



# Élaboration d'une méthodologie de recherche par études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain

## Document de base

Préparé par Alan Westhaver, ForestWise Environmental Consulting Ltd.

Collaborateur à la rédaction : Steve Taylor, Service canadien des forêts de RNCan

Novembre 2020





# **Élaboration d'une méthodologie de recherche par études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain**

## **Document de base**

Rapport préparé pour l'Institut de prévention des sinistres catastrophiques

Préparé par Alan Westhaver, ForestWise Environmental Consulting Ltd.

Collaborateur à la rédaction : Steve Taylor, Service canadien des forêts de RNCan

Novembre 2020

Série de documents de recherche IPSC – numéro 66

### *Publié par :*

Institut de prévention des sinistres catastrophiques  
20 Richmond Street East, Bureau 210  
Toronto (Ontario) Canada M5C 2R9

Le contenu de ce document peut être reproduit à des fins liées au document dans la mesure où les auteurs et les détenteurs de droits sont reconnus.

Les opinions exprimées dans cet article sont celles des auteurs et pas nécessairement ceux de l'Institut de prévention des sinistres catastrophiques.

Crédit des photos de couverture Alan Westhaver. La photo du haut et celle du bas à droite ont été prises à Fort McMurray en mai 2016. La photo du bas à gauche, prise en juillet 2020, représente une nouvelle construction à Salmon Arm, C.-B.

Préparé pour l'Institut de prévention des sinistres catastrophiques, Toronto, 98 pages.

ISBN : 978-1-927929-30-8

Tous droits réservés © 2020 Institut de prévention des sinistres catastrophiques

Fondé en 1997 par les assureurs de dommages du Canada, **l'Institut de prévention des sinistres catastrophiques** est un institut de recherche indépendant sans but lucratif ayant des bureaux à Toronto et à l'Université Western Ontario, à London, au Canada. L'Institut est un membre fondateur de la *Global Alliance of Disaster Research Institutes*. Les chercheurs de l'Institut sont reconnus à l'échelle internationale pour leur travail innovateur dans plusieurs domaines, incluant le génie éolien et sismique, les sciences de l'atmosphère, l'ingénierie des ressources hydriques et l'économie. La recherche multidisciplinaire est l'un des fondements du travail de l'Institut pour bâtir des communautés plus résilientes face aux catastrophes.



L'IPSC a été désigné comme un Centre d'excellence international de l'IRDR. Les Centres d'excellence internationaux de l'IRDR, établis par l'entremise du Comité scientifique de l'IRDR et du comité national

pertinent, fournissent un foyer régional et un foyer de recherche pour le programme de l'IRDR. Les programmes de recherche des Centres d'excellence internationaux adoptent une approche intégrée de la réduction des risques de catastrophe qui contribue directement au Plan scientifique pour la recherche intégrée sur les catastrophes de l'ICSU/IRDR et à ses objectifs, de même qu'au Plan stratégique (2013-2017) de l'IRDR.

# Remerciements

Ce document a été rendu possible en partie grâce au financement du Conseil canadien des normes et au soutien de l'Institut de prévention des sinistres catastrophiques, en particulier de M. Dan Sandink, directeur de la recherche, qui a assuré la gestion du projet et son orientation stratégique. Le comité FireSmart de la Colombie-Britannique a également contribué au financement de ce projet par l'intermédiaire de Canada Wildfire. Nous remercions tous ces organismes pour leur contribution et leur clairvoyance.

Nous exprimons également notre gratitude à l'égard de toutes les personnes qui ont consacré du temps à ce projet et qui y ont contribué sous forme de renseignements utiles, de conseils, de documentation explicative, de soutien éditorial et de revues critiques.

## Membres du comité d'examen technique :

- Kim Bailey, P. Eng. Bureau du commissaire des incendies de l'Ontario (à la retraite)
- Nouredine Bénichou, Ph. D. Conseil national de recherches du Canada
- Jack Cohen, Ph. D. Chercheur spécialisé en sciences physiques, Service des forêts des États-Unis (à la retraite)
- Dana Hicks Spécialiste des menaces associées aux feux de forêt, British Columbia Wildfire
- Kelvin Hirsch, M. Sc. Service canadien des forêts (à la retraite)
- Kelly Johnston, RFP Conseiller technique pour FireSmart Canada, Wildland Professional Solutions
- Justin Leonard, Ph. D. Chef de recherche, ORSIC – Bushfire Urban Design, Australia
- Stephen L. Quarles, Ph. D. Conseiller du Cooperative Extension Service, Université de Californie
- Domingos X. Viegas, Ph. D. Professeur, CEIF, ADAI, LAETA – Université de Coimbra, Portugal
- Stew Walkinshaw, RPF Montane Forest Management Ltd., Canmore, Alberta

## Experts en la matière :

- Marty Alexander, Ph. D. Service canadien des forêts (à la retraite)
- Ray Ault Directeur administratif, FireSmart Canada
- Mark Finney, Ph. D. Chercheur, Service des forêts des États-Unis, Laboratoire sur les incendies de Missoula, Montana
- Mike Flannigan, Ph. D. Professeur, Université de l'Alberta
- Sara McAllister, Ph. D. Chercheuse, Service des forêts des États-Unis, Laboratoire sur les incendies de Missoula, Montana
- Dan Thompson, Ph. D. Chercheur spécialisé dans les feux de forêt, Service canadien des forêts, Centre de foresterie du Nord, Edmonton

## Partenaires :

- Comité FireSmart de la C.-B. Kelsey Winter, Chris Hodder, Amanda Reynolds et autres
- Kala Pendakur Spécialiste des secteurs, Conseil canadien des normes

**Participants à la consultation des parties prenantes de partout au Canada (170), dont des contributions importantes de :**

- Mark Ackerman, M. Sc. Professeur émérite, Université de l'Alberta; équipement d'imagerie et de détection des incendies
- Mark Elliot IPSC; revue de la littérature et soutien technique constant
- Chelene Hanes, M. Sc. Service canadien des forêts; revue critique
- Heather Heine Services de rédaction
- Kelvin Hirsch, M. Sc. Soutien et assistance inestimables en tant que conseiller et analyste occasionnel
- David Martell, Ph. D. Professeur, Université de Toronto; revue critique
- Lindsay Ranger, P. Eng. Chercheur en sciences des incendies, FP Innovations/Building Systems; revue technique
- Maria Sharpe, M. Sc. Présidente du comité sur la science des incendies du Centre interservices des feux de forêt du Canada (CIFFC) et de ses groupes membres
- Alex Taylor Matériel sur les véhicules aériens sans pilote et imagerie
- Paul Ward Facilitateur du comité sur l'atténuation et la prévention du CIFFC et de ses groupes membres

# Table des matières

<b>Avant-propos</b> .....	iv
<b>Liste des figures</b> .....	v
<b>Liste des tableaux</b> .....	vi
<b>Acronymes</b> .....	vii
<b>Auteurs</b> .....	viii
<b>Résumé</b> .....	1
<b>Partie I : Principaux facteurs environnementaux, politiques et scientifiques</b> .....	4
<b>1.0 Introduction</b> .....	4
1.1 Objet et objectifs du projet .....	7
<b>2.0 Élaboration de protocoles de recherche par études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain</b> .....	9
2.1 Introduction .....	9
2.2 Méthodes d'élaboration du document de base .....	10
<b>3.0 Lacunes des connaissances sur l'atténuation des pertes de structures lors d'incendies de forêt en milieu périurbain</b> .....	11
3.1 Lacunes des connaissances et questions de recherche .....	14
<b>4.0 Recherches et études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain</b> .....	16
4.1 Caractéristiques de la recherche par études de cas .....	16
4.2 Contributions et avantages attendus des connaissances acquises lors des études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain .....	17
<b>Partie II : Meilleures pratiques – Préparation à la recherche par études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain</b> .....	19
<b>5.0 Application et adaptation de la recherche par études de cas aux incendies de forêt en milieu périurbain au Canada</b> .....	19
5.1 Principes directeurs .....	19
5.2 Portée de la recherche par études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain .....	19
5.3 Adaptation des études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain pour répondre aux préoccupations des parties prenantes et aux besoins scientifiques. . .	20
<b>6.0 Analyse des opportunités de recherche par études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain</b> .....	23
6.1 Variables influençant les niveaux de complexité des incendies de forêt en milieu périurbain et les opportunités de recherche par études de cas .....	24
6.2 Scénarios de déploiement des équipes de recherche .....	25
6.3 Estimation des opportunités de recherche .....	25
6.4 Résumé .....	26
<b>7.0 Méthodes d'étude de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain</b> .....	27
7.1 Conception et déroulement des études de cas .....	27
7.2 Démarches de recherche .....	29
7.3 Description détaillée des méthodes .....	29
7.4 Applicabilité des méthodes de recherche à l'évaluation des processus de déroulement de l'incendie selon le moment de l'arrivée des chercheurs. . . . .	37
7.5 Résumé .....	38

<b>Partie III : Gestion et coordination des études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain</b>	39
<b>8.0 Déploiement d'une équipe de recherche par études de cas (EREC)</b>	39
8.1 Scénarios de déploiement	39
8.2 Obtention de l'autorisation de se rendre sur les lieux d'un incendie de forêt en milieu périurbain auprès des autorités compétentes.	40
8.3 Déploiement de l'EREC.	42
8.4 Intégration de l'EREC dans le Système de commandement d'intervention (SCI).	43
8.5 Organisation, compétences et fonctions suggérées d'une EREC	44
8.6 Variation des stratégies de déploiement	46
8.7 Recrutement et dotation de l'EREC.	46
8.8 Simulations d'une recherche par études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain	47
8.9 Résumé	47
<b>9.0 Formation des membres et préparation de l'EREC au déploiement</b>	50
9.1 Objectifs de la formation des membres et de la préparation d'une EREC	50
9.2 Formation des membres de l'EREC	50
9.3 Équipement de l'EREC	51
<b>10.0 Santé et sécurité</b>	52
10.1 Stratégies de sécurité.	52
10.2 Directeur de la sécurité.	52
10.3 Risques pour la santé	53
10.4 Équipement de protection individuelle	53
10.5 Coordination avec l'EGI et rapports hiérarchiques	53
<b>11.0 Gestion de l'information</b>	54
11.1 Gestion des données	54
11.2 Information publique	55
<b>12.0 Autres considérations d'ordre général</b>	56
12.1 Potentiel de mise en œuvre	56
12.2 Autres façons d'accéder à un incendie de forêt en milieu périurbain pour mener une étude de cas	57
12.3 Défis administratifs de la mise en œuvre des études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain	58
12.4 Faisabilité de la collecte de données avant l'exposition à l'incendie	59
12.5 Collaboration internationale.	60
12.6 Résumé	61



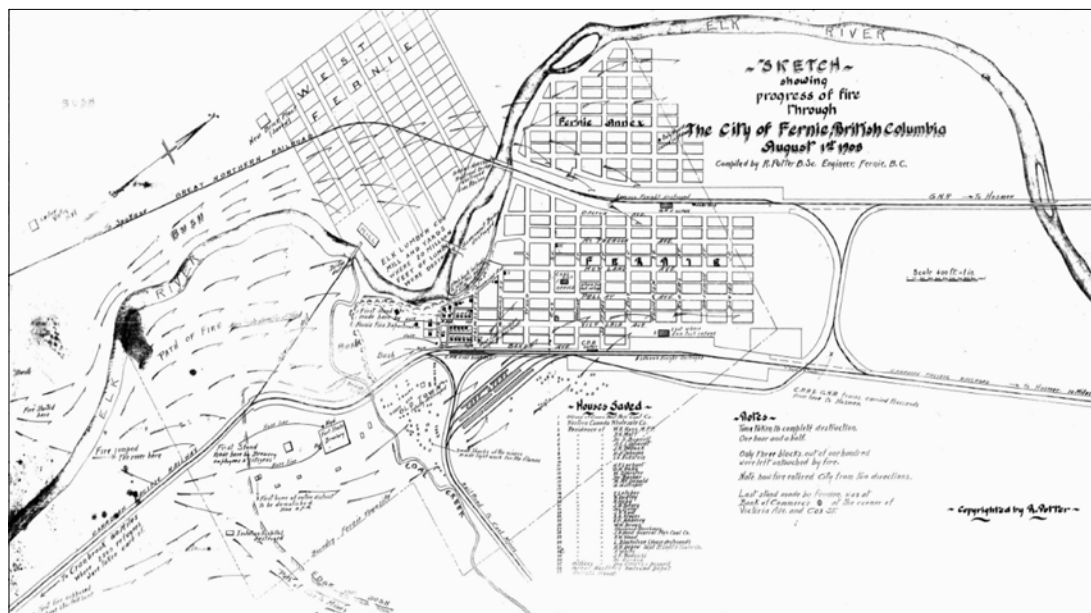
<b>Partie IV : Conclusions et recommandations</b> .....	62
<b>13.0 Conclusions et recommandations</b> .....	62
13.1 Conclusions .....	62
13.2 Recommandations .....	63
<b>14.0 Ouvrages cités</b> .....	66
<b>Annexe A :</b> Glossaire des principaux termes .....	71
<b>Annexe B :</b> Bibliographie partielle des études de cas d’incendies de forêt en milieu périurbain .....	75
<b>Annexe C :</b> Exemples de document normatif .....	77
<b>Annexe D :</b> Méthodes d’élaboration du document de base. ....	78
<b>Annexe E :</b> Questions de recherche importantes pour les études de cas d’incendies de forêt en milieu périurbain .....	79
<b>Annexe F :</b> Analyse détaillée des opportunités de recherche par études de cas d’incendies de forêt en milieu périurbain .....	81

## Avant-propos

Toute personne intéressée par les incendies de forêt en milieu périurbain devrait être inspirée par la carte dessinée à la main ci-dessous<sup>1</sup>. Elle a été produite il y a plus d'un siècle par Robert Potter, ingénieur municipal à Fernie, en Colombie-Britannique, et constitue peut-être encore l'une des études les plus éclairantes sur les incendies de forêt au Canada.

L'auteur a documenté sur une seule page un incendie de forêt qui a dévasté la ville de 5 000 habitants le 1<sup>er</sup> août 1908. Sa carte retrace le chemin parcouru par l'incendie qui se dirigeait vers la ville, l'étendue des pertes (seulement 37 bâtiments ont survécu) et l'emplacement des mesures défensives prises lors des 90 minutes qu'a duré le passage catastrophique de l'incendie.

Le travail de Potter est un compte rendu durable d'un événement catastrophique en milieu périurbain. Plus d'un siècle plus tard, il est temps d'élaborer une méthodologie standard pour documenter les catastrophes contemporaines de manière à mieux comprendre leur évolution et pour acquérir les connaissances nécessaires afin d'éviter qu'elles ne se reproduisent. Il est à noter que, comme de nombreuses villes qui ont connu des incendies dévastateurs au tournant du siècle dernier (dont Vancouver en 1886 et Seattle en 1887), Fernie a « mieux reconstruit » en utilisant des briques fabriquées localement.



Ce n'est que récemment que j'ai pris conscience des liens entre la carte de 1908 et mes propres efforts défectueux à Fort McMurray, en Alberta, en mai 2016. J'y étais pour mener l'une des rares autres études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain au Canada et tenter de comprendre pourquoi certaines maisons ont résisté à un incendie majeur, tandis que d'autres ont été réduites en cendres. À bien y penser, l'issue des principaux incendies de forêt en milieu périurbain ne semble pas avoir beaucoup changé depuis 1908. À l'instar d'autres chercheurs et intervenants dans le domaine des incendies de forêt en milieu périurbain, je réfléchis également à ce que nous pourrions apprendre de plus sur l'atténuation des pertes attribuables à de telles catastrophes à l'avenir si nous étions davantage préparés et en mesure d'observer de tels événements de première main. – AW

<sup>1</sup> Avec l'aimable autorisation de la société d'histoire de Fernie. <https://search-bcarchives.royalbcmuseum.bc.ca/sketch-showing-progress-of-fire-through-city-of-fernie-british-columbia-august-1-1908-compiled-by-r-potter-b-sc-engineer-fernie-bc>

## Liste des figures

<b>Figure 2-1 :</b> Contexte du document de base. . . . .	10
<b>Figure 2-2 :</b> Méthodes d'élaboration du document de base en vue de la réalisation d'études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain . . . . .	11
<b>Figure 3-1 :</b> Zones d'inflammation autour des structures . . . . .	13
<b>Figure 3-2 :</b> Les éléments de preuve postérieurs à l'incendie comme ceux illustrés ci-dessus sont limités et ne prêtent pas facilement à interprétation. . . . .	13
<b>Figure 4-1 :</b> Contributions de diverses approches de recherche à l'atténuation des incendies de forêt en milieu périurbain . . . . .	16
<b>Figure 4-2 :</b> Modèle des avantages attendus de la recherche sur les incendies de forêt en milieu périurbain . . . . .	18
<b>Figure 4-3 :</b> Phases du cycle de gestion des catastrophes . . . . .	18
<b>Figure 7-1 :</b> Proposition d'application de la méthode scientifique aux études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain (adaptée de la norme NFPA 921) . . . . .	28
<b>Figure 7-2 :</b> Drone de qualité commerciale type avec caméras haute résolution (en dessous) et GPS (sur le dessus). . . . .	31
<b>Figure 7-3 :</b> Caméra vidéo couleur isolée (à droite) associée à deux fluxmètres thermiques (à gauche). . . . .	33
<b>Figure 7-4 :</b> Exemple de station météo portable pleine grandeur transmettant des données par télémétrie . . . . .	36
<b>Figure 8-1 :</b> Démarches à mener auprès des autorités compétentes pour obtenir l'autorisation de déployer une EREC sur les lieux d'un incendie de forêt en milieu périurbain . . . .	41
<b>Figure 8-2 :</b> Intégration d'une EREC dans l'équipe de gestion d'intervention. . . . .	43

## Liste des tableaux

Tableau 3-1 : Exemples de questions de recherche importantes pour les études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain . . . . .	15
Tableau 6-1 : Caractéristiques et niveau de complexité d'incendies de forêt en milieu périurbain représentatifs . . . . .	24
Tableau 6-2 : Résumé des scénarios de déploiement des équipes de recherche. . . . .	25
Tableau 6-3 : Estimation des opportunités de recherche sur les incendies de forêt en milieu périurbain (par catégories de recherche sélectionnée) . . . . .	26
Tableau 7-1 : Applicabilité des méthodes proposées à l'évaluation des processus de déroulement des incendies . . . . .	38
Tableau 8-1 : Postes et fonctions des membres de l'équipe de recherche par études de cas . . . . .	45
Tableau 8-2 : Scénarios de chronologie prospective des activités de recherche lors de déploiements types sur les lieux d'un incendie de forêt en milieu périurbain . . . . .	48
Tableau E-1 : Questions de recherche importantes pour les études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain . . . . .	79

## Acronymes

<b>CCMF</b>	Conseil canadien des ministres des forêts
<b>CCN</b>	Conseil canadien des normes
<b>CET</b>	Comité d'examen technique
<b>CIFFC</b>	Centre interservices des feux de forêt du Canada
<b>CNRC</b>	Conseil national de recherches du Canada
<b>EGI</b>	Équipe de gestion d'intervention
<b>EIMFC</b>	Expérience internationale de modélisation des feux de cimes
<b>EREC</b>	Équipe de recherche par études de cas
<b>GTEC</b>	Groupe de travail sur les études de cas
<b>IBHS</b>	Insurance Institute for Business and Home Safety
<b>IPSC</b>	Institut de prévention des sinistres catastrophiques
<b>NFPA</b>	National Fire Protection Association
<b>NIST</b>	National Institute of Standards and Technology
<b>NNC</b>	Norme nationale du Canada
<b>ORSIC</b>	Organisation de la recherche scientifique et industrielle du Commonwealth
<b>SCF</b>	Service canadien des forêts
<b>SCI</b>	Système de commandement d'intervention
<b>ZIS</b>	Zone d'inflammation de structures

# Auteurs

## Auteur principal

### Alan L. Westhaver, M. Sc.

Propriétaire, ForestWise Environmental Consulting Ltd., Salmon Arm, Colombie-Britannique

[alan.westhaver@shaw.ca](mailto:alan.westhaver@shaw.ca)

Alan Westhaver a été directeur principal du programme de lutte contre les incendies pendant une grande partie de sa carrière de 35 ans dans les parcs nationaux du Canada. Ses responsabilités englobaient le développement des capacités opérationnelles et administratives de l'organisme dans le domaine de la gestion moderne des incendies (c.-à-d., l'extinction et l'utilisation des incendies). Il a en outre été déployé à plusieurs reprises en tant qu'analyste du comportement des incendies dans les équipes de commandement d'intervention. Sa passion pour le milieu périurbain est née du double défi de restaurer le rôle écologique du feu dans les écosystèmes des parcs, tout en protégeant ces parcs et les collectivités voisines. La longue association de M. Westhaver avec la Partners in Protection Association (aussi appelée FireSmart Canada ou Intelli-feu) a commencé en 1990. Il a siégé à son conseil d'administration jusqu'en 2013, a coprésidé le groupe de travail chargé de créer le manuel original FireSmart (1999) et a coécrit le programme de reconnaissance des collectivités Intelli-feu (FireSmart Canada Community Recognition Program, 2012). À Jasper, en Alberta, il a conçu et géré le projet collaboratif FireSmart – ForestWise Project (2000-2012), qui combinait protection des collectivités contre les incendies de forêt et rétablissement de l'écosystème et des biens des résidents. Ce projet a été documenté dans sa thèse de maîtrise (Université de Calgary).

M. Westhaver a dirigé les études de cas postérieures aux incendies de forêt en milieu périurbain de Slave Lake, Alberta et de Kelowna, C.-B. (2015) ainsi que celui de Fort McMurray, Alberta (2016) pour le compte de l'Institut de prévention des sinistres catastrophiques (voir [www.iclr.org](http://www.iclr.org)). Il demeure actif au chapitre de la sensibilisation des collectivités et la protection contre les feux de forêt par l'intermédiaire de sa société d'experts-conseils de Salmon Arm, en Colombie-Britannique.

## Collaborateur à la rédaction

### Stephen W. Taylor

Service canadien des forêts

[steve.taylor@canada.ca](mailto:steve.taylor@canada.ca)

Stephen Taylor est chercheur au Centre de foresterie du Pacifique du Service canadien des forêts à Victoria, en Colombie-Britannique. Il participe aux travaux de plusieurs groupes consultatifs nationaux et est l'auteur et coauteur de plusieurs publications sur le comportement des feux de forêt et leurs répercussions ou applications dans la gestion des ressources naturelles, dont le « Guide de la méthode canadienne de prévision du comportement des incendies de forêt (PCI) ».

## Résumé

Les incendies de forêt en milieu périurbain comptent maintenant parmi les principales catastrophes naturelles au Canada, et leurs conséquences sur les collectivités canadiennes sont en hausse. Plusieurs politiques et programmes fédéraux et provinciaux conviennent de la nécessité de s'adapter et de devenir plus résilients face à l'augmentation du nombre de feux de forêt. Les connaissances scientifiques ont évolué et reconnaissent maintenant que les incendies de forêt en milieu périurbain sont en grande partie un problème de vulnérabilité des structures à l'inflammation lorsque les feux atteignent le milieu bâti, plutôt que seulement un problème de maîtrise des feux de forêt ou de gestion du combustible, ce qui signifie que les risques peuvent être atténués par des mesures appliquées aux structures et à leur environnement immédiat. Cette constatation est conforme au Cadre d'action de Sendai pour la réduction des risques de catastrophe des Nations Unies de 2015.

