)

ANNÉE	TYPE	AB	SK	MB	ON	TOTAL
2020	R	1004	560	240	300	2104
	T	407	458	210	0	1075
2021	R	860	708	960	600	3128
	T	498	537	309	659	2003
2022	R	0	0	240	240	480
	T	140	35	771	241	1187
Total :	R	1864	1268	1440	1140	5712
	T	1045	1030	1290	900	4265

Des manuels de formation (échantillonnage et triage sur le terrain) avaient été préparés et rendus disponibles au personnel du projet. Le personnel de protection des récoltes provinciales a recueilli des échantillons d'herbes au Saskatchewan, au Manitoba et en Ontario. Les échantillons de l'Alberta avaient été recueillis par les membres de l'équipe du projet. L'Agriculture Financial Services Corporation (AFSC) de l'Alberta a financé le matériel d'échantillonnage pour toutes les provinces participantes.

Les membres de l'équipe du projet se sont rendus en Saskatchewan afin de présenter la formation de collecte d'échantillons sur le terrain, d'examiner l'installation du matériel, et de démontrer les procédures de récupération des données. Cette même formation avait été menée par conférences téléphoniques avec le personnel d'échantillonnage sur le terrain au Manitoba et en Ontario.

Des centres de triage avaient été établis en Alberta et en Ontario, et chaque unité avait reçu des échantillons d'herbes. Le nombre de personnes chargées du triage était limité afin de réduire les possibilités de variations d'interprétations. Les centres de triage étaient gérés soit par des centres à une seule personne, soit en cohortes familiales, et ce, afin respecter les restrictions de santé publique de la

COVID mises en place au début de la pandémie. L'interaction continue entre les personnes chargées du triage établissait des approches uniformes.

Toutes les personnes chargées du triage avaient utilisé un formulaire uniforme pour enregistrer le poids des échantillons triés. Après avoir rempli les formulaires, ces derniers étaient transmis électroniquement au gestionnaire des données et du triage pour le contrôle de la qualité et l'entrée des données dans un fichier maître. Le processus d'analyse liait chaque échantillon d'herbe « Y » à sa valeur satellite « X » correspondante acquise par le spectromètre et formait la base de l'analyse et de la construction de l'algorithme.

# 5. Analyse

## 5.1 Étude de faisabilité réexaminée

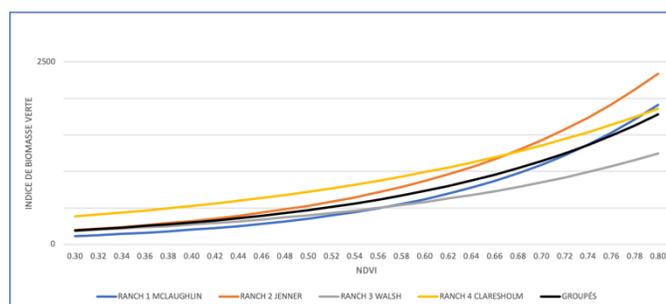
Les tâches du projet attribuables à l'analyse comprenaient :

- i. Le triage des échantillons – Chevauchement avec la collecte des données primaires, tel qu'il a été discuté dans la section précédente.
- ii. La construction d'algorithmes – Analyse des tendances de données primaires pour construire des algorithmes.
- iii. L'évaluation de divers modèles de protection pour présenter les résultats d'algorithmes.
- iv. La collecte de renseignements des propriétaires de ranch et la modification des modèles de protection fondés sur leurs renseignements – Chevauchement avec les activités de communication.

Il a fallu entre deux et cinq heures pour trier un échantillon d'herbe selon sa grosseur. Ainsi, dans l'attente des données primaires de l'étude en cours, une première analyse du projet se concentrait sur l'examen des données provenant de l'étude de faisabilité. Il faut se rappeler que l'équipe chargée du projet était responsable de la collecte des échantillons d'herbes sur le terrain en Alberta et que cette même équipe devait mener l'analyse pour l'ensemble du projet. Cette responsabilité double était évidente tant pour la faisabilité que pour les projets actuels, et donnait une occasion unique pour interpréter les observations et les conditions visuelles sur le terrain tout au long de l'analyse.

La collecte des données primaires dans l'étude de faisabilité se concentrait sur le pâturage naturel de quatre ranchs — deux situés dans la zone de sol brun et deux dans la zone de sol noir. Des algorithmes avaient été construits pour chaque ranch, puis comparés afin de déterminer les différences statistiques. Avec le nombre d'échantillons recueillis, il ne semble pas avoir eu une différence statistique importante entre les algorithmes des ranchs. À ce stade, l'interprétation était qu'un algorithme pouvait estimer la production pour tous les emplacements. Cependant, certains craignaient que des valeurs NDVI plus élevées indiquaient plus

Figure 3 : Comparaison des algorithmes de quatre ranchs dans l'étude de faisabilité (2015-2018) avec les algorithmes groupés; dix moyennes d'observation



de variations dans les algorithmes construits et les estimations de productions ultérieures que les valeurs plus faibles (Figure 3).

