



Gouvernement
du Canada

Government
of Canada

Canada

La mission GardeFeu

WildFireSat



**Marche à suivre pour la mise en œuvre et
l'adoption de la mission GardeFeu par les
agences provinciales et territoriales de gestion
des incendies**

Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
Centre de foresterie des Grands Lacs
Rapport d'information
GLC-X-36

Auteurs : Colin B. McFayden, Emily Hope, Joshua M. Johnston, Alan S. Cantin, Morgan A. Crowley, Stephanie DeBoer, Mark C. de Jong, Lynn Johnston, Dan K. Thompson, David J. Young.

Trois auteurs principaux, suivis des auteurs par ordre alphabétique.

Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Centre de foresterie des Grands Lacs Réviseurs de la prépublication :

- Tony Cole, Direction de la gestion des feux de forêt du Nouveau-Brunswick
- Rick Dunning, gouvernement du Canada, ministère de la Défense nationale
- Dan Johnston, Services d'urgence, d'aviation et de lutte contre les feux de forêt de l'Ontario
- Sam Lacarte, Service canadien des forêts
- Angela Majic, Service canadien des forêts
- Ashlin Richardson, British Columbia Wildfire Service
- Xianli Wang, Service canadien des forêts
- Douglas G. Woolford, Université Western Ontario
- Alex Zahara, Service canadien des forêts

Les informations de catalogage de cette publication sont disponibles auprès de Bibliothèque et Archives Canada.

Marche à suivre pour la mise en œuvre et l'adoption de la mission GardeFeu par les agences provinciales et territoriales de gestion des incendies. (Rapport d'information, GLC-X-36).

Publié également en anglais sous le titre : WildFireSat pathway for implementation and uptake in provincial and territorial fire management agencies.

McFayden, C.B.; Hope, E.; Johnston, J. M.; Cantin, A.S.; Crowley, M.A.; DeBoer, S.; de Jong, M.C.; Johnston, L.M.; Thompson, D.K.; Young, D.J.

Monographie électronique au format PDF.

Comprend des références bibliographiques.

En ligne :

ISBN 978-0-660-68347-8 ISSN 2562-0746

No de catal. : Fo123-2/36-2023F-PDF

Imprimé :

ISBN 978-0-660-68348-5 ISSN 0832-7122

No de catal. : Fo123-2/36-2023F

Les informations contenues dans cette publication ou ce produit peuvent être reproduites en partie ou en totalité, et par n'importe quel moyen, à des fins personnelles ou publiques non commerciales, sans frais ni autre autorisation, sauf indication contraire.

Il vous est demandé :

- De faire preuve de diligence raisonnable en vous assurant de l'exactitude des documents reproduits;
- D'indiquer le titre complet du matériel reproduit et le nom de l'organisation qui en est l'auteur;
- D'indiquer que la reproduction est une copie d'un ouvrage officiel publié par Ressources naturelles Canada (RNCAN) et que la reproduction n'a pas été réalisée en affiliation avec RNCAN ou avec son aval.

La reproduction et la distribution à des fins commerciales sont interdites, sauf autorisation écrite de RNCAN. Pour obtenir de plus amples renseignements, veuillez contacter RNCAN à l'adresse suivante : copyright.droitdauteur@nrcan-rncan.gc.ca.

Sa Majesté le Roi du Canada, représenté par le ministre des Ressources naturelles du Canada, 2023.

AVANT-PROPOS

J'ai grandi dans une famille de pompiers. Cela signifie que nous avons vécu sur des bases de pompiers, que nous avons appris à pêcher sur les quais à côté d'aéronefs Twin Otter et que Smokey l'ours était présent à toutes les activités scolaires dont je me souviens. Tous nos amis étaient des enfants dans la même situation. Il n'est donc pas surprenant que mes frères et sœurs, mes cousins et moi-même nous soyons retrouvés à faire partie d'équipages. Finalement, mon chemin m'a conduit à la recherche, ce qui m'a amené à épouser une autre scientifique spécialiste des incendies. Je pense que tout cela est important, car je crois que le fait d'avoir passé ma vie dans la gestion des incendies a été déterminant dans la définition de la mission qui allait devenir GardeFeu. Je suis également très conscient que mes enfants pourraient très bien se retrouver au fond d'un marais avec une pompe au-dessus de la tête pendant que la mission GardeFeu est en orbite; c'est toujours présent dans ma prise de décision.

En 1986, Flannigan et Haar ont publié un article démontrant qu'il était possible d'observer les incendies forestiers à partir de l'instrument satellite AVHRR. Ce fut un moment décisif qui, avec d'autres recherches, a attiré l'attention de la communauté de gestion des incendies sur le potentiel d'aide des satellites. Peu de temps après, alors que j'étais encore très jeune, je me souviens que mon père (qui était responsable provincial de la lutte contre les incendies) disait qu'un jour, les satellites allaient changer notre façon de travailler. Il a été l'un des premiers à adopter la Méthode canadienne de l'indice forêt-météo (IFM) et la Méthode canadienne de prévision du comportement des incendies de forêt (PCI), et il a travaillé avec le Service canadien des forêts sur de nombreux brûlages expérimentaux à la même époque. Avec du recul, je peux comprendre l'origine de cet état d'esprit avant-gardiste. Mais au cours de sa carrière, l'idée de surveiller les incendies depuis l'espace ne s'est jamais concrétisée. À bien des égards, ce n'est toujours pas le cas.

Depuis 1986, nous avons fait des progrès spectaculaires dans la technologie et la science de la surveillance des incendies forestiers à partir de l'espace. Nous disposons de plusieurs satellites capables de détecter et de caractériser régulièrement les incendies forestiers dans le monde entier. Nous avons la preuve scientifique que ces satellites peuvent estimer avec précision la taille, la température, la libération d'énergie, les taux de consommation de combustible, les taux d'émission de fumée, la direction et la vitesse de déplacement ainsi que la gravité des incendies; cartographier les zones brûlées avec une extrême précision et même décrire les combustibles qui les entourent. Ces dernières années, ces produits sont de plus en plus utilisés pour la gestion des incendies, la surveillance de la qualité de l'air et la comptabilisation du carbone. Cependant, l'utilisation des satellites pour la surveillance des incendies forestiers n'a pas encore atteint le niveau de transformation possible dans la gestion quotidienne des incendies.

Dans le cadre de la mission GardeFeu, nous nous efforçons de tenir les promesses que les satellites ont faites à nos ancêtres. Je suis fermement convaincu que, dans le cadre des exigences de la mission et du plan pour la science et les applications, nous avons relevé les défis techniques qui ont constitué des obstacles à l'exploitation des données satellitaires dans

le passé. Je suis également très conscient que le fait de disposer d'un système techniquement irréprochable ne se traduit en aucun cas par des effets opérationnels notables. Après tout, ce qui compte, c'est la confiance, l'adhésion et le sentiment d'être partie prenante de la part des personnes qui décideront si cet outil répond à leurs besoins et si l'on peut s'y fier lorsque c'est vraiment important. C'est ce qui ressort clairement de ce que nous avons appris sur la mise en œuvre du système de l'IFM. Il ne s'agit pas du genre d'adhésion que l'on obtient en commercialisant un produit fini ou en prenant la parole lors de conférences ou d'ateliers, ou quoi que ce soit de ce genre. Il s'agit d'échanges authentiques, significatifs et équilibrés entre les scientifiques et les décideurs, depuis le début jusqu'au lancement et au-delà.

Les avantages de la mission GardeFeu sont entre les mains de nos gestionnaires d'incendies, mais il incombe également à l'équipe de la mission de veiller à ce que ces mêmes gestionnaires d'incendies soient au premier plan dans tout ce que nous entreprenons. Quel meilleur moyen que de les garder autour de la table? Notre approche de l'échange de connaissances est sans doute l'élément le plus important de la mission. C'est une source d'informations pour les chercheurs et les ingénieurs qui tentent de mettre au point de meilleurs outils pour les opérations, et une passerelle pour les gestionnaires d'incendies qui peuvent ainsi accéder aux connaissances des scientifiques et élargir leur propre compréhension du monde souvent particulier des données satellitaires.

Nous sommes fermement convaincus que, grâce à cette voie de mise en œuvre et d'adoption, les responsables canadiens de la lutte contre les incendies seront mieux équipés que leurs homologues du monde entier pour utiliser les données satellitaires, tandis que nos scientifiques comprendront le mieux possible les priorités de leurs parties prenantes. Ce résultat existera, que la mission GardeFeu elle-même atteigne ou non la rampe de lancement, et c'est pourquoi nous avons donné la priorité à notre programme d'échange de connaissances pour qu'il soit tout aussi essentiel à la mission que le reste des travaux menés par le Service canadien des forêts.

Le succès de ce programme va bien au-delà de la mission GardeFeu. La façon dont mon père combattait le feu n'était pas si différente de la mienne. Mais le fossé générationnel entre moi et mes enfants sera radical en raison du changement climatique. La saison des incendies de 2023 a donné un aperçu inquiétant de ce qui se profile à l'horizon. La surveillance des incendies par les satellites d'observation de la Terre peut sembler une nouveauté aujourd'hui, mais elle sera une nécessité absolue pour ceux qui tentent de s'adapter aux défis de demain. Mes enfants participeront très probablement à cet effort, et je suppose que beaucoup d'entre vous qui lisez ces lignes connaissent des jeunes qui se tiendront à leurs côtés. Cette mission est à leur intention, et le travail fondamental de ce plan est un investissement dans l'avenir pour lequel ils nous remercieront.

C'est donc avec une grande fierté que nous présentons la mission GardeFeu en vue de sa mise en œuvre et de son adoption par les agences provinciales et territoriales de gestion des incendies – l'étape la plus importante pour concrétiser les promesses des années 1980.

Joshua Johnston

Chercheur et responsable de la recherche pour
la mission GardeFeu

A handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping, slanted lines that form a stylized representation of the name 'Joshua Johnston'.

TABLE OF CONTENTS

Avant-propos	iv
Résumé	1
Introduction	1
Objet du présent document	5
Cheminement des documents	5
1.Domaine et groupes d'utilisateurs	6
1.1 Domaine de la gestion des feux de forêt.....	7
1.2 Utilisateurs finaux.	14
2.Orientation stratégique	15
2.1 Domaine d'action : comprendre les décisions relatives aux feux de forêt	17
2.2 Domaine d'action : comprendre les capacités	17
3.Concepts fondamentaux de la stratégie	17
3.1 Échange de connaissances	18
3.1.1 Obstacles et facilitateurs de haut niveau à l'échange de connaissances	19
3.1.2 Tirer les leçons des succès passés en matière d'échange de connaissances	19
3.1.3 Principes et bonnes pratiques de la mission GardeFeu	20
3.2 Capacité.....	20
3.3 Préparation.....	21
3.4 Mise en œuvre et adoption.	23
4.Éléments du programme d'échange de connaissances	26
4.1 Mettre en place une équipe d'échange de connaissances sur la gestion des incendies (ECGI).....	26
4.1.1 Collaboration entre l'équipe d'échange de connaissances sur la gestion des incendies et l'équipe de développement de la mission GardeFeu.....	27
4.2 Déterminer des stratégies pour augmenter la probabilité de mise en œuvre et d'adoption	28
4.3 Développer des capacités propres à la mise en œuvre et à l'adoption de la mission GardeFeu	30
4.3.1 Initiatives de renforcement des capacités.....	30
5.Premiers progrès	31
5.1 Développement d'un réseau d'experts pour les agences membres du Centre interservices des feux de forêt du Canada	31

5.2 Développement d'un bac à sable	32
5.3 Élaboratitin de la formation et de l'éducation	33
5.4 Mobilisation auprès des populations autochtones.....	33
5.5 Mobilisation auprès des services canadiens de gestion des incendies et des situations d'urgence.....	34
5.6 Mobilisation internationale en matière de gestion des feux de forêt	35
5.7 Plan de communication publique	36
5.8 Planification de la documentation	36
5.9 Identifier les nouveaux produits scientifiques potentiels pour une application pratique.	36
5.10 Stratégies pour les acteurs désavantagés de la surveillance des incendies	37
6. Calendrier.....	38
7. Le chemin à parcourir	39
8. Remerciements.....	39
9. Références.....	40
Annexe 1 : Glossaire	47

RÉSUMÉ

Contexte : La mission GardeFeu est une mission satellitaire conçue pour fournir des informations et des données vitales à l'appui de la gestion des feux de forêt. Initiative du gouvernement fédéral du Canada, elle devrait être opérationnelle autour de la saison des feux de forêt au Canada en 2029. Le succès de cette mission dépendra de l'adéquation des produits GardeFeu à la gestion opérationnelle des feux de forêt et de l'adoption de ces produits par les agences de gestion des feux de forêt. Cela nécessite un effort concerté pour comprendre les utilisateurs finaux et travailler avec eux pour adapter les produits à leurs besoins, tout en partageant et en développant ensemble les connaissances en matière de télédétection pour la gestion opérationnelle des incendies.

Objectif : Le présent document a pour objet de décrire une synthèse des concepts et stratégies clés de la mission GardeFeu, qui seront utilisés pour soutenir la mise en œuvre et l'adoption par les agences provinciales et territoriales de gestion des feux de forêt.

Public : Le présent document s'adresse aux agences provinciales et territoriales canadiennes de gestion des feux de forêt et à leurs collègues chargés de la gestion des urgences et des feux de forêt.

INTRODUCTION

Les feux de forêt sont nécessaires, mais peuvent être préjudiciables

Les feux de forêt sont un processus naturel et les écosystèmes dépendants et adaptés au feu ont besoin de ce dernier pour fonctionner sainement, ce qui est bénéfique (Pausas et Keeley, 2019; Wein et MacLean, 1987). Cependant, les feux de forêt peuvent également être nuisibles et, dans certains cas, désastreux, comme l'incendie de 2016 de Horse River à Fort McMurray, en Alberta, qui a entraîné des milliards de pertes (MNP, 2016), et les feux de forêt de 2023, qui ont entraîné l'évacuation d'au moins 200 000 personnes et la perte de centaines de structures.

Le climat mondial change. Le Canada connaît, et continuera de connaître, des saisons des feux plus longues et des situations d'incendie qui s'aggravent (Coogan et collab., 2019, 2020; Flannigan et collab., 2000, 2005 et 2009; Wotton et collab., 2017; Wang et collab., 2015, 2020, 2022; Wotton et Flannigan, 1993). La gestion des risques de feu de forêt dans un climat changeant est intrinsèquement difficile et implique des compromis entre les conséquences bénéfiques et négatives du feu, le tout avec beaucoup d'incertitude.

Lutte contre les risques de feu de forêt et résilience

Il est reconnu que la lutte contre les risques de feu de forêt nécessite une approche de l'ensemble de la société (Conseil canadien des ministres des forêts, 2021; gouvernement du Canada, 2023b). Il existe plusieurs approches et activités que les Autochtones, la population citoyenne, l'industrie et le gouvernement peuvent adopter ou poursuivre et qui contribueront à réduire le risque posé par les feux de forêt (par exemple, Lake et Christianson, 2020; Sankey, 2018; Conseil canadien des ministres des forêts, 2016, 2021; Hoffman et collab., 2022a; Johnston et collab., 2020a; Hirsh et collab., 2001). On reconnaît également de plus en plus que les connaissances autochtones constituent un mode de connaissance essentiel et que leur tressage avec la gestion occidentale des incendies, grâce au leadership des peuples, des

communautés et des nations autochtones, peut améliorer les approches scientifiques occidentales conduisant à une meilleure gestion des incendies, favorisant la sécurité et la résilience des communautés (Conseil canadien des ministres des forêts, 2021; Mason et collab., 2012; Neale et collab., 2019; Eriksen et Hawkins, 2014; Grand Conseil de Prince Albert, 2018).

Informations et données sur les feux de forêt

Lorsqu'un feu de forêt survient au Canada, les décisions sont prises à l'aide des informations sur les incendies dont disposent les gestionnaires. Ces informations ne sont pas toujours complètes, bien que les décideurs dépendent de la précision de ces informations (Taber et collab., 2013). Cela est particulièrement vrai dans les périodes d'intensification de l'activité des feux de forêt. Des informations fiables sur les feux de forêt, fournies de la bonne manière et interprétées correctement, peuvent faire la différence entre un renseignement utile sur les incendies et une incertitude accrue ou un obstacle à la prise de décision (Zimmerman, 2012; McLennan et collab., 2006; Thompson et Calkin, 2011; Lipshitz et Strauss, 1997; Taber et collab., 2013).

- **Informations sur les incendies** : informations spécialisées utilisées pour la gestion et les opérations de lutte contre les feux de forêt. Elles comprennent des informations sur le cadre physique proche (par exemple, la topographie, les combustibles et leur disposition, les ressources de l'espace naturel, les biens), l'environnement du feu actuel et prévu (par exemple, les conditions météorologiques, la sécheresse des combustibles), le comportement du feu actuel et prévu et la zone brûlée, les effets actuels et potentiels du feu, les conséquences (Johnston et collab., 2020b), ainsi que les effets actuels et potentiels de la suppression.
- **Données sur les incendies** : résultats des processus de collecte, d'interprétation, d'analyse et d'évaluation des informations brutes.

Collecte d'informations et de données sur les incendies

Dans de nombreux cas, les agences canadiennes de gestion des feux de forêt s'appuient sur la reconnaissance terrestre ou aérienne pour recueillir et communiquer des observations en temps réel sur le terrain. Il peut s'agir d'une personne dans une tour de guet, d'un hélicoptère avec un équipage de pompiers lors d'une attaque initiale, d'un aéropointeur certifié travaillant sur des opérations d'avion-citerne, d'un avion à infrarouge à haute altitude effectuant des balayages nocturnes, ou d'autres activités opérationnelles. Ces méthodes ont leurs points forts et leurs limites. Par exemple, les aéronefs sont flexibles quant au lieu et au moment où ils collectent des informations, mais ils ont besoin d'aéroports pour pouvoir être manœuvrés et peuvent également être limités par la durée de vol, les conditions météorologiques et la fumée. De même, les tours peuvent offrir une surveillance continue, mais elles ne sont généralement pas mobiles et nécessitent un certain niveau d'infrastructure.