L'atténuation efficace des catastrophes repose sur des données scientifiques solides, et l'évaluation des impacts et des causes est une partie importante du cycle de gestion des catastrophes. Le Canada n'a pas de processus officiel pour assurer le suivi des incendies de forêt en milieu périurbain au moyen d'études d'impact qui pourraient aider à déterminer comment éviter les catastrophes futures ou en réduire les répercussions, contrairement à d'autres catastrophes ou dangers naturels, et on ne sait pas qui aurait le mandat ou l'autorité pour effectuer de telles évaluations. Ainsi, très peu d'études sur le terrain lors d'incendies de forêt en milieu périurbain ont été menées au Canada. Nous ratons des occasions d'apprendre des incendies de forêt en milieu périurbain, qui sont à la fois rares et éphémères au Canada.

La préparation de ce document de base, entreprise par l'Institut de prévention des sinistres catastrophiques<sup>2</sup> (IPSC) et parrainée par le Conseil canadien des normes (CCN), est une première étape vers la création d'une méthodologie complète (comprenant des meilleures pratiques) pour mener au Canada des études de cas sur l'exposition aux incendies de forêt en milieu périurbain et leurs conséquences. Ces études sont essentielles pour combler les lacunes en matière de connaissances et améliorer les mesures d'atténuation visant à réduire la vulnérabilité, l'inflammabilité et la perte des structures. Ce document n'est pas un ouvrage normatif, mais plutôt un document d'information explorant à quoi pourrait ressembler une méthodologie complète. Il aborde les aspects scientifiques, opérationnels et administratifs de la mise en œuvre d'une recherche par études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain et servira de référence pour susciter une discussion plus approfondie. En préparant ce document, les auteurs reconnaissent clairement qu'il est essentiel de gagner la confiance et le soutien des principales parties prenantes pour qu'une telle initiative progresse.

Le document de base s'appuie largement sur l'expérience et les connaissances d'un groupe d'experts internationaux, sur les commentaires d'un large éventail d'intervenants canadiens et sur une analyse approfondie de la littérature. Toutes ces sources de connaissances ont permis de répertorier les problèmes anticipés et de formuler des questions de recherche et des recommandations éclairées. Il comprend des suggestions pour recueillir des données, mettre sur pied une équipe de recherche bien préparée et développer un système fonctionnel pour accéder en toute sécurité sur les lieux d'un incendie de forêt actif en milieu périurbain. Ces protocoles peuvent être appliqués partout au Canada. La recherche porte sur les domaines d'enquête suivants :

- l'exposition aux facteurs de risque qui contribuent à la vulnérabilité des structures à l'inflammation;
- les voies de progression du feu dans une zone d'inflammation de structures (ZIS);
- la propagation du feu entre les structures dans le milieu bâti;
- la corrélation entre les conditions de l'environnement des feux de forêt et le flux de braises.

---

<sup>2</sup> L'IPSC a comme mission de réduire le nombre de décès et les dommages matériels causés par les catastrophes naturelles. Pour s'en acquitter, il soutient des mesures éprouvées qui visent à améliorer la capacité de la société à s'adapter aux catastrophes naturelles, à les anticiper, à les atténuer, à y résister et à s'en remettre lorsqu'elles surviennent.

Bon nombre de ces sujets ne pourront être abordés que si nous réussissons à recueillir des données avant l'arrivée de l'incendie ou dès ses premiers stades. Par conséquent, la rapidité de déploiement de l'équipe de recherche est une priorité urgente si nous voulons recueillir des données pouvant répondre à bon nombre des questions en suspens. Les protocoles de recherche sur les incendies de forêt en milieu périurbain ont été adaptés pour assurer :

- le choix du moment optimal pour la recherche, de même qu'une mobilisation et un déploiement rapides de l'équipe de recherche;
- des méthodes d'échantillonnage et de collecte de données spécialisées;
- la coordination avec les autorités compétentes<sup>3</sup> et l'équipe de gestion d'intervention (EGI);
- la prévention ou minimisation des entraves aux opérations de lutte contre les incendies;
- la sécurité de l'équipe de recherche;
- la compétence des membres de l'équipe et une démarche de recrutement appropriée;
- la gestion des données et la communication des résultats de la recherche.

Les études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain présentent un défi opérationnel et technique, mais tous ces problèmes peuvent être résolus. Les inquiétudes en matière de sécurité et de coordination des activités sur les lieux soulevées par les parties prenantes et les examinateurs techniques peuvent également être dissipées efficacement.

Cependant, les défis administratifs à surmonter pour développer une méthodologie fonctionnelle de recherche sur les incendies de forêt en milieu périurbain demeurent, à savoir :

- obtenir les engagements administratifs et financiers nécessaires pour soutenir la recherche sur les incendies de forêt en milieu périurbain;
- réunir un groupe cadre d'ingénieurs en protection contre les incendies de structures et de spécialistes des incendies de forêt en milieu périurbain pour former une ou plusieurs équipes d'étude;
- trouver un organisme parrain ou une « tête de réseau » pour coordonner la recherche sur les incendies de forêt en milieu périurbain au Canada.

Il reste beaucoup de travail important à faire pour finaliser une méthodologie de recherche par études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain. Nous recommandons donc :

1. Que les procédures décrites dans ce document soient converties en une spécification technique nationale pour gérer et mener de futures études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain au Canada, sous les auspices du Conseil canadien des normes.
2. Que si le CCN choisit de ne pas publier de document normatif, les principales parties prenantes<sup>4</sup> se réunissent dans le but de créer un groupe de travail sur les études de cas<sup>5</sup> afin de finaliser indépendamment une méthodologie exhaustive sur les études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain.

---

<sup>3</sup> Les autorités compétentes comprennent les agences provinciales et territoriales de lutte contre les incendies de forêt, ainsi que les administrations municipales, de district et régionales et celles des Premières nations.

<sup>4</sup> Les principales parties prenantes comprennent le Groupe de travail sur la gestion des feux de forêt du Conseil canadien des ministres des forêts, les représentants du Conseil canadien des directeurs provinciaux et des commissaires des incendies, Sécurité publique Canada, le Service canadien des forêts, le Conseil national de recherches, le Partenariat canadien sur la science des feux de forêt (Canada Wildfire), le Centre interservices des feux de forêt du Canada, l'Association canadienne des chefs de pompiers et les chercheurs émérites sur les feux de forêt.

<sup>5</sup> Le groupe de travail devrait être composé d'experts et refléter la composition de l'équipe de recherche par études de cas (EREC) proposée décrite à la section 8 (c.-à-d. être composé de membres potentiels de l'EREC).



3. Que dans les deux cas précédents, la mobilisation des principales parties prenantes soit un préalable essentiel à la finalisation d'une méthodologie exhaustive de recherche par études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain. Par conséquent, nous demandons instamment de procéder le plus rapidement possible à l'organisation d'un forum facilité regroupant toutes les principales parties prenantes afin que l'on trouve un consensus sur les questions critiques liées à l'administration et à la gestion de la recherche sur les incendies de forêt en milieu périurbain.
4. Qu'indépendamment du processus, une méthodologie complète de recherche par études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain soit composée des huit éléments clés mentionnés dans la section 13 (Recommandations).

Les incendies de forêt en milieu périurbain rassemblent de multiples partenaires diversifiés dans de vastes opérations de lutte et de rétablissement après sinistre efficaces. Or, nous n'observons pas un tel niveau d'engagement à l'égard de la recherche visant à améliorer les efforts de prévention des catastrophes et d'atténuation des risques.

Nous espérons que ce document de base stimulera la poursuite des discussions et des collaborations nécessaires pour paver efficacement la voie à de futures études de cas sur les incendies de forêt en milieu périurbain, et que ces études éclaireront toutes les phases du cycle de gestion des catastrophes et réduiront en fin de compte les effets néfastes des feux de forêt sur les Canadiens.

En attendant, comme l'a noté le philosophe grec Théophraste vers 400 avant J.-C, le feu est un être gourmand.

# Partie I : Principaux facteurs environnementaux, politiques et scientifiques

Cette section donne un aperçu de certains des principaux facteurs environnementaux et politiques de ce projet, de ses objectifs et de sa méthodologie, ainsi que des lacunes sur le plan des connaissances qui pourraient être comblées par des études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain.

## 1.0 Introduction

Près de 6 % de la forêt canadienne et 60 % des collectivités recensées se trouvent en milieu périurbain (Johnston, 2016), milieux qui regroupent environ 15 % des unités d'habitation au Canada (Taylor, 2014). Le nombre et l'impact des incendies qui se propagent à partir des forêts et des friches aux collectivités en milieu périurbain ont augmenté au Canada au cours des deux dernières décennies. Notamment, plusieurs incendies dévastateurs en milieu périurbain ont entraîné la perte de centaines, voire de milliers d'habitations depuis 2003. C'est la première fois que de tels effets sur les collectivités sont observés au Canada depuis de nombreuses décennies (Alexander et coll., 2007). Il existe en outre un large consensus (Coogan et coll., 2019) voulant que le nombre de feux de forêt augmentera au Canada au cours des prochaines décennies, notamment à la lumière des affirmations suivantes :

- une augmentation de deux à quatre fois de la superficie brûlée annuellement au Canada (Flannigan, 2005; Podur et Wotton, 2010);
- un accroissement de l'intensité et de la gravité des incendies en raison de combustibles plus secs (de Groot et coll., 2013);
- une augmentation du nombre de jours de propagation rapide du feu en raison des conditions météorologiques extrêmes (Wang et coll., 2015);
- une hausse de la sévérité et la durée de la saison des incendies (Flannigan et coll., 2013);
- un nombre plus élevé de journées où l'intensité de la tête des incendies empêche une attaque directe efficace (Wotton et coll., 2017).

**Grands incendies dévastateurs en milieu périurbain enregistrés par l'industrie de l'assurance de dommages, de 2000 à aujourd'hui (pertes totales supérieures à 25 millions de dollars)**

Incendie	Année	Pertes assurées (en millions de dollars canadiens de 2017)	Nombre de résidences ou structures perdues
Kelowna (C.-B.)	2003	254 \$	334 résidences et de nombreuses entreprises
Slave Lake (Alb.)	2011	574 \$	510
Fort McMurray (Alb.)	2016	3 811 \$	1 595 structures comportant 2 579 logements
District régional de Thompson Nicola (C.-B.)	2017	27 \$	215
Zones avoisinantes de Williams Lake (C.-B.)	2017	100 \$	107

Source : Adapté du guide relatif aux incendies en milieu périurbain du Conseil national de recherches du Canada (version préliminaire, mai 2020).

La hausse de la fréquence et de la gravité des incendies, combinée à l'augmentation du nombre d'ensembles résidentiels en milieu périurbain dans certaines régions, entraînera une augmentation des pertes dues aux incendies de forêt en milieu périurbain au cours des prochaines décennies (Conseil canadien des ministres des forêts, 2016).

Le Canada a adopté le Cadre d'action de Sendai pour la réduction des risques de catastrophe (Bureau des Nations Unies pour la prévention des catastrophes, 2015), qui met l'accent sur le renforcement de la résilience des structures aux catastrophes plutôt que sur la gestion des catastrophes. Cette orientation, qui délaisse la gestion des catastrophes en tant que telles au profit d'une gestion proactive des risques de catastrophes, a récemment été reflétée dans trois documents politiques importants :

### 1) Sécurité publique Canada : Stratégie de sécurité civile pour le Canada (2019)

Favorise une approche axée sur tous les dangers et fondée sur une évaluation des risques basée sur des éléments probants; elle met de plus l'accent sur une atténuation accrue des risques et sur une meilleure reconstruction.

## **2) Stratégie canadienne en matière de feux de forêt : Évaluation décennale et renouvellement de l'appel à l'action (2016)**

Favorise l'amélioration des capacités d'atténuation et l'engagement envers l'initiative Intelli-feu<sup>MD</sup>.

## **3) Service canadien des forêts : Plan directeur pour une science des feux de forêt au Canada – 2019-2029 (2018)**

Favorise la construction de collectivités et d'infrastructures résilientes au feu, ainsi que l'amélioration des mesures de réduction des risques.

Ces trois documents conviennent que les incendies de forêt en milieu périurbain constituent une menace croissante pour la santé et la sécurité des Canadiens et font état de la nécessité d'entreprendre des recherches pour accroître la résilience aux catastrophes liées aux feux de forêt.

En outre, plusieurs feux de forêt et saisons des incendies ont fait l'objet d'examen au cours des deux dernières décennies en raison de leurs effets dévastateurs. En voici une liste :

- BC Flood and Wildfire Review (Abbott et Chapman, 2018)
- Horse River Fire, Fort McMurray, Alberta (MNP, 2017)
- Wood Buffalo Wildfire Post-Incident Assessment Report (KPMG, 2016)
- Fire behaviour case study of two early winter grass fires in southern Alberta (Alexander, Heathcott et Schwanke, 2013)
- Flat Top Complex Review Committee: Slave Lake, Alberta (2012)
- Firestorm 2003, British Columbia (Filmon 2004)
- Managing Interface Fire Risks (Rapport du vérificateur général de la C.-B., 2002)
- Chisholm Fire Review Committee – Final Report (De Sorcy 2001, Alberta)
- Garnet Fire Review (PricewaterhouseCoopers, 1995)

Bien que ces études aient principalement porté sur la gestion opérationnelle des urgences et de la lutte contre les incendies, elles ont toutes relevé le besoin de mener des recherches sur la réduction des pertes dues aux incendies de forêt en milieu périurbain.

Les efforts déployés actuellement pour accroître la résilience aux feux de forêt au Canada comprennent des lignes directrices publiées par Intelli-feu (Partners in Protection 2003 et autres) et d'autres directives en cours de préparation par le CNRC sur les incendies de forêt en milieu périurbain pour les nouveaux ensembles résidentiels. La nécessité d'accroître l'assise scientifique de ces lignes directrices dans les recherches futures est donc largement admise. Malgré les appels répétés pour tirer des « enseignements » des feux de forêt et le souci de réduire la vulnérabilité des collectivités à ces incendies, il y a peu d'observations de première main sur le milieu bâti, y compris les connaissances sur l'exposition aux braises, les voies de progression des incendies aux résidences individuelles et entre les structures adjacentes et la vulnérabilité à l'inflammation de certains composants structurels, des éléments d'aménagement paysager et d'autres combustibles.

« Une zone est qualifiée de "milieu périurbain" lorsqu'elle comporte des structures situées dans des secteurs où les caractéristiques topographiques, les types de végétation ou de combustible et les conditions météorologiques locales posent un risque que ces structures s'embrasent à cause des flammes, de la chaleur radiante ou des tisons produits par un incendie de forêt. »

Plusieurs approches peuvent accroître notre compréhension et améliorer notre capacité à gérer les pertes attribuables aux feux de forêt :

- les expériences en laboratoire, qui sont la méthode standard pour évaluer l'inflammabilité des matériaux de construction (p. ex., dans le cadre des travaux en cours dans des installations pouvant produire des tisons);
- les modèles physiques, qui fournissent une capacité prédictive du transfert de chaleur radiante (Cohen, 1995);
- les expériences sur le terrain, comme le projet EIMFC (Expérience internationale de modélisation des feux de cimes, Cohen, 2004; Stocks et coll., 2004), qui ont démontré que des structures séparées d'environ 30 mètres du front d'un incendie de forêt de haute intensité ne s'enflammeront probablement pas sous l'effet de la chaleur radiante;
- les études de cas postérieures aux incendies (Cohen, 2000; Cohen, 2003a; Blanchi et coll., 2006; Moore et coll., 2008; Quarles et coll., 2012; Gibbons et coll., 2012; Rissel et Ridenour, 2013; Westhaver, 2017), qui donnent à penser que les braises et les tisons dispersés par un feu de forêt dans une collectivité sont la principale cause d'inflammation des habitations.

Si toutes ces méthodes améliorent notre connaissance du domaine, elles sont chacune appliquées à une échelle particulière et avec des degrés divers de contrôle environnemental. Les études de cas sont la seule méthode qui examine l'ensemble des effets des incendies de forêt non maîtrisés en milieu périurbain. Nous croyons que les études systématiques d'observation, qui permettent de documenter la progression des incendies de forêt dans les milieux bâtis et de confirmer quels sont les facteurs de vulnérabilité des structures, ont déjà contribué et continueront à contribuer à une meilleure compréhension de ces événements et suggéreront de nouvelles pistes de recherche.

Nous sommes également convaincus d'avoir raté de nombreuses occasions de tirer des enseignements des incendies de forêt en milieu périurbain qui se sont produits au Canada au cours des deux dernières décennies. Cela s'explique en partie par le fait que les services d'urgence et d'incendie locaux sont débordés lors d'une intervention et que les agences de gestion forestière n'ont pas de pouvoir juridictionnel sur des propriétés privées ni le mandat de mener des enquêtes détaillées hors des terres publiques<sup>6</sup>. En raison de la nature aléatoire des feux de forêt et de la brève période de conjoncture favorable lorsque des incendies de forêt se propagent dans le milieu bâti, les chercheurs doivent être bien préparés, capables de réagir rapidement et avoir la confiance et le soutien des organismes compétents pour tirer parti de ces opportunités de recherche.

## Enquêtes sur les dommages causés par les tornades et conseils de construction

Des enquêtes sur les dommages constatés après une catastrophe et la prise en compte des résultats de ces enquêtes dans les codes de construction sont monnaie courante dans d'autres types d'aléas au Canada. Par exemple, on mène des études sur les dommages causés par les tornades pour les classer sur l'échelle de Fujita améliorée afin d'en déterminer l'intensité (EFO à EF5). La classification est basée sur l'observation des dommages causés à différents types de structures (granges, maisons, écoles, etc.) et à d'autres objets (véhicules, arbres, poteaux autoportants, etc.).

Les enquêtes sur place menées dans l'est du Canada ont révélé que les structures où plus de 90 % des occupants ont été tués ou gravement blessés comportaient des planchers inadéquatement ancrés aux fondations ou des ancrages déficients reliant les toits et les murs. Le Code national du bâtiment du Canada traite de l'ancrage des bâtiments et inclut d'autres commentaires concernant l'ancrage des toits aux murs en blocs de béton pour tenir compte des risques de tornade et de vent élevé, ce qui reflète les conclusions de ces enquêtes.

Une norme nationale du Canada visant l'accroissement de la résistance aux vents violents et aux tornades des immeubles résidentiels de faible hauteur au Canada est en cours d'élaboration (CSA S520). Cette norme se fonde sur un document de base citant les résultats d'enquêtes récentes sur les dommages, qui ont révélé des vulnérabilités spécifiques des structures aux tornades.

*Pour de plus amples renseignements, voir SANDINK, D., G. Koop, S. Stevenson et N. Dale (2019). Améliorer la résistance des résidences canadiennes aux vents violents : Document de base pour les bâtiments résidentiels de faible hauteur et les petits bâtiments, Toronto, Institut de prévention des sinistres catastrophiques et Ottawa, Conseil canadien des normes, et les citations que contient ce document.*

<sup>6</sup> Les directeurs provinciaux ou commissaires des incendies détiennent ce pouvoir juridictionnel.

Malgré l'importance généralement accordée aux enseignements à tirer des catastrophes et à l'atténuation de leurs conséquences, le Canada n'a ni procédure ni processus officiel pour étudier les incendies de forêt en milieu périurbain afin de recueillir des données qui permettraient de les prévenir ou de réduire leurs impacts. Cela contraste avec d'autres risques naturels, où l'on procède souvent à une évaluation des dommages après les événements. C'est le cas, par exemple, des tornades (Harrison et coll., 2015), des inondations (Ahmari et coll., 2016) et des tremblements de terre (Mitchell et coll., 1990; Bird et coll., 2016).

### **1.1 Objet et objectifs du projet**

Ce projet a vu le jour parce qu'il faut en apprendre davantage sur les incendies de forêt dévastateurs en milieu périurbain afin de réduire le risque d'impacts sociaux et économiques futurs. Les répercussions des catastrophes liées aux incendies de forêt en milieu périurbain représentent un phénomène pancanadien qui oblige les secteurs public et privé, de même que tous les paliers de gouvernement à partager les responsabilités pour prendre efficacement en charge les mesures de préparation, d'atténuation, d'intervention et de rétablissement.

L'objet du projet est :

*De développer un document de base qui contribuera à la collecte de données sur les incendies de forêt en milieu périurbain qui ont provoqué ou sont susceptibles d'entraîner la perte de structures. Le document mènera à la mise en place d'un système fonctionnel permettant aux chercheurs d'accéder aux zones dévastées par les incendies de forêt en milieu périurbain et d'interpréter les données recueillies relativement à la vulnérabilité et à la destruction des structures. Nous nous attendons à ce que le développement de cette méthodologie contribue à la vérification sur le terrain et à une meilleure compréhension et évaluation des facteurs de risque, des caractéristiques de propagation du feu et des processus d'inflammation des structures qui accroissent la vulnérabilité et la perte des structures, comme l'indique la documentation sur l'atténuation des incendies de forêt en milieu périurbain.*

Le projet vise aussi les objectifs suivants :

1. définir les questions de recherche et les lacunes les plus importantes sur le plan des connaissances;
2. examiner et proposer des méthodes pour recueillir et gérer les données critiques avant, pendant et après les incendies de forêt en milieu périurbain;
3. prévoir les problèmes techniques, logistiques et administratifs;
4. recommander des solutions réalisables et des meilleures pratiques;
5. décrire les attributs et les critères de déploiement d'une équipe de recherche appropriée;
6. décrire les problèmes à régler et les prochaines étapes appropriées.

Nous reconnaissons également que le développement de protocoles et de meilleures pratiques pour la recherche sur les incendies de forêt en milieu périurbain impose des contraintes car :

- les incendies de forêt en milieu périurbain sont tous très différents, de sorte que les divers aspects de la méthodologie prescrite ne seront pas *tous* applicables à chaque occurrence d'incendie;
- les protocoles de recherche doivent tenir compte des biais inhérents des observateurs, et les chercheurs devront prêter attention à la découverte et à l'exploration d'observations inattendues susceptibles de se produire lors d'incendies de forêt en milieu périurbain;
- si la plupart des défis liés à la recherche par études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain peuvent actuellement être pris en compte ou abordés, *ils ne le seront certainement pas tous*.

Nous nous attendons donc à ce que les méthodes et les protocoles soient adaptés au fur et à mesure qu'ils seront mis en œuvre et que les chercheurs acquerront de l'expérience avec leur application – « l'apprentissage par la pratique » étant un ingrédient essentiel de la réussite.

Les avantages escomptés de l'élaboration de ce document de base comprennent notamment les suivants :

- permettre au CCN de décider des options à intégrer à un document normatif;
- permettre aux chercheurs de mieux se préparer à être déployés en toute sécurité lors d'incendies de forêt en milieu périurbain (sous les auspices des autorités compétentes) et de tirer parti de ces déploiements pour amasser des connaissances importantes qui aideront à comprendre la dynamique des incendies de forêt non maîtrisés de grande ampleur en milieu périurbain et à orienter les pratiques visant à réduire les pertes;
- susciter la discussion et favoriser un intérêt plus large et des actions collectives envers la création d'équipes de recherche et d'un plan opérationnel pour réaliser des études de cas structurées d'incendies de forêt en milieu périurbain.

Dans l'ensemble, le document de base est destiné à fournir un point d'ancrage pour le développement d'une méthodologie systématique qui permettrait de tirer des enseignements des incendies de forêt catastrophiques en milieu périurbain et de susciter des discussions interdisciplinaires et une collaboration pour mener des études de cas.

Ce document s'adresse à un large éventail de publics canadiens, des organismes responsables des politiques gouvernementales aux organisations citoyennes, qui sont autant de parties prenantes touchées par l'enjeu des incendies de forêt en milieu périurbain. Au nombre des principales parties prenantes, mentionnons le Groupe de travail sur la gestion des feux de forêt du Conseil canadien des ministres des forêts, les représentants du Conseil canadien des directeurs provinciaux et des commissaires des incendies, Sécurité publique Canada, le Service canadien des forêts, le Conseil national de recherches, le Centre interservices des feux de forêt du Canada, l'Association canadienne des chefs de pompiers, des chercheurs émérites sur les feux de forêt, l'Union des municipalités de la Colombie-Britannique, la Fédération canadienne des municipalités et plusieurs autres organisations, industries et institutions.