## 5.2 Moyenne des données

Comme dans toute activité de recherche, un degré de variation des données peut être attribué à une variation ou une erreur de mesure dans le processus de collecte des données. Voici quelques-unes des causes de variations de mesures dans le projet :

- Le vent sur le terrain et la technique de tonte chez les échantillonneurs d'herbes;
- L'interprétation chez le personnel chargé du triage;
- L'orientation angulaire solaire par rapport au capteur du spectromètre à différentes heures de la journée; et
- La variation naturelle à l'intérieur d'un pâturage entre les sites d'échantillons d'un demi-mètre.

La décision d'acquérir un « X » (spectromètre) et un « Y » (production d'herbe) à une résolution d'un demi-mètre était valable. C'est la seule méthode pratique pour acquérir une valeur X et une valeur Y pour la construction d'un algorithme à la même résolution précise et au même emplacement sur le terrain, et cruciale pour réussir. Cependant, étant donnée la variation naturelle dans les pâturages à des segments d'un demi-mètre, certaines méthodes étaient nécessaires afin de définir plus clairement l'algorithme et éliminer les impacts d'une « erreur de mesure ».

La Figure 4 présente un exemple de la variation de données brutes X – Y. Afin de réduire la variation, les valeurs X (avec leurs valeurs correspondantes Y) avaient été classées de la plus faibles à la plus élevées. Des jeux de données moyennes successives (par ex. : 5, 10, 20) peuvent être créés comme base pour la construction d'algorithmes.

La Figure 5 présente l'incidence à réduire la variation au moyen des 10 moyennes d'observation. Ce processus avait été examiné par un actuaire de tierce partie, puis vérifié comme étant solide et approprié. L'algorithme, après avoir fait la moyenne, est identique à celui du jeu de données brutes. Cela signale que le processus d'établissement des moyennes réduit l'erreur de mesure sans avoir à modifier la relation X – Y.

Figure 4 : Variation dans les données brutes X à Y

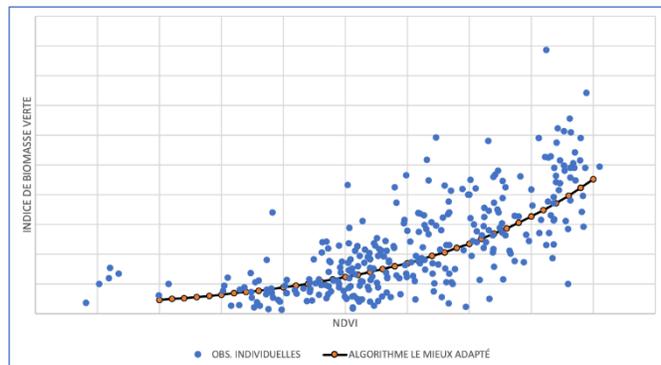
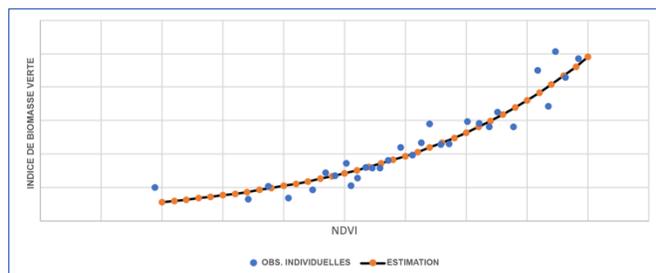


Figure 5 : Dix moyennes d'observations séquentielles



### 5.3 Algorithmes distincts

Alors que les données du projet actuel devenaient disponibles de plusieurs ranchs de divers emplacements géographiques, les variations augmentaient entre les NDVI et la production d'échantillons d'herbes. Les échantillonneurs sur le terrain du projet en Alberta remarquaient une différence considérable de la densité (et des espèces) de l'herbe des pâturages volontaires partout sur le territoire.

Le spectromètre portable enregistre une vaste gamme de données calculées à partir de bandes passantes légères observées par ces capteurs. Une analyse poussée de ces données a révélé que les pâturages de différentes zones géographiques présentaient des différences de densité de plantation et de sol nu observable avec des valeurs proches infrarouge (PIR) et des valeurs d'indice de surface foliaire (ISF).

Deux algorithmes distincts ont été formés après avoir permis une séparation de biomasse verte par densité dans un processus de simulation informatisé.<sup>1</sup> La Figure 6 présente trois algorithmes : a) bleu – densité plus élevée; b) orange – densité plus basse; et c) noir – toutes les données « groupées ». L'algorithme groupé approche de l'algorithme de densité basse/moyenne à des valeurs NDVI plus basses et courbe vers l'algorithme à densité élevée à des valeurs NDVI plus élevées.

Les deux algorithmes « densité-centrique » signalent des pentes similaires, mais avec des intersections Y très différentes. De plus, les distinctions de densité de plantation observées au sol signalaient que les ranchs dans les groupes majeurs de sols brun pâle et brun foncé étaient définis par l'algorithme « plus bas » et les sols gris et noirs par l'algorithme « plus élevé ».

Un examen plus poussé des données (Figure 7) signale que les ranchs définis par l'algorithme plus bas présentent des valeurs NDVI allant de 0.25000 à 0.60000 (points orange) alors que les valeurs NDVI des ranchs à densité élevée varient généralement de 0.60000 à 0.90000 (points bleu).