Collecte d'informations et de données sur les incendies à l'aide de satellites d'observation de la Terre

Les données d'observation de la Terre (OT) par satellite constituent une autre voie pour la collecte d'informations et de renseignements sur les incendies. Malheureusement, les données satellitaires d'observation de la Terre sur les incendies actifs présentent des lacunes importantes pour répondre à ces besoins (p. ex., Johnston et collab., 2020b), et ces problèmes sont particulièrement aigus au Canada. La plupart des survols diurnes des satellites d'OT en orbite basse (p. ex., les satellites Terra et Aqua, qui transportent les instruments MODIS, les satellites SNPP/NOAA-20/NOAA-21, qui transportent l'instrument VIIRS) qui conviennent à la surveillance des incendies se produisent pendant l'heure solaire locale en fin de matinée (vers 10 à 11 h) ou en début d'après-midi (vers 13 à 14 h). Comme l'activité des incendies au Canada culmine généralement en fin d'après-midi ou en début de soirée (vers 16 à 18 h), les missions d'observation de la Terre actuelles ne peuvent fournir que très peu d'informations et de renseignements aux responsables de la lutte contre les incendies, en rapport avec cette période critique de « pic de combustion ». En outre, les satellites géostationnaires d'observation de la Terre qui peuvent fournir des images à haute résolution temporelle (par exemple, toutes les 10 à 15 minutes) dans certains endroits, comme la mission du satellite GOES, sont d'une utilité limitée pour la surveillance des incendies au Canada. En raison de sa latitude septentrionale, le Canada est situé à la limite du champ de vision du GOES, où la résolution spatiale est très faible (approximativement 8 à 32 km², selon l'endroit; Hall et collab., 2019). Cela signifie que seuls les incendies de très grande envergure peuvent être détectés au Canada à l'aide des systèmes de satellites géostationnaires, et ce problème s'aggrave à mesure que la latitude augmente (de Jong et McFayden, 2023; Johnston et collab., 2020b; Johnston et collab., 2018).

Le premier système satellitaire opérationnel au monde spécialement conçu pour la surveillance des feux de forêt

Pour relever les défis liés à la fourniture d'informations et de données adéquates sur les incendies par satellite au Canada, le budget fédéral canadien de 2022 a prévu le financement de la mission GardeFeu, un nouveau système satellitaire de surveillance des feux de forêt (Gouvernement du Canada, 2022 et 2023c). La mission GardeFeu est une initiative collaborative de Ressources naturelles Canada (RNCan), de l'Agence spatiale canadienne (ASC) et d'Environnement et Changement climatique Canada (ECCC). Il s'agira du premier système satellitaire opérationnel¹, fabriqué expressément², construit par une agence gouvernementale et dédié à la surveillance des feux de forêt (comme décrit par le Centre de foresterie des Grands Lacs, 2023).

¹ Les satellites publics qui transportent des instruments fournissant actuellement des données sur les incendies n'ont pas été conçus uniquement à des fins de surveillance des incendies. Dans le meilleur des cas, la surveillance des incendies a été envisagée pendant les phases de conception, mais elle n'était qu'une des nombreuses utilisations concurrentes, et des compromis de conception ont été faits pour permettre d'autres mesures.

² Dans le contexte des missions satellitaires, le terme « opérationnel » signifie qu'il existe un certain niveau de service pour les utilisateurs finaux opérationnels (par exemple, garantie de la continuité du service, respect des délais).

« ... La mission GardeFeu est unique en ce sens que, grâce à un engagement avec les agences provinciales et territoriales de gestion des incendies, nous adapterons un système d'information complet aux besoins de la gestion des incendies dans l'ensemble du pays. »

Centre de foresterie des Grands Lacs, 2023.

Conçue pour la surveillance des incendies, la mission GardeFeu assurera une couverture quotidienne de la masse continentale canadienne, la caractérisation des feux, la mesure des émissions de carbone et la dynamique des panaches de fumée. Ainsi, les agences de gestion des feux de forêt du Canada recevront des informations et des données sur tous les feux de forêt actifs en temps quasi réel, au moins deux fois par jour.

Pour que la mission GardeFeu soit utilisée et utile aux agences de gestion des feux de forêt, la mission comprendra des initiatives de renforcement des capacités visant à améliorer l'intégration et le soutien dans la prise de décision en situation réelle. Compte tenu de la complexité des agences de gestion des incendies et de leurs priorités en matière de sécurité et d'efficacité des programmes, on s'attend à ce que la mise en œuvre à l'échelle de l'agence ne soit pas immédiate. La préparation avant le lancement est un point important de la mission GardeFeu afin de s'assurer que les agences seront prêtes au début des activités du satellite.

« ... le rythme et l'étendue de l'intégration des produits de données de la mission GardeFeu dans la gestion opérationnelle des incendies sont d'une grande importance. La mission GardeFeu vise à maximiser l'utilité du satellite pour la gestion opérationnelle des incendies dès le départ grâce à une conception délibérée des produits, à des essais et à un échange proactif de connaissances au sein de la communauté de gestion des incendies... »

McFayden et collab., 2023a.

En savoir plus sur la mission GardeFeu :

- La mission GardeFeu : Le premier système satellitaire opérationnel spécialement conçu pour la surveillance des feux de forêt. Centre de foresterie des Grands Lac. 2023. (Centre de foresterie des Grands Lacs, 2023) – <https://cfs.nrcan.gc.ca/publications?id=40874>

OBJET DU PRÉSENT DOCUMENT

L'objectif de ce document est de décrire une synthèse des concepts et stratégies clés de la mission GardeFeu, qui seront utilisés pour soutenir la mise en œuvre et l'adoption par les agences provinciales et territoriales de gestion des feux de forêt.

CHEMINEMENT DES DOCUMENTS

Ce document s'appuiera sur des aspects importants pour définir et concevoir l'approche permettant d'atteindre l'objectif de la mission GardeFeu en ce qui concerne la mise en œuvre et l'adoption. La figure 1 illustre ce cheminement, qui correspond aux sections du présent document.

- **Objectif de haut niveau** : Un niveau élevé de mise en œuvre et d'adoption des données et des produits GardeFeu dans la gestion opérationnelle des feux de forêt par les agences provinciales et territoriales de gestion des incendies pour de véritables répercussions.
- **Stratégie de haut niveau** : L'objectif sera atteint grâce à l'application des principes et processus d'échange de connaissances à toutes les étapes de la mission GardeFeu.

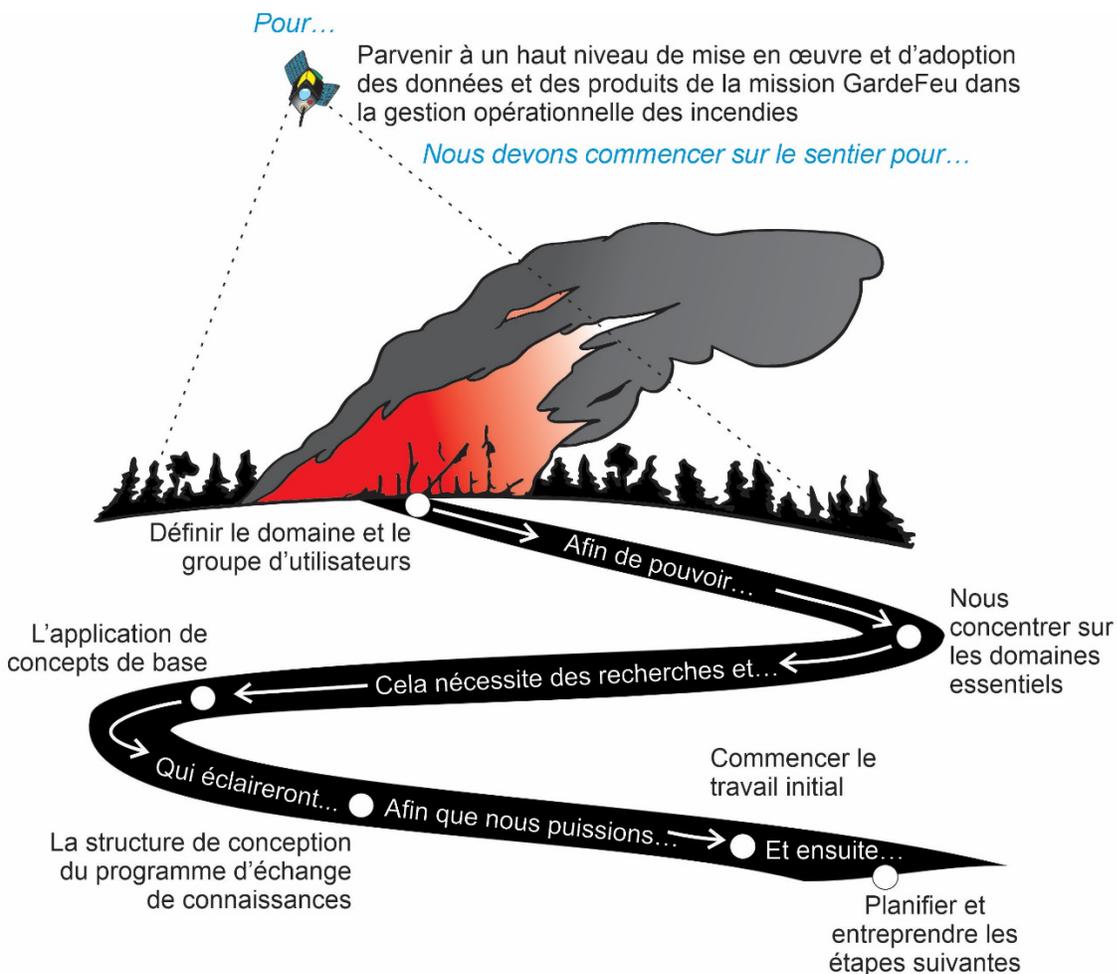


Figure 1. Feuille de route du document et relations entre les sections.

1. DOMAINE ET GROUPES D'UTILISATEURS

Ce document s'adresse aux agences provinciales et territoriales canadiennes de gestion des feux de forêt qui utiliseront les produits de données satellitaires de niveau 2+ pour la gestion opérationnelle des incendies (voir la figure 2 pour les niveaux et flux de données du concept d'opérations GardeFeu). Les données de niveau 2+ sont celles dont la qualité est contrôlée et qui sont destinées à être utilisées directement par un utilisateur final. Certaines données GardeFeu recueillies au Canada seront accessibles à tous, conformément à l'engagement du gouvernement du Canada en faveur d'un gouvernement ouvert, mais d'autres produits de données à valeur ajoutée ne seront disponibles que dans le cadre d'accords de partage appropriés. Les données de niveau 2+ correspondent aux produits de sortie des niveaux de développement de la mission GardeFeu, qui sont les suivants :

- Niveau 1 – Données provenant exclusivement du satellite GardeFeu : mesure et caractérisation des feux actifs, caractérisation de l'environnement du feu.
- Niveau 2 – Constellation virtuelle (mission GardeFeu combinée à d'autres systèmes satellitaires) : synthèse des données et catégorisation des événements, suivi et analyse de la progression des incendies, caractérisation du comportement des incendies.
- Niveau 3 – Produits de modélisation (les produits des niveaux 1 et 2 sont utilisés pour piloter des outils externes de modélisation des feux de forêt) : incorpore des données géospatiales auxiliaires et des techniques de modélisation pour fournir un contexte plus large à la prise de décision basée sur des outils tels que la modélisation de l'accroissement du feu (par exemple, en incluant le milieu périurbain, les données sur les combustibles).

Les produits de données de la mission GardeFeu peuvent inclure (sans s'y limiter) :

- Des cartes de la taille, de la forme et de la localisation des feux de forêt, avec identification des zones qui brûlent activement.
- La direction de déplacement et la vitesse des différentes sections des incendies.
- La température de l'incendie et l'efficacité potentielle des différentes méthodes de lutte contre le feu par rapport au comportement (par exemple, équipes au sol, bulldozers ou attaque aérienne).
- L'heure d'arrivée estimée de l'incendie aux localités, installations industrielles, infrastructures et valeurs culturelles connues à proximité.
- Des produits améliorés provenant de modèles d'émissions des feux qui quantifient la production de fumée des incendies et contribueront à l'amélioration des systèmes de modélisation atmosphérique qui prévoient à quelle hauteur la fumée se déplace et se transforme dans l'atmosphère, et où et quand elle influera sur la qualité de l'air près du sol.

Pour décrire plus en détail les utilisateurs finaux de la gestion canadienne des incendies, nous commencerons par préciser le contexte du domaine.

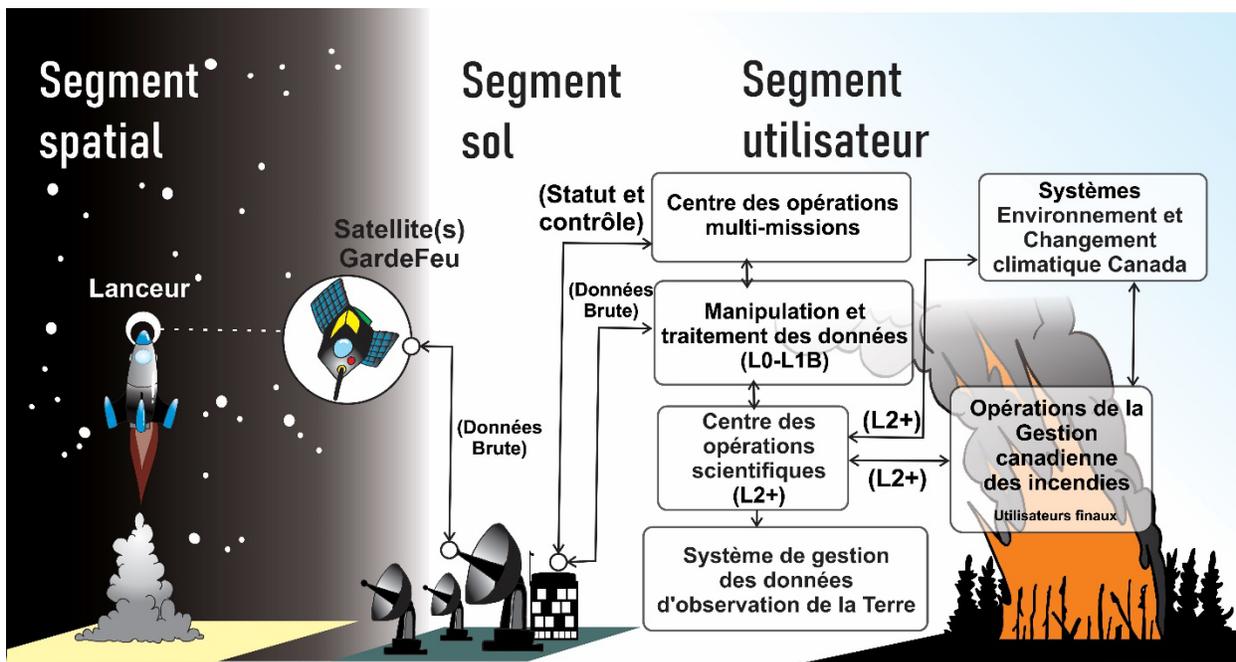


Figure 2. Illustration du concept d'opérations pour la mission GardeFeu, version du 21-08-2023. Adaptation du Concept d'opérations de la mission opérationnelle canadienne GardeFeu pour la version faisant autorité.

1.1 Domaine de la gestion des feux de forêt

Gestion autochtone des incendies

Depuis des temps immémoriaux, les peuples autochtones vivent avec le feu dans la forêt boréale et les régions canadiennes sujettes aux incendies et utilisent le feu à de nombreuses fins, notamment pour la sécurité et la résilience des communautés et comme outil de gestion des ressources (Christianson et collab., 2022; Hoffman et collab., 2021; Hoffman et Christianson et collab., 2022). L'intendance autochtone du feu (parfois synonyme de gestion du feu) est une réponse au feu menée par les Autochtones qui comprend l'utilisation ou la suppression du feu pour obtenir les résultats souhaités, les enseignements intergénérationnels des connaissances, des croyances et des pratiques liées au feu concernant les régimes de feu et leurs effets, et le rôle du brûlage culturel dans les écosystèmes et les habitats exposés au feu (Lake et Christianson, 2020). À l'échelle mondiale, l'intendance autochtone du feu s'étend sur des milliers d'années, dans de nombreuses cultures, et s'inscrit dans une approche globale de prise en charge de la terre partout dans le monde. En raison de la colonisation, les pratiques autochtones d'intendance du feu ont été criminalisées et la relation de longue date avec le feu a été enterrée sous les stratégies coloniales et occidentales de gestion des incendies, les politiques de suppression des incendies menées par les agences et les autorités réglementaires (Christianson et collab., 2022; Hoffman et Christianson et collab., 2022; Hoffman et collab., 2021; Zahara, 2020). Malgré tout, le feu continue d'avoir une importante signification écologique, culturelle, spirituelle et cérémonielle pour de nombreuses cultures autochtones, et de nombreux Autochtones continuent d'être porteurs de connaissances au sujet du feu (Sankey, 2018; Hoffman et Christianson et collab., 2022).

Les peuples autochtones ont une relation unique avec la Couronne et le Canada en raison des traités modernes et historiques, dont beaucoup ont été conclus avant la création des provinces et des territoires. En raison de la séparation des pouvoirs dans la législation fédérale et provinciale, largement promulguée sans consultation ni consentement des peuples autochtones, la gestion opérationnelle des incendies relève principalement des provinces et des territoires, qui agissent au nom de la Couronne (Tough, 2003; Laidlaw et Passelac-Ross, 2010). Étant donné qu'elles s'autodéterminent, les nations autochtones doivent être incluses de manière notable et un espace doit être créé pour qu'elles jouent un rôle de premier plan dans la gestion des feux de forêt, en respectant et en reconnaissant cette relation unique. Ces relations et interactions territoriales sont complexes. Les politiques actuelles en matière de lutte contre les incendies et les autorités réglementaires continuent de poser des obstacles et des défis (Beverly et Bothwell, 2011; Christianson, 2014; Hoffman et Christianson et collab., 2022; McGee et collab., 2019).

Les auteurs reconnaissent l'importance et la valeur de la science et des modes de connaissance autochtones en ce qui concerne la gestion des terres. Cette approche met l'accent sur le codéveloppement des connaissances et la cocréation, avec les peuples autochtones, d'outils ou de produits susceptibles d'exercer une influence sur eux, sur la sécurité et la résilience de leurs communautés et sur la façon dont leurs territoires sont perçus et gérés. Bien que le présent document s'adresse aux agences provinciales et territoriales de gestion des incendies, l'équipe de la mission GardeFeu est consciente qu'il est nécessaire d'inclure de manière notable les populations autochtones, leurs connaissances et leurs besoins dans l'échange de connaissances de la mission GardeFeu, et elle fera participer les organisations autochtones ou les utilisateurs finaux en suivant les protocoles appropriés dans le cadre de cette initiative. Voir la section 5.4 à ce sujet.

Pour en savoir plus sur l'intendance du feu par les Autochtones et la relation des peuples autochtones avec le feu :

- *The right to burn: barriers and opportunities for Indigenous-led fire stewardship in Canada* (Hoffman et Christianson et collab., 2022)—
<https://cfs.nrcan.gc.ca/publications?id=40761> (en anglais)
- *Centering Indigenous voices: The role of fire in the boreal forest of North America* (Christianson et collab., 2022)—
<https://cfs.nrcan.gc.ca/publications?id=40751> (en anglais)

Gestion des feux de forêt par les gouvernements provinciaux, territoriaux et fédéral

Lorsqu'un feu de forêt se déclare au Canada, de nombreuses agences provinciales et territoriales de gestion des incendies sont les premiers intervenants et donnent généralement la priorité à la suppression des incendies, l'objectif étant l'extinction dans les situations à plus haut risque (Tymstra et collab., 2020). Cependant, il existe des cas où les feux de forêt sont autorisés à brûler sans suppression complète pour atteindre d'autres objectifs (par exemple, pour un bénéfice écologique). Certaines instances utilisent des limites ou des zones qui indiquent les

secteurs donnant la priorité à la suppression et les secteurs où les incendies peuvent ne pas être entièrement éteints (voir Tymstra et collab., 2020). Une autre approche est celle où les décisions sont prises pour contenir ou autoriser la surface brûlée en fonction des circonstances de chaque incendie, sans intervention dirigée par zone (voir Boychuck et McFayden, 2017).