La structure de ce document se présente comme suit : description du problème, objectifs du projet, méthodes et besoins en connaissances (Partie I); analyse des opportunités de recherche et des méthodes potentielles (Partie II); modèle de protocoles pour le déploiement d'une équipe de recherche sur les incendies de forêt en milieu périurbain (Partie III); et enfin, conclusions et recommandations (Partie IV).

## **2.0 Élaboration de protocoles de recherche par études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain**

### **2.1 Introduction**

En tant que participant au Cadre pancanadien sur la croissance propre et les changements climatiques, le Conseil canadien des normes (CCN) contribue à mieux positionner le système national de normalisation pour protéger la santé et la sécurité des Canadiens face aux changements climatiques. Aux termes de cette initiative, le CCN travaille avec ses partenaires et les organismes d'élaboration de normes (OEN)<sup>7</sup> pour s'assurer que les normes d'infrastructure et de construction sont « adaptées aux changements climatiques » et que la normalisation aide l'industrie canadienne des technologies propres en accélérant leur commercialisation.

Compte tenu de la portée nationale des préoccupations à propos de l'impact des incendies de forêt en milieu périurbain, le CCN a mandaté l'Institut de prévention des sinistres catastrophiques pour produire un « document de base » qui tracerait les contours d'un protocole pouvant mener à l'élaboration d'un document normatif pour rédiger et gérer des études de cas scientifiques systématiques sur les incendies de forêt en milieu périurbain. L'IPSC a alors retenu les services de ForestWise Environmental Consulting Ltd. pour rédiger ce document en collaboration avec le Service canadien des forêts.

L'initiative de rédiger un document de base s'arrime parfaitement aux grandes orientations d'organismes fédéraux clés comme Sécurité publique Canada (Stratégie de sécurité civile pour le Canada) et le Service canadien des forêts (Plan directeur pour une science des feux de forêt au Canada), ainsi qu'à celles de partenariats tels que le Conseil canadien des ministres des forêts (Stratégie canadienne en matière de feux de forêt). De plus, comme le précise le mandat de ce projet, plusieurs plans d'adaptation au climat de gouvernements provinciaux et territoriaux, notamment ceux de l'Ontario, de la Colombie-Britannique, du Québec et du Manitoba, ont souligné la nécessité d'ajuster les codes et les normes pour accroître la résilience aux catastrophes naturelles dévastatrices et aux changements climatiques.

Ce document de base vise à préparer le terrain en vue du rassemblement des connaissances et des idées des parties prenantes concernant la recherche par études de cas sur les incendies de forêt en milieu périurbain. Il a été rédigé par des spécialistes et en consultation avec des experts en la matière pour faciliter la compréhension de cette question complexe, affiner l'approche de recherche et prendre des décisions concernant les recherches futures sur l'atténuation des risques de feux de forêt. Si le CCN choisit d'élaborer un document normatif, il s'agira d'un projet distinct, géré par le CCN et inspiré par le document de base (voir la figure 2-1).

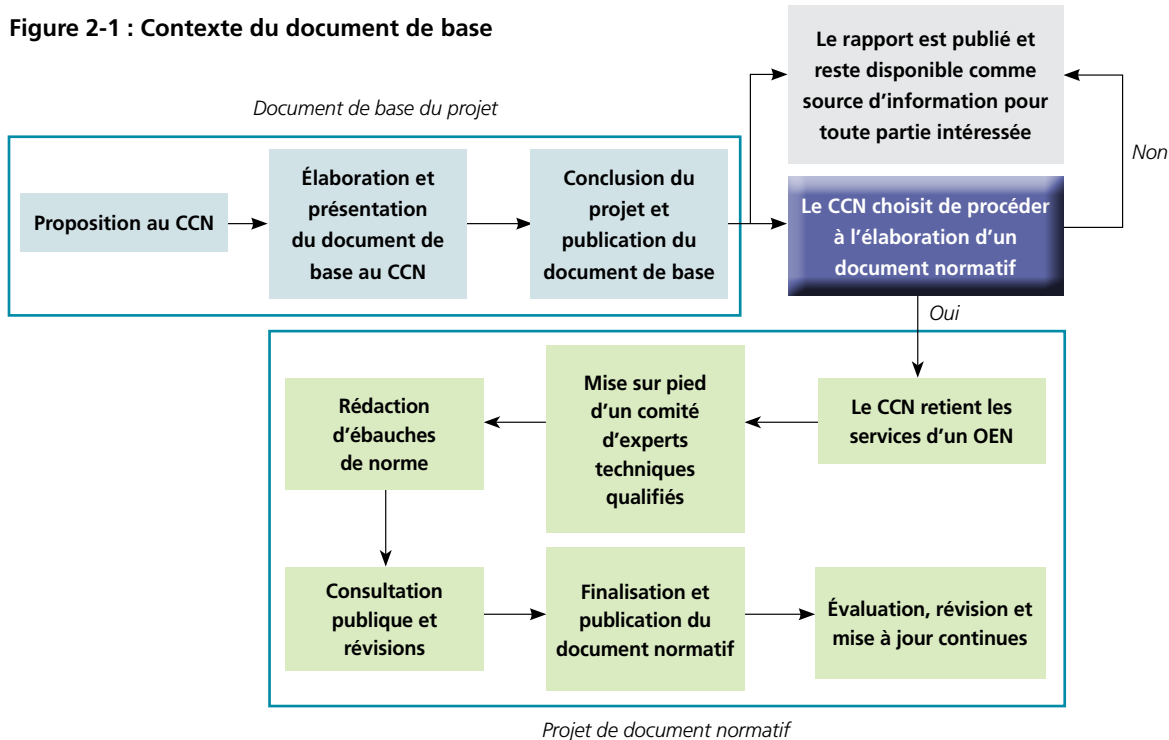
Le type de document normatif approprié dépendra de plusieurs facteurs, y compris le niveau de consensus et d'accord atteint au sein de la communauté des parties prenantes relativement aux processus et aux pratiques qui peuvent y être intégrés. Si le document dégage un large consensus, il pourrait donner lieu à l'élaboration d'une norme nationale du Canada (NNC). En l'absence de consensus ou si l'élaboration d'une NNC n'est pas possible, d'autres documents (tels qu'un accord d'atelier national, un pôle d'échanges nationaux ou une spécification technique nationale) peuvent être envisagés (voir l'annexe C).

---

<sup>7</sup> Les OEN au Canada sont accrédités par le CCN pour mener des travaux en vue de l'élaboration de normes. Ils développent une norme en consultant un groupe d'experts en la matière, qui deviennent membres d'un comité technique. Les participants font bénéficier le comité de leur expertise technique et de leurs observations. En contrepartie, ils bénéficient eux-mêmes de l'acquisition de connaissances professionnelles dans leur domaine d'expertise. (Source : Conseil canadien des normes)

Le document de base sera publié en tant que ressource publique une fois sa rédaction terminée. Si la décision est de ne pas élaborer de document normatif, le document de base restera disponible en tant que ressource publique (publié par le CCN et l'IPSC). Bien qu'un document de base puisse constituer une source d'information utile, il ne doit pas être considéré comme un document réglementaire ou normatif, et aucune de ses parties ne doit être considérée comme normative ou adoptée comme étant une meilleure pratique approuvée par quelque organisme que ce soit.

**Figure 2-1 : Contexte du document de base**



## 2.2 Méthodes d'élaboration du document de base

Les critères généraux fournis par le CCN, le mandat confié à l'IPSC par le CCN et les processus de développement de la méthodologie à partir d'études de cas (Eisenhardt, 1989) ont tous guidé l'élaboration de ce document de base. Le processus de développement du document de base met fortement l'accent sur la mobilisation de personnes susceptibles de participer à la recherche par études de cas, d'être touchées par celle-ci ou d'être des utilisateurs potentiels des données recueillies. Nous avons également jugé important de consulter des experts connus dans le domaine d'intérêt. Ce projet a réussi à mobiliser ces deux groupes de personnes.

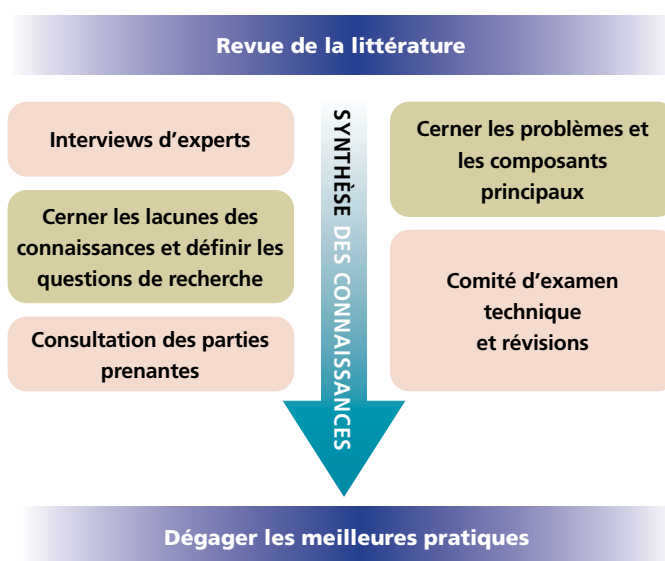
Les principales méthodes utilisées pour créer le document de base et atteindre les objectifs du projet étaient les suivantes :

1. Examiner les ouvrages scientifiques, opérationnels et grand public traitant de la recherche, de la vulnérabilité des structures, de l'inflammation et des pertes liées aux incendies de forêt en milieu périurbain.
2. Mobiliser un groupe d'experts canadiens et internationaux dans le domaine des incendies de forêt en milieu périurbain et dans d'autres disciplines (voir Remerciements) pour dégager les questions de recherche importantes et les composantes d'une méthodologie, solliciter leurs opinions et examiner les ébauches du document.



3. Rechercher et consulter un large éventail de parties prenantes ayant des intérêts dans la lutte contre les incendies de forêt en milieu périurbain, dans la prévention et l'atténuation des risques, dans la recherche et dans la sensibilisation du public à ces incendies, afin de comprendre et de résoudre les problèmes, les enjeux, les préoccupations et les occasions qu'elles perçoivent.
4. Élaborer des questionnaires, des sondages et des enquêtes pour susciter des discussions et des commentaires sur des questions spécifiques et diffuser des projets de documents pour qu'ils soient révisés à la lumière des critiques constructives formulées.

**Figure 2-2 : Méthodes d'élaboration du document de base en vue de la réalisation d'études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain**



### 3.0 Lacunes des connaissances sur l'atténuation des pertes de structures lors d'incendies de forêt en milieu périurbain

Conformément aux pratiques proposées par Eisenhardt (1989), nous avons passé en revue les études de cas existantes sur les incendies de forêt en milieu périurbain et d'autres études pertinentes sur ces incendies pour évaluer les connaissances acquises des principales catastrophes liées aux incendies de forêt en milieu périurbain passés et en dégager les lacunes. Nous avons répertorié plus de 30 études de cas publiées sur la perte de structures lors d'incendies de forêt en milieu périurbain (ouvrages cités et annexe B) et un certain nombre d'autres rapports<sup>8</sup>. La plupart des études de cas provenaient des États-Unis et d'Australie. Le rapport de Westhaver (2017) sur l'incendie de Fort McMurray était la seule étude canadienne pertinente. Il a appliqué rétrospectivement une matrice d'évaluation des risques aux maisons et aux terrains situés en périphérie de la ville et a conclu que les maisons qui ont résisté à l'incendie étaient classées comme présentant un risque global de faible à modéré, tandis que celles qui ont été détruites avaient une cote de risque de élevée à extrême. La végétation comptait pour 50 % à 75 % de tous les risques et posait un problème particulièrement aigu à moins de

<sup>8</sup> Une revue non publiée de la littérature est conservée par l'IPSC.

30 mètres des maisons incendiées. Les braises ont été désignées comme ayant été la principale cause d'embrasement des structures. Bien qu'un certain nombre de propriétés aient fait l'objet d'une étude après l'incendie du parc du mont Okanagan en 2003, seule une carte des structures détruites<sup>9</sup> a été publiée (Beck et Simpson, 2007). Les autres études sur les incendies de forêt en milieu périurbain menées au Canada portaient sur les conditions de l'environnement et sur le comportement de l'incendie. Les exemples incluent 11 incendies de forêt qui ont entraîné l'évacuation de plus de 32 collectivités et la perte de nombreuses maisons au Manitoba en 1987-1989 (Hirsch, 1987, 1989, 1991) et des travaux menés en Saskatchewan sur l'effet de la réduction des risques d'incendie sur le comportement du feu et l'efficacité ou la difficulté de l'extinction de six incendies (FPInnovations, 2017; gouvernement de la Saskatchewan, 2016).

Par suite d'un examen approfondi de la littérature, les principales conclusions des études de cas et des rapports sur les incendies de forêt en milieu périurbain sont les suivantes :

- Les feux de forêt sont inévitables. Des organismes canadiens et américains signalent régulièrement que 95 % à 98 % des incendies sont maîtrisés lorsqu'ils sont très circonscrits. Les incendies restants (de 3 % à 5 %), soit ceux qui présentent les comportements les plus extrêmes, ne peuvent pas être contenus et comptent pour environ 90 % de la superficie forestière consommée chaque année.
- Ces incendies de forêt relativement rares, mais extrêmes, sont la principale cause de presque toutes les pertes attribuables aux incendies de forêt dévastateurs en milieu périurbain (Cohen, 2010).
- Les incendies de forêt dévastateurs en milieu périurbain suivent un modèle distinct appelé « séquence des incendies de forêt en milieu périurbain » (Cohen, 2010; Calkin et coll., 2014), en ce sens que la catastrophe est accélérée lorsqu'un grand nombre d'inflammations de structures quasi simultanées submerge les ressources d'intervention. La séquence révèle également que la construction de structures et de propriétés résistantes à l'embrasement est le moyen le plus probable de prévenir les incendies de forêt catastrophiques en milieu périurbain.
- La plupart des inflammations de structures sont causées soit indirectement par des braises ou des tisons qui allument un feu de surface de faible intensité à côté d'une maison, soit directement par des braises projetées sur la maison, et non par un contact direct avec les flammes ou par rayonnement de flammes provenant du feu de forêt en progression (Menakis et coll., 2003; IBHS, 2007; Cohen et Stratton, 2008; Sandink et coll., 2017).
- La diminution des inflammations de structures repose principalement sur une bonne gestion de leur condition et de la zone de 30 mètres qui les entoure (Stocks et coll., 2004; Calkin et coll., 2014). Ces constatations fournissent des points d'ancrage pour les futures études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain.

Cependant, il subsiste encore bien des incertitudes en ce qui concerne les points d'inflammation, l'exposition à la chaleur et l'embrasement des matériaux, sans compter le manque de connaissance sur leur vulnérabilité à l'inflammation et sur la progression du feu dans le milieu bâti. La mesure ultime du succès des futures études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain sera l'accroissement de la résistance des maisons et autres structures à l'embrasement, qui dépendra en partie de l'ampleur des mesures d'atténuation que les constructeurs et les propriétaires mettront en œuvre.

Des points de vue similaires ont récemment été publiés dans un magazine canadien par Johnston et coll., 2020, à savoir :

« **Les feux de forêt sont inévitables, mais les conséquences écologiques et la vulnérabilité des valeurs humaines (c.-à-d. le milieu bâti) ne sont pas inévitables... car des décisions de gestion, comme la construction ou la modification des structures pour accroître leur résistance au feu, peuvent être prises pour changer le résultat.** »

<sup>9</sup> Carte préparée par le Service canadien des forêts.

Les examinateurs techniques estiment que la qualité de la recherche sur les incendies de forêt en milieu périurbain et la façon dont elle est présentée au public peuvent influencer grandement et positivement le taux d'adoption des mesures d'atténuation.

Figure 3-1 : Zones d'inflammation autour des structures<sup>10</sup>



Crédits photo : Alan Westhaver

Figure 3-2 : Les éléments de preuve postérieurs à l'incendie comme ceux illustrés ci-dessus sont limités et ne prêtent pas facilement à interprétation.

<sup>10</sup> Adapté de l'affiche <https://firesmartbc.ca/resource/firesmart-structure-ignition-zone-poster/>

### 3.1 Lacunes des connaissances et questions de recherche

Nous avons regroupé les lacunes des connaissances en cinq catégories, puis nous les avons classées ci-dessous selon l'ordre de priorité que leur a donné le CET compte tenu de leur importance relative et de leur potentiel pour accroître la compréhension des incendies de forêt en milieu périurbain et de l'inflammation des structures.

- 1. Vulnérabilité :** Observations sur le terrain des caractéristiques physiques des matériaux structurels, de la végétation ou de tout autre combustible (soit les facteurs de risque ) trouvés dans la ZIS qui contribuent à son potentiel d'inflammation lors d'un feu de forêt.
- 2. Exposition :** Observations sur le terrain précisant l'ampleur, l'emplacement, la durée et l'intensité (effet de la chaleur) que produisent la chaleur radiante, les flammes et en particulier les braises sur les éléments structurels, la végétation ou tout autre combustible (c.-à-d. les facteurs de risque<sup>11</sup>) qui se trouvent dans la ZIS et qui peuvent influencer sur le potentiel d'inflammation des structures.
- 3. Voies de progression du feu dans la ZIS<sup>12</sup> :** Documentation de la propagation de l'incendie (y compris les flammes au ras du sol, le feu couvant et les inflammations par les braises) à toutes les formes de matériaux combustibles dans la ZIS vers la structure principale et l'inflammation de la structure.
- 4. Provenance des braises :** Détermination des conditions environnementales des feux de forêt (conditions météorologiques, instabilité atmosphérique, topographie, types de combustibles en forêt, intensité du feu, vitesse de propagation, caractéristiques de la colonne de convection) qui peuvent influencer le type, la quantité et la distribution des braises se propageant dans le milieu bâti et leur efficacité à provoquer des embrasements.
- 5. Propagation du feu entre les structures :** Observations du processus de propagation du feu entre les structures, y compris les facteurs liés aux matériaux de construction, aux dégagements, au type et à la distribution ininterrompue des sources de combustible trouvées entre les structures, à la densité et aux autres caractéristiques de la collectivité, à la dissémination des braises à partir des structures adjacentes et aux conditions dominantes de l'environnement du feu, comme les vents et la pente.

Par la suite, sur la base d'un examen de la littérature (Mell et coll., 2010 et autres) et des suggestions du CET et d'autres experts, nous avons rédigé une liste de 31 questions de recherche importantes auxquelles les futures études de cas pourraient répondre. Un échantillon de ces questions est présenté ci-après (voir l'annexe E pour une liste complète des questions de recherche proposées).

---

<sup>11</sup> Selon la terminologie du programme FireSmart® ou Intelli-feu), un « facteur de risque » est l'un des nombreux éléments structurels (composants ou conception), végétaux ou autres combustibles dans la zone d'inflammation qui contribuent à la vulnérabilité des structures lors d'un incendie de forêt en milieu périurbain. En règle générale, chaque facteur de risque est évalué et coté individuellement lors d'une évaluation complète des risques structurels.

<sup>12</sup> Aussi (anciennement) appelée zone d'inflammation de résidences.

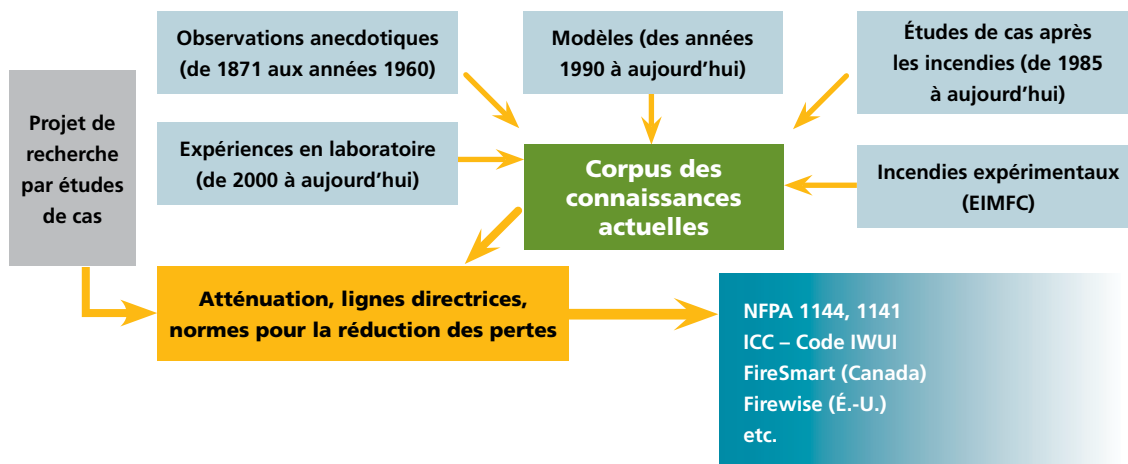
**Tableau 3-1 : Exemples de questions de recherche importantes pour les études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain**

<b>1. Vulnérabilité</b>
<b>Q1 :</b> Quels éléments de structure et quels aspects de ces éléments sont les plus sensibles à une inflammation par des braises?
<b>Q2 :</b> Lorsque des éléments de structure (mur, terrasse, toit, etc.) sont exposés à une chaleur radiante extrême provoquant leur embrasement, où le feu se propage-t-il ou pénètre-t-il dans la structure pour nourrir l'inflammation?
<b>Q3 :</b> Quels principaux combustibles trouvés dans la ZIS et quelles caractéristiques particulières de ces combustibles constituent des points d'inflammation par flux de braises ou de chaleur provenant des feux de forêt?
<b>2. Exposition</b>
<b>Q1 :</b> Quelles sont les caractéristiques physiques (type de matériau, taille, quantité et densité, mode d'accumulation, etc.) des braises qui atteignent les structures et autres combustibles dans la ZIS?
<b>Q2 :</b> Quelle est la quantité ou la masse critique suffisante de braises pouvant provoquer l'embrasement du bâtiment?
<b>Q3 :</b> Est-ce que la végétation ou d'autres caractéristiques de la ZIS procurent une « protection thermique »? Quelles qualités les éléments de protection thermique doivent-ils avoir pour réduire efficacement l'exposition?
<b>3. Voies de progression du feu</b>
<b>Q1 :</b> Les normes Intelli-feu existantes de réduction du combustible pour prévenir les feux de cime (espacement d'une à trois largeurs de cime) sont-elles efficaces pour bloquer la voie de progression du feu entre les cimes dans la ZIS?
<b>Q2 :</b> Dans le cas d'un incendie rampant, où est-ce que le feu est entré en premier sur la propriété? Quels objets ou combustibles dans la voie de progression du feu dans la ZIS ont mené à l'inflammation de la structure?
<b>Q3 :</b> Dans quelle mesure la zone « sans combustible » de 1,5 mètre est-elle efficace pour empêcher l'inflammation de la structure principale? Est-ce adéquat ou excessif?
<b>4. Provenance des braises</b>
<b>Q1 :</b> Dans quelle mesure les conditions de l'environnement et les caractéristiques du comportement du feu influent-elles sur le type, la quantité, la taille, la distance de déplacement, le modèle de propagation et l'efficacité des braises?
<b>Q2 :</b> Pendant combien temps et à quelle distance le milieu bâti est-il touché par les braises provenant de l'avancée du feu de forêt? Est-ce constant pour tous les types de combustibles forestiers?
<b>Q3 :</b> Y a-t-il une corrélation entre le taux d'inflammation des structures lors d'un incendie de forêt en milieu périurbain et les caractéristiques connues du comportement des feux dévastateurs (colonne de convection, instabilité, vitesse de propagation élevée, tourbillon de feu, etc.)?
<b>5. Propagation du feu entre les structures</b>
<b>Q1 :</b> Quels sont les principaux vecteurs de propagation du feu entre les structures (flammes, chaleur radiante, braises, etc.)?
<b>Q2 :</b> En quoi la propagation du feu d'une structure à l'autre est-elle influencée par la densité, le type et l'âge des maisons, par la pente et le vent, par la conception des bâtiments et les matériaux de construction, par les combustibles intermédiaires, etc. dans des conditions de combustion libre?
<b>Q3 :</b> Les codes du bâtiment actuels sont-ils adéquats lorsque les protections de la structure sont minimales ou inexistantes?