Figure 6 : Relation entre la biomasse verte et les NDVI; PIR élevés vs PIR bas/moyen vs valeurs groupées; 10 moyennes d'observations

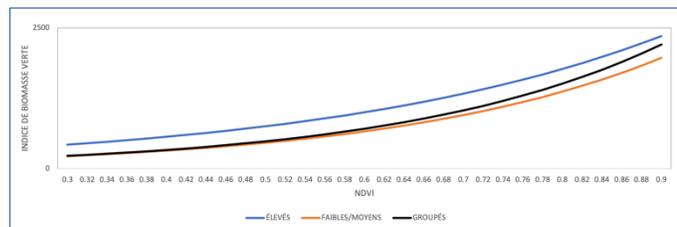
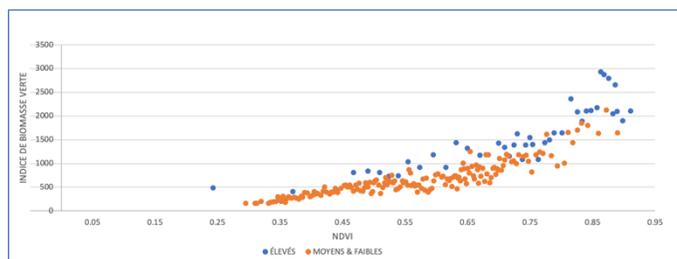


Figure 7 : Relation entre la biomasse verte et les NDVI; PIR élevés vs PIR faibles/moyens; 10 moyennes d'observations



<sup>1</sup> Pour les fermes à densité faible/moyenne :  $\text{Log naturel } Y = 4.180 + (3.798 \times \text{NDVI})$

Pour les fermes à densité élevée :  $\text{Log naturel } Y = 4.491 + (3.798 \times \text{NDVI})$

où : Y représente la biomasse verte (en livres par acre) et NDVI représente l'Indice de différence normalisée de végétation.

Les trois algorithmes dans la Figure 6 aident à clarifier la confusion détectée dans l'étude de faisabilité entre les algorithmes particuliers des ranchs. Même à une résolution d'un demi-mètre, les valeurs basses  $X - Y$  ne sont pas communes dans les ranchs à densité élevée, et il en est de même pour les valeurs élevées  $X - Y$  communes dans les ranchs à densité faible. Donc, toutes les « valeurs hors-portée  $X - Y$  » à résolution d'un demi-mètre n'auraient aucun effet sur les valeurs satellites.

## 5.4 Transposer les valeurs satellites aux estimations de production

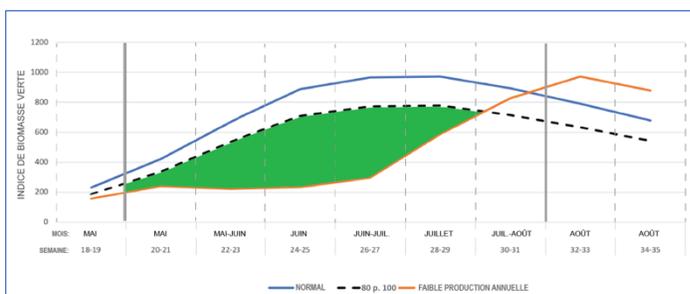
Après avoir développé un algorithme liant la valeur  $X$  (satellite) à la valeur  $Y$  (production), produire une « mesure de production de pâturage » est simple. Il faut comprendre que ce n'est pas une unité de mesure, mais une mesure de production de pâturage. C'est un indice ou un indicateur de biomasse verte. Grâce à l'accès aux valeurs satellites, il n'est plus nécessaire de se rendre dans un pâturage pour prendre des mesures physiques.

Les valeurs d'indice de végétation quotidiennes ou composites (valeur la plus élevée pour une période donnée; par ex. : une semaine, 10 jours, deux semaines) peuvent être traitées par l'algorithme afin de générer une mesure de biomasse verte pour chaque période.

Les périodes composites réduisent la possibilité de couverture de nuages ou de fumée de feux de forêts qui pourraient nuire à une valeur satellite. Les indices de végétations ne peuvent pas distinguer l'herbe ou les mauvaises herbes, mais le traitement des données peut éliminer l'influence des arbres, des lacs et/ou des nids de poules, et se concentrer sur les pixels satellites « clairs » au-dessus d'un pâturage.

Par lui-même, un algorithme n'a aucune signification. Il faut un modèle de protection pour montrer son fonctionnement. Différents modèles et/ou différentes caractéristiques dans un modèle peuvent produire des résultats différents. La Figure 8 représente le modèle de base que le projet a utilisé pour présenter les résultats aux propriétaires de ranch afin d'obtenir leurs réponses.