Un rôle important du gouvernement fédéral dans le domaine des feux de forêt consiste à soutenir les provinces et les territoires sur le plan scientifique et technologique, ainsi qu'à gérer les incendies sur certaines terres fédérales (entre autres rôles). Les agences et ministères fédéraux concernés par la gestion des incendies sur les terres fédérales comprennent, entre autres, Parcs Canada et le Service d'incendie de la Défense nationale. Les interactions entre les différents paliers de gouvernement pour la gestion des feux de forêt sont complexes. Bien qu'elles aient des similarités entre elles à bien des égards, chaque agence de gestion des incendies a son propre mandat, ses propres stratégies et ses propres priorités (pour obtenir plus de renseignements sur la gestion des incendies au Canada, voir Tymstra, 2020).

Aucune agence de gestion des incendies ne peut à elle seule maintenir les niveaux de ressources de lutte contre les incendies nécessaires pour gérer pleinement les pics extrêmes de charge de feu que connaît le Canada. Le Canada se caractérise par des périodes où il y a quelques incendies gérables chaque jour, et des périodes où il y a des centaines de nouveaux incendies dans des conditions météorologiques propices à un comportement extrême du feu, ce qui se traduit par de nombreux incendies intenses et à évolution rapide. Le défi est d'autant plus grand que ces incendies peuvent s'étendre sur une zone incroyablement vaste. En outre, comme indiqué précédemment, le feu joue un rôle important dans les écosystèmes sains et durables et, par conséquent, ce ne sont pas tous les incendies qui doivent être éteints au Canada.

Pour gérer les situations d'escalade des incendies au pays, le Canada s'appuie sur un partage coordonné de ses ressources de lutte contre les incendies (équipement, pompiers) entre les agences provinciales, territoriales et fédérales. Le partage des ressources se fait par l'intermédiaire du Centre interservices des feux de forêt du Canada (CIFFC), une organisation à but non lucratif gérée par les agences fédérales, provinciales et territoriales de gestion des feux de forêt. Le CIFFC coordonne l'aide mutuelle et facilite l'échange de ressources à l'échelle nationale et internationale (Centre interservices des feux de forêt du Canada, 2023).

Pour en savoir plus sur la Stratégie canadienne en matière de feux de forêt :

- Stratégie canadienne en matière de feux de forêt. Évaluation décennale et renouvellement de l'appel à l'action (Conseil canadien des ministres des forêts, 2016) – <https://cfs.nrcan.gc.ca/publications?id=37109>
- Plan d'action 2021-2026. Une feuille de route pour mettre en œuvre la Stratégie canadienne en matière de feux de forêt à l'aide d'une approche pangouvernementale (Conseil canadien des ministres des forêts, 2021) – <https://www.ccmf.org/communiqu%C3%A9s/groupe-de-travail-sur-la-gestion-des-feux-de-foret-plan-daction-2021-2026/>

Caractéristiques des feux de forêt au Canada

De 1980 à 2021, chaque année, une moyenne d'environ 7 500 incendies a été observée au pays (Service canadien des forêts, 2021a). Les régions du pays touchées par les incendies varient énormément d'une année à l'autre. La superficie brûlée peut varier considérablement d'une année à l'autre et, en moyenne (198-2021), environ 2,5 millions d'hectares brûlent chaque année. À l'heure où nous écrivons ces lignes, le Canada connaît la pire saison des incendies jamais enregistrée (Gouvernement du Canada, 2023a). Au cours des 40 dernières années, la superficie annuelle record brûlée au Canada était de plus de 7 millions d'hectares en 1989 (Service canadien des forêts, 2021a), mais la saison des feux 2023 a pulvérisé ce record, avec plus de 18 millions d'hectares brûlés (Centre interservices des feux de forêt du Canada, 2023a).

Les cartes suivantes illustrent des aspects pertinents de la gestion des incendies au Canada afin de montrer l'ampleur et la portée du défi. La figure 3 montre la superficie brûlée par les feux de forêt de 1980 à 2021.

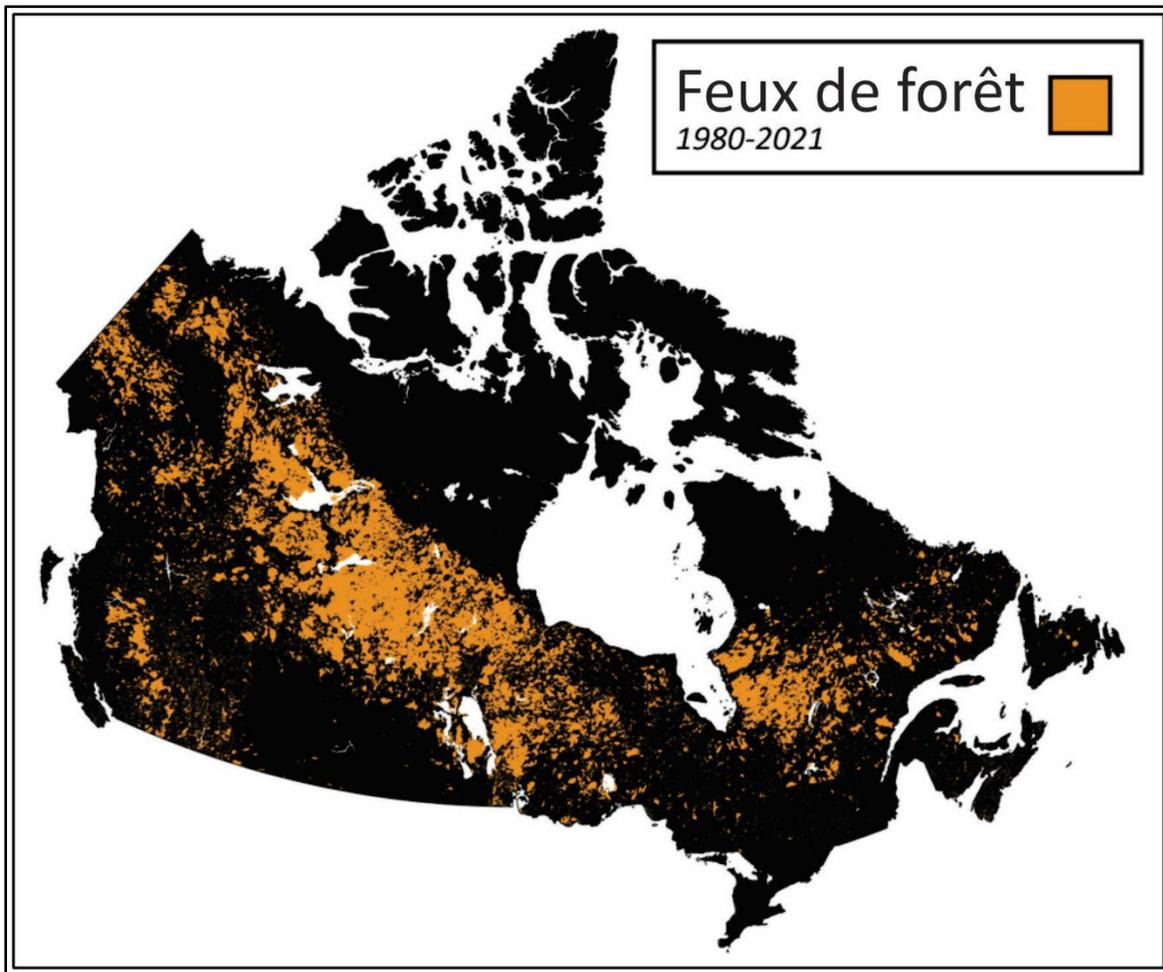


Figure 3. Superficie brûlée au Canada de 1980 à 2021; données issues de la Base de données nationale sur les incendies (Service canadien des forêts, 2021a) et de la Composite nationale des superficies brûlées (Service canadien des forêts, 2021b).

Une grande partie du Canada est très isolée et il existe de vastes zones où les personnes, leurs habitations et leurs infrastructures sont situées à proximité de combustibles forestiers potentiellement susceptibles de s'enflammer (figure 4). C'est ce que l'on appelle le milieu périurbain, qui se compose d'interfaces urbaines, industrielles et d'infrastructures (Johnston et Flannigan, 2018). Lorsqu'il y a un incendie en milieu périurbain, il existe des préoccupations cruciales concernant les conséquences sur la vie humaine et les biens.

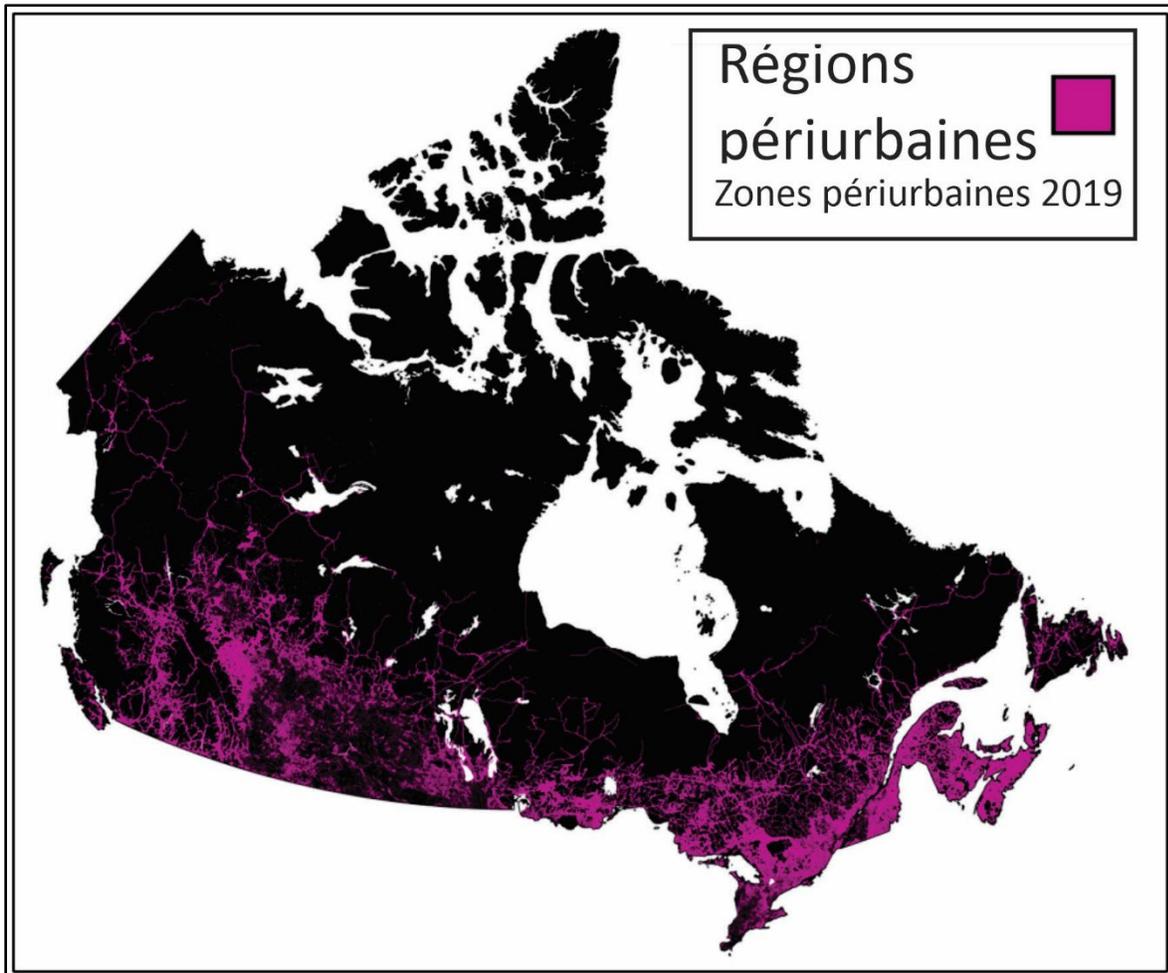


Figure 4. Les zones périurbaines à partir de 2019; données mises à jour à partir de Johnston et Flannigan, 2018.

On a souvent recours aux évacuations pour protéger les personnes, et malheureusement, elles sont devenues une nécessité plus fréquente ces dernières années. La figure 5 montre les évacuations dues à des incendies, qui ont finalement touché plus d'un demi-million de personnes de 1980 à 2021, de nombreuses communautés isolées étant touchées de manière disproportionnée (Christianson et collab., en cours d'examen; Beverley et Bothwell, 2011; Erni et collab., 2021; McGee et collab., 2019; McGee, 2021). La récente saison des incendies de 2023 ajoutera un nombre record d'évacués à ce décompte.

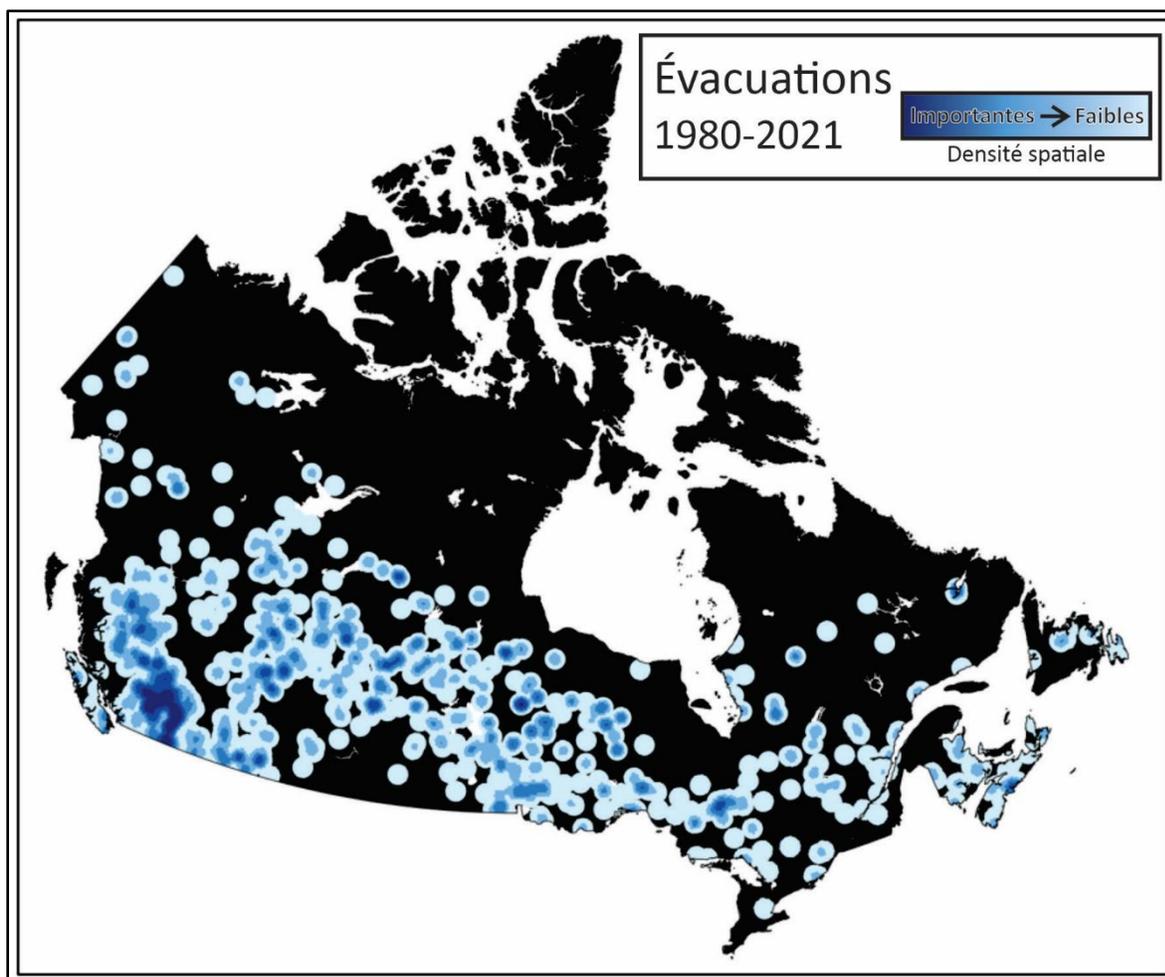


Figure 5. Localisation des évacuations dues aux feux de forêt de 1980 à 2021, le bleu plus foncé indiquant un plus grand nombre d'évacuations dans cette zone (données du Service canadien des forêts, 2021c).

Paradigmes de gestion

La gestion des urgences telle que décrite dans le « Cadre de sécurité civile pour le Canada » (Direction générale des politiques de gestion d'urgence, 2017) et la gestion des feux de forêt telle que décrite dans la « Stratégie canadienne en matière de feux de forêt. Une évaluation décennale et renouvellement de l'appel à l'action » (Conseil canadien des ministres des forêts, 2016) sont des exemples de paradigmes de gestion présentant à la fois des similitudes et des différences importantes. Les situations d'urgence et la gestion des feux de forêt sont généralement organisées sous les aspects de la prévention, de l'atténuation, de la préparation, de l'intervention et du rétablissement. Cependant, un contraste important est que tous les feux de forêt ne sont pas des urgences. Par conséquent, les gestionnaires d'incendies ne peuvent pas se concentrer uniquement sur les interventions en cas d'urgence ou de catastrophe, mais doivent également tenir compte de la planification forestière, de l'habitat et d'autres aspects et avantages importants du feu dans le paysage (par exemple, MRNF, 2014).

La gestion du feu s'inscrit dans un continuum, allant de l'application souhaitée d'un feu bénéfique (par exemple, le brûlage dirigé) à l'autorisation du feu dans le paysage à des fins

écologiques (par exemple, la surveillance d'un incendie), à la restitution d'un « bon feu » à la terre par le biais du brûlage culturel (par exemple, Muskrats to Moose Project Team, 2023) jusqu'à la suppression des feux de forêt typiques (par exemple, petits et à faible impact) et à la lutte contre les incendies catastrophiques. Les tactiques et les stratégies à utiliser dans ces différents scénarios sont très variées. Par souci de clarté, nous décrivons la gestion des feux de forêt comme suit :

- **Gestion des feux de forêt** : les activités concernées par la protection des personnes, des biens et des espaces naturels contre les feux de forêt, et l'utilisation du feu pour atteindre les objectifs de protection et d'utilisation des terres. Les aspects comprennent les processus et les stratégies de prévention, d'atténuation et d'intervention en matière de feux de forêt (adapté de MRNF, 2014, Gouvernement du Canada, 2023d).