## 4.0 Recherches et études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain

Un large éventail d'approches, de méthodes, d'enquêtes et d'études a été utilisé pour étudier différents aspects des incendies de forêt en milieu périurbain, chacune présentant des avantages et des limites en raison de l'échelle, du moment ou de la portée des observations. Par conséquent, de multiples approches de recherche complémentaires sont nécessaires pour comprendre toutes les dimensions importantes des incendies de forêt en milieu périurbain. La figure 4-1 illustre comment ces approches, y compris les études de cas, se renforcent mutuellement et contribuent au corpus actuel de connaissances sur les incendies de forêt en milieu périurbain. Collectivement, les résultats des recherches ou des études de cas contribuent à formuler des lignes directrices et des normes claires afin d'accroître la résilience des collectivités aux feux de forêt. Ces résultats peuvent également être combinés pour créer une boucle de rétroaction de gestion adaptative.

**Figure 4-1 : Contributions de diverses approches de recherche à l'atténuation des incendies de forêt en milieu périurbain**



### 4.1 Caractéristiques de la recherche par études de cas

Nous nous concentrons ici sur l'approche de la recherche par études de cas, puisque c'est cette méthode de recherche qui est au cœur de la méthodologie proposée. Les études de cas sont menées sur le site d'un événement, autant que faire se peut en temps réel, et offrent des occasions uniques d'observer les principes et processus sous-jacents et d'en tirer des enseignements (Eisenhardt, 1989). Plus souvent utilisées en sciences sociales, les études de cas servent de plus en plus les sciences physiques. Les études de cas sont appropriées lorsque l'objectif est exploratoire (émettre des hypothèses sur un sujet nouveau ou peu connu), descriptif (communiquer à propos d'un phénomène) ou explicatif (tenter d'expliquer pourquoi quelque chose se produit), et lorsqu'il n'est ni pratique ni éthique de mener des expériences. Les expressions « études de cas » et « recherche par études de cas » sont utilisées indifféremment dans ce document.

La recherche par études de cas :

- convient parfaitement aux nouveaux domaines de recherche (Eisenhardt, 1989);
- offre de la souplesse;
- peut combiner des méthodes de collecte de données qualitatives et quantitatives;
- peut intégrer plusieurs niveaux d'analyse dans une même étude;
- met l'accent sur la compréhension de la dynamique que présente un contexte donné;
- permet de formuler des théories et offre des occasions de tester, remettre en question ou valider des théories ou modèles existants développés à partir d'autres types de recherche;
- explore un ou plusieurs cas s'étalant dans le temps grâce à la collecte de données détaillées à partir de sources multiples, par exemple des observations directes ou photographiques, des entretiens et des documents (Creswell, 2007);
- étudie un phénomène contemporain dans son contexte réel au moyen d'une enquête empirique (Yin, 2014).

Les études de cas peuvent porter sur un ou plusieurs cas. Une étude portant sur un cas unique est appropriée lorsqu'il faut tester une théorie en particulier. Un cas individuel s'entend d'une situation qui est soit exceptionnelle, soit extrême, ou d'un cas qui peut révéler une situation inattendue. Les études portant sur de multiples cas sont pertinentes pour tester ou reproduire des conclusions, éliminer les variations externes et fournir une vue plus large d'un phénomène complexe par comparaison (Yin, 2014) et méta-analyse.

La recherche par études de cas a cependant ses limites :

- les résultats d'un seul cas ne peuvent pas être généralisés à l'ensemble des cas;
- l'inférence causale à partir des observations postérieures à l'événement est faible;
- les chercheurs peuvent être biaisés dans la sélection des cas ou des observations;
- la reproduction est difficile, car chaque occurrence (ou traitement) a probablement des circonstances uniques.

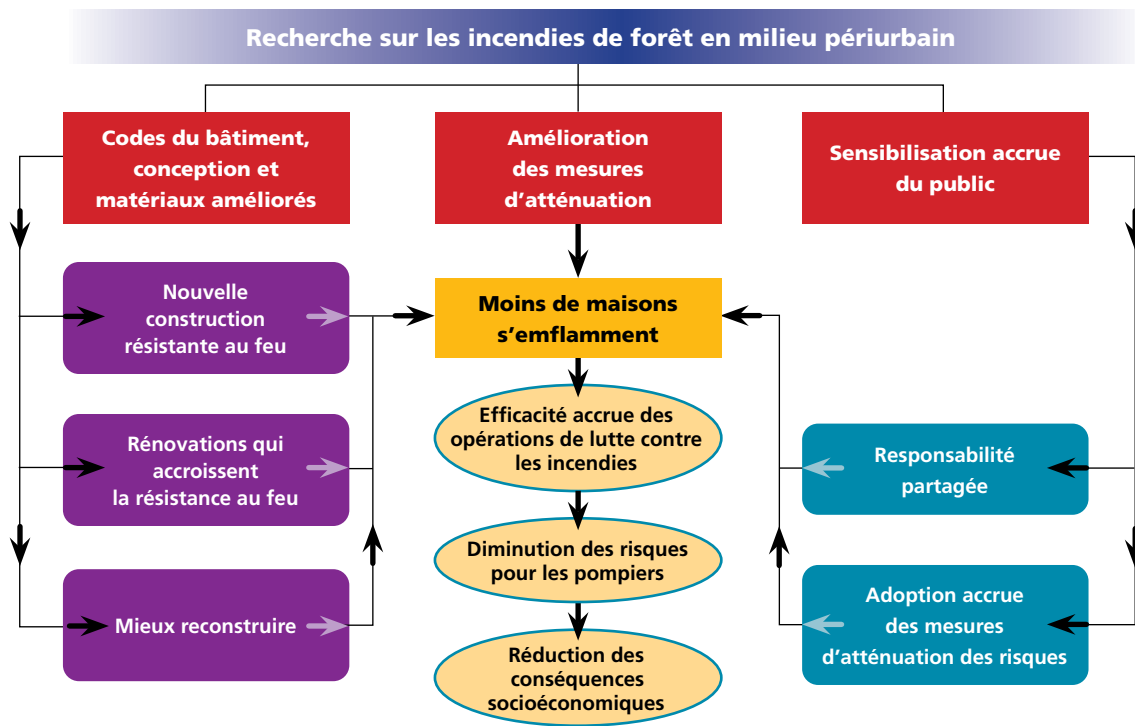
#### ***4.2 Contributions et avantages attendus des connaissances acquises lors des études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain***

Au fil du temps, nous nous attendons à ce que les observations et les analyses découlant des études de cas approfondissent nos connaissances et fassent émerger des idées qui éclaireront les stratégies visant à améliorer la résilience aux incendies de forêt en milieu périurbain. En général, les études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain devraient enrichir nos connaissances sur :

- les effets d'une exposition en temps réel à la chaleur sur les combustibles et autres matériaux;
- la vulnérabilité ou la résistance au feu des structures, de la végétation et des autres combustibles se trouvant dans des milieux bâtis lors de feux de grande ampleur non maîtrisés;
- les phénomènes inattendus et extrêmes provoqués par les incendies de forêt en milieu périurbain, ce qui suscitera de nouvelles questions de recherche;
- les occasions de tester, de remettre en question ou de valider des théories ou des modèles existants et de cibler les recherches futures;
- le contexte complet de la progression du feu, des inflammations initiales jusqu'à la propagation aux structures et à la propagation continue lorsque l'incendie progresse librement entre les structures.

Compte tenu de l'esprit de découverte inhérent à la recherche par études de cas, celle-ci est également susceptible de donner lieu à des observations imprévues et de stimuler la recherche expérimentale.

Figure 4-2 : Modèle des avantages attendus de la recherche sur les incendies de forêt en milieu périurbain

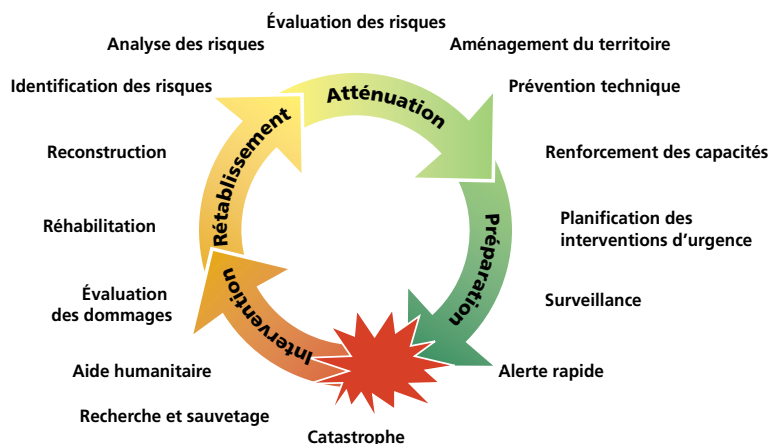


La figure 4-2 illustre les avantages immédiats, secondaires et à long terme des études de cas :

- **Avantages immédiats** : Résultats présentés dans les rectangles de la partie supérieure.
- **Avantages secondaires** : Résultats présentés dans les rectangles aux coins arrondis des colonnes de gauche et de droite.
- **Avantages à long terme** : Moins d'inflammations structurelles et résultats affichés dans les ovales de la colonne du milieu (y compris la réduction des coûts et des perturbations sociales [IPSC, 2019])<sup>13</sup> attribuables aux incendies de forêt en milieu périurbain.

Par conséquent et vu dans un contexte plus large, nous croyons qu'un programme bien planifié de recherche par études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain contribuerait positivement aux quatre phases du « cycle de gestion des catastrophes » (à savoir, préparation, intervention, rétablissement et atténuation), tel que décrit dans la figure 4-3.

Figure 4-3 : Phases du cycle de gestion des catastrophes (Harrison et coll., 2015)



<sup>13</sup> Il a été démontré que les coûts sociétaux précédemment non mesurés des incendies de forêt en milieu périurbain dépassent de loin les pertes assurées.



## Partie II : Meilleures pratiques – Préparation à la recherche par études de cas d’incendies de forêt en milieu périurbain

Cette section du document de base comprend une évaluation des données contextuelles essentielles pour préparer les futures études de cas d’incendies de forêt en milieu périurbain, dont les principes directeurs et la portée, une analyse des opportunités de recherche prospective pour déterminer où et quand recueillir ces données et un aperçu des méthodes potentielles de recherche sur le terrain jugées utiles pour recueillir ces données.

### 5.0 Application et adaptation de la recherche par études de cas aux incendies de forêt en milieu périurbain au Canada

#### 5.1 Principes directeurs

Voici la liste des principes qui devraient guider les études de cas d’incendies de forêt en milieu périurbain :

1. **Principes axés sur la science** : Les procédures et pratiques doivent intégrer les meilleures connaissances disponibles, des démarches crédibles, une collecte et une gestion rigoureuses de données, des opinions d’experts et un examen par les pairs.
2. **Principes axés sur la santé, la sécurité et la prévention des entraves aux opérations de lutte contre les incendies** : Les activités de l’équipe de recherche ne doivent pas avoir d’incidence sur la capacité des autorités compétentes à se préparer à un incendie ni gêner les efforts de gestion de l’incendie en cours; toutes les précautions nécessaires relatives à la santé et à la sécurité doivent être prises.
3. **Principes axés sur la souplesse** : Les protocoles de recherche doivent être adaptables en fonction de l’environnement géographique, de l’ampleur de l’incendie et de la logistique d’intervention, ainsi que des temps de déploiement. Les considérations d’ordre pratique doivent prévaloir : « il y a une différence entre ce que l’on désire faire et ce qui est faisable dans les circonstances »<sup>14</sup>.
4. **Principes axés sur l’éthique** : Les chercheurs doivent respecter la propriété privée et les sensibilités des collectivités. Ils ne doivent pas entrer dans les bâtiments ni perturber la propriété et les biens, et doivent veiller à préserver la vie privée des résidents.
5. **Principes axés sur les priorités établies** : Les études de cas d’incendies de forêt en milieu périurbain doivent essentiellement viser à combler les lacunes prioritaires en matière de connaissances et à répondre aux questions de recherche que pose la littérature actuelle et que les experts en la matière ont définies.

#### 5.2 Portée de la recherche par études de cas d’incendies de forêt en milieu périurbain

La portée potentielle de la recherche scientifique sur les incendies de forêt en milieu périurbain dépasse largement celle de ce projet et comprend d’autres formes d’enquêtes (p. ex., des expériences en laboratoire) mieux adaptées pour répondre aux questions connexes. Tout en maintenant l’accent sur le concept central qu’est la découverte, les études de cas aborderont les lacunes des connaissances liées à la zone et au moment où les feux de forêt font la transition entre les combustibles forestiers et ceux des milieux urbains (les ZIS) exposés à la chaleur radiante, aux transferts par convection, aux flammes et aux braises en suspension, et principalement situés au pourtour des collectivités menacées.

---

<sup>14</sup> Professeur Domingos Viegas, Université de Coimbra, Portugal

La portée des études de cas couvre les domaines de recherche suivants :

- **Facteurs de risque** : Comment les caractéristiques des sources de combustible des incendies de forêt en milieu périurbain modifient-elles leur sensibilité à l'inflammation?
- **Mécanismes de propagation du feu** : Comment le feu progresse-t-il des terrains résidentiels vers les structures?
- **Processus d'inflammation des structures** : Comment, quand et où les structures s'embrasent-elles?
- **Propagation du feu entre les structures** : Comment le feu se propage-t-il entre les structures?
- **Nouvelles hypothèses** : Analyse des observations inattendues lors des études de cas.

Les domaines hors de la portée de la recherche par études de cas proposée sont énumérés à la section 5.3 (Responsabilité) afin d'éviter les doubles emplois avec d'autres projets de recherche et de se concentrer sur les principales lacunes des connaissances.

### ***5.3 Adaptation des études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain pour répondre aux préoccupations des parties prenantes et aux besoins scientifiques***

Il existe des arguments convaincants pour recueillir des données sur les risques d'inflammation des structures à toutes les étapes d'un incendie de forêt en milieu périurbain. La plupart des études de cas précédentes ont eu lieu après les incendies, soit lorsque l'exposition à la chaleur du feu et les pertes associées se sont déjà produites. L'arrivée tardive sur les lieux empêche de mener une évaluation détaillée de l'état des structures, de la végétation et d'autres facteurs de risque avant l'incendie, ainsi que d'effectuer des observations concernant l'exposition et l'inflammation des matériaux et structures combustibles. Ces contraintes limitent nos connaissances actuelles sur les incendies de forêt en milieu périurbain, sur les pertes qu'ils causent et sur l'atténuation des risques qu'ils posent.

Comme le précise l'analyse de la section 6.0, le moment du déploiement sur les lieux d'un incendie de forêt en milieu périurbain est le déterminant le plus important de ce qui peut être observé, des types de données pouvant être recueillies et de la quantité et de la valeur de ces données. Il influe en outre largement sur les hypothèses qui peuvent être vérifiées concernant les incendies de forêt en milieu périurbain, ainsi que sur l'étendue et le degré de confiance dans les conclusions qui en découlent, en particulier en ce qui concerne leur cause.

Cependant, les communautés de recherche et de lutte contre les incendies reconnaissent également que le fait de mener des recherches pendant le déroulement d'un incendie de forêt en milieu périurbain d'incendie présente des risques graves, notamment :

- la possibilité que les données de recherche soient utilisées pour attribuer la responsabilité des pertes aux services d'incendie;
- la confusion, la perturbation des opérations de lutte contre les incendies et les complexités opérationnelles que ces recherches posent pour les gestionnaires de feux de forêt et les pompiers forestiers sur les lieux de l'incendie si les chercheurs sont présents pendant une intervention active de lutte contre l'incendie;
- les risques auxquels les chercheurs sont exposés s'ils n'y sont pas bien préparés.

Les parties prenantes ont réitéré ces préoccupations lors des consultations. Aucune de ces situations n'est acceptable et, si elles ne sont pas traitées efficacement, elles pourraient entraver voire empêcher complètement la réalisation d'études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain à l'avenir.

« Les avantages d'un processus comme [les études de cas] sont nombreux; cependant, à moins que les personnes impliquées ou engagées dans la gestion d'un vaste incendie de forêt en milieu périurbain aient un très fort sentiment de confiance et énormément de connaissances et qu'elles soient pleinement conscientes de ce qu'est un processus d'étude de cas, elles peuvent ne pas du tout être des partenaires heureux, ouverts et disposés dans ce processus. »

Des questions de recherche cruciales pourraient rester sans réponse si nous ne trouvons pas de moyens sûrs et discrets d'assurer une présence de recherche efficace lors d'un incendie de forêt en milieu périurbain et que nous ne les mettons pas en œuvre avec succès.

Par conséquent, pour atténuer ou éviter les risques ci-dessus, nous proposons les stratégies suivantes, qui ont toutes été intégrées dans l'approche globale et les protocoles recommandés décrits dans le reste de ce document.

**Responsabilité :** D'autres techniques d'enquête pourraient être appliquées pour déterminer l'origine et la cause de l'incendie, documenter les dommages ou évaluer les opérations de lutte contre l'incendie en vue d'y apporter des améliorations, d'attribuer la responsabilité ou de dénoncer une négligence. La recherche par études de cas proposée ne vise aucun de ces objectifs et ne recueillera pas intentionnellement des données susceptibles d'être utiles à ces fins, car sa portée est limitée aux domaines décrits à la section 3-1. Plus précisément, *il n'entre pas dans le cadre de la recherche par études de cas proposée :*

- de faire porter le blâme sur un aspect ou un groupe en particulier ou de chercher à attribuer la responsabilité des pertes;
- de juger de l'efficacité des stratégies, des tactiques, de l'équipement, des produits ou du personnel de lutte contre l'incendie;
- d'étudier les aspects du comportement des feux de forêt au-delà de leur impact sur l'exposition au sein de la ZIS;
- de développer des modèles prédictifs de la propagation des incendies dans les combustibles forestiers ou les zones urbaines;
- d'entreprendre des recherches sur les dimensions humaines des incendies de forêt en milieu périurbain.

Les techniques d'enquêtes visant à découvrir les « origines et les causes » ne seront appliquées qu'aux maisons qui ont été épargnées d'une destruction complète grâce au travail des pompiers. Ces structures contribuent grandement à déterminer comment et où leur vulnérabilité et leur exposition ont conduit à l'inflammation initiale, ce qui aura des répercussions positives sur l'atténuation des pertes.

De plus, afin de bien documenter et comprendre l'évolution d'un feu à combustion libre atteignant le milieu bâti, des recherches seront menées dans des zones qui ne sont pas soumises à des activités intensives de lutte contre les incendies, créant une séparation physique entre les opérations d'extinction et les activités de recherche. Comme il est très peu probable que ces zones se chevauchent, les observations découlant de la recherche auront peu de pertinence sur les examens ou les enquêtes à mener postérieurement aux incendies.

**Conflits opérationnels :** La séparation physique (telle que précisée ci-dessus) sera également efficace pour ne pas gêner les opérations de lutte contre les incendies et prévenir la confusion ou les inquiétudes que pourrait soulever le chevauchement entre les activités opérationnelles et de recherche. De plus, il y aura une séparation supplémentaire, temporelle celle-là, puisque les chercheurs ne seront sur les lieux qu'avant l'arrivée de l'incendie dans la collectivité et après son extinction sécuritaire. Seul du matériel de détection résistant à la chaleur demeurera sur le site pendant les étapes d'attaque par des braises et d'inflammation des structures, soit lorsque les pompiers sont plus susceptibles d'être présents.



Crédit photo : Alan Westhaver, quartier de Fort McMurray (Mai 2016)

**Sécurité :** Les chercheurs et les drones ne seront pas présents dans les zones touchées pendant les périodes où les flammes et la chaleur radiante sont à des niveaux dangereux – seules les observations effectuées à l'aide d'instruments seront recueillies à ces moments-là. Des protocoles de santé et de sécurité supplémentaires seront adoptés pour réduire davantage les risques potentiels de problèmes de sécurité, dont certains sont décrits ci-dessous.

En résumé, des protocoles de recherche seront appliqués pour assurer la sécurité du personnel de recherche, pour prévenir les entraves qui pourraient diminuer la capacité des autorités compétentes ou de l'EGI à se préparer ou à gérer l'incendie et pour empêcher que les données de recherche soient utilisées à des fins litigieuses.

1. La planification et les protocoles contribuent à ce que les activités de recherche ne se déroulent pas en même temps que les manœuvres d'extinction d'incendie. Une bonne communication bidirectionnelle et l'intégration des activités de recherche dans la structure de gestion des incendies augmentent la confiance dans ces mesures.
2. De par leur conception même, les activités de recherche ne chevaucheront pas dans le temps les opérations de lutte contre les incendies.
3. Si les opérations de lutte contre l'incendie se déplacent dans la zone à l'étude, les chercheurs se retireront vers d'autres endroits, où les résultats de la recherche ne seront pas teints par les activités de lutte contre les incendies.

4. Les chercheurs disposeront d'un équipement de protection individuelle (EPI) approprié, seront accompagnés en tout temps par un responsable de la sécurité qualifié dès leur arrivée à proximité d'un incendie et (suivant les principes LACES<sup>15</sup>) se retireront s'il est probable qu'ils soient exposés à un incendie en progression.
5. Les données recueillies pendant les phases dangereuses des incendies de forêt en milieu périurbain seront enregistrées à l'aide de caméras et d'instruments protégés contre les flammes et télécommandés disposés avant l'arrivée de l'incendie par l'équipe de recherche (qui se retirera en temps opportun), réduisant ainsi les risques de sécurité et de perturbation des opérations de lutte contre les incendies.

Après entente entre les parties, d'autres protocoles pourront être adaptés pour éviter ou minimiser le chevauchement temporel afin de réduire le risque d'interférence avec l'évacuation des résidents ou des intervenants d'urgence.

## **6.0 Analyse des opportunités de recherche par études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain**

Nous avons analysé les opportunités de recherche sur les incendies de forêt en milieu périurbain et comment elles sont influencées par des variables liées au feu de forêt à étudier, aux milieux bâtis et au moment du déploiement des chercheurs en utilisant un processus itératif en quatre étapes. Cette analyse a été utile pour développer des scénarios de déploiement, concevoir des méthodes de recherche appropriées et évaluer la probabilité que le déploiement des équipes de recherche sur une gamme de types d'incendies de forêt en milieu périurbain produise des résultats intéressants.

Les étapes de l'analyse étaient les suivantes :

1. Cerner les variables ayant une incidence sur le choix des opportunités de recherche (positives ou négatives).
2. Élaborer une échelle réaliste de complexité selon divers scénarios d'incendies de forêt en milieu périurbain.
3. Développer une gamme d'options de déploiement (3) qui tiennent compte des catégories de recherche.
4. Évaluer la probabilité de mener des recherches dans chaque catégorie selon le moment de déploiement et le niveau de complexité.

L'annexe F présente les détails de cette analyse, dont les résultats sont utilisés dans l'ensemble de ce document.

---

<sup>15</sup> LACES est l'acronyme anglais de Lookouts, Anchor points, Communications, Escape routes and Safety zones (guetteurs, points d'ancrage, communications, voies d'évacuation et zones de sécurité).

### 6.1 Variables influençant les niveaux de complexité des incendies de forêt en milieu périurbain et les opportunités de recherche par études de cas

Un certain nombre de variables peuvent modifier la complexité des incendies de forêt en milieu périurbain et, en fin de compte, les opportunités de recherche.