Figure 8 : Modèle de base du projet utilisé pour démontrer l'algorithme



*Ligne bleue – Moyenne historique des valeurs d'indice de végétation bihebdomadaires changées par des valeurs de biomasse verte représentant un pâturage vert*

*Lignes pointillées verticales grises – Limites de la période de protection (de mai jusqu'à la fin d'août)*

*Ligne orange – Courbe de l'IBV pour une faible production annuelle pendant la période historique*

*Lignes pointillées noires – Un « niveau de couverture » (80 p. 100 de l'historique) qui amorce une déclaration de sinistre*

*Zone colorée en vert – Déficit de production annuelle sous la ligne pointillée de la couverture et à l'intérieur des lignes verticales pointillées*

Le modèle du projet a utilisé la valeur satellite la plus élevée pour chaque période de deux semaines (bihebdomadaire) pendant la saison de croissance des pâturages allant de l'an 2000 jusqu'à présent. Chaque valeur NDVI bihebdomadaire avait été modifiée en un indice de biomasse verte (IBV) pour représenter la production des pâturages. La couverture de protection s'amorce à 80 p. 100 de la production historique et paie en entier à 60 p. 100 de la production historique.

La Figure 8 présente la production actuelle pendant une mauvaise année (ligne orange) par rapport à une production historique normale (ligne bleu) sur un vrai ranch dans le sud-ouest de l'Alberta. C'est le scénario<sup>2</sup> d'une « couverture individuelle » pour l'agri-protection entre la mi-mai et la mi-août (à l'intérieur des deux lignes verticales grises « lignes de but »). La durée d'une saison peut varier dans un modèle d'assurance selon le tracé normal de croissance verte dans une région. La zone colorée verte représente le déficit de production.

## 5.5 Analyse de données par une tierce partie

Les données satellites peuvent être altérées ou limitées par une couche de nuages et/ou de fumée de feu de forêt. Le projet a examiné la possibilité de voir diverses données d'une tierce partie remplacer les valeurs satellites et/ou les tendances. Les données modélisées d'humidité du sol (HS) provenant d'Aquanty et les données de précipitations (Préc.) provenant de Gallagher Re, ainsi que les données NDVI provenant de MODIS sont affichées dans le Tableau 2. Le projet comparait six emplacements différents en Alberta. Les résultats présentés sont ceux de la station météorologique d'Atlee.

Tableau 2 : Comparaison des divers paramètres de données temps-distance pour évaluer la capacité à remplacer les tendances de données NDVI manquantes par des périodes bihebdomadaires à l'intérieur d'une saison de croissance; station météorologique d'ATLEE; sud-est de l'Alberta (2000–2022)

Paramètre d'essai	Mois (semaines) tout au long de la saison de croissance			
	Mai (20–22)	Juin (23–26)	Juillet (27–31)	Août (32–35)
NDVI - 3	0.801	0.828	0.613	0.884
NDVI - 2	0.882	0.886	0.803	0.929
NDVI - 1	0.959	0.949	0.945	0.972
NDVI - 0	Aucune donnée en raison d'une couche de nuages et/ou de fumée de feu de forêt			
HS - 3	0.378	0.690	0.630	0.762
HS - 2	0.324	0.631	0.719	0.773
HS - 1	0.474	0.568	0.767	0.751
HS - 0	0.554	0.408	0.759	0.714
Préc. - 3	0.243	0.331	0.225	0.304
Préc. - 2	0.267	0.203	0.271	0.281
Préc. - 1	0.310	0.151	0.229	0.270
Préc. - 0	0.266	-0.010	0.207	0.121

<sup>2</sup> Chaque partie bihebdomadaire de la courbe de production historique (ligne bleu) représente la moyenne des mêmes parties bihebdomadaires des courbes de productions annuelles. Dans le présent scénario, il n'y a aucune courbe de production historique à « moyenne mobile » d'un modèle de protection typique. La période entière allant de l'an 2000 jusqu'à aujourd'hui avait été utilisée afin d'avoir, autant que possible, des comparaisons annuelles et historiques à des fins d'analyses. Les essais signalent que cette modification, visant à définir la production historique, n'a pas d'incidence importante sur les résultats. Dans un modèle de protection réel, une moyenne mobile pourrait être utilisée.

Les paramètres d'essai sont référencés comme temps-distance précédant la période bihebdomadaire réelle. Par exemple, les données satellites pour la période bihebdomadaire réelle (NDVI – 0) est présumée manquante dans l'essai. Les paramètres NDVI – 1, NDVI – 2 et NDVI – 3 indiquent les données satellites qui précèdent la période bihebdomadaire réelle par une, deux ou trois périodes bihebdomadaires, respectivement. Les mêmes indications sont présentées pour les paramètres HS et Préc.

Aquanty a fourni l'humidité du sol modélisée à diverses profondeurs de sol. Leur analyse indépendante signalait que l'HS à 50 cm de profondeur offrait la meilleure corrélation aux valeurs NDVI fournies par le projet. Ainsi, les valeurs HS dans le Tableau 2 sont celles modélisées par Aquanty à des profondeurs de 50 cm.

Bien que le paramètre NDVI – 0 (période bihebdomadaire réelle) soit manquant, il y aurait toujours des valeurs HS et Préc. pour cette période. Les résultats du Tableau 2 indiquent des coefficients de corrélation pour chaque paramètre d'essai et révèlent que la valeur de remplacement « la mieux adaptée » (corrélation la plus élevée) est la valeur NDVI (NDVI - 1 surligné en jaune) de la période précédente.