La portée spatiale et temporelle des feux de forêt, de leurs effets, de leurs répercussions et de la prise de décision qui en découle est très large. La taille des incendies varie de très petite à des centaines de milliers d'hectares et leur durée varie de moins d'une journée à plusieurs semaines ou mois (voire plusieurs années). Les conséquences des décisions prises au sujet d'un incendie en particulier, un jour donné, peuvent se répercuter sur des décennies et des zones plus vastes, et influencer sur le régime des incendies, la santé de l'écosystème et les risques futurs. Les stratégies et les décisions en matière de gestion des incendies doivent tenir compte de la manière d'aborder la portée (p. ex., Simard, 1991; Tedim, 2015; Boychuk et collab., 2020; Taylor, 2020). De la même manière, il est important de tenir compte de la portée lors de l'élaboration ou de l'application de tout modèle ou outil pour un aspect particulier de la gestion des feux de forêt.

Le champ d'application des décisions tactiques et stratégiques et des fonctionnalités de gestion des incendies correspondantes nécessaires à une mission satellitaire dédiée aux feux de forêt est décrit dans Johnston et collab. (2020b). Ce champ d'application est décrit comme la gestion opérationnelle des incendies et comprend les décisions prises dans la planification et les processus tactiques quotidiens et stratégiques à plus court terme des activités de lutte contre les incendies :

- **Gestion opérationnelle des feux de forêt** : planification et réalisation des activités opérationnelles de gestion des feux de forêt, telles que la préparation, la découverte, la suppression, la surveillance et l'atténuation des incendies de forêt.

Nous reconnaissons la valeur des informations et des données pré- et post-incendie de la mission GardeFeu pour la communauté de chercheurs et pour d'autres applications qui opèrent à différentes échelles de temps et d'espace, telles que la gestion des forêts (Crowley et collab., 2023).

1.2 Utilisateurs finaux

Les principaux utilisateurs finaux de ce document sont décrits comme des gestionnaires d'incendies opérationnels : opérationnels en ce sens qu'ils planifient et exécutent les activités de gestion opérationnelle des feux de forêt, et gestionnaires d'incendies³ en ce sens qu'ils travaillent dans un domaine de gestion des feux de forêt ou qu'ils gèrent le feu d'une autre manière.

Cette définition des utilisateurs finaux donne la priorité aux personnes susceptibles de créer, d'interpréter ou d'interagir avec les produits GardeFeu dans le cadre de la gestion opérationnelle des feux de forêt.

En savoir plus sur l'élaboration des besoins des utilisateurs de la mission GardeFeu adaptés à la gestion des feux de forêt et aux responsables des incendies opérationnels :

- Development of the User Requirements for the Canadian WildFireSat Satellite Mission (Johnston et collab., 2020b) – <https://cfs.nrcan.gc.ca/publications?id=40964> (en anglais)

Les agences opérationnelles provinciales, territoriales et fédérales de gestion des feux de forêt sont les suivantes :

- Alberta, Wildfire Management Branch
- Colombie-Britannique, Wildfire Service
- Gouvernement du Canada, Service des incendies des Forces canadiennes
- Manitoba, Wildfire Service
- Nouveau-Brunswick, Direction de la gestion des feux de forêt
- Terre-Neuve-et-Labrador, Forest Fire Management
- Territoires du Nord-Ouest, ministère de l'Environnement et du Changement climatique
- Nouvelle-Écosse, Fleet and Forest Protection
- Ontario, Services d'urgence, d'aviation et de lutte contre les feux de forêt
- Parcs Canada, Division nationale de gestion des incendies
- Île-du-Prince-Édouard, ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de l'Action climatique
- Québec, Société de protection des forêts contre le feu (ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs)
- Saskatchewan, Agence de sécurité publique
- Yukon, Direction de la gestion des feux de forêt

³ Le terme « gestionnaire d'incendies » est synonyme de « praticien » et ne signifie pas qu'il s'agit d'un gestionnaire au sens des ressources humaines.

Note : Le territoire du Nunavut n'a pas d'agence propre à la gestion des feux de forêt.

Voici quelques exemples de gestionnaires d'incendies (c'est-à-dire d'utilisateurs finaux) :

- Commandants d'intervention
- Gestionnaires de la section de la planification (PSC)
- Gestionnaires de la section des opérations (OSC)
- Agents de gestion des incendies (commandement régional)
- Spécialistes/techniciens SIG
- Spécialistes/techniciens du renseignement sur les incendies
- Spécialistes/techniciens en détection d'incendie
- Analystes du comportement du feu
- Analystes à long terme
- Spécialistes/techniciens des services de prévisions
- Aéropointeurs certifiés nationaux
- Autres fonctions et rôles au sein des équipes de commandement d'intervention et dans les activités de l'agence

Pour en savoir plus sur les agences provinciales et territoriales de gestion des incendies, consultez le site du Centre interservices des feux de forêt du Canada :

- <https://ciffc.ca/fire-information/member-agencies>

Nous reconnaissons qu'il existe d'autres groupes d'utilisateurs finaux qui ne sont pas directement abordés dans le présent document et qui peuvent être informés par les données et les produits de la mission GardeFeu (par exemple, les peuples autochtones, les municipalités, l'industrie, les chercheurs et le public).

2. ORIENTATION STRATÉGIQUE

Les interactions conceptuelles entre la charge de travail, le mandat et la structure organisationnelle d'une agence de gestion des incendies, telles que décrites dans les sections précédentes, sont simplifiées dans la figure 6. Il s'agit d'une illustration; la nature de la conception des programmes de gestion des incendies est beaucoup plus complexe. Les attributs qui déterminent les stratégies et les activités qu'une agence utilise pour gérer les incendies et les demandes subséquentes de renseignements sur les incendies et de prise de décision associée sont représentés sous la forme d'un cycle, par rapport à l'utilisation de la télédétection. La figure 6 illustre également deux priorités qui guident cette stratégie : la compréhension des décisions et des capacités en matière de feux de forêt.

Cycle d'influence de la gestion des feux de forêt et de la mission GardeFeu

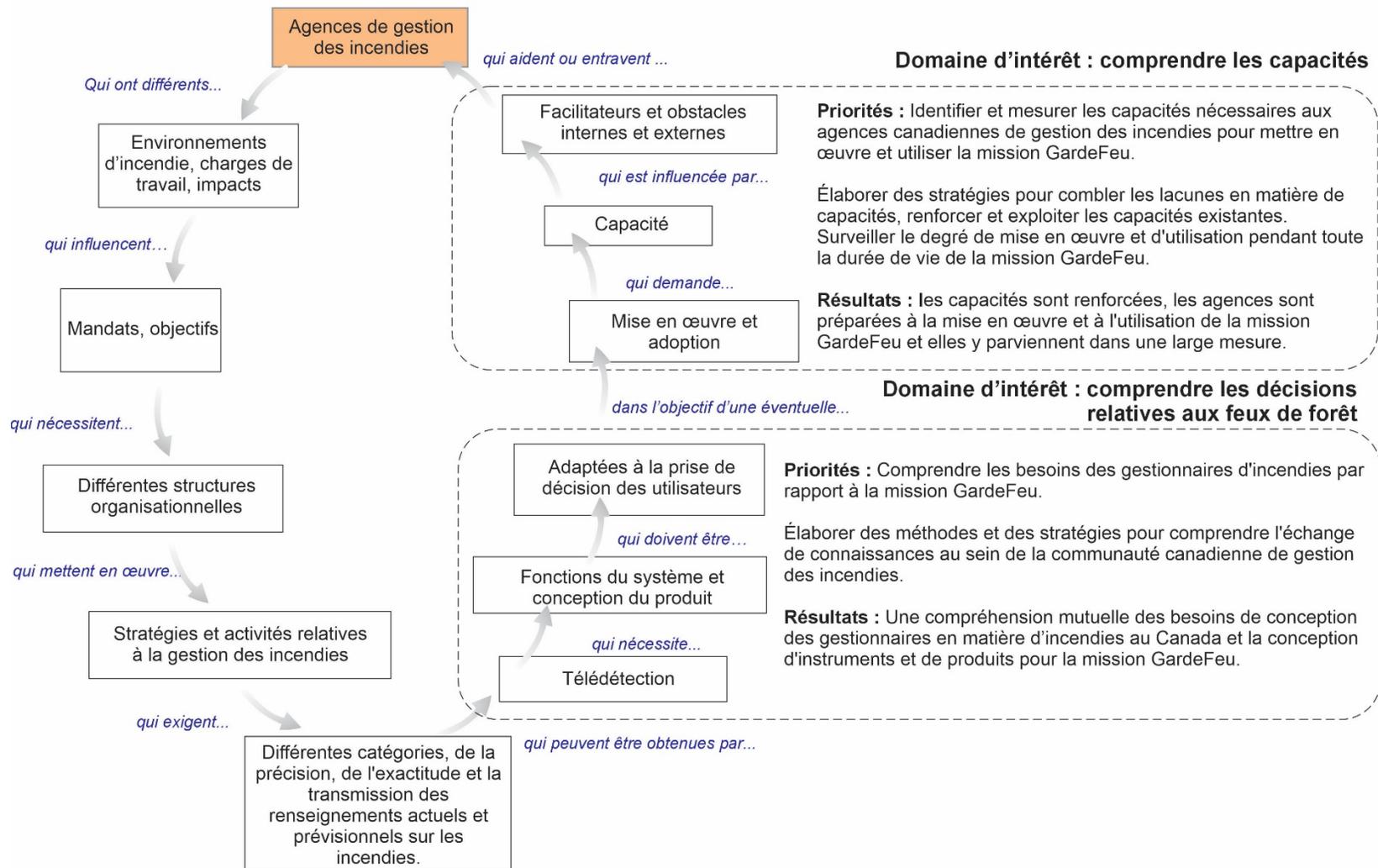


Figure 6. Schéma conceptuel des interactions entre la conception et les facteurs d'influence des agences de gestion des incendies et l'utilisation des produits de télédétection. Le carré orange est le point de départ.

2.1 Domaine d'action : comprendre les décisions relatives aux feux de forêt

Les responsables de la lutte contre les incendies recherchent des outils auxquels ils peuvent faire confiance et qui répondent aux besoins du monde réel (Thompson et collab., 2022). Que les décisions nécessitent une réponse rapide faisant appel à l'expertise et aux informations disponibles ou qu'il y ait du temps pour une approche plus analytique, il y a des facteurs communs dans la prise de décision. Il est important de comprendre ces facteurs, ainsi que les différents points de vue des décideurs et des personnes concernées par les décisions et les résultats. Cela permettra d'éclairer la nature réelle des décisions. Pour s'assurer que les produits de la mission GardeFeu seront pertinents pour les décideurs, les concepteurs de produits de la mission GardeFeu doivent également comprendre les objectifs des gestionnaires d'incendies dans la prise de décision et comment ces objectifs peuvent varier dans différentes situations. Cette compréhension peut informer les produits de données en cours de développement afin de s'assurer qu'ils sont adaptés aux utilisations. Cette compréhension peut être obtenue grâce à des principes et à des activités d'échange de connaissances.

2.2 Domaine d'action : comprendre les capacités

La gestion des feux de forêt est un domaine présentant des enjeux considérables. La volonté d'une agence d'adopter de nouveaux outils et de nouvelles techniques ou de modifier ses processus actuels dépend de plusieurs aspects de ses capacités. En fin de compte, le degré de mise en œuvre, l'adoption et la durabilité de l'application de la mission GardeFeu dans les opérations de lutte contre les incendies dépendent de ces capacités. McFayden et collab. (2022) ont dressé une liste des capacités importantes, notamment : la capacité financière; la capacité par l'engagement organisationnel; la capacité de coordination et de formation; la capacité sociale; et la capacité en ressources humaines (par exemple, le personnel, l'expertise, l'expérience). Toute innovation qui nécessite une grande part d'investissement, de formation et de temps avant d'être adoptée peut ne pas être pleinement utilisée par les agences de gestion des incendies, en particulier si cette innovation nécessite de détourner des ressources autrement engagées. Comprendre comment les barrières de capacité touchent les gestionnaires d'incendies qui utilisent la mission GardeFeu est une tâche importante, qui peut également être accomplie par le biais de principes et d'activités d'échange de connaissances.

3. CONCEPTS FONDAMENTAUX DE LA STRATÉGIE

La section suivante décrit les concepts fondamentaux qui sous-tendent notre approche stratégique visant à assurer la réussite de la mise en œuvre et de l'adoption de la mission GardeFeu dans le cadre de la gestion opérationnelle des incendies au Canada. Ces concepts nous permettent de répondre aux questions soulevées par les deux domaines d'action (sections 2.1 et 2.2).

3.1 Échange de connaissances

Dans le contexte de la gestion des feux de forêt, le processus d'échange de connaissances (EC) devrait faciliter le cheminement optimal entre une idée et la mise en œuvre d'une solution pour la gestion des incendies.

- **Échange de connaissances (EC)** : le processus de cocréation, de partage et de transformation des connaissances au profit de la recherche et des gestionnaires d'incendies, les deux étant considérés comme des détenteurs et des producteurs de connaissances (adapté de Graham et collab., 2006; Reed et collab., 2014; McFayden et collab., 2023b et les références qui s'y rapportent).

« ... En fin de compte, les personnes et les relations sont un vecteur essentiel pour surmonter les obstacles à l'intégration réussie de la science dans la pratique... »

Notre objectif est de nous engager dans un échange de connaissances collaboratif tout au long de la mission GardeFeu – notre travail d'EC n'est pas simplement une poussée de communication à la fin du processus de développement qui déclare « voici notre produit ». McFayden et collab. (2023b) ont synthétisé l'EC pour la gestion des incendies en tant que système global dans lequel une compréhension réciproque a lieu, ce qui permet d'obtenir des résultats plus appropriés. Dans ce modèle, l'EC implique des sous-processus d'échange de connaissances et de transfert technique entre divers groupes et domaines d'expertise, où l'interface entre ces processus est facilitée par des courtiers en connaissances.

- **Courtiers en connaissances** : ils donnent l'impulsion nécessaire à la mise en œuvre et à l'adoption. Les courtiers en connaissances constituent un pont entre les groupes et sont des leaders d'opinion dignes de confiance. Ils contribuent à faciliter le passage de la recherche aux opérations (adapté de McFayden et collab., 2023b, et de ses références).

Les processus de partage et de développement des connaissances à travers les phases d'interaction que sont la compréhension des problèmes, l'exploration des options, la compréhension des systèmes et l'adaptation des connaissances à des applications ciblées (McFayden et collab., 2023b, et références y afférentes) fourniront une compréhension plus approfondie à la fois pour l'équipe de la mission GardeFeu et les gestionnaires d'incendies lorsqu'ils seront réalisés de manière itérative et soutenue tout au long de la durée de vie de la mission.

En savoir plus sur le cadre conceptuel d'échange de connaissances dans la recherche et la pratique des feux de forêt, conçu en partie pour soutenir la mission GardeFeu :

- A Conceptual Framework for Knowledge Exchange in a Wildland Fire Research and Practice Context (McFayden et collab., 2023b)—
<https://cfs.nrcan.gc.ca/publications?id=40954> (en anglais)

3.1.1 Obstacles et facilitateurs de haut niveau l'échange de connaissances

L'échange de connaissances n'est pas un processus simple et il existe des facilitateurs ou des obstacles qui l'aident ou l'entravent. McFayden et collab. (2023b) ont organisé certains obstacles et facilitateurs communs à l'EC à partir de la littérature en thèmes centraux pour le contexte de la gestion des incendies. Deux d'entre eux ont été identifiés comme étant largement importants dans la mise en œuvre et l'adoption de la mission GardeFeu (c'est-à-dire la capacité et la préparation), que nous développerons dans les sections suivantes (3.2 et 3.3). Les autres sont la communication, la collaboration, la confiance, des objectifs clairs et alignés, le calendrier, la motivation, l'appropriation et l'autorité.

Pour favoriser le succès de l'utilisation de la mission GardeFeu dans la gestion opérationnelle des incendies, des stratégies adaptées sont nécessaires pour atténuer ou renforcer ces obstacles et faciliter l'adoption des produits de données de la mission GardeFeu.

3.1.2 Tirer les leçons des succès passés en matière d'échange de connaissances

Pour mieux comprendre les obstacles et les facteurs facilitant la mise en œuvre de la mission GardeFeu, nous nous sommes tournés vers une étude de cas canadienne portant sur l'un des exemples les plus réussis de mise en œuvre et d'adoption de la science du feu dans la gestion des incendies au Canada, soit la Méthode canadienne d'évaluation des dangers d'incendie de forêt (MCEDIF) (voir McFayden et collab., 2022). L'objectif de cette étude était d'identifier et d'explorer les principaux facteurs contribuant à ce succès par le biais d'une étude de cas rétrospective.

La réussite de la mise en œuvre et de l'adoption de la MCEDIF a été associée à des éléments facilitateurs tels que les relations entre les gestionnaires d'incendies et les chercheurs, et leurs expériences partagées de confiance dans les courtiers en connaissances. L'importance d'un engagement précoce dans le développement et la planification des besoins de formation avec les utilisateurs finaux a également été soulignée.

« ... il faut qu'il y ait une confiance dans l'organisation qui a développé [le produit] et dans la personne qui est dans le programme et qui doit le livrer et l'expliquer... »

McFayden et collab., 2022.

En adaptant les perspectives et les leçons tirées de l'échange de connaissances du passé, l'approche de la mission GardeFeu pour soutenir la mise en œuvre et l'adoption peut être plus réussie. Tout en reconnaissant l'importance des leçons du passé, nous sommes également conscients que les organisations de gestion des incendies, les cultures et les technologies ont évolué depuis l'introduction de la MCEDIF (McFayden et collab., 2022). Par conséquent, nous ne nous appuyerons pas uniquement sur ces leçons historiques, mais nous obtiendrons également une perspective actuelle grâce à l'engagement actif des agences de gestion des incendies.

En savoir plus sur une étude de cas et sur un exemple d'échange de connaissances en matière de gestion des feux de forêt, ainsi que sur les obstacles et les facilités liés à l'intégration de la Méthode canadienne d'évaluation des dangers d'incendie de forêt :

- A case-study of wildland fire management knowledge exchange: the barriers and facilitators in the development and integration of the Canadian Forest Fire Danger Rating System in Ontario, Canada (McFayden et collab., 2022) - <https://cfs.nrcan.gc.ca/publications?id=40771> (en anglais)

3.1.3 Principes et bonnes pratiques de la mission GardeFeu

Voici une partie des principes ou des bonnes pratiques pour progresser dans ce processus d'échange de connaissances pour la mission GardeFeu et les agences de gestion des incendies : (adapté de McFayden et collab., 2023b et McFayden, 2022) :

- Les connaissances détenues par les chercheurs et les gestionnaires d'incendies sont mieux partagées ou coproduites par le biais d'un partage et d'une collaboration bidirectionnels.
- L'échange mutuel entre l'équipe de développement de la mission GardeFeu et les gestionnaires d'incendies sera axé sur le partage d'expériences. La participation doit inclure des activités où les équipes de développement de la mission GardeFeu interagissent avec les gestionnaires d'incendies au cours de leurs activités quotidiennes.
- Les personnes et les relations sont un vecteur essentiel pour surmonter les obstacles à la mise en œuvre réussie de GardeFeu dans la pratique. La mission GardeFeu en est consciente et donnera la priorité aux activités qui facilitent l'établissement de relations avec les gestionnaires d'incendies.
- L'efficacité de l'écotechnologie repose sur des réseaux de personnes et d'équipes diversifiées où les individus peuvent contribuer de différentes manières en fonction de leur expertise et de leurs centres d'intérêt. La mission GardeFeu encouragera et soutiendra l'inclusion et la diversité dans la participation à l'échange de connaissances dans les domaines de la gestion des incendies et de la recherche.
- Les courtiers en connaissances au sein des agences de gestion des incendies sont nécessaires pour faciliter le processus d'échange de connaissances. La mission GardeFeu soutiendra les courtiers en connaissances des agences de gestion des incendies et travaillera directement avec eux.
- L'équipe de développement de la mission GardeFeu et les gestionnaires d'incendies doivent travailler ensemble pour relever les défis opérationnels et maintenir des incitations mutuelles à s'engager dans une collaboration bénéfique et à développer la confiance.