**Tableau 6-1 : Caractéristiques et niveau de complexité d'incendies de forêt en milieu périurbain représentatifs**

Caractéristiques influençant les opportunités de recherche	Niveau de complexité des incendies de forêt en milieu périurbain		
	Niveau 1 : Faible	Niveau 2 : Moyen	Niveau 3 : Élevé
<b>Durée de l'incendie</b>	< de 3 à 14 jours [de quelques heures à quelques jours]	De 3 à 14 jours [de quelques jours à quelques semaines]	De 10 à 30 jours [de quelques semaines à un mois]
<b>Taille de l'incendie</b>	Moins de 100 ha	De 100 à 1 000 ha	De 1 000 à 10 000 ha
<b>Ampleur de l'incendie</b>	Extrême; poussé par les vents; une seule ligne de feu	Élevé à extrême; foyers multiples; indice d'incendie élevé prolongé	Extrême; multiples lignes de feu; période de sécheresse prolongée; complexes régionaux; méga incendie
<b>Milieu bâti</b>	Faible densité de structures en milieu rural; hameaux, villages ou petites villes	Villes de moins de 5 000 habitants de densité moyenne à élevée; lotissements dispersés regroupant des propriétés résidentielles, maisons de campagne et structures récréatives avec quelques zones rurales à faible densité	Grandes et moyennes villes; lotissements denses comprenant des banlieues, maisons de campagne et zones rurales de faible densité; situé en région
<b>Probabilité que le feu se propage au milieu bâti</b>	De faible à moyenne	De moyenne à élevée	La plus élevée
<b>Propriétés/points de collecte de données (nombre de structures)</b>	Peu de ZIS; largement dispersées; prévisions de jusqu'à 50 évaluations de bâtiments par déploiement	De multiples ZIS; regroupées en quartiers, y compris des lotissements densément peuplés avec des structures légèrement séparées; possibilité de 100 à 250 évaluations de bâtiments par déploiement	De nombreux quartiers, chacun avec de nombreuses ZIS, y compris des structures très rapprochées dans les quartiers adjacents; possibilité de 200 à 500 évaluations de bâtiments par déploiement
<b>Accès</b>	Routes rurales ou secondaires ou accès par la voie des airs	Routes rurales ou secondaires et autoroutes; aérodromes disponibles	Autoroutes et réseau routier urbain développé; aéroports disponibles
<b>Végétation et combustible</b>	Principalement des combustibles forestiers	Mélange de combustibles forestiers et de combustibles modifiés	Milieu urbain fortement modifié; un peu de végétation indigène
<b>Exemples</b>	Chisholm, Alb., 2001; Porter Lake, N.-É., 2008	Slave Lake, Alberta, 2011; La Ronge, Sask., 2015; comté de Halifax, N.-É., 2009; Centre de la C.-B., 2018	Sud de la C.-B., 2003; Fort McMurray, Alb., 2016; Timmins, Ont., 2007

## 6.2 Scénarios de déploiement des équipes de recherche

Pour ce qui est du moment de déploiement des équipes de recherche, les trois scénarios probables d'intervention d'une équipe de recherche par études de cas sont résumés ci-dessous.

Tableau 6-2 : Résumé des scénarios de déploiement des équipes de recherche

	Moment du déploiement	Intervention de recherche
1	Tôt avant l'exposition <b>Déclencheur</b> : Déploiement avant ou au moment de l'annonce du préavis d'évacuation.	Déploiement <i>bien</i> avant l'exposition. Documentation complète des conditions avant l'incendie; installation de tous les instruments; observation de l'exposition, des points d'inflammation et de la propagation du feu; évaluation complète des ZIS après le passage de l'incendie. Recherche de l'origine de l'incendie, au besoin.
2	Juste avant l'exposition <b>Déclencheur</b> : Déploiement au moment de l'annonce de l'ordre d'évacuation ou un peu avant.	Déploiement <i>juste</i> avant l'exposition. Collecte limitée de données avant l'arrivée de l'incendie; installation de quelques instruments; observation de l'exposition, des points d'inflammation et de la propagation du feu; évaluation complète des ZIS après le passage de l'incendie. Recherche de l'origine de l'incendie, au besoin.
3	Après le passage de l'incendie (statu quo) <b>Déclencheur</b> : Des pertes désastreuses sont déjà survenues.	Déploiement après de passage de l'incendie. Peu de données sur les conditions avant l'arrivée de l'incendie; aucune possibilité d'installer des instruments ou d'observer l'exposition, les points d'inflammation et la propagation du feu. Évaluation postérieure à l'incendie seulement.

## 6.3 Estimation des opportunités de recherche

La grille estime la probabilité de réaliser des études pour trois des cinq grandes catégories de recherche (rangée du haut) lors d'incendies de forêt en milieu périurbain de complexité croissante, compte tenu des trois moments différents de déploiement sur les lieux de l'incendie. Les probabilités sont codées par couleur. La grille servira à prendre des décisions stratégiques sur la mise en œuvre d'un projet de recherche et à définir les attentes au titre de la planification et de la préparation des déploiements.

**Tableau 6-3 : Estimation des opportunités de recherche sur les incendies de forêt en milieu périurbain (par catégories de recherche sélectionnée)**

Niveau de complexité	Moment du déploiement sur les lieux de l'incendie	CATÉGORIE DE RECHERCHE		
		<i>Exposition :</i> Effets de la chaleur dégagée par l'incendie de forêt en milieu périurbain dans la ZIS qui influent sur le potentiel d'inflammation	<i>Vulnérabilité :</i> Facteurs de risque dans la ZIS qui contribuent au potentiel d'inflammation	<i>Propagation du feu :</i> Entre les structures
<b>3</b> Élevé – Ville	<b>Tôt avant l'exposition</b>	Observations directes très probables	Observations directes très probables	Observations directes très probables
	<b>Juste avant l'exposition</b>	Observations directes et indirectes probables	Observations directes et indirectes probables	Observations directes et indirectes probables
	<b>Après l'incendie</b>	Aucune (braises)	Peu probable	Peu probable
<b>2</b> Moyenne – Ville	<b>Tôt avant l'exposition</b>	Observations directes probables	Observations directes vraisemblables	Observations directes probables ou possibles
	<b>Juste avant l'exposition</b>	Observations directes ou indirectes vraisemblables ou possibles	Observations directes ou indirectes vraisemblables ou possibles	Observations directes ou indirectes possibles
	<b>Après l'incendie</b>	Aucune (braises)	Observations peu vraisemblables, déductions	Aucune (braises)
<b>1</b> Faible – Variété de milieux ou village	<b>Tôt avant l'exposition</b>	Observations directes ou indirectes possibles	Observations directes possibles	Observations directes ou indirectes possibles, mais peu vraisemblables
	<b>Juste avant l'exposition</b>	Observations directes ou indirectes peu vraisemblables	Observations peu vraisemblables	Observations possibles, mais peu vraisemblables
	<b>Après l'incendie</b>	Aucune (braises)	Observations possibles, mais peu vraisemblables	Peu probable

**Légende des opportunités de recherche :**

Opportunité de recherche très intéressante
Opportunité de recherche intéressante
Opportunité de recherche peu intéressante

**6.4 Résumé**

Les opportunités de recherche offertes sont au cœur des décisions touchant le moment et la manière de mener des recherches par études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain (voir l'annexe F pour plus de détails). À partir de cette analyse, nous concluons que :

- Les opportunités de recherche et la valeur des données recueillies sont les plus intéressantes lorsqu'il est possible d'arriver tôt avant l'exposition; cette combinaison devrait devenir l'objectif urgent pour toute étude de cas future d'incendies de forêt en milieu périurbain.
- La portée des opportunités de recherche est plus large lors des incendies de plus grande complexité<sup>16</sup>.

Bien que ce ne soit pas l'objectif de cette analyse, nous avons également constaté que la collecte de données et l'installation des instruments avant un incendie coïncideraient probablement avec les opérations d'évacuation ou d'atténuation des pertes. Nous sommes d'avis que l'argument en faveur

<sup>16</sup> Cependant, cela ne doit pas être interprété comme un obstacle à la recherche par études de cas dans les petites collectivités ou les régions rurales et éloignées. Il existe d'autres raisons convaincantes de mener des études de cas dans de telles collectivités.



de la collecte de données sur les conditions antérieures et l'évolution d'un incendie de forêt en milieu périurbain se compare à celui de chercheurs volant à travers l'œil d'un ouragan pour obtenir des données critiques sur les paramètres météorologiques. Avec une préparation et une coordination appropriées, cela peut être fait en toute sécurité et sans complications.

## **7.0 Méthodes d'étude de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain**

Les objectifs principaux de ce document sont d'évaluer, d'adapter et de recommander des méthodes de recherche, ainsi que d'appliquer une méthode scientifique à la recherche par études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain. Les méthodes applicables à chaque étape d'un incendie de forêt en milieu périurbain sont expliquées ci-dessous. Elles visent essentiellement à consigner des observations empiriques lors de la transition d'un feu de forêt dans le milieu bâti. En premier lieu, nous suggérons des techniques de collecte de données photographiques et électroniques, ce qui permet de travailler en toute sécurité, quelles que soient les conditions. Plusieurs techniques peuvent être appliquées à plus d'une catégorie de recherche (voir le tableau 7-1) et toutes recourent à des technologies éprouvées ou facilement adaptées à partir d'autres applications, y compris les recherches antérieures sur les lieux d'un incendie de forêt.

Conformément à l'intention de ce document de base, cette section n'est pas normative. Au contraire, elle propose un ensemble d'outils et d'approches qui pourront être évalués et affinés au cours des prochaines étapes de l'élaboration de la méthodologie, et même appliqués à la création de méthodes normalisées, avant le début du travail sur le terrain. À terme, ces méthodes se transformeront en « meilleures pratiques » pour les études de cas et mèneront à la collecte de données fondées sur des éléments probants pour améliorer les futures mesures d'atténuation des risques d'incendie.

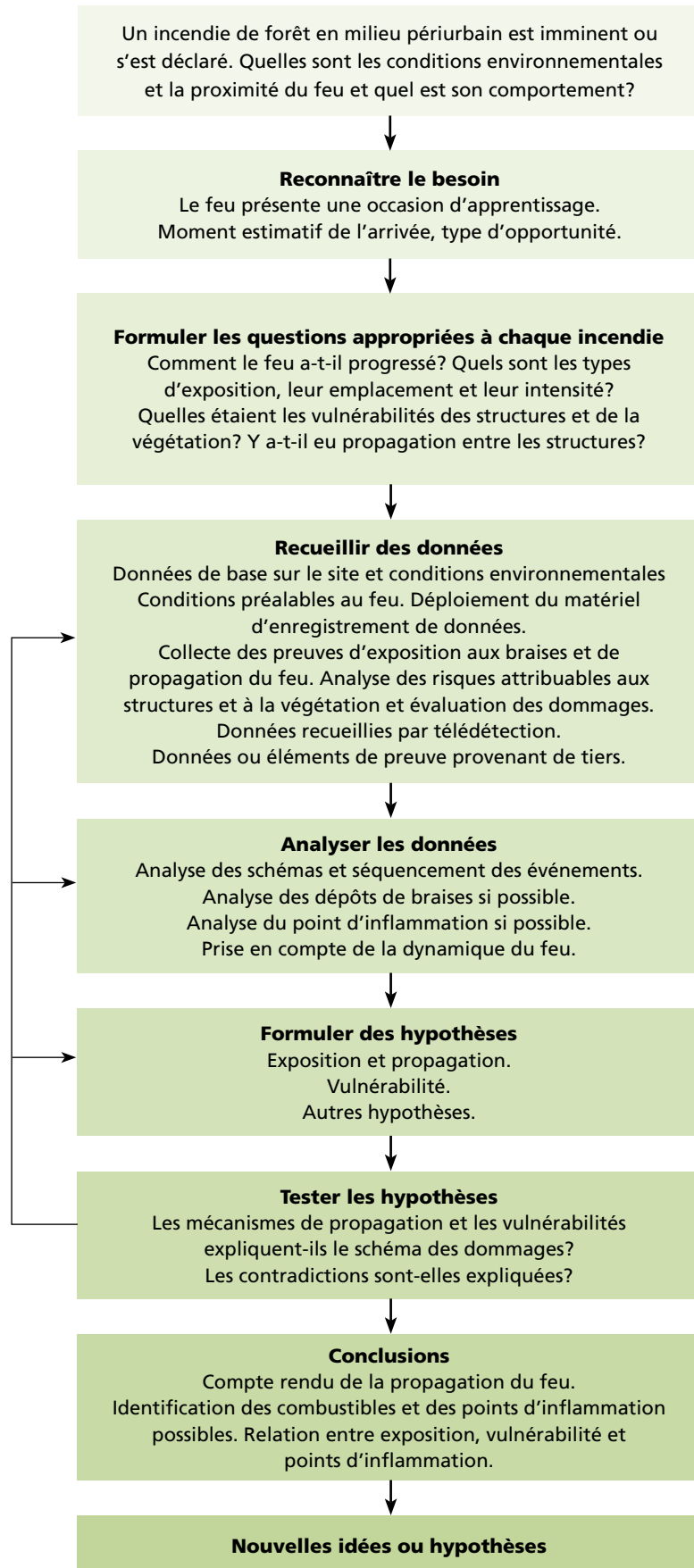
### **7.1 Conception et déroulement des études de cas**

Malgré que la recherche soit animée par un esprit de découverte, son approche par études de cas doit être guidée par un besoin de rigueur scientifique et mener à la publication de résultats dans des ouvrages soumis à une révision par des pairs. Par conséquent, la *méthode scientifique* doit faire partie de la planification de l'étude et du déroulement des travaux. En règle générale, le processus de recherche systématique de connaissances recourant à la méthode scientifique nécessite :

- la reconnaissance et la définition d'un problème;
- la collecte de données;
- l'analyse des données;
- la formulation d'hypothèses, leur évaluation et leur validation;
- la sélection d'une hypothèse finale;
- la déclaration des niveaux de confiance.

Le chapitre 4 de la norme NFPA 921 (Guide for Fire and Explosion Investigation) et Gorbett et Chapdelaine, 2014, présentent certains des exemples les plus probants d'application de la méthode scientifique aux études portant sur les incendies. De toute évidence, les études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain ne sont pas des « investigations » au sens de la norme NFPA 921. Nous croyons toutefois qu'elle propose un guide utile pour développer une conception expérimentale des études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain et pour accepter, rejeter ou formuler de nouvelles hypothèses liées aux incendies. Par conséquent, nous en avons adapté un des modèles pour illustrer simplement le déroulement des études de cas (voir la figure 7-1), et nous en recommandons l'application pour que les discussions concernant l'application de la méthode scientifique au domaine des études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain soient utiles.

**Figure 7-1 : Proposition d'application de la méthode scientifique aux études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain (adaptée de la norme NFPA 921)**



## **7.2 Démarches de recherche**

La rudesse des conditions environnementales en constante évolution de même que les autres contraintes liées aux incendies de forêt en milieu périurbain influencent la conception de la recherche et les démarches de collecte de données, de sorte que certaines approches standards ne sont pas du tout réalisables. Néanmoins, de nombreuses démarches d'investigation proposées dans la littérature et par des experts peuvent être mises à profit, notamment :

- L'utilisation de drones pour produire des images haute résolution documentant les conditions de référence dans les quartiers menacés immédiatement avant et peu après l'exposition. Ces images fournissent un relevé permanent pour l'analyse ultérieure des conditions dangereuses, les comparaisons avant-après, la corrélation avec les pertes et l'évaluation de la progression du feu.
- L'imagerie produite à l'aide de drones (comme ci-dessus), qui recueillent de l'information à l'échelle des ZIS, y compris les conditions détaillées de facteurs de risque spécifiques (par exemple, les toits, les terrasses, les combustibles de surface, les sites d'accumulation de braises, la végétation). Ces facteurs sont vitaux pour évaluer la vulnérabilité à l'inflammation et les caractéristiques de résistance au feu.
- L'installation de capteurs thermiques et de caméras dans les zones sujettes à l'accumulation de braises ou à une exposition à la chaleur de l'incendie, des structures adjacentes ou des feux de surface de faible intensité pour documenter l'exposition et repérer les points ou les zones d'inflammation et la propagation ultérieure du feu.
- Les observations postérieures à l'incendie par des techniciens spécialisés en feux de forêt en milieu périurbain pour déterminer par déduction comment ces structures ont pu s'embraser en éliminant les sources qui n'ont pas contribué à l'inflammation.
- La documentation et l'évaluation de l'état des facteurs de risque connus (conditions des structures, végétation et autres combustibles divers) au sein de la ZIS par des techniciens formés à l'utilisation du système d'évaluation des risques spécialement conçu à cet effet, comme recommandé dans ce document.
- L'application de techniques d'enquête pour étudier les maisons qui se sont enflammées et qui ont été endommagées, mais qui ont été sauvées d'une destruction complète par les pompiers, ainsi que les maisons qui ont été endommagées, mais qui ne se sont pas enflammées.
- La documentation du modèle de propagation et des liens entre la topographie, les conditions de vent et les combustibles forestiers adjacents, d'une part, et les maisons incendiées et non incendiées dans un feu de quartier urbain, d'autre part.

## **7.3 Description détaillée des méthodes**

Nous recommandons de recourir aux méthodes de recherche décrites dans la présente section pour combler les lacunes des connaissances et répondre aux questions de recherche décrites à la section 3. Une fois raffinées, ces méthodes pourraient devenir de meilleures pratiques pour les études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain. Les conditions propres à chaque incendie détermineront les méthodes applicables, mais nous nous attendons à ce que plusieurs de ces méthodes soient utilisées lors de chaque déploiement des équipes de recherche. Le tableau 7-1 résume quelles méthodes sont applicables à chacun des trois scénarios de déploiement distincts, ainsi que les catégories de recherche pour lesquelles chaque méthode produit des données pertinentes.

### *7.3.1 Vidéo couleur et / ou vues image par image provenant de caméras isolées fixes déployées au préalable*

Des caméras vidéo haute résolution disponibles dans le commerce peuvent être placées dans des boîtiers isolés conçus sur mesure similaires à ceux adaptés pour documenter in situ le comportement des feux de forêt au cours de l'Expérience internationale de modélisation des feux de cimes (Stocks et coll., 2004a). Les boîtiers peuvent être déployés avant l'arrivée du feu sur des poteaux en métal ou en bois à des hauteurs de 5 à 10 mètres à la périphérie des collectivités où l'incendie est susceptible de se propager. Les caméras peuvent être positionnées pour fournir des vues panoramiques de rues où de multiples structures font face à des zones en friche, des vues rapprochées de quelques propriétés ou des vues de composants structurels précis (revêtements, terrasses, aménagements paysagers, etc.). Ces caméras peuvent fonctionner en continu pendant 12 heures avant d'écraser les images existantes et peuvent être adaptées pour fournir des images de la même scène prises à intervalles de cinq secondes pendant jusqu'à 48 heures. Les images sont de grande qualité (une seule image pèse 8 Mo) et toutes sont horodatées. Les rues résidentielles à la périphérie ou près des collectivités en milieu périurbain sur la trajectoire d'un incendie de forêt qui approche sont des emplacements privilégiés pour le déploiement des caméras. Les caméras tourneraient jusqu'à ce qu'aucune inflammation latente ou « à retardement » ne soit attendue, puis les données seraient récupérées. Il existe des caméras à infrarouge enregistrant en couleur naturelle ou en noir et blanc, et il est possible de les adapter pour qu'elles soient rechargées par énergie solaire.

Cette méthode nous permettrait d'obtenir des images prises avant, pendant et après le passage de l'incendie. De telles images nous fourniraient probablement de nouvelles données importantes sur l'exposition, la vulnérabilité, les points précis d'inflammation et la progression du feu sur les propriétés et entre les structures. L'imagerie enregistrée pendant le déroulement de l'incendie serait unique dans la recherche sur les incendies de forêt en milieu périurbain. Une caméra orientée vers le ciel et le front de l'incendie pourrait également fournir de l'information sur le flux de braises et les conditions environnementales associées. Les images pourraient être recoupées avec les données recueillies pour évaluer les risques posés aux structures avant ou après le passage de l'incendie ou avec celles provenant des capteurs de flux thermique placés dans la ligne de visée de la caméra. La couverture spatiale dépendrait du nombre et de la répartition des caméras déployées.

### *7.3.2 Utilisation d'images aériennes préexistantes ou en temps quasi réel ou de données de télédétection*

Un nombre croissant d'administrations locales ont adopté la pratique consistant à obtenir des images couleur à grande échelle et à haute résolution de quartiers et de propriétés municipales individuelles à des fins immobilières ou autres. Ces images sont très efficaces pour analyser les conditions préalables à l'incendie et interpréter les évaluations de risques postérieures à l'incendie des maisons individuelles (Westhaver, 2017). Il suffit alors de demander aux responsables municipaux ou aux techniciens présents au centre des opérations d'urgence si de telles images existent. Dans certains cas, l'application Street View de Google peut également fournir des données utiles. La qualité de l'image et leur valeur à des fins d'interprétation varieront. En outre, d'autres images télédétections existantes (ou des images haute résolution commandées spécialement à cette fin, telles que celles de « Torchlight ») peuvent être disponibles ou obtenues auprès des organismes fédéraux lorsqu'un incendie de forêt en milieu périurbain est considéré comme un événement catastrophique.

**Figure 7-2 : Drone de qualité commerciale type avec caméras haute résolution (en dessous) et GPS (sur le dessus)**

Crédit photo : Raven West Professional Drone Services

### 7.3.3 Photographies aériennes couleur haute résolution prises avant l'arrivée de l'incendie à partir de véhicules aériens sans pilote (UAV)

Les drones à voilure tournante de qualité commerciale guidés par GPS (véhicules aériens sans pilote ou UAV) peuvent survoler des zones préprogrammées afin de prendre des stéréophotographies en couleur naturelle haute résolution de quartiers urbains ou de petites collectivités sur la ligne de front<sup>17</sup> et que l'on considère sur la voie d'un incendie de forêt qui approche, et ce, avant l'exposition et le début des *opérations de lutte contre l'incendie*. Selon les paramètres programmés et le type de caméra, les drones peuvent photographier les détails d'objets plus petits qu'un téléphone portable de taille moyenne. Ils peuvent aussi capter des vidéos en simultané et les téléverser sur l'ordinateur portable de l'opérateur afin d'y être enregistrées pour analyse future.



Tout comme la photographie aérienne standard, les images qui se chevauchent le long des axes de vol peuvent être combinées, traitées et affichées dans de nombreux formats (nuages de points, orthophotomosaïques, modèles numériques de surface, cartes topographiques, modèles numériques de terrain, etc.) et même être visualisées dans des modèles tridimensionnels de maisons individuelles, de ZIS ou de groupes de maisons. Lorsqu'il vole à des vitesses normales (par exemple, de 5 à 15 mètres par seconde) dans des vents modérés et à une altitude de 50 à 100 mètres, un drone type peut couvrir à 100 % (avec un chevauchement latéral et avant de 50 à 60 %) une bande de maisons de un kilomètre de long et de trois à quatre pâtés de maisons de profondeur en environ 20 minutes (soit une charge de batterie). Les changements de batterie prennent quelques instants et le drone est à nouveau prêt à poursuivre sa mission. Ce type d'imagerie fournirait un relevé précis, haute résolution et permanent des conditions dans l'ensemble de la collectivité et dans la zone de transition entre les feux de forêt et les milieux bâtis, ainsi que des conditions des propriétés, dont la quantité et la continuité des éléments structurels, de la végétation et des autres combustibles.

Les drones doivent toujours être opérés de façon sécuritaire et respecter les restrictions qui s'appliquent à leur utilisation à proximité d'opérations actives de lutte contre les incendies. L'utilisation de drones peut cependant être limitée à des périodes et à des lieux qui ne font pas l'objet d'opérations aériennes et doit respecter les conditions d'autorisation fixées par les autorités compétentes.