# 6. Communications

Les communications se concentraient sur les interactions avec les membres du CT, les groupes de producteurs, les agences d'agri-protection provinciales, les propriétaires de ranch individuels, IAR, un comité national sur les plantes fourragères et des groupes secondaires attirés par les objectifs du projet, les stratégies et les résultats. Les mises à jour du projet avaient été disséminées par divers moyens, y compris :

- i. Un blogue de projet à [pasturetech.ca](http://pasturetech.ca). Tout dépendant du contenu, l'information avait été affichée aux endroits disponibles au public ou protégés par un mot de passe (pour les membres du CT et le personnel d'IAR).
- ii. Bulletins rétrospectifs de l'année.
- iii. Conférences téléphoniques.
- iv. Présentations PowerPoint.
- v. Procès-verbaux des réunions et rapports semi-annuel et de fin d'année.
- vi. Contacts personnels avec les producteurs individuels afin d'obtenir de la rétroaction.

Les intrants des propriétaires de ranch avaient été rassemblés afin d'évaluer l'exactitude « perçue » des résultats générés par le projet, et ce, en utilisant l'algorithme dans trois scénarios de modèle de produit (différents modèles peuvent générer différents résultats). Les intrants des propriétaires de ranch aident à déterminer l'utilité des données satellites pour appuyer les programmes d'agri-protection et quels modèles décrivent le mieux la productivité réelle d'un pâturage. Les commentaires des propriétaires de ranch avaient été rassemblés de deux façons :

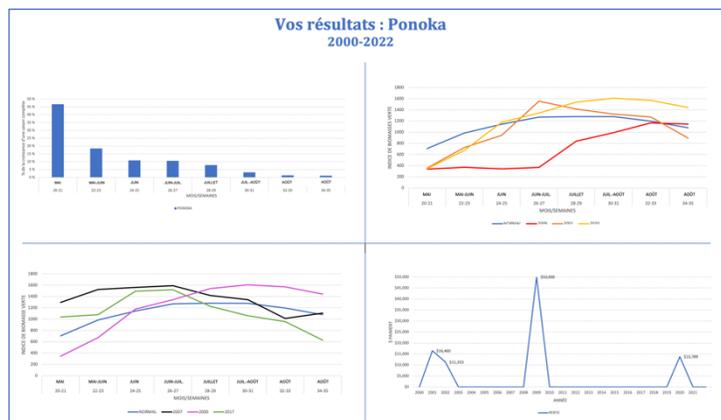
- Commentaires généraux pendant les sessions interactives (rencontres face-à-face et les conférences téléphoniques) – stratégie globale du projet, principes et résultats.
- Réponses de sondage à un paquet de renseignements décrivant les résultats des « modèles d'agri-protection théoriques » fondés sur les mesures de production générées par un algorithme à l'emplacement de leur propre ranch.

La Figure 9 est un exemple de renseignement individuel fourni à chaque propriétaire de ranch pour leur propre ranch afin d'obtenir leur rétroaction au moyen d'un sondage. Le présent modèle d'agri-protection était fondé sur :

- i. Une amorce à 80 p. 100 avec paiement complet à 60 p. 100.
- ii. Une période de protection entre la mi-mai et la fin d'août.

- iii. La production mesurée à chaque période bihebdomadaire et PONDÉRÉE DANS LE CALCUL DE LA RÉCLAMATION selon le modèle normal de croissance de biomasse verte – image supérieure gauche.

Figure 9 : Échantillon des renseignements fournis aux propriétaires de ranch



*COIN SUPÉRIEUR GAUCHE – moment dans la croissance de biomasse verte (en moyenne au cours des années).*

*COIN SUPÉRIEUR DROIT – les trois pires années de production annuelle comparées à un normal historique (ligne bleu) fondées sur les estimations générées par l’algorithme.*

*COIN INFÉRIEUR GAUCHE – les trois meilleures années de production annuelle comparées à un normal historique (ligne bleu) fondées sur les estimations générées par l’algorithme.*

*COIN INFÉRIEUR DROIT – historique des réclamations allant de 2000 à 2022 présument une couverture de 50 000 \$ chaque année.*

Un sommaire des questions les plus révélatrices du sondage est présenté ici selon les réponses qui ont été utilisées une échelle d’évaluation de 1 à 5. Certaines réponses avaient été exprimées hors des limites de l’échelle pour la mise en valeur ou en intervalles de l’étendue de l’échelle. Les valeurs sont affichées dans les figures suivantes.

Tous les propriétaires de ranch qui ont répondu au sondage croyaient que suivre la biomasse verte était une bonne façon d’évaluer la production annuelle d’un pâturage. Quarante-treize pourcent (93 %) des propriétaires de ranch s’entendaient que la production de pâturage vert survenait au début de la saison de croissance—augmentant en juillet, puis baissant par la suite. En général, les propriétaires de ranch pensaient que l’herbe verte était nutritivement plus valable comme source alimentaire que l’herbe de fin de saison qui avait bruni. Cependant, la pâture de fin de saison réduit la demande d’inventaire (foin) et représente une source alimentaire utile pour le bétail.