3.2 Capacité

La capacité des agences de gestion des incendies et des responsables de la lutte contre les incendies à utiliser les produits de la mission GardeFeu doit être prise en compte dès les premières étapes du développement, car il s'agit de l'un des neuf principaux obstacles et facilitateurs de l'échange de connaissances.

« ... Les agences de gestion des incendies disposent de fonds limités pour couvrir de nombreuses activités opérationnelles, et la recherche et le développement peuvent être considérés comme un investissement risqué sans démonstration claire des coûts et des avantages... »

McFayden et collab., 2022. (Documents supplémentaires A2)

La capacité peut être définie de nombreuses façons, et il s'agit simplement de la capacité à faire « quelque chose » par « quelqu'un » (par exemple, Honadle, 1981; Mizrahi, 2004; Lusthaus et collab., 1999; Prajogo et collab., 2006; Brinkerhoff et Morgan, 2010; Hossain et collab., 2016). Pour plus de clarté, nous définissons le terme comme suit :

- **Capacité** : les aptitudes et capacités réelles ou potentielles qui permettent à une agence de gestion des feux de forêt de s'adapter aux produits GardeFeu et de les mettre en œuvre dans le cadre de la gestion opérationnelle des incendies.

Le niveau de capacité d'une organisation est difficile à mesurer. Cependant, nous pensons qu'il existe certains facteurs qui peuvent fournir des indications pour le développement de stratégies visant à combler les lacunes en matière de capacité⁴. La première étape consiste à évaluer la capacité de base de chaque agence de gestion des incendies par rapport à la capacité d'utilisation des produits de données GardeFeu.

3.3 Préparation

L'état de préparation a également été identifié comme l'un des neuf obstacles et facilitateurs importants dans McFayden et collab. (2023b), et il s'agit essentiellement d'une évaluation préliminaire de certains attributs de la capacité (une base de référence). Un modèle propre à la mission GardeFeu a été conçu pour éclairer cette évaluation de base, (McFayden et collab., 2023a).

- **Préparation** : état de préparation d'une organisation en vue d'une adoption, d'une assimilation et d'une exploitation efficaces de la mission GardeFeu (adapté de Lokuge et collab., 2019).

« Les changements progressifs et surtout les changements transformationnels nécessitent du temps, des efforts et des connaissances. Il existe une opportunité limitée dans le temps avant le lancement, pendant laquelle les agences peuvent se préparer, et donc être prêtes à bénéficier pleinement et beaucoup plus rapidement des produits de la mission GardeFeu... »

McFayden et collab. (2023a) ont évalué l'état de préparation à l'aide d'un ensemble d'attributs, notamment : premièrement, le degré et la portée de la compréhension et de l'utilisation des produits satellitaires de lutte contre les incendies actifs; deuxièmement, les facteurs

⁴ L'exploration des capacités se fait également en soutien au groupe de travail sur les catastrophes du Comité sur les satellites d'observation de la Terre (voir <https://ceos.org/ourwork/workinggroups/disasters/wildfire-pilot/>).

organisationnels concernant l'utilisation, y compris les capacités représentées par les personnes, les processus et la structure; et troisièmement, le type et la souplesse de l'utilisation des technologies de l'information. La figure 7 illustre le modèle conceptuel général de l'évaluation de l'état de préparation de la mission GardeFeu.

Une évaluation nationale de l'état de préparation à la mission GardeFeu et des évaluations propres à chaque agence ont été réalisées pour 12 des agences de gestion des incendies du Canada. Comme décrit dans McFayden et collab. (2023 a), l'évaluation nationale suggère que certaines agences présentaient des caractéristiques indiquant qu'elles seraient en mesure d'incorporer les produits de données GardeFeu dans leurs opérations plus facilement que d'autres. Les agences de gestion des incendies semblent être plus prêtes en ce qui concerne la gestion de l'information et les technologies de l'information, tout en étant relativement moins préparées en ce qui concerne l'organisation et la compréhension (décrites dans la figure 7). Les rapports individuels sur l'état de préparation ont été rédigés en collaboration avec les agences de gestion des incendies aux fins de lecture et d'application internes.

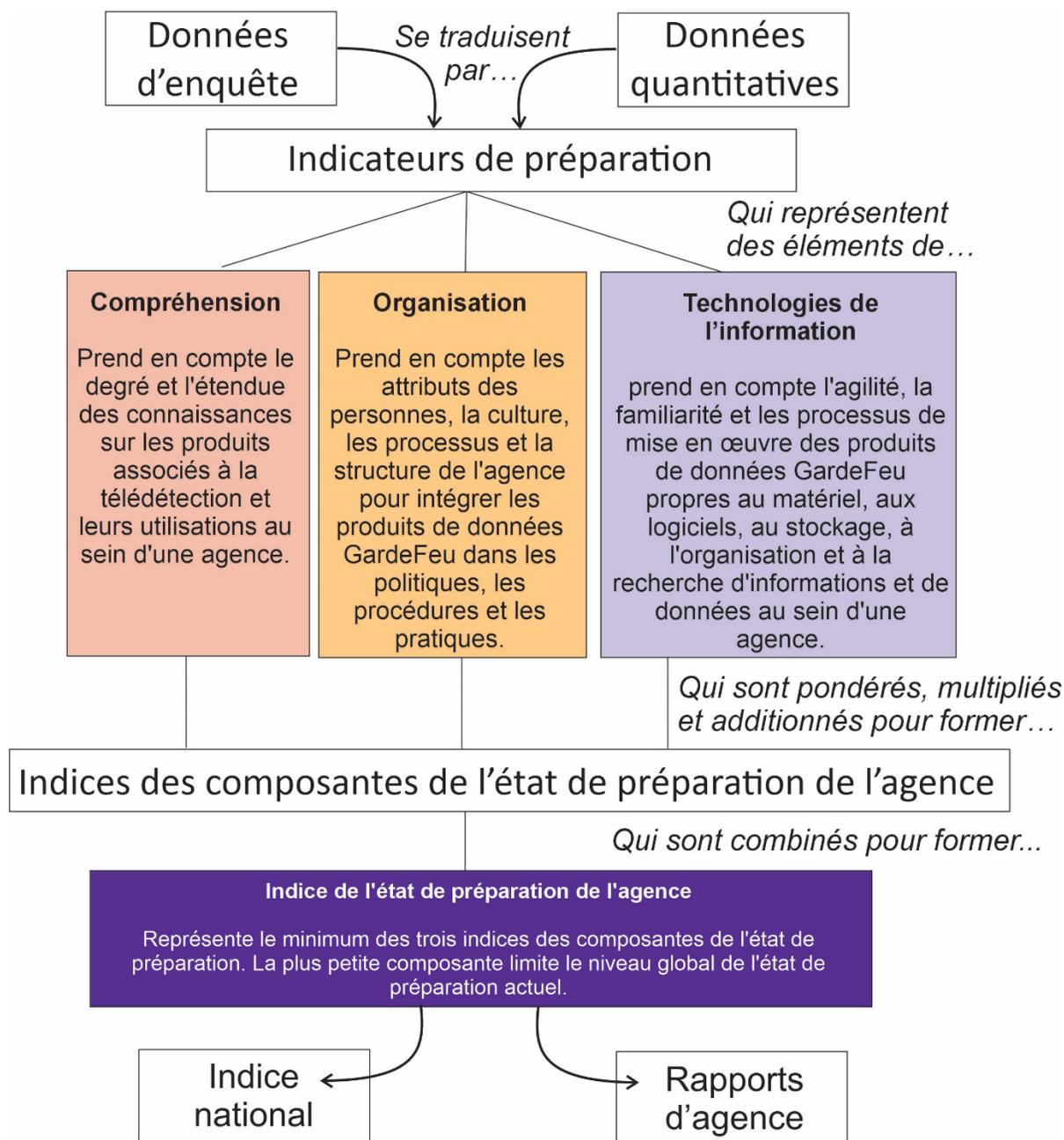


Figure 7. Modèle d'évaluation de la mission GardeFeu, adapté de McFayden et collab., 2023a.

En savoir plus sur l'état de préparation à la mission GardeFeu des agences canadiennes de gestion des incendies.

- Canadian Fire Management Agency Readiness for WildFireSat: Assessment and Strategies for Enhanced Preparedness (McFayden et collab., 2023a) –<https://cfs.nrcan.gc.ca/publications?id=40934> (en anglais)

Dates importantes :

- Évaluation de l'état de préparation à la mission GardeFeu des agences provinciales et territoriales de gestion des incendies au Canada, réalisée cinq ans avant le lancement.
- Révision de l'état de préparation un an avant le lancement.

3.4 Mise en œuvre et adoption

En général, la mise en œuvre est axée sur les processus organisationnels utilisés pour mettre en pratique les produits de données GardeFeu et constitue un résultat du processus d'échange de connaissances (McFayden et collab., 2023b). Il existe des méthodologies basées sur des processus que les agences de gestion des incendies peuvent utiliser pour mettre en œuvre les produits de données GardeFeu, comme un cycle d'examen des politiques, une équipe de travail sur les procédures ou un plan de projet. Il faut un certain niveau d'engagement de la part d'une organisation afin d'obtenir des ressources et de maintenir la mise en œuvre. La mise en œuvre peut avoir différentes significations, mais nous la définissons ici comme suit :

- **Mise en œuvre** : approche systématique adoptée par une agence de gestion des incendies pour évaluer l'adéquation des produits de données GardeFeu, les adopter et les intégrer dans la pratique courante, et maintenir une adoption durable dans le temps (adapté de Powell et collab., 2012; Olswang et Prelock, 2015; Rapport et collab., 2018).

La mise en œuvre peut inclure des décisions requises par une agence, telles que la détermination 1) de la nécessité des produits GardeFeu, 2) de l'adéquation des produits à la prise de décision et aux cas d'utilisation, 3) du niveau approprié d'utilisation des produits GardeFeu par les gestionnaires d'incendies (c'est-à-dire de manière passive ou dans le cadre d'une procédure standard), 4) du type de formation requis et 5) du niveau de documentation requis (par exemple, l'enregistrement des décisions, les politiques).

Alors que la mise en œuvre est axée sur l'intégration organisationnelle, l'adoption est axée sur les personnes au sein de l'organisation, leurs points de vue, leurs attitudes, leur sentiment de confiance et d'appropriation.

- **Adoption** : adoption des produits GardeFeu dans la culture d'une organisation et des personnes qui la composent.

Il est important de noter que dans ce modèle de capacité, une agence de gestion des incendies peut mettre en œuvre la mission GardeFeu, mais ne pas réussir à l'adopter (c'est-à-dire qu'il existe des processus pour l'utiliser, mais personne ne le fait). De même, un employé d'une agence peut faire confiance aux produits de la mission GardeFeu (c'est-à-dire qu'il recherche les produits offerts gratuitement et les utilise à titre personnel), mais si l'agence ne met pas en œuvre les produits de données, la durabilité institutionnelle de l'utilisation sera probablement plus fragile et dépendra des individus. Notre objectif est de promouvoir à la fois la mise en œuvre et l'adoption de la mission GardeFeu par les agences de gestion des incendies. La figure 8 illustre une relation conceptuelle entre la mise en œuvre et l'adoption. Les chiffres représentent une échelle théorique de l'impact (les changements dans le monde réel) résultant des niveaux de mise en œuvre et d'adoption. Les chiffres ne sont pas linéaires et représentent notre impression quant à la pondération de l'adoption. Il existe un degré idéal de mise en œuvre et d'adoption qui convient le mieux aux produits de la mission GardeFeu. Il n'est pas simple de le déterminer et il faut faire des compromis en tenant compte du coût de la mise en œuvre et de l'adoption ainsi que de l'impact qui en résulte. Il est possible que toutes les agences de gestion des incendies n'aient pas besoin du même niveau de mise en œuvre et d'adoption pour obtenir l'impact souhaité.

Ce qui constitue une mise en œuvre organisationnelle complète est également une considération importante et est probablement relatif aux besoins et à la structure de l'agence. Par exemple, dans le cas d'une agence qui détient une politique favorisant la modélisation agile pour le personnel qui est encouragé à utiliser les données publiques de la mission GardeFeu; si le tout convient aux besoins de l'organisation, cela pourrait être considéré comme une « mise en œuvre complète ». D'autres agences peuvent vouloir adapter un système d'information interne pour automatiser les produits de données GardeFeu, concevoir une formation obligatoire et mettre en place des exigences et des normes d'utilisation. Cela peut également être considéré comme une « mise en œuvre complète ». Il s'agit là de deux exemples potentiels de mise en œuvre complète qui sont très différents en matière de politiques, de procédures, de ressources, etc.

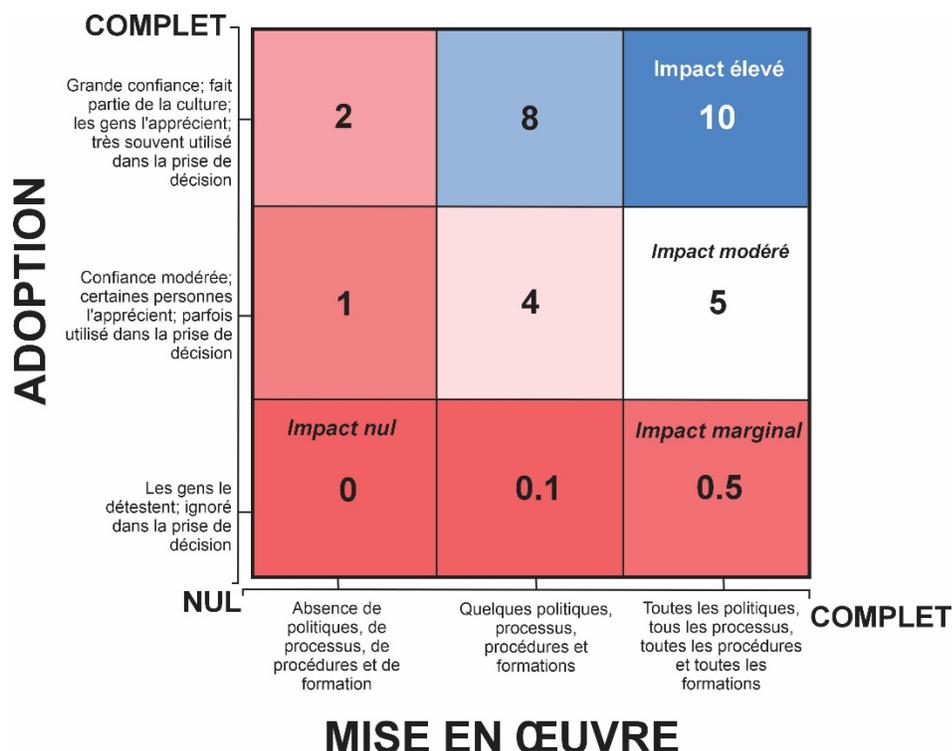


Figure 8. Interactions entre la mise en œuvre, l'adoption et l'impact.

En résumé, le niveau d'adoption concerne les personnes de l'organisation, tandis que le niveau de mise en œuvre concerne la politique et les processus de l'organisation. L'impact concerne le degré de changement réel qui est apporté. Les niveaux appropriés de mise en œuvre et d'adoption dépendent des besoins propres à l'agence de gestion des incendies. Il nous appartient de travailler sur ces questions avec les agences de gestion des incendies et de soutenir, et non de prescrire, les niveaux appropriés de mise en œuvre et d'adoption qu'elles décident de poursuivre.

4. ÉLÉMENTS DU PROGRAMME D'ÉCHANGE DE CONNAISSANCES

La section suivante présente les principaux éléments du programme d'échange de connaissances mis au point pour la mission GardeFeu. Ces éléments ne sont pas exhaustifs et évolueront tout au long de la mission GardeFeu.

4.1 Mettre en place une équipe d'échange de connaissances sur la gestion des incendies (ECGI)

Un élément essentiel de la réussite de la mission GardeFeu sera de s'engager avec les décideurs de la gestion des feux de forêt de manière utile afin d'assurer une compréhension mutuelle. À cette fin, nous avons constitué une équipe d'échange de connaissances sur la gestion des incendies (ECGI) composée de courtiers en connaissances au sein de chaque agence fédérale, provinciale et territoriale de gestion des incendies et d'autres groupes opérationnels gouvernementaux (par exemple, le CIFFC et l'Association canadienne des chefs de pompiers). L'objectif de l'ECGI est de réunir les personnes ayant une expertise en matière de gestion des incendies afin qu'elles collaborent entre elles et avec la mission GardeFeu. L'ECGI n'a pas pour but de prescrire des travaux aux provinces et aux territoires ni de jouer un rôle de supervision. L'ECGI est axée sur l'établissement de relations et la coproduction de connaissances.

Les membres de l'ECGI sont des experts du fonctionnement de leurs agences de gestion des incendies respectives. Les participants des agences membres du CIFFC ont été sollicités par l'intermédiaire du comité de gestion du CIFFC. Bien qu'ils soient soutenus par leur agence respective, il est important de souligner que la participation à l'ECGI était volontaire de la part de l'agence et des participants. Cette nature volontaire de la participation à l'ECGI visait à susciter un véritable intérêt et une collaboration (c'est-à-dire que les personnes intéressées et passionnées seront plus susceptibles de se porter volontaires pour participer).

L'ECGI est un élément essentiel de notre approche globale de la gestion des incendies avec les agences provinciales et territoriales de gestion des incendies. Elle nous permet de nouer des relations avec les courtiers en connaissances des agences tout en nous offrant la possibilité de partager nos compétences respectives. Les activités de l'ECGI comprennent des réunions récurrentes ainsi que des sessions axées sur des tâches particulières. Les membres de l'ECGI joueront un rôle clé dans le développement d'une communauté d'experts et de matériel de formation.

Il existe de nombreuses façons de faire participer les agences provinciales et territoriales, qui varient en matière de formalités et d'objectifs. Nous donnons la priorité aux occasions qui favorisent la relation et l'établissement de la confiance. Les différents types de réunions (en personne, virtuelles ou hybrides) présentent des forces et des faiblesses (voir Standaert et collab., 2022). Pour s'assurer que nous sommes à la fois efficaces (temps, argent, impact) et efficaces (objectifs, résultats) tout en tenant compte des contraintes, la mission GardeFeu donnera la priorité aux réunions en personne et virtuelles dans les circonstances suivantes :

- Réunions en personne :
 - Les objectifs sont complexes, nécessitent des sujets multiples et en interaction, des sessions de groupe ou des sessions conjointes qui se déroulent

simultanément, afin de fixer des objectifs à long terme ou de progresser sur un projet incertain. À privilégier lorsqu'il est possible de tirer parti de la participation à d'autres réunions.