Les images prises par les drones pourraient être recoupées avec les données sur l'exposition aux braises et les points d'inflammation obtenues à partir de caméras fixes, de capteurs au sol et d'autres sources (voir la section 7.3.15) pour obtenir de l'information sur la distribution ininterrompue des combustibles et la vulnérabilité des caractéristiques structurelles et des aménagements paysagers. Elles pourraient aussi faciliter l'interprétation des évaluations de risque des maisons menées avant et après l'incendie par des techniciens spécialisés en feux de forêt et, si elles sont géoréférencées, fournir des mesures de référence qui soutiennent l'étude de la propagation du feu entre les structures dans la collectivité et de la progression de l'incendie dans les diverses ZIS.

REMARQUE : Un avis aux navigants (NOTAM) est un avis déposé auprès d'une autorité aéronautique et administré par Nav Canada pour alerter les pilotes d'aéronef des dangers potentiels le long d'un itinéraire de vol ou à un endroit qui pourrait influencer sur la sécurité du vol. Des NOTAM sont régulièrement émis à proximité des opérations de lutte contre les incendies de forêt par les

<sup>17</sup> Les maisons adjacentes ou se trouvant à l'intérieur d'un périmètre de deux à quatre pâtés de maisons de zones boisées à la périphérie du milieu urbain sont les plus exposées à toute forme de transfert de chaleur provenant des feux de forêt lors de la transition vers les combustibles « urbains ».

organismes compétents. Par conséquent, il arrive que des restrictions pour assurer la sécurité s'appliquent aux vols d'UAV à proximité d'incendies de forêt. Les vols décrits à la section 7-3 peuvent avoir lieu dans un « espace aérien contrôlé » et être considérés comme des « opérations avancées » par Nav Canada et Transports Canada. Ils sont alors assujettis à l'obtention d'une autorisation de vol écrite de Nav Canada, voire à d'autres exigences. Il sera donc nécessaire de procéder à une étude plus approfondie sur l'utilisation des UAV pour la recherche à proximité des incendies de forêt en milieu périurbain. Plusieurs entrepreneurs spécialisés dans les vols d'UAV ont de l'expérience dans les applications spécifiques aux feux de forêt.

#### *7.3.4 Imagerie aérienne postérieure aux incendies captée en moyenne résolution et en couleur naturelle*

En utilisant des méthodes similaires à celles décrites à la section 7.3.3, un drone à voilure tournante guidé par GPS pourrait survoler de nouveau les zones préprogrammées avant l'incendie pour documenter les conditions postérieures à l'incendie dans l'ensemble ou dans une partie de la zone urbaine touchée (à des échelles plus petites). L'imagerie recueillie permettrait alors de faire des comparaisons avec les conditions qui prévalaient avant l'incendie. Dans de tels cas, les drones pourraient également survoler les lieux à des altitudes qui augmenteraient la couverture aérienne, ce qui serait utile pour documenter les liens entre les structures, le schéma général des pertes de structures et l'étendue des dommages causés par le feu. Conjuguée à d'autres données, l'imagerie pourrait également être utile pour cartographier la progression et la chronologie de l'incendie.

#### *7.3.5 Vues image par image captées par un UAV avant et après l'incendie en format infrarouge thermique ou radiométrique*

Les mêmes vols guidés par GPS que ceux expliqués aux sections 7.3.3 et 7.3.4 pourraient être repris à l'aide de caméras à infrarouges (IR) pour capter les écarts des signatures thermiques et les points chauds, ce qui indique où les tisons se sont déposés ou accumulés et où ils ont provoqué des inflammations ponctuelles à retardement. L'imagerie infrarouge à environ 50 mètres d'altitude a une distance d'échantillonnage au sol de 6 à 8 cm (c'est-à-dire qu'un pixel couvre environ 6 à 8 cm au sol). Les orthophotomosaïques produites ont alors une résolution d'environ un cinquième de celles des mosaïques en couleur naturelle. Toutes les images étant géoréférencées, cela permettrait de superposer les images infrarouges aux images en couleur naturelle prises avant l'incendie pour qu'elles soient ultérieurement analysées par des techniciens spécialisés en feux de forêt, lorsque cela est sécuritaire. Lors d'un incendie de forêt en milieu périurbain, les écarts de température entre les points d'inflammation et les matériaux environnants n'ayant pas brûlé sont importants. Par conséquent, les sites d'accumulation de braises et les nouveaux petits incendies au sol et dans les structures devraient être facilement détectés. De tels vols nécessiteraient toutefois des approbations spéciales.

#### *7.3.6 Fluxmètres thermiques à déploiement rapide pour une utilisation sur les lieux d'un incendie*

La fonction principale des fluxmètres thermiques dans le contexte d'un incendie de forêt en milieu périurbain est d'obtenir des mesures quantitatives de l'exposition – un sujet de recherche prioritaire pour le CET. La technologie requise pour mesurer et enregistrer les niveaux extrêmes de flux thermique a été perfectionnée lors des expériences de mesure dynamique de l'environnement des feux de cimes dans les Territoires du Nord-Ouest. Elle s'applique également pour documenter les conditions d'exposition à la chaleur dans des incendies de forêt en milieu périurbain (Ackerman, 2020). Les fluxmètres thermiques peuvent enregistrer la quantité et la durée de l'énergie produite par les flammes, les braises ou les sources radiantes et propagées à des objets situés n'importe où

**Figure 7-3 : Caméra vidéo couleur isolée (à droite) associée à deux fluxmètres thermiques (à gauche)**

Crédit photo : Mark Ackerman, MYAC Engineering



dans le milieu bâti, ainsi que les changements de température dans le temps. Chaque installation consiste à placer un fluxmètre thermique sur un support, un conduit isolé pour amener le câble de données au niveau du sol et un câble blindé relié à un enregistreur de données enterré. L'appareil survit à une exposition extrême. Le temps d'installation est d'une à deux minutes par appareil. Le coût des fluxmètres n'est pas prohibitif et plusieurs unités peuvent être installées en combinaison.

#### *7.3.7 Installation de caméras isolées en tandem avec des fluxmètres thermiques à déploiement rapide*

Des caméras vidéo isolées (voir la section 7.3.1) peuvent être déployées en tandem avec un ou plusieurs fluxmètres thermiques à déploiement rapide (voir la section 7.3.6) pour documenter visuellement l'inflammation et la propagation ou progression du feu et prendre des mesures d'exposition à des emplacements présentant un intérêt particulier. Par exemple, si des occasions intéressantes se présentaient, plusieurs fluxmètres et une caméra pourraient être disposés de façon à recueillir en simultané des données sur les arrivées de braises, la propagation du feu et l'inflammation de plusieurs facteurs de risque afin de révéler des relations importantes à une échelle encore plus fine (c.-à-d. propagation du feu entre divers végétaux, sources diverses de combustible et structures dans un lieu précis). De telles installations en tandem pourraient fournir des données uniques sur les expositions aux incendies des milieux périurbains. De plus, la combinaison des enregistrements visuels et des profils de température simultanés pourrait permettre de mieux comprendre l'inflammabilité des sources de combustible courantes des incendies de forêt en milieu périurbain et la propagation du feu entre les structures. Les problèmes de confidentialité devraient toutefois être résolus au préalable.

#### *7.3.8 Déploiement de l'« emberometer » du National Institute of Standards and Technology (NIST) des États-Unis*

Le NIST a mis au point un dispositif unique pour aider à quantifier la menace d'exposition des structures et des matériaux aux tisons (braises) produits lors des incendies de forêt en milieu périurbain (NIST, 2020). Appelé « emberometer » (appareil de mesure des braises), cet instrument recueille des données sur les caractéristiques critiques de l'exposition aux braises (soit le flux thermique ou la température) en fonction de leur capacité à enflammer des combustibles solides. Comme les braises se présentent en deux états, dynamique (en vol) et statique (en amoncellement), l'appareil se compose de deux modules : le premier mesure les caractéristiques dynamiques ou en vol des braises (taille, flux et température) et le deuxième mesure les caractéristiques de la signature au sol d'un tison ou d'un amoncellement de tisons (signature thermique et masse).

L'appareil a été conçu pour être utilisé dans des expériences en laboratoire et sur le terrain, ainsi que lors de véritables incendies de forêt en milieu périurbain. Le NIST indique qu'il cherche des occasions de déployer cette nouvelle technologie lors d'incendies de forêt en milieu périurbain, et les études de cas menées au Canada pourraient être de bonnes candidates. Des données sur les caractéristiques des braises « urbaines » devraient également être recueillies.

### 7.3.9 Évaluations améliorées des risques dans les zones d'inflammation des structures

Des analyses quantitatives complètes des risques dans les ZIS sont essentielles si nous voulons répondre objectivement à bon nombre des questions de recherche les plus urgentes, dont l'évaluation de *l'importance relative et de la contribution* de chacun des quelque 20 facteurs de risque connus et de leurs attributs particuliers en ce qui a trait au potentiel d'inflammation global (vulnérabilité à l'embrassement) des structures lors d'un incendie de forêt en milieu périurbain, et ce, de manière à *établir l'ordre de priorité des mesures d'atténuation*. À notre connaissance, il n'existe pas encore de système d'évaluation des risques basé sur les connaissances actuelles qui répond aux besoins uniques de la recherche par études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain. Par conséquent, il convient d'en développer un (voir la recommandation en ce sens à la section 13). Un tel système d'évaluation des risques aurait des applications à la fois comme outil d'évaluation autonome et en conjonction avec des données provenant d'autres méthodes; il pourrait en outre être appliqué aux propriétés avant et après le passage de l'incendie. Les applications prévues comprennent notamment :

- a) l'évaluation, *lors d'un déploiement tôt avant l'exposition*, des conditions préalables dans un grand nombre de maisons situées sur la trajectoire présumée d'un incendie qui approche;
- b) l'évaluation, *lors un déploiement juste avant l'exposition*, des conditions préalables dans un plus petit nombre de maisons;
- c) l'évaluation, *lors un déploiement après l'incendie*, des conditions des maisons échantillonnées avant l'incendie ou des paires d'échantillons de maisons adjacentes et comparables détruites<sup>18</sup> et non détruites (Westhaver, 2017), ainsi que l'évaluation des quartiers urbains où des groupes de maisons qui ont été grandement exposés aux sources de chaleur de l'incendie et ont subi des dommages, mais ne se sont pas enflammés;
- d) l'évaluation des maisons isolées qui se sont enflammées et qui ont été détruites bien à l'intérieur de quartiers ou d'aménagements urbains de faible densité qui sont demeurés en grande partie intacts;
- e) l'évaluation des maisons isolées qui ont survécu au milieu de quartiers ou d'aménagements urbains à faible densité ayant subi de lourds dommages.

En prenant soin de tenir compte des biais d'échantillonnage inhérents et des autres contraintes<sup>19</sup>, les analyses améliorées des risques que comportent les ZIS peuvent être utiles pour évaluer les vulnérabilités des composants structurels et des aménagements paysagers lors de leur exposition au feu ou l'efficacité de directives particulières d'atténuation des incendies. Pour plus de rigueur, deux techniciens qualifiés devraient effectuer les évaluations et les appuyer avec des photographies.

---

<sup>18</sup> L'évaluation des structures brûlées doit être étayée par les meilleures données d'exposition possibles et des images avant leur destruction.

<sup>19</sup> Étant donné l'incertitude de l'impact des incendies de forêt sur la collectivité, il peut être nécessaire d'échantillonner une variété d'emplacements afin d'obtenir un nombre adéquat d'échantillons utiles.



### *7.3.10 Validation sur le terrain après l'incendie d'information provenant de tierces parties par des spécialistes de l'EREC*

Les vidéos et photographies prises par les pompiers ou le public pendant les phases d'exposition et de combustion libre des incendies de forêt en milieu périurbain offrent des possibilités très intéressantes de découvrir certains aspects de l'activité du feu (par exemple, les sites d'accumulation de braises, les points ou zones d'inflammation, les sources de combustible et les conditions de vent). Certaines de ces données comprendront des coordonnées GPS ou seront horodatées. Les sites photographiés pourraient être localisés après l'incendie et documentés plus en détail (au moyen de vérifications sur le terrain) par des techniciens à l'aide du formulaire d'évaluation améliorée des risques dans les ZIS (voir la section 7.3.9) pour formuler des observations supplémentaires. Par la suite, ces évaluations pourraient fournir de l'information sur l'exposition à la chaleur pendant l'incendie, sur les relations entre l'exposition et la vulnérabilité ou les propriétés de résistance au feu, sur les voies de progression du feu et sur l'efficacité des mesures d'atténuation des risques existantes, autant de données utiles pour élaborer de nouvelles mesures d'atténuation ou améliorer les mesures existantes. Cette technique a également le potentiel de mener à de nouvelles découvertes.

### *7.3.11 Enquête sur l'origine et la cause du feu dans des maisons enflammées par un incendie de forêt, mais éteintes avant leur destruction complète*

Les maisons partiellement incendiées sont relativement rares lors d'un incendie de forêt en milieu périurbain. Aux endroits où les opérations d'extinction réussissent, l'information sur l'inflammation des structures et sur la propagation du feu entre et dans les structures est « figée » dans les dommages qui se sont produits. Ces situations offrent de précieuses occasions pour recueillir des données importantes, notamment sur l'exposition au feu, la vulnérabilité des structures et la progression de l'incendie. Des enquêtes standards sur l'origine et la cause des incendies<sup>20</sup> (comme celles que réalisent les services de lutte contre les incendies de bâtiments) doivent être effectuées dans ces maisons. La collecte de données de ce type nécessite cependant des autorisations d'accès aux structures et la prise de mesures de sécurité.

### *7.3.12 Inspection extérieure préalable à l'incendie avec une caméra vidéo portable*

Il est fortement recommandé d'utiliser une caméra vidéo portable pour mener des « évaluations rapides des risques dans les ZIS » ou pour appuyer les données quantitatives recueillies lors des évaluations améliorées des risques aux maisons dans les ZIS (voir la section 7.3.9) pour les résidences susceptibles de se trouver sur le parcours d'un incendie qui approche. Cette inspection fournit un enregistrement visuel permanent des conditions des facteurs de risque désignés pour référence ultérieure et permet une corrélation avec d'autres ensembles de données (en fonction de la destruction ou non de la résidence). Elle peut avoir une valeur particulière en cas de déploiement juste avant l'exposition, lorsque les contraintes de temps empêchent de mener des évaluations plus détaillées des facteurs de risque. Deux techniciens spécialisés en feux de forêt devraient effectuer ces inspections en enregistrant de vive voix leurs observations sur les conditions des facteurs de risque observés, et ce, pour chaque facteur répertorié dans le formulaire standard d'évaluation des risques.

---

<sup>20</sup> Références : NFPA 921, 2016. Guide to Wildland Fire Origin and Cause Determination. National Wildfire Coordinating Group / PMS 412 / NFES 1874.

**Figure 7-4 : Exemple de station météo portable pleine grandeur transmettant des données par télémétrie**



### 7.3.13 Stations de surveillance météorologiques portables

Une ou plusieurs stations de météorologie forestière transmettant des données par télémétrie<sup>21</sup> et placées stratégiquement dans des zones ouvertes du milieu bâti (comme un stationnement) à proximité de l'impact prévu d'un feu de forêt (aux alentours de 500 mètres) fourniraient des données sur le vent, la température et l'humidité relative qui seraient utiles pour comprendre et interpréter leurs répercussions sur la distribution des braises, les paramètres de progression du feu, le potentiel d'inflammation des fines particules de combustible et de la litière, etc. Les stations portables peuvent être installées en moins d'une heure et mesurer les conditions à des intervalles de temps prédéfinis. L'adaptation de stations météorologiques portatives beaucoup plus petites et moins coûteuses est une autre option.

Ces données sont les données de base nécessaires pour prédire le comportement des feux de forêt et sont pertinentes pour comprendre la transition de la combustion incandescente à la combustion accompagnée de flammes et la probabilité que les fines particules de combustibles s'enflamment. Elles fournissent également de l'information sur l'emplacement des sites d'accumulation de braises et la direction de la propagation du feu dans le milieu bâti. En raison de la faible densité du réseau de stations météorologiques forestières consacrées à la lutte contre les feux de forêt, les données météorologiques disponibles les plus proches proviennent souvent d'emplacements situés à plus de 10 km d'un incendie de forêt en milieu périurbain donné.

### 7.3.14 Documentation des opérations de lutte contre les incendies dans la zone d'étude

La littérature sur les études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain nous rappelle que l'emplacement et la nature des opérations de lutte contre les incendies (arrosage avec de l'eau, p. ex.) se déroulant dans la zone d'étude, et ce, avant ou après l'arrivée des chercheurs et que ce soit par des résidents ou des pompiers, doivent être soigneusement documentés en raison de leurs répercussions sur le comportement du feu ou l'inflammabilité. Cette information est essentielle pour interpréter correctement les nombreux types de données recueillies au cours des études de cas.

### 7.3.15 Établissement de la chronologie et de la progression des incendies à partir de données externes spontanées

Un nouveau logiciel d'« assemblage » basé sur les données GPS serait sur le point de permettre la collecte et la fusion de données géospatiales spontanées provenant de plusieurs sources tierces pour établir la chronologie ou la carte de progression des feux. Les sources de données pouvant être assemblées comprennent des photos et des vidéos horodatées provenant de téléphones portables, de médias sociaux, de sonnettes de porte, d'officiers d'attaque aérienne et de pompiers, des registres de déploiement et des appels au 9-1-1, ainsi que des données GPS des engins de lutte contre les incendies et de nombreuses autres sources. D'autres images obtenues par télédétection peuvent également être utilisées.

<sup>21</sup> La télémétrie permet de transmettre les données à un emplacement central loin de l'incendie.

Parallèlement aux opérations de lutte contre les incendies de forêt, le chef de l'EREC doit être en liaison avec l'EGI et la direction des opérations et demander que les pilotes d'attaque aérienne enregistrent et soumettent le plus possible d'images fixes et vidéo de la zone de l'incendie et des opérations aériennes menées au-dessus du milieu bâti. Il peut aussi organiser des vols spéciaux de reconnaissance photographique. De même, les images préexistantes recueillies selon la méthode décrite à la section 7.3.2 pourraient également être utiles pour évaluer les facteurs de risque présents avant l'incendie et le potentiel de propagation du feu aux maisons individuelles et aux quartiers.

#### *7.3.16 Images de caméras installées sur le tableau de bord de véhicules*

Les vidéos filmées par un citoyen lors de l'évacuation de Fort McMurray en 2016 et publiées sur Internet ont prouvé la valeur scientifique des images enregistrées par les caméras installées sur les tableaux de bord des véhicules. Cette pratique devrait être « officialisée » en installant des caméras sur les glaces avant, arrière et latérales d'un véhicule de patrouille conduit par un technicien spécialisé en feux de forêt dans le périmètre de sécurité lorsque cette zone est exposée aux tisons produits par un feu de forêt qui approche. De telles installations permettraient de documenter la distribution relative, l'abondance, la trajectoire et l'accumulation des braises vivantes et éteintes; l'emplacement, la distribution et l'abondance des incendies ponctuels allumés par des tisons; les types de combustibles enflammés, la progression des incendies ponctuels et leur rôle dans l'inflammation des structures. Elles fourniraient de plus de l'information sur la propagation des incendies entre les structures.

#### **7.4 Applicabilité des méthodes de recherche à l'évaluation des processus de déroulement des incendies selon le moment de l'arrivée des chercheurs**

Le tableau suivant a été créé pour donner un aperçu de la façon dont les méthodes d'étude de cas suggérées pourraient être appliquées et pour aider à planifier les déploiements.

Le tableau illustre dans quelle mesure chacune des 16 méthodes produit des données pertinentes pour chacun des principaux processus de déroulement des incendies (les catégories de recherche) et comment les résultats varient selon le moment de l'arrivée du personnel de recherche. Par exemple, certaines méthodes produisent des données utiles pour comprendre de multiples aspects de l'incendie et sont productives avant, pendant et après l'incendie, tandis que d'autres méthodes peuvent fournir de l'information sur un seul aspect de l'incendie et seulement à certains moments.

Tableau 7-1 : Applicabilité des méthodes proposées à l'évaluation des processus de déroulement des incendies

Méthodes de recherche		Processus de déroulement de l'incendie/catégorie de recherche														
		Exposition			Vulnérabilité			Progression de l'incendie			Entre les structures			Flux de braises		
Description	#	Moment du déploiement														
		TAE	JAE	DAI	TAE	JAE	DAI	TAE	JAE	DAI	TAE	JAE	DAI	TAE	JAE	DAI
Vidéo couleur fixe – poteau électrique	7.3.1	✓	✓	–	✓	✓	–	✓	✓	–	✓	✓	–	✓	✓	–
Images à intervalles – poteau électrique	7.3.1	✓	✓	–	✓	✓	–	✓	✓	–	✓	✓	–	✓	✓	–
Photos aériennes préexistantes	7.3.2	–	–	–	✓	✓	✓	–	–	–	o	o	✓	–	–	–
Stérophotos haute résolution prises par UAV avant l'incendie seulement	7.3.3	–	–	–	✓	✓	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Photos couleur haute résolution prises par UAV avant et après l'incendie	7.3.4	–	–	–	✓	✓	–	o	o	–	o	o	–	–	–	–
Photos IR basse résolution prises par UAV avant et après l'incendie	7.3.5	✓	✓	–	✓	✓	–	✓	–	–	✓	✓	–	–	–	–
Fluxmètres thermiques seulement	7.3.6	✓	✓	–	–	–	–	o	o	–	o	o	–	–	–	–
Fluxmètres thermiques et caméra dans la zone d'incendie	7.3.7	✓	✓	–	✓	✓	–	✓	✓	–	✓	✓	–	–	–	–
Appareil de mesure des braises du NIST	7.3.8	✓	✓	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Évaluations améliorées des risques dans les ZIS (avant l'incendie)	7.3.9	–	–	–	✓	✓	–	o	o	–	o	o	–	–	–	–
Évaluations améliorées des risques dans les ZIS (après l'incendie)	7.3.9	–	–	–	o	o	o	o	o	o	–	–	–	–	–	–
Validations sur le terrain après l'incendie	7.3.10	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	–	–	–
Origine et cause du feu – maisons endommagées	7.3.11	–	–	✓	–	–	✓	–	–	✓	–	–	✓	–	–	–
Inspection extérieure par vidéo préalable à l'incendie	7.3.12	–	–	o	✓	✓	–	o	o	–	o	o	–	✓	✓	–
Stations météo portables	7.3.13	o	o	–	✓	✓	–	o	o	–	–	–	–	✓	✓	–
Documentation des opérations de lutte sur site	7.3.14	–	–	o	–	–	o	–	–	o	–	–	o	–	–	–
Chronologie et progression de l'incendie	7.3.15	–	–	o	–	–	o	–	–	✓	–	–	o	–	–	–
Photographies prises par des caméras sur tableaux de bord de véhicules	7.3.16	✓	✓	–	✓	✓	–	✓	✓	–	✓	✓	–	✓	✓	–

Légende		
✓	Méthode pleinement applicable	Données significatives importantes
o	Méthode partiellement applicable	Données de valeur limitée
–	Méthode non applicable	Aucun résultat
TAE	Tôt avant l'exposition	
JAE	Juste avant l'exposition	
DAI	Déploiement après l'incendie	

### 7.5 Résumé

En plus des évaluations postérieures à l'incendie, les principales méthodes recommandées pour documenter « de première main » la progression des incendies et l'exposition au feu se résument à 16 techniques reposant principalement sur des capteurs télécommandés ou préprogrammés, des caméras fixes et des aéronefs protégés contre la chaleur ardente. Ces méthodes réduisent au minimum les risques potentiels pour la santé et la sécurité des chercheurs et la perturbation des opérations de lutte contre les incendies. La combinaison de méthodes peut servir à valider certaines données ou à fournir de l'information supplémentaire.