Dans l’ensemble, les propriétaires de ranch s’entendaient que les trois meilleures années (100 p. 100) et les trois pires années (93 p. 100) qui leur avaient été présentées étaient représentatives des bonnes et mauvaises années de production sur leur ranch (Figure 10). La plupart des propriétaires de ranch (92 p. 100) croyaient que le rythme hypothétique des « prestations d’assurance » (fondé sur une police uniforme de 50 000 \$ pour tous les ranchs) avait du sens (Figure 11).

Figure 10 : Exactitude des meilleures et des mauvaises années de production

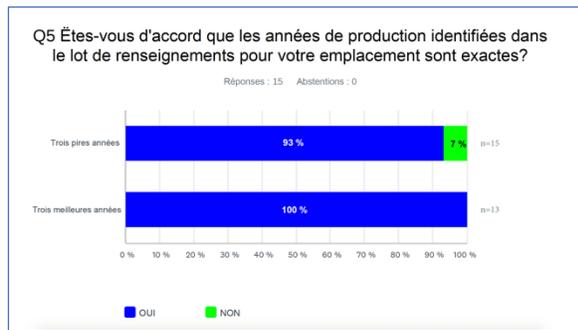
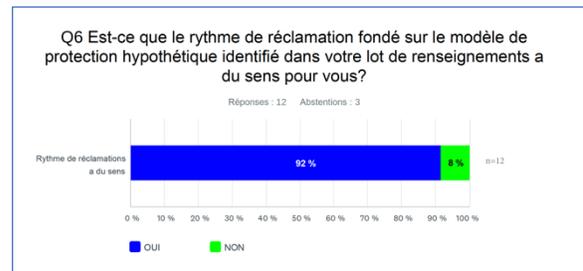


Figure 11 : Rythme de réclamation du modèle de protection hypothétique



Certains propriétaires de ranch pensaient que les années précédentes — 2020 et 2021 — auraient dû générer une prestation d'assurance et/ou une prestation d'assurance plus importante que celle identifiée dans leur lot de renseignements. Certains pouvaient se souvenir d'une année ou de deux années de mauvaise production, mais pas tous. D'autres ne se souvenaient pas de l'étendue relative des déficits de production parmi les mauvaises années. Cela n'était pas surprenant, surtout lorsque les années de pertes pouvaient être survenues depuis un certain temps. En général, les mauvaises années de production sont plus flagrantes que les bonnes années de production chez la plupart des propriétaires de ranch.

Tous les propriétaires de ranch contactés pensaient qu'un régime de protection pour couvrir les déficits graves de production de pâturage était important pour l'industrie (Figure 12) et que la plupart des couvertures de protection individuelle plus cotées étaient plus valables que modèle moyen de zone —100 p. 100 ont répondu « 3 ou plus élevé » sur l'échelle de 1 à 5 (Figure 13).

Figure 12 : Valeur d'une protection pour couvrir les déficits de production graves

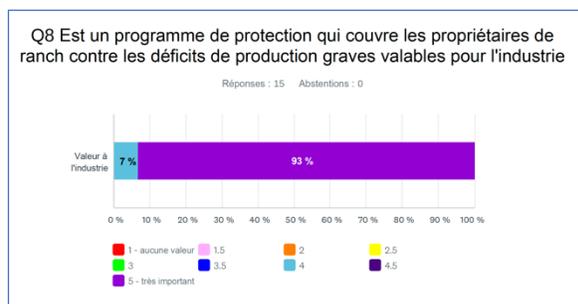
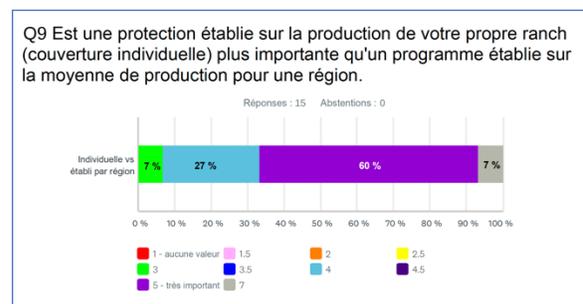


Figure 13 : Couverture individuelle par opposition à la conception d'un régime moyen de zone



Après avoir demandé aux propriétaires de ranch si les précipitations mesurées à une station météorologique provinciale reflétaient avec précision les conditions sur leur propre ranch en ce qui concerne les précipitations et les estimations de la production des pâturages, tous fournissaient une réponse à 3 ou plus bas sur l'échelle de 1 à 5.

Souvent, les propriétaires de ranch qui croyaient que les dernières années (2020 et 2021) étaient pires sur leur ranch que les années précédentes étaient plus jeunes et/ou pas au même emplacement à une période antérieure. Dans la plupart des cas, les propriétaires de ranch montraient qu'ils évaluaient la production

annuelle de leurs pâturages selon les besoins alimentaires de leur bétail et en se fondant sur les facteurs suivants :

- Conviction profonde, inspection visuelle, expérience et « faire verdier » au début de la saison;
- Stocks d'aliments disponibles et prêts pour nourrir les animaux au besoin;
- Hauteur de l'herbe et autres facteurs visuels;
- Guides initiaux de densité d'occupation et expérience antérieure avec les chiffres relatifs au bétail; et
- Report à partir de l'année précédente.