- Réunions virtuelles :
 - Les objectifs sont simples : partage d'informations, communications à sens unique, sujets uniques, examen des progrès accomplis et mise à jour des travaux.

Exemples de priorités pour les réunions en personne :

- Ateliers annuels (par exemple, équipe d'échange de connaissances sur la gestion des incendies, groupes de discussion sur des sujets précis)
- Ateliers conjoints des parties prenantes
- Sessions de collaboration à plusieurs niveaux
- Conférences sur la télédétection et sur la science et les opérations relatives aux feux de forêt (par exemple, Conférence Wildland Fire Canada; symposium canadien sur la télédétection)

Exemples de priorités pour les réunions virtuelles :

- Réunions trihebdomadaires de mise à jour de l'ECGI
- Réunions de mise à jour des projets peu complexes avec les équipes de travail
- Séances d'information et mises à jour techniques (par exemple, conversations nationales du CIFFC)

Dates importantes :

- Chaque année, au moins un face à face avec l'ECGI cinq ans avant le lancement, avec une durée de trois ans après le lancement.

4.1.1 Collaboration entre l'équipe d'échange de connaissances sur la gestion des incendies et l'équipe de développement de la mission GardeFeu

La collaboration entre l'équipe d'ECGI et les équipes de développement de la mission GardeFeu se fera de manière itérative, coordonnée et organique tout au long du processus de développement. Les responsables de la mission GardeFeu font partie de l'équipe d'ECGI. En ce qui concerne le développement des niveaux, le rôle principal de l'équipe d'ECGI est de fournir une expertise sur les aspects de la gestion opérationnelle des incendies. L'accent sera mis sur la manière dont les produits de niveau sont présentés aux utilisateurs finaux en matière de formats de fichiers, d'accès, de visualisations et d'interprétations, qui seront éclairés lors de la phase de test en bac à sable (section 5.2). L'objectif est que les équipes d'ECGI et que les équipes de développement des différents niveaux soient accessibles « librement » et que l'accent soit mis sur le développement et le partage des connaissances dans leurs domaines respectifs, ce qui contribuera à l'adoption et à l'aide à la mise en œuvre.

Les thèmes abordés pour adapter la représentation des produits de la mission GardeFeu seront les suivants :

- Déterminer, quantifier et communiquer l'incertitude ou la confiance en général.
- Identifier et communiquer les faux positifs (par exemple, les torchères, les zones industrielles).

- Aspects des caractéristiques des incendies pour les opérations (par exemple, vitesse de propagation par rapport à la progression).
- Sources de données à intégrer dans le pipeline de synthèse de la mission GardeFeu.

Dates importantes :

- Constitution de l'équipe de la mission GardeFeu chargée de l'échange de connaissances sur la gestion des incendies (ECGI) cinq ans avant le lancement.
- Maintien de l'ECGI trois ans après le lancement et révision quant à la durée.

4.2 Déterminer des stratégies pour augmenter la probabilité de mise en œuvre et d'adoption

À notre avis, les stratégies et activités suivantes (tableau 1) peuvent améliorer l'état de préparation et les capacités des agences de gestion des incendies et, en fin de compte, conduire à un degré approprié de mise en œuvre et d'adoption des produits GardeFeu. Nous reconnaissons que ces stratégies et activités peuvent soutenir de multiples composantes de l'état de préparation ainsi que la mise en œuvre et l'adoption. Ces stratégies sont présentées pour la première fois dans le supplément S.4 de McFayden et collab. (2023a).

Tableau 1. Stratégies et activités visant à améliorer la mise en œuvre et l'adoption de GardeFeu à partir de celles présentées dans McFayden et collab. 2023a, Supplément S4. Stratégies et activités de la mission GardeFeu pour améliorer l'état de préparation.

Stratégie	Activités
Améliorer l'éducation et la formation en matière de télédétection et d'interprétation des informations sur les incendies en vue de la prise de décision	<ul style="list-style-type: none"> • Concevoir une gamme de matériel éducatif sur les types, les genres et les utilisations de la télédétection pour la gestion opérationnelle des incendies. • Concevoir des formations accessibles sur les bases de la prise de décision et de l'interprétation des modèles pour mieux comprendre et utiliser les données sur les incendies qu'il est possible d'obtenir avec la mission GardeFeu. • S'assurer que la formation ou l'éducation est considérée comme une exigence pour les produits et les mécanismes de livraison développés par la mission GardeFeu.
Accroître l'expertise au sein des agences et de la communauté plus large de la gestion des incendies	<ul style="list-style-type: none"> • Développer un réseau d'experts pour la télédétection et les données sur les incendies entre les agences de gestion des incendies et avec des experts en la matière au sein des groupes d'agences nationales accessibles. • Créer un environnement (par exemple, un environnement de « bac à sable ») permettant aux agences d'essayer et d'expérimenter en collaboration la télédétection et les données sur les incendies avant la mise à disposition de GardeFeu. • Créer un forum pour compiler les leçons apprises, les bonnes pratiques et les communications. • Soutenir l'échange de personnel de gestion des incendies entre les agences ayant différents niveaux de préparation à la télédétection afin de tirer parti de leurs expériences et de leurs approches dans l'utilisation des systèmes actuels.

Stratégie	Activités
Favoriser une communication active entre l'équipe de développement et la communauté de gestion des incendies dans le cadre de la conception et du développement des produits de la mission GardeFeu	<ul style="list-style-type: none"> • Maintenir une équipe d'échange de connaissances sur la gestion des incendies (ECGI) de la mission GardeFeu, avec une représentation provinciale et territoriale et les équipes de développement de produits pour la mission GardeFeu. • Faire participer le personnel chargé de la gestion des incendies dans le développement des produits de la mission GardeFeu dès le début et de manière itérative. • Tenir régulièrement des réunions entre l'équipe GardeFeu et divers cadres, groupes et experts en matière de gestion des incendies. • Participer à des communications, à des conférences et à d'autres événements en collaboration. • Donner la priorité à la participation en personne, à l'apprentissage et aux possibilités d'échange de connaissances.
Alignement et compatibilité de la gestion et de la technologie de l'information avec les exigences des agences de gestion des incendies	<ul style="list-style-type: none"> • Fournir un accès ouvert aux produits et aux données de la mission GardeFeu, le cas échéant. • Allouer du temps et du personnel pour promouvoir l'utilisation de logiciels libres. • Soutenir et encourager la coordination des normes communes de données de gestion des feux entre les agences, lorsque cela est possible et approprié (par exemple, l'initiative du Cadre canadien d'information sur les feux de végétation). • Développer les produits GardeFeu pour les rendre compatibles avec les normes de données de l'agence lorsqu'ils ne sont pas alignés sur les normes ouvertes. • Distribuer des produits de données d'essai afin que les agences puissent étudier la possibilité de les intégrer dans leurs systèmes avant que les données réelles ne soient disponibles.
Renforcer les capacités de mise en œuvre	<ul style="list-style-type: none"> • Augmenter ou allouer le temps, les ressources et le personnel nécessaires à l'élaboration de plans et de procédures de mise en œuvre au sein des agences (par exemple, affectations formelles, stages). • Étudier les possibilités de partenariats entre agences pour les projets de préparation à la mise en œuvre, par exemple par l'intermédiaire du Centre interservices des feux de forêt du Canada, des accords entre agences. • Établir des partenariats avec des agences de gestion des incendies ayant des besoins similaires afin de mettre en place des stratégies de mise en œuvre communes. • Étudier l'utilisation de cadres nationaux nouveaux ou existants pour la diffusion de données et de produits relatifs à la gestion des incendies (par exemple, le Cadre canadien d'information sur les feux de végétation).

En savoir plus : sur les stratégies et les activités issues de l'engagement avec les agences de gestion des incendies :

- Supplementary Information—Canadian Fire Management Agency Readiness for WildFireSat: Assessment and Strategies for Enhanced Preparedness (McFayden et al. 2023a, Supplemental S4. WildFireSat Strategies and Activities to Increase Readiness) —<https://www.mdpi.com/article/10.3390/fire6020073/s1> (en anglais)

Dates importantes :

- Identification des stratégies et activités cinq ans avant le lancement.
- Révision et affinage deux ans avant le lancement.
- Élaboration des stratégies de durabilité deux ans après le lancement.

4.3 Développer des capacités propres à la mise en œuvre et à l'adoption de la mission GardeFeu

La mise en œuvre de la mission GardeFeu par une agence de gestion des incendies nécessitera une décision délibérée. Le paradigme actuel de nombreuses agences de gestion des incendies exige une certaine formalisation du processus. Il se peut qu'il y ait moins de tolérance pour des outils non testés, non éprouvés et ad hoc utilisés dans un contexte officiel. Olswang et Prelock (2015) ont noté qu'il existe plusieurs obstacles inhérents à la capacité de mise en œuvre. À savoir, la pertinence d'une innovation (par exemple, la mission GardeFeu), les attributs de l'organisation, la motivation du praticien (les gestionnaires d'incendies) à changer ses pratiques actuelles et les avantages réalisés pour maintenir le travail. Autrement dit, les avantages du changement doivent être à la hauteur des efforts déployés.

Cette motivation au changement, par rapport aux autres priorités pressantes et aux contraintes de capacité, est un enjeu essentiel dans la gestion des feux de forêt. La mise en œuvre et l'adoption de l'innovation ont été et restent un défi permanent dans les agences provinciales et territoriales de gestion des incendies et ailleurs (Thompson et collab., 2022). On observe un accroissement rapide de la recherche sur les feux de forêt et des produits appliqués associés, et ce taux de croissance devrait s'accroître à l'avenir (Sankey, 2018; Santos et collab., 2021; Neger et Rosa-Pas, 2022.). En même temps, des saisons de feux de forêt plus difficiles et plus longues, l'expansion des exigences professionnelles (par exemple, McBay, 2012; Gordon, 2014), entre autres facteurs, sont susceptibles d'avoir un effet négatif sur la capacité d'une agence à adopter des innovations. Cela souligne l'importance du renforcement des capacités.

4.3.1 Initiatives de renforcement des capacités

La mission GardeFeu comprendra des initiatives visant à encourager la préparation et le développement des capacités nécessaires pour répondre aux besoins particuliers des agences. Ces initiatives se concentreront sur le développement des capacités dans les domaines suivants, par exemple :

- Ressources organisationnelles et capacités de planification.
- Capacités de formation et d'éducation.
- Ressources humaines, expertise et expérience.

Cet objectif peut être atteint par des projets adaptés aux besoins locaux dans le cadre des stratégies décrites dans le tableau 1. Pour soutenir ce travail, nous avons développé une méthode permettant d'identifier les agences de gestion des incendies ayant des attributs similaires dans certains domaines relatifs à la télédétection dans la gestion opérationnelle des feux de forêt. Cette méthode peut être utilisée pour identifier et encourager la collaboration des agences sur des stratégies communes et tirer parti de leurs points forts.

En savoir plus sur les méthodes utilisées pour regrouper les agences provinciales et territoriales de gestion des incendies en fonction des similitudes et des différences propres à l'utilisation de la télédétection dans la gestion opérationnelle des incendies :

- Supplementary Information—Canadian Fire Management Agency Readiness for WildFireSat: Assessment and Strategies for Enhanced Preparedness (McFayden et al. 2023a, Supplemental S3. Clustering Method and Results)—
<https://www.mdpi.com/article/10.3390/fire6020073/s1> (en anglais)

Dates importantes :

- Début des initiatives de renforcement des capacités trois ans avant le lancement.
- Durée de cinq ans.

5. PREMIERS PROGRÈS

Les initiatives suivantes sont en cours au moment de la rédaction du présent document. Elles ont été développées en suivant les stratégies identifiées dans le tableau 1. Cette liste n'est pas exhaustive et ces programmes seront affinés, complétés, étendus et de nouveaux programmes seront lancés au cours de la durée de vie de la mission GardeFeu.

5.1 Développement d'un réseau d'experts pour les agences membres du Centre interservices des feux de forêt du Canada

La mission GardeFeu soutiendra le développement d'un projet pilote de réseau d'experts qui réunira des responsables provinciaux et territoriaux de la gestion des incendies représentant différentes expertises et connaissances afin qu'ils puissent étendre les concepts de l'application de la recherche et de la pratique de la télédétection pour la gestion opérationnelle des feux de forêt au Canada.

Dans les agences canadiennes de gestion des incendies, il n'existe probablement pas de groupe unique qui détienne les connaissances nécessaires pour toutes les applications potentielles de la télédétection pour la gestion opérationnelle des incendies au sein des agences de gestion des incendies. Il en résulte une base de connaissances déconnectée au sein des agences et d'une agence à l'autre. Le Centre interservices des feux de forêt du Canada (CIFFC) facilitera la mise en place d'un réseau d'experts conçu précisément pour le personnel des agences canadiennes de gestion des incendies afin de combler cette lacune.

Les éléments suivants serviront de base à l'élaboration d'un réseau d'experts pour la télédétection dans le cadre de la gestion opérationnelle des incendies.

- **Domaine du réseau d'experts** : Le domaine est le sujet sur lequel se concentre la communauté, c'est-à-dire la télédétection.

- **Pratique du réseau d'experts** : Cette pratique concerne la conception, la sélection, l'utilisation, la coordination et l'interprétation des données et des produits de la télédétection pour la gestion opérationnelle des incendies.

Dates importantes :

- Établissement d'un projet pilote de réseau d'experts pour la télédétection dans la gestion opérationnelle des incendies quatre ans avant le lancement.
- Durée de cinq ans et révision pendant toute la période.

5.2 Développement d'un bac sable

Le bac à sable de la mission GardeFeu sera un environnement virtuel créé dans le cadre du Centre des opérations scientifiques (SOC) de la mission GardeFeu et hébergé sur le Cadre canadien d'information sur les feux de végétation (CCIFV) pour développer, tester et démontrer les produits à la fois pour l'équipe de la mission GardeFeu et les agences de gestion des incendies. Le bac à sable permet d'expérimenter sans influencer les scénarios réels. Une fois créé, le bac à sable sera disponible pendant toute la durée de la mission pour permettre une interaction constante avec les itérations existantes et nouvelles des produits. Dans le bac à sable, il est possible de proposer diverses mises en œuvre de la livraison au sein d'une agence de gestion des incendies, diverses itérations de produits et de symbologies, et la rétroaction est d'une importance cruciale. Le bac à sable sera indépendant du système et du logiciel de production, de sorte que tout travail effectué dans le bac à sable ne perturbera pas celui du pipeline de production. Le développement du bac a sable sera itératif (agile) donc la publication de plusieurs versions est attendue. L'environnement du bac à sable permettra ce qui suit :

- Mise à disposition progressive des produits avant le lancement
- Mises à jour des algorithmes existants
- Mise à jour de la présentation des produits
- Données simulées, données avant-gardistes de la mission, données de la mission opérationnelle
- Rétroaction

Développeurs

- Accès aux tests d'intégration dans leurs propres systèmes
- Rétroaction à l'équipe chargée de l'exploitation des produits sur des points tels que :
 - Méthodes d'intégration ou de livraison
 - Rapidité de livraison
 - Commentaires sur le bac à sable lui-même

Utilisateurs

- Exemples de produits sur des cartes interactives internes
- Rétroaction à l'équipe scientifique sur des points tels que :
 - Présentation des produits
 - Mode de livraison
 - Description
 - Résultats par rapport aux attentes
 - Public visé par chaque produit

Dates importantes :

- Le bac à sable devrait être disponible pour la gestion des incendies deux ans avant le lancement.

5.3 Élaboration de la formation et de l'éducation

Grâce à l'élaboration d'un programme de formation, nous sensibiliserons le personnel des agences de gestion des incendies à la science de la télédétection, aux capacités actuelles des technologies de télédétection et aux facteurs qui influencent leur utilisation dans les opérations de gestion des incendies, et nous leur ferons mieux comprendre ces aspects. Le programme sera axé sur la gestion des incendies au Canada.

L'orientation du programme sera soutenue par une collaboration avec les experts en la matière du Service canadien des forêts et l'équipe d'ECGI afin de garantir l'applicabilité du programme. Le contenu de la formation et de l'éducation évoluera en même temps que la mission, en commençant par les connaissances de base sur les satellites jusqu'à la formation technique sur mesure de la mission GardeFeu. La diffusion du matériel de formation et d'éducation sera évaluée en fonction des besoins du public cible et donnera la priorité à l'inclusivité et à l'accessibilité.

Le champ d'application du développement de la formation et de l'éducation avant le lancement est le suivant :

- Champ d'application de la formation et de l'éducation avant le lancement : les bases des types, des genres et des utilisations de la télédétection dans la gestion des incendies, développées avec et pour un public opérationnel de gestion des incendies.

Dates importantes :

- Approbation du projet du CIFFC quatre ans avant le lancement.
- Achèvement du programme de formation trois ans avant le lancement.
- Achèvement des modules d'auto-apprentissage en ligne deux ans avant le lancement.

5.4 Mobilisation auprès des populations autochtones

La mission GardeFeu assurera une reconnaissance, une inclusion et un soutien éthiques et véritables des peuples autochtones, de leurs connaissances et des activités de gestion des incendies relatives à GardeFeu. Les contraintes de capacité sont une préoccupation essentielle dans la gestion des feux de forêt, en particulier pour les peuples autochtones, les

communautés et les nations (Hoffman et Christianson et collab., 2022). L'initiative de la mission GardeFeu permettra :

- De faire participer directement les peuples et nations autochtones, les Aînés et les porteurs de savoir, les groupes/organisations dans le domaine de la gestion des incendies et des situations d'urgence, et les entités connexes (par exemple, Yukon First Nations Wildfire; Conseil national autochtone de la sécurité-incendie; Prince Albert Grand Council; First Nations Emergency Services Society of British Columbia; Saskatchewan First Nations Emergency Management; Northern Inter-Tribal Health Authority).
- Offrir des possibilités d'initiatives propres aux Autochtones pour les gestionnaires et les groupes de services fonciers, d'incendie, d'urgence et sociaux autochtones, afin qu'ils participent à des ressources culturellement éclairées liées aux activités de renforcement des capacités visées à la section 4.3.1.
- Soutenir et participer aux activités autochtones plus larges du Service canadien des forêts (par exemple, Gouvernement du Canada, 2023e).
- Fournir aux agences provinciales et territoriales de gestion des incendies le contenu de la mission GardeFeu pour soutenir leurs propres activités de sensibilisation aux incendies auprès des groupes autochtones.