## **Partie III : Gestion et coordination des études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain**

La partie III porte sur la gestion et la coordination des études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain et suggère des protocoles de mise en œuvre. L'objectif est de créer un organisme d'enquête compétent et autonome désigné sous le nom d'équipe de recherche par études de cas ou EREC qui travaillerait en toute sécurité et de manière indépendante sans gêner les opérations urgentes de lutte contre les incendies et avec un minimum de soutien logistique afin de maximiser les enseignements tirés des incendies de forêt dévastateurs<sup>22</sup>.

Cette section présente des suggestions pour sécuriser l'accès aux sites, assurer la sécurité des observateurs et mobiliser les principales parties prenantes dans la mise en œuvre de la méthodologie. Les fonctions, les compétences et la composition recommandées de l'EREC y sont présentées sur la base d'une démarche de dotation dite « cadre ». Dans la mesure du possible, nous avons prévu les défis logistiques, administratifs et techniques qui se présenteront. Bon nombre des protocoles envisagés reposent sur des modèles éprouvés pour la gestion des opérations d'intervention rapide et des équipes de recherche. Cette section aborde également les aspects propres à la gestion des données et de l'information dans le cadre de la recherche par études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain. L'élaboration de procédures opérationnelles standards plus détaillées devra attendre les décisions qui seront prises ultérieurement.

La partie III se conclut par un exposé sur les opportunités et les défis concernant la mise en œuvre de la recherche, sur les partenariats potentiels et sur les suggestions en vue d'établir entre les principales parties prenantes une collaboration essentielle pouvant faciliter la recherche future par études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain.

### **8.0 Déploiement d'une équipe de recherche par études de cas (EREC)**

Cette section décrit les protocoles préliminaires pour mettre sur pied une équipe organisée et bien préparée de chercheurs et la déployer sur les lieux d'un incendie de forêt en milieu périurbain. Bon nombre de ces protocoles s'inspirent de pratiques existantes en matière de gestion des situations d'urgence. Les protocoles couvrent d'abord la surveillance des risques potentiels de feux de forêt en milieu périurbain et le déploiement des équipes, puis se poursuivent tout au long des étapes suivantes que sont la coordination avec les autorités, la mobilisation, l'arrivée sur les lieux et le début de la collecte de données. Cette section se conclut par une présentation des fonctions de l'EREC et des suggestions pour la composition de l'équipe, ainsi que pour la formation et les compétences de ses membres. Ces protocoles visent à fournir un cadre général pour les discussions futures menant à des procédures finales et à l'envoi d'équipes fonctionnelles de recherche par études de cas.

#### **8.1 Scénarios de déploiement**

Les études de cas antérieures ont eu lieu après le passage d'incendies de forêt en milieu périurbain, nous privant ainsi de nombreuses observations importantes. Dans la mesure du possible, les protocoles proposés tentent de s'affranchir de telles contraintes en avançant l'arrivée de l'équipe de recherche. Ils visent en effet à déployer l'équipe sur place avant la transition du feu de forêt dans le milieu bâti, élargissant ainsi la fenêtre d'observation et multipliant les données à analyser. L'« analyse des opportunités » de la section 6 a permis de dégager trois scénarios de déploiement possibles. Par ordre de préférence, il s'agit 1) d'un déploiement tôt avant l'exposition, 2) d'un déploiement juste avant l'exposition et 3) d'un déploiement après l'incendie (voir le tableau 6-2 pour plus de détails). Quelles que soient leurs préférences, les chercheurs ne peuvent pas toujours arriver sur les lieux dans les meilleurs délais.

---

<sup>22</sup> En ce sens, l'objectif est similaire aux initiatives fructueuses visant à tirer des leçons des incendies de forêt qui ont entraîné ou auraient pu entraîner le décès de pompiers, comme le préconise Alexander, 2002.

## « Faux départs » et « ratés »

**Malgré les meilleures prévisions possibles pour ce qui est des répercussions des feux de forêt sur les collectivités en milieu périurbain, la menace ne se matérialisera pas toujours. Il y aura des « faux départs » et des « ratés », soit des situations où l'incendie ne se propagera pas dans une collectivité et où le déploiement de l'EREC ne permettra pas de recueillir les données attendues. Ces situations font partie des risques de la recherche scientifique et il faut s'y attendre. Au moins au début, un « faux départ » peut cependant avoir des avantages pour ce qui est de la préparation de l'équipe et du perfectionnement des protocoles.**

### *8.1.1 Reconnaissance des incendies de forêt en milieu périurbain se prêtant à la recherche et prise de la décision de déployer l'équipe*

Les incendies de forêt en milieu périurbain se prêtant à la recherche doivent être reconnus à leurs débuts afin que le déploiement de l'équipe se fasse en temps opportun. Pour ce faire, nous devons avoir accès aux meilleurs renseignements disponibles sur l'occurrence des incendies et sur les prévisions subséquentes de propagation vers les collectivités environnantes. Les données soumises quotidiennement par les centres provinciaux et territoriaux de surveillance des incendies au Centre interservices des feux de forêt du Canada (CIFFC) et intégrées dans le rapport quotidien de situation du CIFFC, qui désigne quels sont les « incendies prioritaires », combinées aux cartes quotidiennes de l'emplacement des incendies produites par le Système canadien d'information sur les feux de végétation, constituent des sources d'informations probables pour signaler les incendies offrant des opportunités de recherche.

Ces incendies attirent rapidement l'attention des centres provinciaux et territoriaux de surveillance des incendies et font souvent l'objet d'analyses supplémentaires, une autre source précieuse de renseignements. La connaissance des points chauds et les bonnes relations que les chercheurs entretiennent avec le personnel des organismes de gestion des forêts devraient permettre de reconnaître les incendies de forêt en milieu périurbain se prêtant à la recherche et d'alerter rapidement une équipe de recherche. Quoi qu'il en soit, il sera nécessaire d'entretenir une bonne collaboration et de communiquer efficacement avec les agences de lutte contre les incendies de forêt et les autres organisations responsables des systèmes publics d'alerte en cas d'urgence. Idéalement, l'EREC devrait être dans un état quelconque d'« alerte » tout au long de la saison des incendies au Canada.

### **8.2 Obtention de l'autorisation de se rendre sur les lieux d'un incendie de forêt en milieu périurbain auprès des autorités compétentes**

Même si une EREC est au courant qu'un incendie de forêt en milieu périurbain se prête à la recherche, elle ne peut pas se rendre sur les lieux sans avoir obtenu l'autorisation et le soutien des autorités compétentes. Selon les circonstances, les autorités compétentes seront un organisme provincial ou territorial (comme un organisme de gestion des feux de forêt) ou un organisme local (p. ex., une municipalité, un district, une région ou une nation, bande ou communauté autochtone). L'équipe de gestion d'intervention (EGI) peut aussi être chapeauté par un commandement unifié regroupant plusieurs autorités compétentes.

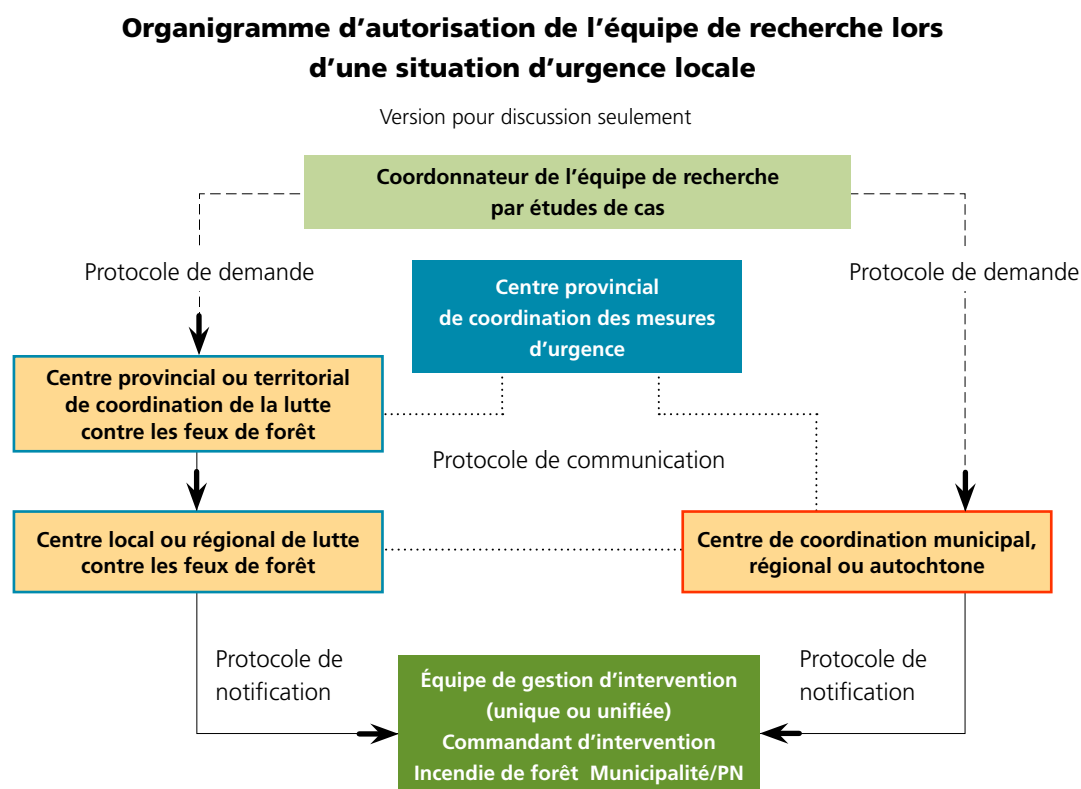
Un processus général pour obtenir auprès des autorités compétentes l'autorisation de se rendre sur les lieux d'un incendie de forêt en milieu périurbain à des fins de recherche est expliqué ci-dessous et schématisé à la figure 8-1.

La démarche s'amorce lorsque le coordonnateur (ou chef des opérations) de l'EREC communique avec les autorités compétentes en suivant le « protocole de demande » approprié, c'est-à-dire en contactant le centre provincial ou territorial de coordination de la lutte aux incendies de forêt ou le centre de coordination municipal, régional ou autochtone compétent pour :

- demander et obtenir les approbations pour déployer une EREC sur les lieux de l'incendie;
- demander aux autorités compétentes la permission de bénéficier des services de soutien qu'elles offrent ou qu'offre l'EGI sur les lieux de l'incendie (p. ex. logement, repas);
- remplir et soumettre tous les documents nécessaires avant le déploiement.

**Figure 8-1 : Démarches à mener auprès des autorités compétentes pour obtenir l'autorisation de déployer une EREC sur les lieux d'un incendie de forêt en milieu périurbain<sup>23</sup>**

\*Les lignes en traits indiquent le processus de communication pour les demandes; les lignes pointillées indiquent les communications entre les organismes; les lignes pleines indiquent le protocole de notification.



En réponse à la demande, les autorités compétentes :

- approuvent ou refusent la demande de déploiement de l'EREC;
- fournissent des instructions de déploiement au coordonnateur ou chef des opérations de l'EREC;
- communiquent l'approbation et les renseignements nécessaires par les canaux appropriés (représentés par le « protocole de notification » dans le diagramme) pour s'assurer que l'EGI est mise au courant du déploiement d'une EREC.

À son arrivée sur les lieux de l'incendie, le chef des opérations de l'EREC :

- enregistre tous les membres de l'EREC à mesure de leur arrivée;
- participe à une réunion d'information avec le superviseur désigné de l'EGI (gestionnaire de la section de la planification);
- informe les membres de l'EREC afin d'assurer leur efficacité et leur sécurité;
- respecte au besoin la chaîne du système de commandement d'intervention (SCI).

<sup>23</sup> Graphique fourni par Stew Walkinshaw, Montane Forest Management.

L'application du SCI varie selon les autorités compétentes et il peut être nécessaire de confirmer les démarches nécessaires dans chaque province ou territoire. Dans la plupart des situations, le dénominateur commun est la participation d'un organisme de gestion des feux de forêt<sup>24</sup>. Celui-ci est habituellement le premier intervenant en cas de feu de forêt, généralement avant même que l'incendie se propage au point de menacer un milieu périurbain, et il est opérationnel tout au long de la saison des incendies. Il s'agit donc du premier organisme à contacter et, en situation de commandement unifié (ou autre), il pourra fournir les coordonnées de l'autorité compétente partenaire<sup>25</sup>.

### **8.3 Déploiement de l'EREC**

Une fois la décision de déploiement prise et les autorisations nécessaires accordées par les autorités compétentes, une EREC doit être prête à se rendre sur les lieux de l'incendie en quelques heures<sup>26</sup>.

Les protocoles de préparation et de logistique utilisés avec succès lors du déploiement rapide des anciennes équipes canadiennes de commandement des interventions<sup>27</sup> et des nouvelles EGI sont facilement disponibles et peuvent très bien s'appliquer au déploiement des EREC. Ces protocoles comprennent généralement :

- la préparation d'une liste des membres de l'EREC ou d'une liste d'appel ou de membres prêts à partir;
- la préapprobation des frais de déplacement et des autres frais personnels des membres de l'EREC;
- la préparation préalable de trousse personnelles par les membres de l'EREC (vêtements et objets personnels);
- des offres à commandes ou des réservations avec des compagnies aériennes régionales d'affrètement<sup>28</sup> et des sociétés nationales de location de véhicules;
- l'assemblage d'équipement de recherche et de trousse de collecte de données dans des conteneurs prêts à l'expédition;
- des offres à commandes conclues avec des prestataires de services techniques de recherche (pour les caméras et les drones, p. ex.).

Les procédures de déploiement sur le terrain élaborées par le NIST à des fins de recherche sur les lieux d'incendies de forêt en milieu périurbain devraient également être analysées (Maranghides et coll., 2011) pour déterminer leur pertinence.

---

<sup>24</sup> Il y a cependant des cas d'exception, par exemple lorsqu'aucune agence de gestion forestière n'a de pouvoir juridictionnel (dans les zones non forestières ou les prairies, p. ex.).

<sup>25</sup> En Ontario, le ministère des Richesses naturelles et des Forêts assure d'abord la liaison avec le centre de coordination provincial, et non avec l'autorité compétente locale.

<sup>26</sup> On s'attend à ce qu'il y ait un délai de 0,5 à 1,5 jour entre le premier avis d'incendie et l'obtention de l'approbation par l'autorité compétente.

<sup>27</sup> Voici l'exemple du déploiement d'une EGI par Parcs Canada : Une équipe composée de membres provenant de cinq emplacements dans deux provinces a convergé vers Calgary avec du matériel stocké dans la cache nationale à Banff, puis a pris un vol nolisé vers La Ronge, en Saskatchewan, où elle a assumé le commandement des opérations de lutte contre un incendie de forêt dans le parc national de Prince Albert dans les 12 heures suivant le premier avis.

<sup>28</sup> Par exemple, des appareils de type Beechcraft King-Air ou l'équivalent pouvant transporter une dizaine de passagers.

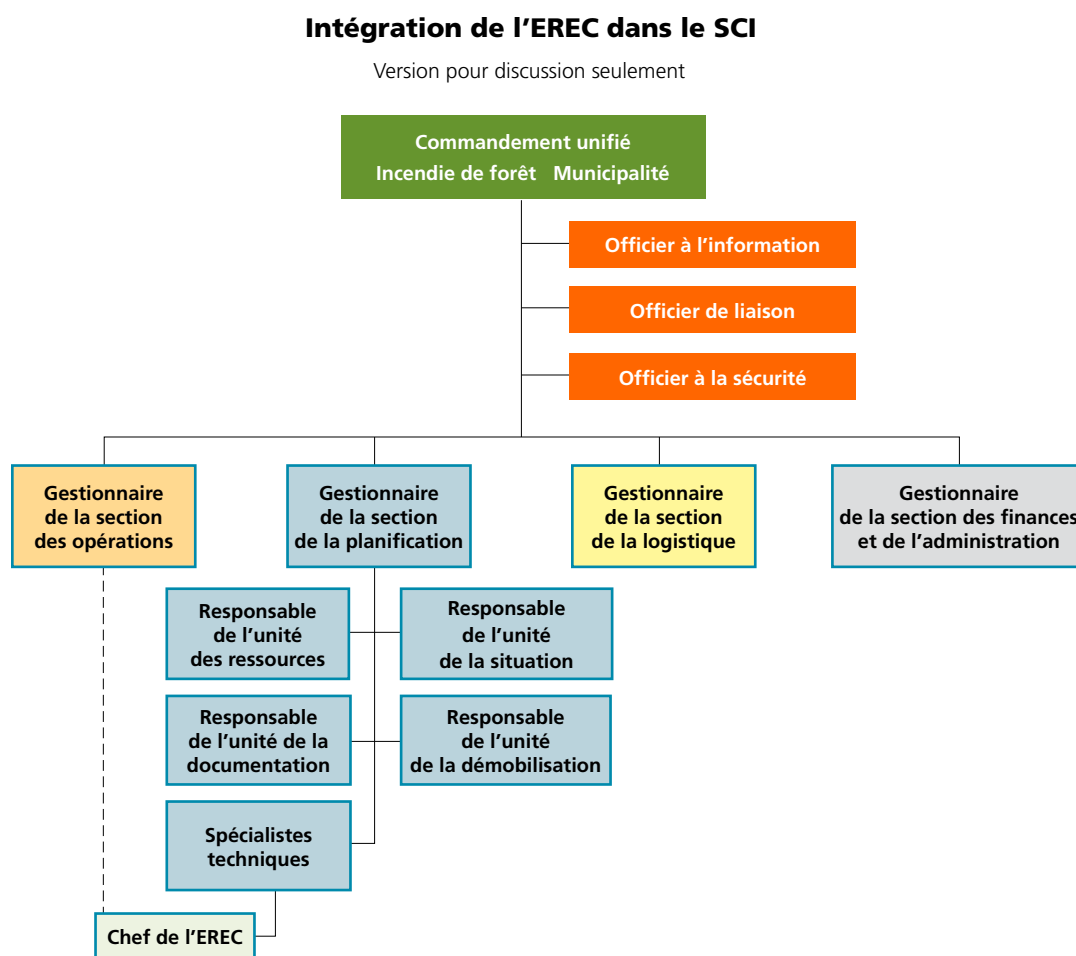


#### 8.4 Intégration de l'EREC dans le Système de commandement d'intervention (SCI)

Le Système de commandement d'intervention (SCI) est un système universel qui a largement été adopté par tous les organismes canadiens de gestion des feux de forêt. À partir des principes et de la terminologie du SCI, cette section décrit une démarche privilégiée<sup>29</sup> pour l'intégration des activités d'une EREC dans un SCI et pour la coordination avec une EGI<sup>30</sup>.

Figure 8-2 : Intégration d'une EREC dans l'équipe de gestion d'intervention<sup>31</sup>

\*Les lignes en traits indiquent le processus de communication pour les demandes.



<sup>29</sup> L'application exacte du SCI peut varier (par exemple, une EREC peut être intégrée à la section des opérations plutôt qu'à celle de la planification).

<sup>30</sup> En présumant que les incendies de forêt en milieu périurbain continueront à être combattus sous le Système de commandement d'intervention géré par SCI Canada.

<sup>31</sup> Graphique fourni par Stew Walkinshaw, Montane Forest Management.

Pour fonctionner efficacement, en toute sécurité et sans gêner le travail des pompiers, une EREC doit opérer et communiquer au sein du SCI, comme toutes les autres ressources. Par conséquent, il est recommandé que :

- l'EREC soit intégrée à la **Section de la planification**<sup>32</sup> et relève du **gestionnaire de la section de la planification** dans l'organigramme du SCI;
- l'EREC soit répertoriée dans la **Section de la planification** comme **Spécialiste technique – Équipe de recherche sur l'atténuation**;
- dans les interventions de complexité faible et moyenne, le chef des opérations de l'EREC agisse en tant qu'unique porte-parole de l'équipe auprès du commandement du SCI;
- le chef des opérations de l'EREC détermine les « limites » des communications officielles et non officielles entre les structures organisationnelles à l'arrivée;
- lors d'interventions très complexes, l'EREC *puisse*, au besoin, désigner un **représentant d'agence** pour lui apporter du soutien et assurer la liaison avec le commandement ou le personnel de l'EGI;
- l'EREC inclue un responsable de la sécurité qualifié qui analyse les dangers et les risques pour l'équipe et lui propose des mesures d'atténuation.

Bien qu'une EREC doive être bien préparée pour être autonome en termes de matériel de recherche, d'équipement de protection individuelle, de transport et d'articles personnels, les membres de l'équipe auront besoin de carburant, de nourriture ou d'autres consommables et même de services médicaux. Pour obtenir ces derniers biens et services, le chef des opérations de l'EREC ou le **représentant d'agence** (s'il y en a un de désigné) devra s'adresser à l'EGI en respectant les règles qui lui auront été communiquées.

Les exigences connues d'une EREC, telles que l'hébergement et les repas, doivent être présentées aux autorités compétentes au moment de la demande initiale de déploiement.

### **8.5 Organisation, compétences et fonctions suggérées d'une EREC**

La mise sur pied d'une EREC offrant la combinaison appropriée de connaissances, de compétences et d'expérience est essentielle au succès des études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain. La formation des EREC devrait d'ailleurs être un des objectifs initiaux lors de la mise en œuvre d'une recherche par études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain. Cette section présente les fonctions de l'équipe sous forme de concept et dresse la liste des compétences et capacités souhaitées. Elle propose en outre une solution pragmatique pour « former » une EREC opérationnelle.

Nous croyons qu'une étude de cas réussie exige un effort soutenu auquel les membres de l'équipe et leurs commanditaires doivent consacrer du temps pour assurer une préparation et une planification coordonnées, recueillir des données sur le terrain, mener des analyses de suivi et publier des rapports.

Nous jugeons en outre qu'un éventail de compétences, d'aptitudes et d'expérience scientifiques et techniques est essentiel pour former une équipe de recherche efficace. Ces attributs sont principalement l'apanage de personnes ayant des compétences dans le secteur du génie appliqué à la protection contre les incendies de structures et, accessoirement, de celles ayant de l'expérience dans les opérations de lutte contre les feux de forêt. Ces personnes peuvent provenir d'agences et du secteur privé. Une grande partie de la recherche par études de cas proposée repose sur le génie appliqué à la protection contre les incendies ou utilise du matériel spécialisé, comme l'ont souligné les membres du CET et les experts en la matière. Ces derniers ont également souligné que la direction

---

<sup>32</sup> Tous les termes en gras sont conformes à la terminologie adoptée par le SCI.