Les réponses montrent que l'expérience personnelle et la période de référence historique ont un effet sur « l'évaluation de l'exactitude ». Cela n'est pas surprenant étant donné qu'un pâturage n'est ni récolté ni entreposé, et qu'il n'existe aucune méthode quantifiable dans l'industrie pour mesurer la production d'un pâturage.

Différentes caractéristiques de modèles d'agri-protection produisent différents résultats. Trois modèles avaient été utilisés afin d'obtenir de la rétroaction des propriétaires de ranch, dont deux modèles fondés sur la pondération de la croissance de pâturage en début de saison plus élevée que la croissance de fin de saison, et un modèle avec une pondération égale tout au long de la saison de croissance. En général, dans les régions plus au sud, les pondérations en début de saison semblaient générer plus de ferveur. Plus au nord, le modèle de pondération égale peut être plus attrayant. Les mesures de production générées par un algorithme peuvent appuyer n'importe quelle saison de croissance et approche de conception.

# 7. Portée future

La présente activité représente un élément mineur de l'ensemble des efforts de travail du projet. Les membres de l'équipe du projet offraient leur temps à cette activité uniquement à titre de contributions en nature. En réseautant avec un membre du CT, l'équipe du projet établissait une connexion non sollicitée à un développeur de plateforme Web — Two Story Robot Labs Inc.

Par le biais de conférences téléphoniques bihebdomadaires, Two-Story Robot développait un modèle d'outil en ligne rudimentaire. La Figure 14 est une capture d'écran indiquant les emplacements des stations météorologiques en Alberta qui fournissent des données à qualité vérifiée qui peuvent appuyer l'agri-protection. La Figure 15 démontre la capacité d'un propriétaire de ranch à délimiter l'emplacement d'un pâturage en tant que base afin d'extraire les valeurs d'indice de végétation fournies par un satellite et une station météorologique tout au long de la saison de croissance pour une région définie. Une alimentation de données en temps réel peut être canalisée en un outil de maquette. Les Figures 16 et 17 démontrent des valeurs bihebdomadaires NDVI et de précipitations pendant l'année comparée à une référence historique.

Figure 14 : Emplacements des stations météorologiques en Alberta

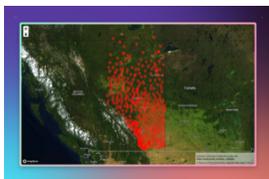


Figure 15 : Délimiter l'emplacement d'un pâturage



Figure 16 : Valeurs NDVI satellites pour une saison de croissance



Figure 17 : Données de précipitations bihebdomadaires annuelles



La maquette permet à l'utilisateur de choisir la période de référence historique (par ex. : horizon temporel de 20 ans, 15 ans, 10 ans). Bien que ce soit un outil d'affichage rudimentaire, la maquette démontre qu'un outil en ligne peut être construit, appuyé et facilement accessible aux agences d'agri-protection à l'appui des modèles basés sur les précipitations et satellites. Une application en ligne pourrait fournir une « plateforme commerciale/éducative » pour les propriétaires de ranch afin de voir comment les différentes options d'agri-protection pourraient fonctionner sur leur ranch. Elle pourrait aussi appuyer les décisions de gestion d'un ranch, présenter la recherche continue, et aider le gouvernement (et les réassureurs privés qui pourraient appuyer des programmes d'agri-protection de pâturages) afin de prévoir les situations de déficits de production aux échelles provinciales, régionales ou nationales.

Les membres de l'équipe du projet remercient Two Story Robot Labs Inc. de leur intérêt à l'égard du projet et encouragent les lecteurs à consulter leur site Web au <https://www.twostoryrobot.com> afin d'en savoir plus au sujet de cette entreprise canadienne petite, mais dévouée.

# 8. Sommaire

Le présent projet utilisait une approche logique et solide pour lier les indices de végétation fournis par satellite aux mesures au-dessus du sol d'un pâturage. Les données primaires avaient été rassemblées uniquement pour la présente recherche avec des données satellites et un pâturage à la même résolution. Les échantillons d'herbes avaient été triés et enregistrés avec une matière verte distincte de la matière brune « à l'intérieur de chaque brin d'herbe » afin d'assurer une comparaison appropriée par rapport à une mesure dérivée par satellite de matière verte.

Un peu plus de 4 100 valeurs « X » (satellite) avec valeurs correspondantes « Y » (pâturage) avaient été recueillies dans ce projet. Une moyenne des paires de données brutes X à Y avait été établie afin de réduire les erreurs de mesure (existantes dans n'importe quelle recherche) provenant des processus sur le terrain et du triage, et de la sensibilité du matériel. Un actuaire de tierce partie confirmait que l'analyse de moyenne statistique était solide et considère que le jeu de données du projet, comparant un indice de végétation satellite à un pâturage, est le plus exhaustif dans le monde.

Les agences d'agri-protection provinciales fournissaient un appui important au personnel et en matériel au projet. Les membres de l'équipe chargée du projet appréciaient ces efforts et la camaraderie entre les participants. L'équipe du projet visait la transparence en disséminant les efforts de travail du projet, les résultats et l'interprétation au moyen d'un blogue disponible au public, de présentations à des groupes de propriétaires de ranch, à un comité d'experts techniques, et à des propriétaires de ranch particuliers.