5.5 Mobilisation auprès des services canadiens de gestion des incendies et des situations d'urgence

Il existe d'autres partenaires et parties prenantes dans la gestion des incendies et des urgences au Canada. Par exemple, les services municipaux de lutte contre les incendies qui peuvent intervenir en cas de feu de forêt sur leur territoire et dans le cadre d'une intervention d'urgence. D'autres ministères fédéraux et provinciaux ont des responsabilités alignées en matière de gestion des incendies. La mission GardeFeu explorera les possibilités de mobilisation auprès de ces communautés, par exemple :

- Association canadienne des chefs de pompiers
- Sécurité publique Canada
- Centre interservices des feux de forêt du Canada
- Gouvernement du Canada, ministère de la Défense nationale

5.6 Mobilisation internationale en matière de gestion des feux de forêt

La gestion des feux de forêt est un défi mondial et le Canada compte sur le soutien et les partenariats internationaux. Les instances internationales chargées de la gestion des incendies ont leur propre contexte, mais présentent également des similitudes (par exemple, Tedim et collab., 2015; Montiel-Molina, 2013). Bien que la mission GardeFeu se concentre sur les besoins uniques des Canadiens, elle sera également positionnée pour apprendre et participer à des initiatives d'intérêt mutuel, par exemple :

- Le Service canadien des forêts (SCF) dirige le projet pilote sur les incendies forestiers du groupe de travail sur les catastrophes du Comité des satellites d'observation de la Terre. Les objectifs de ce projet sont complémentaires à la mission GardeFeu et fourniront une base fondamentale pour définir les priorités mondiales en matière de surveillance et de caractérisation des feux actifs. Les partenaires sont l'Agence spatiale canadienne, la National Aeronautics and Space Administration (NASA) des États-Unis d'Amérique (É.-U.) et l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.
- Partenariats formels avec des agences gouvernementales américaines. Des membres du National Environmental Satellite, Data, and Information Service (NESDIS) de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) font partie de l'équipe scientifique et d'utilisateurs de la mission GardeFeu et travaillent en étroite collaboration avec l'équipe de la mission GardeFeu pour maximiser les synergies entre la mission GardeFeu et le système commun de satellites polaires NOAA/NASA. L'équipe de GardeFeu travaille également avec le Service des forêts des États-Unis (USFS) sur la télédétection des feux actifs et d'autres défis liés à la gestion des incendies dans le cadre d'un protocole d'entente commun entre le Service des forêts des États-Unis et l'USFS. Partenariats avec des agences gouvernementales américaines. Membres du National Environmental Satellite, Data, and Information Service.
- Collaboration avec des organisations et des comités internationaux afin d'améliorer l'intégration des utilisateurs finaux et de l'échange de connaissances à toutes les phases des missions satellitaires (par exemple, le système d'information sur les incendies pour la gestion des ressources de la NASA; les programmes FireSense et Wildland Fires de la NASA Applied Sciences; le groupe des Nations unies sur l'observation de la Terre –Global Observation of Forest Cover and Land Dynamics (Observation du couvert forestier mondial et Observation de la dynamique de la couverture terrestre mondiale); le Système européen d'information sur les feux de forêt de la Commission européenne; le comité consultatif sur la télédétection tactique des incendies de la NASA-USFS; le programme national d'imagerie terrestre de l'United States Geological Survey; le projet Arctic PASSION de l'Amérique du Nord et de l'Union européenne.

5.7 Plan de communication publique

Il est important de s'engager et de communiquer avec le public et les autres parties prenantes. Il y aura un plan de communication public distinct que Ressources naturelles Canada maintiendra pour GardeFeu et les partenaires de la mission, axé sur les étapes importantes du développement. L'équipe de la mission GardeFeu examinera et soutiendra les plans de communication des provinces et des territoires concernant la mission GardeFeu, sur demande et dans la mesure du possible.

Les plans fédéraux de communication publique seront coordonnés conjointement avec :

- Ressources naturelles Canada
- Agence spatiale canadienne
- Environnement et changement climatique Canada

Dates importantes :

- Correspondre aux étapes de la mission (par exemple, les étapes de la passation de marchés) sur les médias sociaux
- Répondre aux demandes des médias si nécessaire.

5.8 Planification de la documentation

La mission GardeFeu documentera les plans de mission, les stratégies, les rapports techniques et les articles scientifiques. Une décision sera prise quant à l'audience et au format approprié pour la documentation (par exemple, revues scientifiques à comité de lecture, rapports techniques). Les documents accessibles au public seront hébergés sur un site Web géré par l'Agence spatiale canadienne et organisé conjointement avec le Service canadien des forêts. La mission GardeFeu s'efforcera d'obtenir des licences en libre accès comme principale option pour toutes les publications liées à la mission GardeFeu.

5.9 Identifier les nouveaux produits scientifiques potentiels pour une application pratique

Le Plan scientifique et d'applications de la mission GardeFeu, dont la première édition sera publiée à la fin de l'année 2023, est un document itératif qui évolue dans le temps en fonction du développement scientifique et des contributions des utilisateurs opérationnels. Ce plan fournit des détails explicites sur chaque produit de données de la mission et sa place dans le flux de données de la mission. Les contributions de l'équipe scientifique et de l'équipe d'utilisateurs autour de la révision et du perfectionnement des produits existants, ainsi que l'inclusion de nouveaux produits dans la portée de la mission, se manifesteront dans le Plan scientifique de la mission GardeFeu et les algorithmes qu'il décrit.

En s'engageant avec les agences de gestion des incendies, il peut s'avérer qu'il existe des opportunités de grande valeur pour des données employées à l'appui de l'interprétation et de l'utilisation des produits GardeFeu qui ne relèvent pas du Plan scientifique et d'applications de la mission GardeFeu. Ces données seront prises en compte dans le cadre de la mission GardeFeu ou communiquées sous forme d'idées et de concepts à d'autres, par exemple par l'intermédiaire du comité d'innovation pour la recherche et l'intégration du CIFFC.

5.10 Stratégies pour les acteurs désavantagés de la surveillance des incendies

En dehors des besoins de gestion des incendies, nous reconnaissons que notre connaissance des utilisateurs finaux potentiels est limitée à ceux qui sont déjà connectés aux réseaux existants des équipes scientifiques et d'échange de connaissances de GardeFeu. Cependant, nous reconnaissons que la surveillance des incendies s'étend bien au-delà de cette communauté pour inclure les gestionnaires fonciers, les scientifiques, les chercheurs et les organisations ayant de vastes centres d'intérêt dans les étapes préalables, actives et post-incendie de l'utilisation de l'observation de la Terre (par exemple, Crowley et collab., 2023). Pour mieux comprendre qui d'autre fait partie de la communauté canadienne et mondiale de surveillance des incendies, nous collaborerons avec des chercheurs du Service canadien des forêts, du programme Wildland Fires de la NASA Applied Sciences et du programme national d'imagerie terrestre de l'USGS, afin d'identifier les obstacles à l'adoption et à la collaboration pour les acteurs désavantagés en ce qui concerne la surveillance des incendies. Ce projet de recherche pluriannuel utilisera des analyses bibliométriques, des données d'enquête, des analyses de réseaux sociaux et des analyses d'archétypes pour déterminer les caractéristiques identitaires de ces acteurs désavantagés. En outre, un projet complémentaire mené par nos collaborateurs du programme national d'imagerie terrestre de l'USGS et de la NASA Wildland Fires cherchera à étendre la région géographique de ce travail au-delà du Canada, menant au lancement de la mission GardeFeu. Le projet a été lancé en mai 2023 et devrait être achevé dans les trois ans. Les résultats comprendront des recommandations pour le développement de ressources ciblées (par exemple, la formation, les ressources logicielles/informatiques, les outils et les systèmes d'information) pour les utilisateurs finaux et les chercheurs dans le besoin.

6. CALENDRIER

Voici un calendrier des dates importantes énumérées dans le présent document. Il ne s'agit pas d'une liste exhaustive de tous les délais de mise en œuvre.

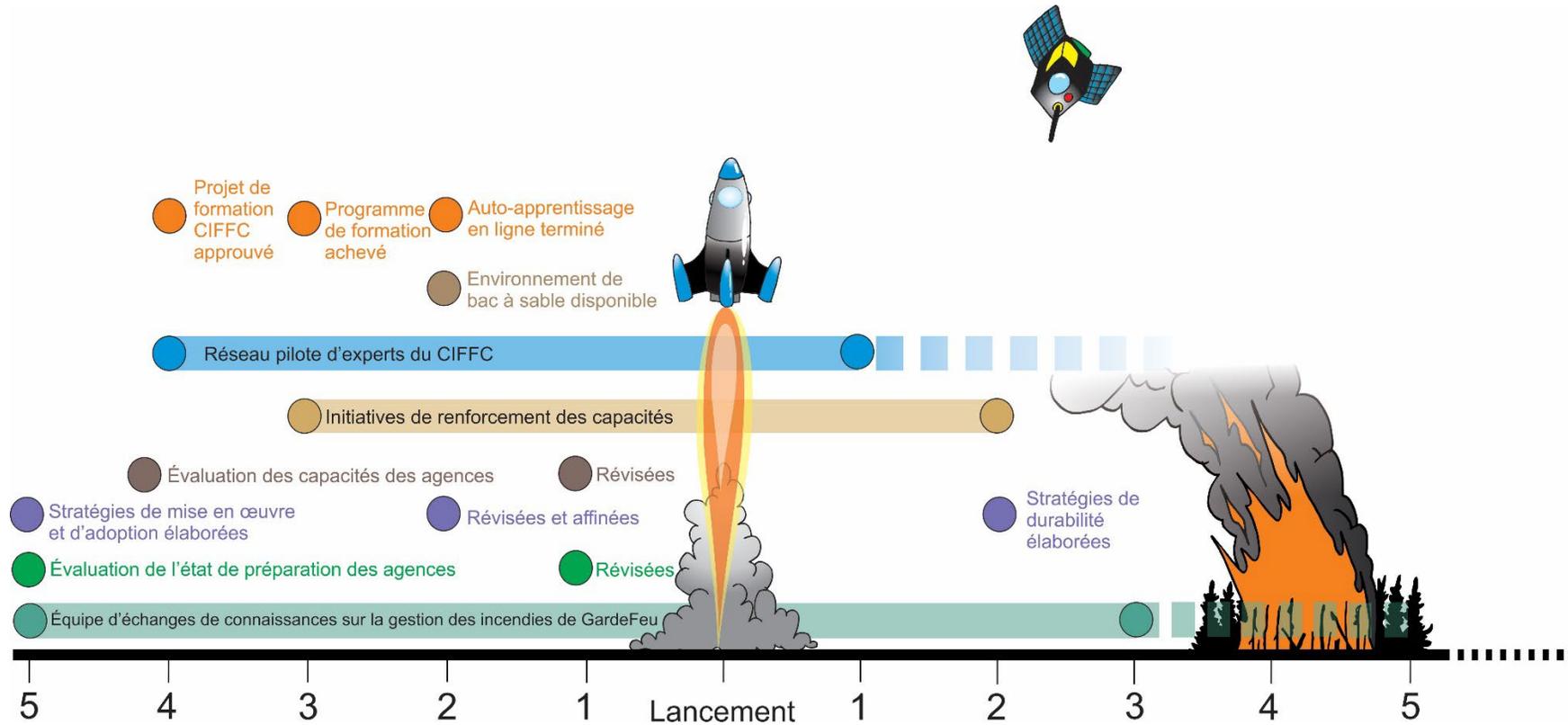


Figure 9. Calendrier des dates importantes sur le chemin de la mise en œuvre et de l'adoption de la mission GardeFeu. Les graphiques de la mission GardeFeu apparaissent pour la première fois dans le document sur les exigences de la mission.

7. LE CHEMIN À PARCOURIR

Ce document présente la voie à suivre pour l'adoption et la mise en œuvre des produits de la mission GardeFeu. Nous nous attendons à ce que cette voie évolue au fur et à mesure de notre collaboration avec les agences de gestion des feux de forêt. Il est important que les gestionnaires d'incendies développent un sentiment d'appropriation et de confiance dans la mission GardeFeu. Pour ce faire, l'échange de connaissances doit être continu pendant toute la durée de la mission. Le présent document définit la voie à suivre avec quelques points de repère importants, mais la direction future est ouverte à la navigation commune.

« ... La mission GardeFeu est le seul système public de surveillance par satellite jamais créé pour répondre directement aux besoins des gestionnaires d'incendies de première ligne au Canada, et en collaboration avec eux... »

Centre de foresterie des Grands Lacs, 2023.

8. REMERCIEMENTS

Nous désirons remercier les membres antérieurs et actuels de l'équipe d'échange de connaissances sur la gestion des incendies pour leur participation et leurs conseils. Nous remercions également Meghan Sloane, Shannon Mizzi et Leah MacPherson du Service canadien des forêts pour leur assistance éditoriale, Stan Phippen pour la préparation de la publication et Denis Dufour de l'Agence spatiale canadienne pour ses commentaires utiles.

9. RÉFÉRENCES

- Beverly, J.L.; Bothwell, P. (2011). Wildfire evacuations in Canada 1980–2007. *Nat. Hazards*. 59: 571–596.
- Boychuk, D.; McFayden, C.B. (2017). Appropriate Response-Ontario’s strategic approach to wildland fire. *In Canadian Wildland Fire & Smoke Newsletter, Fall 2017*. Canadian Partnership for Wildland Fire Science.
https://www.canadawildfire.org/files/ugd/90679_bfcc50682a4e38abaa78e1ecfdd26b.pdf
- Boychuk, D.; McFayden, C. B.; Evens, J.; Shields, J.; Stacey, A.; Woolford, D. G.; Wotton, M.; Johnston, D.; Leonard, D.; McLarty, D. (2020). Assembling and customizing multiple fire weather forecasts for burn probability and other fire management applications in Ontario, Canada. *Fire*. 3(2):16.
- Brinkerhoff, D. W.; Morgan, P. J. (2010). Capacity and capacity development: Coping with complexity. *Public Admin. Dev.: The Int. J. Manag. Res. Practice*. 30(1):2-10.
- Centre interservices des feux de forêt du Canada (2023). Strategic Planning [en ligne]. Winnipeg (Manitoba), Canada. Consulté le 22 août 2023. <https://ciffc.ca/publications/strategic-planning>
- Centre interservices des feux de forêt du Canada (2023a). Carte interactive, Statistiques sur les incendies. [en ligne]. Winnipeg, Manitoba, Canada. Consulté le 16 sept. 2023.
<https://www.ciffc.ca/>
- Christianson, A. (2014). Social science research on Indigenous wildfire management in the 21st century and future research needs. *Int. J. Wildland Fire*. 24(2):190-200.
- Christianson, A.C.; Johnston, L.M.; Oliver, J.A.; Watson, D.; Young, D.; MacDonald, H.; Little, J.; Macnab, B.; Gonzalez Bautista, N. *soumis*. Wildland fire evacuations in Canada from 1980 to 2021. *Int. J. Wildland Fire*.
- Christianson, A. C.; Sutherland, C. R.; Moola, F.; Gonzalez Bautista, N.; Young, D.; MacDonald, H. (2022). Centering Indigenous voices: The role of fire in the Boreal Forest of North America. *Curr. For. Rep.* 8(3):257-276.
- Coogan, S.C.; Robinne, F.-N.; Jain, P.; Flannigan, M. (2019). Scientists’ warning on wildfire—A Canadian perspective. *Can. J. For. Res.* 49:1015–1023.
- Coogan, S.C.P.; Cai, X.; Jain, P.; Flannigan, M. (2020). Seasonality and trends in human- and lightning-caused wildfires ≥ 2 ha in Canada, 1959–2018. *Int. J. Wildland Fire* 29:473–485.
- Crowley, M.A.; Stockdale, C.A.; Johnston, J.M.; Wulder, M.A.; Liu, T.; McCarty, J.L.; Rieb, J.T.; Cardille, J.A.; White, J.C. (2023). Towards a whole-system framework for wildfire monitoring using Earth observations. *Glob. Chang Biol.* 29(6):1423-1436.
- De Jong, M.; McFayden, C. (2023). Les incendies forestiers depuis l’espace : une synthèse des missions satellitaires pour la surveillance des incendies actifs. Centre de foresterie des Grands Lac., Can. For. Serv.

Emergency Management Policy and Outreach Directorate. 2017. An Emergency Management Framework for Canada 3rd Edition. Public Safety Can.

Eriksen, C.; Hankins, D. L. (2014). The retention, revival, and subjugation of Indigenous fire knowledge through agency fire fighting in Eastern Australia and California. *Soc. Nat. Resour.* 27(12):1288–303.

Erni, S.; Johnston, L.; Boulanger, Y.; Manka, F.; Bernier, P.; Eddy, B.; Christianson, A.; Swystun, T.; Gauthier, S. (2021). Exposure of the Canadian wildland–human interface and population to wildland fire, under current and future climate conditions. *Can. J. For. Res.* 51(9): 1357-1367.

Flannigan, M. D.; Haar, T. V. (1986). Forest fire monitoring using NOAA satellite AVHRR. *Can. J. For. Res.* 16(5):975-982.

Flannigan, M.; Stocks, B.; Wotton, B. (2000). Climate change and forest fires. *Sci. Total Environ.* 262:221–229.

Flannigan, M.D.; Amiro, B.D.; Logan, K.A.; Stocks, B.J.; Wotton, B.M. (2005). Forest Fires and Climate Change in the 21st Century. *Mitig. Adapt. Strat. Glob. Chang.* 11:847–859.

Flannigan, M.D.; Krawchuk, M.A.; De Groot, W.J.; Wotton, B.M.; Gowman, L.M. (2009). Implications of changing climate for global wildland fire. *Int. J. Wildland Fire* 18:483–507.

Gordon, G. (214). Workforce Demographic Issues in Canada’s Wildland Fire Management Agencies. Canadian Forest Fire Interagency Centre. Winnipeg, Manitoba, Canada. 51 p. https://ciffc.ca/sites/default/files/2019-03/Workforce_Demographic_Issues_-_Final_2.pdf

Gouvernement du Canada. (2022). Budget de 2022 : Un plan pour faire croître notre économie et rendre la vie plus abordable. Ministère des Finances [en ligne]. Consulté le 11 octobre 2023. <https://www.budget.canada.ca/2022/home-accueil-en.html>

Gouvernement du Canada (2023a). Le gouvernement of Canada met à jour les prévisions sur la saison des feux de forêt de 2023 [en ligne]. Consulté le 22 août 2023. <https://www.canada.ca/en/natural-resources-canada/news/2023/07/government-of-canada-provides-update-on-2023-wildland-fire-season-forecast.html>

Gouvernement du Canada (2023b). Le Plan d’action pour l’adaptation du gouvernement du Canada. Environnement et Changement climatique Canada [en ligne]. Consulté le 22 août 2023. <https://www.canada.ca/en/services/environment/weather/climatechange/climate-plan/national-adaptation-strategy/action-plan.html>

Gouvernement du Canada (2023c). La mission GardeFeu : améliorer la gestion des feux de forêt au Canada. Agence spatiale canadienne [en ligne]. Consulté le 22 août 2023. <https://www.asc-csa.gc.ca/fra/satellites/gardefeu/>

Gouvernement du Canada (2023d). Gestion des feux [en ligne]. Consulté le 22 août 2023. <https://ressources-naturelles.canada.ca/nos-ressources-naturelles/forets/feux-insectes-perturbations/feux-foret/gestion-feux/13158>

Gouvernement of Canada (2023e). Programme Combattre et gérer les feux de forêt dans un climat en changement [en ligne]. Consulté le 22 août 2023. <https://ressources-naturelles.canada.ca/nos-ressources-naturelles/forets/feux-insectes-perturbations/programme-combattre-et-gerer-les-feux-de-foret-dans-un-climat-en-changement/25124>

Graham, I.D.; Logan, J.; Harrison, M.B.; Straus, S.E.; Tetroe, J.; Caswell, W.; Robinson, N. (2006). Lost in knowledge translation: time for a map? *J. Contin. Educ. Health Prof.* 26(1):13-24.