Deux algorithmes distincts avaient été produits afin de générer des mesures de production pour les ranchs à densité faible/moyenne et à densité élevée qui comparent les zones de sol brun pâle/brun foncé et gris/noir, respectivement. Trois programmes d'agri-protection distincts et subtils avaient été utilisés afin



Le regroupement des observations à des niveaux semblables de NDVI améliore l'exactitude de la mesure de la relation en faisant « la moyenne des erreurs ». Il ne crée pas une relation qui n'existe pas.

Selon mon opinion, les données dans ce projet font partie du plus vaste jeu de données de rendement de pâturage « validé sur le terrain » disponible dans le monde et, jumelé à des « données satellites » (à partir d'un spectromètre portable), elles représentent le jeu de données le plus appropriées pour l'étude d'une relation entre un NDVI et le rendement d'un pâturage.

~Avery Cook, Actuaire en chef adjoint, Hudson



de présenter les résultats du projet aux propriétaires de ranch pour de la rétroaction. En général, les propriétaires de ranch voient cette approche comme importante et comme une amélioration potentielle de protection fourragère au Canada, surtout parce qu'elle peut appuyer une couverture individuelle. Les propriétaires de ranch pensaient qu'un outil en ligne, rendant les mesures de production générées par algorithme disponibles en temps réel, serait un excellent avantage pour l'industrie et pourrait appuyer plusieurs utilisations.

D'autres paramètres physiques et satellites—indépendants ou combinés—peuvent être et sont utilisés pour « mesurer la productivité d'un pâturage »; cependant, peu (sinon aucun) sont liés directement à la production de pâturage sur le terrain. Plutôt, les mouvements des paramètres eux-mêmes sont utilisés comme indicateurs pour la production de pâturage. Ce projet se concentre sur la construction d'un lien direct—algorithme(s)— pour transposer des valeurs satellites en « mesures de production ». L'évaluation de l'exactitude chez divers indicateurs de production de pâturage pourrait être effectuée en suivant les procédures utilisées dans le présent projet. L'exactitude parmi les paramètres peuvent être quantifiés afin de définir les solutions « pour des pratiques optimales » afin de mesurer un pâturage. Les coûts pour obtenir chaque paramètre peuvent être évalués en même temps. Ainsi, une comparaison coûts-avantages parmi les paramètres pourraient être déterminée d'une manière transparente pour l'agri-protection et les décideurs politiques.

Le fait d'augmenter la participation à une protection fourragère (qui est substantiellement inférieure à celle pour les récoltes annuelles) et qui, par conséquent, réduit indirectement les demandes de l'industrie pour une aide ponctuelle, est un résultat souhaité pour l'industrie et les gouvernements. En général, les propriétaires de ranch signalent que la couverture individuelle serait un choix de protection préféré. Ainsi, un objectif primaire du projet est d'augmenter les mesures d'exactitude des cultures fourragères au moyen des algorithmes du projet à utiliser dans plusieurs formats de programme—y compris la couverture individuelle. Des choix d'agri-protection améliorée pour les pâturages sont envisagés afin d'encourager une participation accrue.

Cependant, il existe plusieurs « éléments dans un grand projet » qui ont une incidence sur cet objectif, y compris :

- Les propriétaires de ranch reconnaissent que leur esprit autonome et indépendant combiné à une industrie « à marge étroite » ont un effet sur la participation d'une agri-protection.
- Les représentants élus croient que c'est à eux qu'il incombe de répondre à un besoin perçu de l'industrie pendant les années difficiles et peuvent se mériter une certaine reconnaissance au sein des communautés rurales grâce à une aide ponctuelle. En 2021, l'industrie demandait une aide ponctuelle et la recevait via Agri-relance du gouvernement fédéral.
- Les groupes d'industries qui représentent diverses régions et divers membres parrainent la recherche afin d'améliorer la gestion des risques sur le ranch et partout dans l'industrie, et font aussi du lobby pour de l'aide ponctuelle.
- Les administrateurs d'Agri-protection, appuyés par des fonds publics, font face à des pressions budgétaires. Les améliorations d'agri-protection fourragère, y compris la couverture individuelle, peuvent accroître la complexité opérationnelle et le coût. Par exemple, la couverture individuelle

exige que les réclamations d'assurance NE COUVRENT PAS les déficits de production relatifs à la gestion. Les ranchs individuels où la gestion peut être un problème sont peu nombreux, mais quand une surveillance s'avère nécessaire, les coûts peuvent être importants.

- Les avantages et les coûts des progrès technologiques pour mesurer la production de pâturage et/ou les facteurs qui influencent la croissance sont difficiles à comparer clairement. La capacité des propriétaires de ranch à se rappeler de « la production relative d'un pâturage au fil des années » et à vérifier l'exactitude est ambiguë.

Bien que l'exactitude améliorée dans les mesures de production fourragère soit possible, comme l'a démontré ce projet, cela ne représente qu'un élément faisant partie d'une « roue de participation » plus grande a en agri-protection au Canada.