Centre de foresterie des Grands Lac (2023). La mission GardeFeu : Le premier système satellitaire opérationnel spécialement conçu pour la surveillance des feux de forêt. Centre de foresterie des Grands Lac, Can. For. Serv. <https://cfs.nrcan.gc.ca/publications?id=40874>

Groupe de travail sur la gestion des feux de forêt relevant du Conseil canadien des ministres des forêts (2016). Stratégie canadienne en matière de feux de forêt. Évaluation décennale et renouvellement de l'appel à l'action. Ressources naturelles Canada, Ottawa (Ontario).

Groupe de travail sur la gestion des feux de forêt relevant du Conseil canadien des ministres des forêts (2021). Plan d'action 2021-2026. Ressources naturelles Canada, Ottawa (Ontario).

Hall, J.V.; Zhang, R.; Schroeder, W.; Huang, C.; Giglio, L. (2019). Validation of GOES-16 ABI and MSG SEVIRI active fire products. *Int. J. of Appl. Earth Obs. Geoinf.* 83:101928.

Hirsch, K.; Kafka, V.; Tymstra, C.; McAlpine, R.; Hawkes, B.; Stegehuis, H.; Quintilio, S.; Gauthier, S.; Peck, K. (2001). Fire-smart forest management: a pragmatic approach to sustainable forest management in fire-dominated ecosystems. *For. Chron.* 77(2):357-363.

Hoffman, K. M.; Davis, E. L.; Wickham, S. B.; Schang, K.; Johnson, A.; Larking, T.; Lauriault, P. N.; Le, N. Q.; Swerdfager, E.; Trant, A. J. (2021). Conservation of Earth's biodiversity is embedded in Indigenous Fire Stewardship. *In Proceedings of the National Academy of Sciences* 2021 Aug 10; 118(32): e2105073118.

Hoffman, K.M.; Christianson, A.C.; Gray, R.W.; Daniels, L. (2022a). Western Canada's new wildfire reality needs a new approach to fire management. *Environ. Res. Lett.* 17:061001.

Hoffman K.M.; Christianson A.C.; Dickson-Hoyle S.; Copes-Gerbitz K.; Nikolakis W.; Diabo D.A.; McLeod R.; Michell H.J.; Mamun A.A.; Zahara A.; Mauro N.; Gilchrist J.; Ross R.M.; Daniels L.D. (2022). The right to burn: barriers and opportunities for Indigenous-led fire stewardship in Canada. *FACeTS.* 7:464–481.

Honadle, B. W. (1981). A capacity-building framework: A search for concept and purpose. *Public Adm. Rev.* 41(5):575-580.

Hossain, F.; Serrat-Capdevila, A.; Granger, S.; Thomas, A.; Saahl, D.; Ganz, D.; Mugo, R.; Murthy, M.S.R.; Ramos, V.H.; Fonseca, C.; Akanda, A. S. (2016). A global capacity building vision for societal applications of earth observing systems and data: key questions and recommendations. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 97(7):1295-1299.

Johnston, L. M.; Flannigan, M. D. (2018). Mapping Canadian wildland fire interface areas. *Int. J. Wildland Fire.* 27(1):1-14.

- Johnston, J.M.; Johnston, L.M.; Wooster, M.J.; Brookes, A.; McFayden, C.; Cantin, A.S. (2018). Satellite detection limitations of sub-canopy smouldering wildfires in the North American boreal forest. *Fire*. 1(2):28p.
- Johnston, L.M.; Wang, X.; Erni, S.; Taylor, S.W.; McFayden, C.B.; Oliver, J.A.; Stockdale, C.; Christianson, A.; Boulanger, Y.; Gauthier, S.; Arseneault, D. (2020a). Wildland fire risk research in Canada. *Environ. Rev.* 28:164–186.
- Johnston, J.M.; Jackson, N.; McFayden, C.; Ngo Phong, L.; Lawrence, B.; Davignon, D.; Wooster, M.J.; van Mierlo, H.; Thompson, D.K.; Cantin, A.S.; Johnston, D. (2020b). Development of the user requirements for the Canadian WildFireSat Satellite Mission. *Sensors*. 20(18): 5081p.
- Laidlaw, D. K.; Passelac-Ross, M. (2010). Water rights and water stewardship: What about aboriginal peoples. *LawNow*. 35:17.
- Lake, F. K.; Christianson, A. C. (2020). Indigenous fire stewardship. Pages 714-722 *in* Encyclopedia of wildfires and wildland-urban interface (WUI) fires. Cham: Springer International Publishing.
- Lipshitz, R.; Strauss, O. (1997). Coping with Uncertainty: A Naturalistic Decision-Making Analysis. *Organ. Behav. Hum. Decis. Processes*. 69:149–163.
- Lokuge, S.; Sedera, D.; Grover, V.; Dongming, X. (2019). Organizational readiness for digital innovation: Development and empirical calibration of a construct. *Inf. Manag.* 56:445–461.
- Lusthaus, C.; Adrien, M. H.; Perstinger, M. (1999). Capacity development: definitions, issues and implications for planning, monitoring and evaluation. *Universalialia occasional paper*. 35(35):1-21.
- Mason, L.; White, G.; Morishima, G.; Alvarado, E.; Andrew, L.; Clark, F.; Durglo Sr, M.; Durglo, J.; Eneas, J.; Erickson, J.; Friedlander, M. (2012). Listening and learning from traditional knowledge and Western science: A dialogue on contemporary challenges of forest health and wildfire. *J. For.* 11(4):187-193.
- McBay, P.A. (212). Fire Load and Resource Capacity Survey Overview for the Wildland Fire Management Working Group. Canadian Forest Fire Interagency Center. Paul A. McBay Contracting, Sault Ste. Marie (Ontario), 15 p. <https://ciffc.ca/sites/default/files/2019-03/rcfl%20-%20fire%20load%20and%20resource%20capacity%20survey%20overview%20%28march%2030%2C%202012%29.pdf>
- McFayden, C. B.; George, C.; Johnston, L. M.; Wotton, M.; Johnston, D.; Sloane, M.; Johnston, J. M. (2022). A case-study of wildland fire management knowledge exchange: the barriers and facilitators in the development and integration of the Canadian Forest Fire Danger Rating System in Ontario, Canada. *Int. J. Wildland Fire*. 31(9): 835-846.
- McFayden, C.B.; Hope, E.S.; Boychuk, D.; Johnston, L.M.; Richardson, A.; Coyle, M.; Sloane, M.; Cantin, A.S.; Johnston, J.M.; Lynham, T.J. (2023a). Canadian fire management agency readiness for WildFireSat: assessment and strategies for enhanced preparedness. *Fire*. 6(2):73.

McFayden, C. B.; Johnston, L. M.; Woolford, D. G.; George, C.; Boychuk, D.; Johnston, D.; Wotton, B.M.; Johnston, J. M. (2023b). A Conceptual Framework for Knowledge Exchange in a Wildland Fire Research and Practice Context. Page 165-184 *in Applied Data Science*. Springer, Cham.

McGee, Tara K.; Mishkeegogamang Ojibway Nation; Christianson, A.C. (2019). Residents' wildfire evacuation actions in Mishkeegogamang Ojibway Nation, Ontario, Canada. *Int. J. Disaster Risk Reduct.* 33: 266-274.

McGee, T. K. (2021). Evacuating first nations during wildfires in Canada. *Fire Saf. J.* 120:103120.

McLennan, J.; Holgate, A.M.; Omodei, M.M.; Wearing, A.J. (2006). Decision Making Effectiveness in Wildfire Incident Management Teams. *J. Conting. Crisis Manag.* 14:27–37.

Ministère des Ressources naturelles et des Forêts (MRNF) (2014). Stratégie de gestion des feux de broussailles. AFFES: P00464. Toronto: Queen's Printer for Ontario.

<https://www.ontario.ca/page/wildland-fire-management-strategy>

(MNP) MNP LLP. (2017). A Review of the 2016 Horse River Wildfire. MNP LLP, Alberta Agriculture and Forestry Preparedness and Response. Edmonton, AB, Canada. 92 p.
<https://open.alberta.ca/dataset/7cc619bd-56ce-488e-b007-cada28430589/resource/6c6560d3-0a8e-4550-b1d1-86e58409dea2/download/2016horseriverwildfirereview-mar2017.pdf>

Mizrahi, Y. (2004). Capacity enhancement indicators. Review of the Literature. World Bank Institute. WBI Working Papers no. 28614.

Montiel-Molina, C. (2013). Comparative assessment of wildland fire legislation and policies in the European Union: Towards a Fire Framework Directive. *For. Policy Econ.* 29:1-6.

Muskrats to Moose Project Team (2023). We Are Fire: A Toolkit for Applying Indigenous-led Fire Practices and Western Fire Management in the Saskatchewan River Delta.

<http://www.wearefire.ca>

Neale, T.; Carter, R.; Nelson, T.; Bourke, M. (2019). Walking together: a decolonising experiment in bushfire management on Dja Dja Wurrung country. *Cult. Geogr.* 26(3):341–359.

Neger, C.; Rosas-Paz, L.D. (2022). A characterization of fire-management research: a bibliometric review of global networks and themes. *Fire.* 5(4):89 p.

Olswang, L. B.; Prelock, P. A. (2015). Bridging the gap between research and practice: Implementation science. *J. Speech Lang. Hear. Res.* 58(6):S1818-S1826.

Pausas, J. G.; Keeley, J. E. (2019). Wildfires as an ecosystem service. *Front. Ecol. Environ.* 17(5):289-295.

Powell, B. J.; McMillen, J. C.; Proctor, E. K.; Carpenter, C. R.; Griffey, R. T.; Bunger, A. C.; Glass, J.E.; York, J. L. (2012). A compilation of strategies for implementing clinical innovations in health and mental health. *Med. Care Res. Rev.* 69(2):123-157.

Prajogo, D. I.; Ahmed, P. K. (2006). Relationships between innovation stimulus, innovation capacity, and innovation performance. *R D Manag.* 36(5):499-515.

- Prince Albert Grand Council (2018). Fighting forest fires in northern Saskatchewan – Taskforce interim report. Prince Albert Grand Council, Prince Albert Saskatchewan. 6 p.
<https://www.pagc.sk.ca/wp-content/uploads/2016/05/PAGC-Wildfire-Task-Force-Interim-Report-Apr-2018.pdf>
- Rapport, F.; Clay-Williams, R.; Churruca, K.; Shih, P.; Hogden, A.; Braithwaite, J. (2018). The struggle of translating science into action: foundational concepts of implementation science. *J. Eval. Clin. Pract.* 24(1):117-126.
- Reed, M.S.; Stringer, L.C.; Fazey, I.; Evely, A.C.; Kruijssen, J.H. (2014). Five principles for the practice of knowledge exchange in environmental management. *J. Environ. Manage.* 146: 337-345.
- Sankey, S. (2018). Blueprint for Wildland Fire Science in Canada (2019–2029). *Nat. Resour. Can., Can. For. Serv., North. For. Cent., Edmonton.* 45 p.
- Santos, S.M.B.D.; Bento-Gonçalves, A.; Vieira, A. (2021). Research on wildfires and remote sensing in the last three decades: a bibliometric analysis. *Forests.* 12(5):604p.
- Service canadien des forêts (2021a). Base nationale de données sur les feux de forêt du Canada – Données des agences sur les feux de forêt. Version 07-07-2021. [en ligne]. Ressources naturelles Canada pour For. Serv. North. For. Cent. Edmonton (Alberta). Consulté le 4 octobre 2023. <http://cwfis.cfs.nrcan.gc.ca/ha/nfdb>
- Service canadien des forêts (2021b). Composite nationale des superficies brûlées (CNSB) [en ligne]. Ressources naturelles Canada. Can. For. Serv. Nord For. Cent. Edmonton (Alberta). Consulté le 4 octobre 2023. <http://cwfis.cfs.nrcan.gc.ca/ha/nfdb?type=nbac>
- Service canadien des forêts (2021c). Ensemble de données sur les évacuations. Données internes.
- Simard, S. J. (1991). Fire severity, changing scales, and how things hang together. *Int. J. Wildland Fire.* 1(1):23-34.
- Standaert, W.; Muylle, S.; Basu, A. (2022). Business meetings in a postpandemic world: When and how to meet virtually. *Bus. Horiz.* 65(3):267-275.
- Taber, Mary A.; Elenz, Lisa M.; Langowski, Paul G. (2013). Decision Making for Wildfires: A Guide for Applying a Risk Management Process at the Incident Level. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-298 WWW. Fort Collins, CO: U.S.D.A., For. Ser., Rocky Mountain Research Station. 59 p.
- Taylor, S. W. (2020). Atmospheric cascades shape wildfire activity and fire management decision spaces across scales– A conceptual framework for fire prediction. *Fron. Environ. Sci.* 8:527278.
- Tough, Frank J. (2023). The forgotten constitution: The natural resources transfer agreements and Indian livelihood rights, CA. 1925-1933. *Alta. Law Rev.* 41:999.
- Tedim, F.; Leone, V.; Xanthopoulos, G. (2015). Wildfire risk management in Europe. The challenge of seeing the “forest” and not just the “trees”. *dans Proceedings of the 13th*

International Wildland Fire Safety Summit & 4th Human Dimensions of Wildland Fire, Managing Fire, Understanding Ourselves: Human Dimensions in Safety and Wildland Fire. 213-238p.

Thompson, M.P.; Calkin, D.E. (2011). Uncertainty and risk in wildland fire management: A review. *J. Environ. Manag.* 92:1895–1909.

Thompson, M.P.; Martell, D. L.; Belval, E. (2022). How operations research and management science can help address the wildfire crisis. *INFORMS*. [en ligne].

<https://doi.org/10.1287/orms.2022.05.11>

Tymstra, C.; Stocks, B. J.; Cai, X.; Flannigan, M. D. (2020). Wildfire management in Canada: Review, challenges and opportunities. *Prog. Disaster Sci.* 5:100045.

Wang, X.; Thompson, D. K.; Marshall, G. A.; Tymstra, C.; Carr, R.; Flannigan, M. D. (2015). Increasing frequency of extreme fire weather in Canada with climate change. *Clim. Change.* 130:573-586.

Wang, X.; Studens, K.; Parisien, M.A.; Taylor, S.W.; Candau, J.N.; Boulanger, Y.; Flannigan, M.D. (2020). Projected changes in fire size from daily spread potential in Canada over the 21st century. *Environ. Res. Lett.* 15(10):104048.

Wang, X.; Swystun, T.; Flannigan, M.D. (2022). Future wildfire extent and frequency determined by the longest fire-conducive weather spell. *Sci. Total Environ.* 830:154752.

Wein, R.W.; MacLean, D.A. (1983). *The Role of Fire in Northern Circumpolar Ecosystems*. John Wiley and Sons. Hoboken, NJ, USA.

Wotton, B.M.; Flannigan, M.D. (1993). Length of the fire season in a changing climate. *For. Chron.* 69:187–192.

Wotton, B.M.; Flannigan, M.; Marshall, A.G. (2017). Potential climate change impacts on fire intensity and key wildfire suppression thresholds in Canada. *Environ. Res. Lett.* 12:095003.

Zahara, A. (2020). Breathing fire into landscapes that burn: wildfire management in a time of alterlife. *Engag. Sci. Technol. Soc.* 6:555-585.

Zimmerman, T. (2012). Wildland fire management decision making. *J. Agric. Sci. Technol.* 2:169–178.

ANNEXE 1 : GLOSSAIRE

Les termes suivants sont définis dans le présent document. Ces définitions ne sont pas exclusives et dépendent du contexte du présent document.

Adoption : adoption des produits GardeFeu dans la culture d'une organisation et des personnes qui la composent.

Capacité : les aptitudes et capacités réelles ou potentielles qui permettent à une agence de gestion des feux de forêt de s'adapter et de mettre en œuvre les produits GardeFeu dans le cadre de la gestion opérationnelle des incendies.

Courtiers en connaissances : ils donnent l'impulsion nécessaire à la mise en œuvre et à l'adoption. Les courtiers en connaissances constituent un pont entre les groupes et sont des leaders d'opinion dignes de confiance. Ils contribuent à faciliter le passage de la recherche aux opérations (adapté de McFayden et collab., 2023b, et de ses références).

Données sur les incendies : résultats des processus de collecte, d'interprétation, d'analyse et d'évaluation des informations brutes.

Échange de connaissances (EC) : processus de cocréation, de partage et de transformation des connaissances au profit de la recherche et des gestionnaires d'incendies, les deux étant considérés comme des détenteurs et des producteurs de connaissances (adapté de Graham et collab., 2006; Reed et al., 2014; McFayden et collab., 2023b et les références qui s'y rapportent).

Gestion des feux de forêt : activités concernées par la protection des personnes, des biens et des espaces naturels contre les feux de forêt, et utilisation du feu pour atteindre les objectifs de protection et d'utilisation des terres. Les aspects comprennent les processus et les stratégies de prévention, d'atténuation et d'intervention en matière de feux de forêt (adapté du MRNF, 2014, Gouvernement du Canada, 2023d).

Gestion opérationnelle des feux de forêt : planification et réalisation des activités opérationnelles de gestion des feux de forêt, telles que la préparation, la découverte, la suppression, la surveillance et l'atténuation des feux de végétation.

Informations sur les incendies : informations spécialisées utilisées pour la gestion et les opérations de lutte contre les feux de forêt. Elles comprennent des informations sur le cadre physique proche (par exemple, la topographie, les combustibles et leur agencement, les ressources de l'espace naturel, les biens), l'environnement du feu actuel et prévu (par exemple, les conditions météorologiques, la sécheresse des combustibles), le comportement du feu actuel et prévu et la zone brûlée, les effets actuels et potentiels du feu, les conséquences (Johnston et collab., 2020b), ainsi que les effets actuels et potentiels de la suppression.

Mise en œuvre : approche systématique adoptée par une agence de gestion des incendies pour évaluer l'adéquation des produits de données GardeFeu, les adopter et les intégrer dans la pratique courante, et maintenir une adoption durable dans le temps (adapté de Powell et collab., 2012; Olswang et Prelock, 2015; Rapport et collab., 2018).

Préparation : état de préparation d'une organisation en vue d'une adoption, d'une assimilation et d'une exploitation efficaces de la mission GardeFeu (adapté de Lokuge et collab., 2019).



Pour voir plus de publications liées à la foresterie, rendez-vous sur le site Web des publications du Service canadien des forêts à :

scf.rncan.gc.ca/publications