**Tableau 8-1 : Postes et fonctions des membres de l'équipe de recherche par études de cas**

Poste*		Fonctions et compétences de base
1	<b>Chef des opérations</b> (obligatoire dans tous les types de déploiement)	Cochef responsable des opérations; seul agent de liaison avec les autorités compétentes, l'EGI, le personnel de commandement et l'officier à l'information sur l'intervention; assiste aux séances d'information quotidiennes de l'EGI; responsable de la supervision des activités sur le terrain, de la sécurité et des communications de l'EREC avec les services de lutte contre l'incendie; expérience des feux de forêt et connaissances techniques.
2	<b>Responsable scientifique</b> (obligatoire dans tous les types de déploiement)	Cochef responsable de l'aspect scientifique; responsable de superviser la planification et la mise en œuvre des fonctions de recherche et de celles de gestion et d'analyse des données; expérience en génie appliqué à la protection contre les incendies; collabore avec les médias d'information.
3	<b>Directeur de la sécurité</b> (obligatoire lors des déploiements avant l'exposition; facultatif lors des déploiements après l'incendie)	Responsable principal des aspects liés à la sécurité pendant la planification du projet, la formation et les déploiements avant l'exposition aux incendies; relève du chef des opérations; assure la liaison avec l'officier à la sécurité de l'EGI; possède les qualifications décrites à la section 9.2.
4	<b>Opérateur d'UAV ou de drone</b> (obligatoire lors de tous les déploiements avant l'exposition; facultatif lors des déploiements après l'incendie)	Prépare, programme et mène des missions de photographie aérienne; traite les données recueillies (fournisseur contractuel); connaissance ou expérience des feux de forêt.
5	<b>Coordonnateur, Système d'information géographique (SIG) et données</b> (obligatoire lors de tous les déploiements avant l'exposition; facultatif lors des déploiements après l'incendie)	Responsable du contrôle de la qualité des données; assure la liaison avec la Section de planification de l'EGI et celle sur le comportement des feux de forêt; bonne connaissance de la foresterie, de la télédétection et des bases de données sur les biens immobiliers et l'arpentage.
6	<b>Spécialiste du matériel photographique et des capteurs</b> (obligatoire pour tous les déploiements avant l'exposition seulement)	Gère, entretient ou répare, installe et positionne le matériel photo et vidéo et tout autre capteur spécialisé, et télécharge les données recueillies (fournisseur contractuel).
7	<b>Techniciens en collecte de données (2 à 4)</b> (2 à 4 lors de tous les déploiements avant l'exposition; 2 lors des déploiements après l'incendie)**	Collaborent à tous les aspects de la collecte de données, mais effectuent principalement des évaluations détaillées des facteurs de risque des maisons avant et après l'incendie; travaillent en paires, soit un spécialiste des incendies de structures et un spécialiste des incendies de forêt en milieu périurbain.
8	<b>Technicien en transport, équipement et logistique</b> (obligatoire dans tous les déploiements tôt avant l'exposition)	Joue un rôle de soutien et de service auprès de l'équipe; touche-à-tout (planification, opérations, mécanique, logistique, etc.); connaissances en électronique et instrumentation; détaché par un organisme de soutien.
9	<b>Spécialiste de l'origine et des causes des incendies</b> (au besoin et sur appel)	Détermine le ou les points d'origine de l'incendie, sa trajectoire et sa cause lorsque des maisons sont partiellement incendiées; agréé; détaché d'un organisme ou d'un service contractuel.

\* Les postes qui conviennent le mieux à des membres contractuels de l'EREC se trouvent dans les cases ombrées.

\*\* Des organismes de gestion des forêts disposent de personnel ayant une formation pertinente en évaluation des risques.

scientifique de l'EREC devrait avoir une expérience, des connaissances et une compréhension des processus de transfert de chaleur et de combustion, ainsi qu'une excellente compréhension du comportement des incendies de forêt en milieu périurbain.

Pour assurer la sécurité lors d'incendies de forêt en milieu périurbain, tous les membres de l'EREC, qui peuvent inclure des entrepreneurs fournissant des services de soutien (p. ex., des opérateurs de drones et d'équipement de détection, des techniciens, un responsable de la sécurité), doivent être pleinement conscients des risques que posent les feux de forêt et les incendies de structures, et au moins un membre de l'équipe – de préférence le responsable de la sécurité – doit avoir une vaste expérience du domaine.

Globalement, ce sont les fonctions de recherche à exécuter qui définiront la configuration d'une EREC. Certaines fonctions et certains postes de l'équipe sont essentiels et restent constants, tandis que d'autres varient en fonction du moment du déploiement et de la complexité de l'incendie. Le tableau 8-1 ci-dessus résume les postes et les fonctions recommandés d'une EREC.

Le nombre minimal de membres de l'EREC serait de quatre personnes lors d'un déploiement après un incendie de petite à moyenne taille, soit un chef des opérations, un responsable scientifique et deux spécialistes de la collecte de données.

Le nombre maximal de membres de l'EREC pourrait atteindre 9 à 11 personnes, dont deux cochefs (avec possibilité d'ajouter un enquêteur d'origine et cause des incendies), lors d'un déploiement tôt avant l'exposition à un incendie très complexe. Si le feu et l'étendue des dommages sont à l'échelle de l'incendie de Kelowna de 2003 ou pire, des techniciens en collecte de données supplémentaires pourraient être appelés à se joindre à l'équipe pour permettre un plus grand nombre d'évaluations des risques dans les ZIS.

### **8.6 Variation des stratégies de déploiement**

Autant pour des raisons pratiques qu'économiques, nous suggérons deux variantes de déploiement de l'EREC selon les circonstances.

Premièrement, lors d'incendies de forêt à évolution lente, lorsque la rapidité n'est pas primordiale et qu'il existe un bon potentiel de recherche mais beaucoup d'incertitude, nous pourrions procéder à un « déploiement progressif ». Nous pourrions alors envoyer le chef des opérations de l'EREC en mission de reconnaissance et de liaison avec les autorités compétentes, l'EGI et l'analyste du comportement du feu de l'organisme de protection contre les incendies de forêt responsable. Si les perspectives de recherche se révèlent intéressantes, une décision plus éclairée quant à savoir si les autres membres de l'équipe suivront pourrait encore être prise à temps pour un déploiement tôt avant l'exposition. Les incendies de forêt en milieu périurbain de Horse River (Fort McMurray, 2016) et du parc provincial Okanagan Mountain (Kelowna, 2003) sont des exemples de cas où un déploiement graduel aurait pu être appliqué. Cette stratégie reflète celle du SCI, qui permet une réponse organisationnelle adaptée aux exigences de l'intervention (CIFFC, 2010).

Deuxièmement, dans des situations relativement peu complexes (c'est-à-dire lorsque la collectivité est petite ou éloignée ou que les biens à risque sont dispersés ou de faible densité, comme dans les zones rurales), l'EREC pourrait être « de taille appropriée » afin de s'adapter aux fonctions à exécuter et à une charge de travail qui serait vraisemblablement moins grande. Les incendies dans les régions rurales ou agricoles (comme en Colombie-Britannique en 2018) ou dans les collectivités nordiques éloignées en sont des exemples. L'option de ramener les effectifs à une taille idéale est également valable lorsque nous croyons que seul un échantillonnage après l'incendie sera nécessaire et que les perspectives de collecte de données sont limitées.

### **8.7 Recrutement et dotation de l'EREC**

Aucun organisme n'est probablement en mesure de parrainer une EREC complète, et les agences de gestion forestière n'ont ni le mandat ni la capacité de le faire, en particulier pendant les périodes de pointe d'activité coïncidant avec les principaux incendies de forêt en milieu périurbain (Ward, 2020).

Les consultations avec les parties prenantes et l'expérience professionnelle indiquent que la démarche de dotation dite « cadre » est le moyen le plus pratique, le plus efficace et le plus vraisemblable pour rassembler des équipes de recherche provenant de sources multiples. Selon cette démarche, les organismes fédéraux, provinciaux et territoriaux ainsi que le secteur privé<sup>33</sup> pourraient être sollicités afin d'identifier les participants susceptibles de former une EREC. L'équipe serait probablement

---

<sup>33</sup> Par exemple, la société FP Innovations se spécialise dans le secteur étroitement lié de la recherche sur les feux de forêt et possède une vaste expérience dans ce domaine.

complétée par des fournisseurs contractuels (par exemple, des fournisseurs de drones et d'instruments isolés) et du personnel provenant d'autres organisations et institutions. Le déploiement d'employés retraités de tels organismes au sein des EREC devrait également être considéré comme une option de dotation viable.

La démarche de dotation « cadre » a donné lieu à d'importantes avancées scientifiques dans plusieurs cas où des recherches complexes sur les incendies sur le terrain étaient nécessaires (Peterson et Hardy, 2016). L'Expérience internationale de modélisation des feux de cimes (EIMFC) est un exemple probant de cette approche d'équipe au Canada. Aux États-Unis, les agences fédérales de lutte contre les incendies ont mis sur pied et déployé des équipes inter-agences d'intervention d'urgence dans les zones brûlées (Burned Area Emergency Response – BAER) et d'évaluation rapide de la végétation (Rapid Assessment of Vegetation – RAVG) pendant plus d'une décennie après les incendies de forêt pour recueillir des données de recherche (Chappell, 2020). En conséquence, la démarche de dotation « cadre » a acquis une réputation d'efficacité et d'efficience (Ottmar et coll., 2016) grâce à des dizaines de déploiements par année.

La formation d'une équipe nationale serait un objectif immédiat. À terme, il serait probablement plus simple et plus efficace de procéder à la mise sur pied d'équipes régionales fonctionnant selon des protocoles cohérents avec une formation commune. L'affectation et la formation de remplaçants à chacun des postes d'une équipe est une meilleure pratique éprouvée en matière d'intervention d'urgence et de commandement d'intervention.

### **8.8 Simulations d'une recherche par études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain**

Pour illustrer une étude de cas d'incendie de forêt en milieu périurbain dans son intégralité, le tableau 8-2 décrit les séquences prospectives d'une recherche par étude de cas telle qu'elle pourrait se dérouler lors de déploiements dans le cadre d'un incendie, compte tenu des différents moments d'arrivée de l'EREC. Le tableau inclut les activités relevant des aspects scientifiques, opérationnels et collaboratifs de chaque déploiement. Ces simulations reposent sur les méthodes décrites à la section 7.3 et les activités de coordination et de liaison recommandées dans la partie III.

### **8.9 Résumé**

La discussion et les suggestions précédentes empruntent largement aux protocoles et systèmes organisationnels existants et éprouvés pour illustrer comment une équipe de recherche pourrait se préparer, obtenir les autorisations requises et se mobiliser pour mener avec succès des études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain. La section a également traité de la façon dont une équipe de recherche pourrait être structurée et dotée en personnel. Les simulations du tableau 8-2 donnent une vue prospective des activités de recherche selon les divers moments d'arrivée des équipes de recherche.

Cependant, la question de savoir s'il est possible qu'une équipe puisse arriver à temps pour mettre en place le matériel nécessaire et recueillir des données pertinentes avant les incendies demeure. Cette question est traitée à la section 12.4.

**Tableau 8-2 : Scénarios de chronologie prospective des activités de recherche lors de déploiements types sur les lieux d'un incendie de forêt en milieu périurbain**

<b>Tableau 8-2A : Activités à effectuer lors d'une arrivée tôt avant l'exposition</b>	
1	S'inscrire auprès des autorités compétentes et de l'EGI; assurer la liaison avec les sections des opérations et de la planification et avec l'analyste du comportement du feu (ACF).
2	Rassembler les cartes pertinentes, les bases de données géoréférencées et les fichiers numériques du SIG dont dispose la Section de la planification.
3	Appliquer le plan de sécurité de l'EREC; assurer la coordination avec l'officier à la sécurité de l'EGI; communiquer efficacement.
4	Effectuer une reconnaissance de la zone d'étude; consulter l'analyste du comportement des feux de forêt; prédire les zones d'impact.
5	Commencer à rassembler les images de référence existantes des maisons et des zones urbaines; rassembler les cartes géoréférencées.
6	Filmer les résidences situées en première ligne et les zones clés seulement en compagnie d'un expert en évaluation des risques.
7	Disposer des caméras fixes pour la vidéo et la photographie à intervalle du panorama des rues.
8	Installer des caméras fixes (orientées vers le ciel et le front de l'incendie) pour prendre des photos à intervalle du comportement du feu.
9	Obtenir des images aériennes couvrant l'ensemble de la zone ou la cartographie complète en format RVB ou IR haute résolution à l'aide d'un drone guidé par GPS.
10	Décider s'il faut mobiliser le reste de l'EREC; enclencher la phase de pleine capacité fonctionnelle.
11	Installer les instruments de mesure de l'exposition au feu et à la chaleur.
12	Préparer le matériel d'échantillonnage de braises (aux endroits sélectionnés pour les collecteurs de braises et les appareils de mesure des braises du NIST).
13	Installer les stations de météorologie forestière portables transmettant par télémesure dans le milieu bâti.
14	Évaluer les risques préalables à l'incendie de ZIS représentatives (de 50 à 250).
15	Caractériser le combustible forestier se trouvant à moins de 500 mètres des zones urbaines avant l'arrivée de l'incendie.
16	Délimiter et cartographier les zones touchées par les opérations de lutte contre l'incendie; sélectionner des sites permettant d'éviter ces zones.
17	Se retirer dans un endroit sûr avant l'arrivée du feu et y demeurer jusqu'à ce qu'il soit sécuritaire de retourner sur les lieux de l'incendie.
<b>Passage du front de l'incendie – Phase d'exposition à l'incendie de forêt en milieu périurbain</b>	
<b>Phase postérieure à l'exposition à l'incendie de forêt en milieu périurbain</b>	
18	Obtenir périodiquement des photographies à plus haute altitude donnant un aperçu des zones endommagées (à partir d'un hélicoptère).
19	Surveiller et documenter les allumages tardifs, les signes d'incendie latent dans les maisons non détruites et les points d'inflammation.
20	Obtenir une nouvelle série des images aériennes ou une nouvelle cartographie haute résolution couvrant l'ensemble de la zone après le passage de l'incendie au moyen d'un drone guidé par GPS.
21	Réévaluer les risques des maisons et des ZIS évaluées avant l'incendie (de 50 à 250 facteurs de risque); rechercher d'autres facteurs de risques que comportaient les maisons (rapports d'assureurs, évaluations Intelli-feu, etc.).
22	Réévaluer les risques de 50 à 250 paires de maisons ou de ZIS supplémentaires, dont certaines ont brûlées et d'autres pas, et d'autres facteurs de risque.
23	Identifier les maisons endommagées où des enquêtes sur la cause et l'origine des incendies peuvent être menées (avec autorisation).
24	Commencer la documentation photographique des maisons endommagées, mais non consumées.

**Tableau 8-2B : Activités à effectuer lors d'une arrivée tardive avant l'exposition**

1	S'inscrire auprès des autorités compétentes et de l'EGI; assurer la liaison avec les sections des opérations et de la planification et avec l'ACF.
2	Rassembler les cartes pertinentes, les bases de données géoréférencées et les fichiers numériques du SIG dont dispose la Section de la planification.
3	Appliquer le plan de sécurité de l'EREC; assurer la coordination avec l'officier à la sécurité de l'EGI; communiquer efficacement.
4	Effectuer une reconnaissance de la zone d'étude; consulter l'analyste du comportement des feux de forêt; prédire les zones d'impact.
5	Délimiter les zones touchées par les opérations de lutte contre l'incendie; sélectionner des sites permettant d'éviter ces zones.
6	Obtenir des images aériennes couvrant une partie de la zone ou une cartographie partielle haute résolution avant le passage de l'incendie à l'aide d'un drone guidé par GPS.
7	Disposer un nombre minimal de caméras fixes pour la vidéo et la photographie à intervalle du panorama des rues.
8	Installer une caméra fixe (orientée vers le ciel et le front de l'incendie) pour prendre des photos à intervalle du comportement du feu.
9	Photographier le plus grand nombre possible de ZIS dans les zones d'impact probables.
10	Filmer les résidences situées en première ligne et les zones clés seulement en compagnie d'un expert en évaluation des risques.
11	Installer un nombre minimal d'instruments de mesure de l'exposition au feu et à la chaleur dans des endroits optimaux (facultatif).
12	Installer une station de météorologie forestière portable transmettant par télémesure dans le milieu bâti.
13	Caractériser le combustible forestier se trouvant à moins de 200 mètres des zones urbaines avant l'arrivée de l'incendie.

**Passage du front de l'incendie – Phase d'exposition à l'incendie de forêt en milieu périurbain**

**Phase postérieure à l'exposition à l'incendie – Les activités à effectuer sont les mêmes que lors d'un déploiement tôt avant l'incendie (nos 18 à 24).**

**Tableau 8-2C : Activités à effectuer lors d'une arrivée après l'incendie**

1	S'inscrire auprès des autorités compétentes et de l'EGI; assurer la liaison avec les sections des opérations et de la planification et avec l'ACF.
2	Rassembler les cartes pertinentes, les bases de données géoréférencées et les fichiers numériques du SIG dont dispose la Section de la planification.
3	Appliquer le plan de sécurité de l'EREC; assurer la coordination avec l'officier à la sécurité de l'EGI; communiquer efficacement.
4	Effectuer une reconnaissance de la zone d'étude; demander à l'ACF un résumé du comportement du feu de forêt.
5	Délimiter les zones touchées par les opérations de lutte contre l'incendie; sélectionner des sites permettant d'éviter ces zones.
6	Appliquer le plan de sécurité; s'assurer de bien saisir la situation; maintenir les voies de communication.
7	Obtenir des images aériennes couvrant l'ensemble de la zone ou la cartographie complète en format RVB haute résolution après le passage de l'incendie à l'aide d'un drone guidé par GPS.
8	Évaluer les risques de 50 à 250 paires de maisons ou de ZIS, dont certaines ont brûlées et d'autres pas, et d'autres facteurs de risque.
9	Caractériser le combustible forestier se trouvant à moins de 200 mètres des zones urbaines après le passage de l'incendie.
10	Identifier les maisons endommagées où des enquêtes sur la cause et l'origine des incendies peuvent être menées (avec autorisation).
11	Commencer la documentation photographique des maisons endommagées, mais non consumées.

## 9.0 Formation des membres et préparation de l'EREC au déploiement

Pour mener efficacement des activités de recherche en toute sécurité pendant un incendie de forêt actif en milieu périurbain, il faut une préparation méticuleuse, une bonne formation et un entraînement approprié pour acquérir les compétences essentielles. Il faut également travailler en équipe et être conscient des risques. Le stress lié au travail dans un tel environnement complique les tâches de recherche normales.

### 9.1 Objectifs de la formation des membres et de la préparation d'une EREC

Les objectifs suggérés pour la préparation et la formation des membres d'une équipe de recherche par études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain sont les suivants :

1. définition claire des tâches, des responsabilités et des protocoles de sécurité;
2. capacité à fonctionner de manière efficace et cohérente, et sans gêner les opérations de lutte contre les feux de forêt;
3. compréhension approfondie de la structure du SCI et de l'EGI et capacité à agir dans le cadre de cette structure;
4. excellente connaissance du plan de recherche, des méthodes, de l'équipement et des formats de données.

### 9.2 Formation des membres de l'EREC

Les membres de l'EREC devront participer à des séances de formation spécialisée pour atteindre ces objectifs. La formation devra couvrir tous les aspects de la mobilisation de l'équipe, du déploiement de l'équipement, des méthodes de collecte de données, des protocoles d'interaction avec l'EGI et les pompiers, et de la sécurité au travail. La création d'un esprit d'équipe et de méthodes de travail efficaces prendra du temps. La formation opérationnelle devra inclure des simulations de scénarios de mobilisation et de déploiement, des exercices pratiques sur le terrain et des séances de soutien en classe. La formation en sécurité devra mettre l'accent sur les « situations de danger potentiel » en forêt et autour des structures.

Les membres de l'EREC doivent posséder les compétences de base suivantes en matière de sécurité :

- niveau intermédiaire ou plus du comportement des feux de forêt (CIFFC);
- protocoles internes et externes de communication radio; fonctionnement des radios portables;
- niveau SCI 100 du Système de commandement d'intervention;
- certification de base ou plus du CIFFC en lutte contre les incendies de forêt et en sécurité lors d'incendies de forêt;
- utilisation des vêtements et de l'équipement de protection individuelle.

« La plus grande inquiétude lors de la réalisation d'études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain est probablement le risque de mettre l'équipe en danger, même si tous les moyens possibles d'atténuer ce risque sont mis en œuvre. La formation et la préparation sont les moyens les plus efficaces pour réduire ce risque pour l'équipe de recherche et atténuer les impacts sur l'autorité responsable. »

– Kimball Bailey, Comité d'examen technique, retraité du Bureau du commissaire des incendies, Ontario



La formation opérationnelle doit se concentrer sur les protocoles de recherche, l'utilisation de l'équipement, l'évaluation des risques, la connaissance du processus de déploiement et l'organisation et les protocoles sur site. Les membres de l'EREC doivent posséder les compétences de base suivantes en matière opérationnelle :

- excellente connaissance du plan de recherche de l'EREC;
- compréhension théorique des incendies de forêt en milieu périurbain;
- aspects pratiques du déploiement rapide de matériel photographique, de capteurs, de stations météorologiques, etc.;
- connaissance de l'entretien, du dépannage et de la réparation de l'équipement, et préparation de listes de vérification;
- revue des procédures administratives, de la logistique sur site et des protocoles de communication avec les autorités compétentes et l'EGI;
- soutien aux opérateurs de drones et autres UAV et à d'autres spécialistes;
- protocoles de collecte, d'enregistrement et de stockage des données;
- théories et pratiques de la réalisation d'observations sur le terrain et d'évaluations des risques des ZIS;
- simulations complètes d'incendies de forêt en milieu périurbain, gérées par des experts et basées sur des événements passés (p. ex., Fort McMurray, Kelowna, Timmins).

**Le Comité d'examen technique recommande fortement que les évaluations des risques structurels soient toujours effectuées par une équipe de deux évaluateurs hautement compétents ayant une connaissance combinée considérable de la dynamique des feux de forêt, des principes du génie appliqué à la protection contre les incendies ainsi que de la conception et des matériaux des bâtiments. Le fonctionnement en équipe augmente la précision, l'exhaustivité et la pertinence des observations. Les équipes d'évaluateurs doivent se former ensemble pour gagner en cohérence.**

### **9.3 Équipement de l'EREC**

Les protocoles d'acquisition et de gestion de l'équipement ne peuvent pas être établis tant que les décisions importantes concernant la mise en œuvre et la gestion des études de cas n'auront pas été prises.

La fourniture d'équipement spécialisé (adapté et construit sur mesure), comme le matériel d'imagerie isolé et les capteurs thermiques, est généralement confiée à des entreprises spécialisées du secteur privé. Il en va de même des services professionnels de drones (drones de surveillance à voilure tournante de qualité commerciale et pilotes) dotés de fonctions d'enregistrement et de traitement des données.

Les enregistreurs de données doivent être acquis par achat interne et préprogrammés à partir de formulaires de collecte de données pour s'assurer que les membres en connaissent parfaitement le fonctionnement et qu'ils offrent des fonctionnalités personnalisées et un catalogage automatisé des images recueillies. Il est aussi généralement possible d'emprunter du matériel spécialisé de surveillance ou d'échantillonnage en cas d'incendie à d'autres provinces (ou pays). L'équipe doit toutefois être autonome pour ce qui est du matériel de communication radio portatif et programmable.

Les membres de l'EREC et autres spécialistes devraient envisager de peaufiner les préparatifs et de parfaire leur formation avant le déploiement pour garantir de bonnes performances dans des conditions stressantes.

## **10.0 Santé et sécurité**

Il est primordial d'assurer la santé et la sécurité du personnel. Au cours des consultations, les parties prenantes nous ont fait part de préoccupations valables voulant que les autorités compétentes (et les services de lutte contre les incendies ou organismes locaux) ne doivent pas avoir l'impression de porter le fardeau d'assurer la sécurité des chercheurs œuvrant à leurs côtés, et que les ressources d'urgence déjà rares ne devraient pas avoir à assister ou à superviser des chercheurs. Par conséquent, les protocoles et procédures de santé et sécurité doivent faire partie d'une méthodologie de recherche complète pour travailler lors d'un incendie de forêt en milieu périurbain. Cette section décrit brièvement les mesures préventives en matière de santé et sécurité.

Les objectifs sont la sécurité du personnel de recherche, la préservation des rares ressources d'intervention d'urgence en lutte contre les incendies et l'apaisement des préoccupations des autorités locales de prévention des incendies (organismes hôtes).

### **10.1 Stratégies de sécurité**

Afin d'éviter qu'une EREC soit exposée aux divers dangers, nous avons intégré des stratégies de sécurité fondamentales directement dans de nombreux aspects des protocoles recommandés pour la conduite d'études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain :

- séparation dans le temps et dans l'espace de l'exposition au front de feu, à la chaleur radiante et aux forts flux de braises (c.-à-d. maintien d'une distance sécuritaire pendant les phases précédant et suivant l'incendie, retrait planifié pendant la phase d'exposition);
- séparation dans le temps et dans l'espace des opérations actives de lutte contre l'incendie (conformément à la section 5.3);
- substitution de l'observation humaine directe de l'exposition du milieu bâti par des techniques automatisées d'imagerie;
- formation appropriée en matière de santé et sécurité et vêtements et équipement de protection individuelle (dont des masques respiratoires P-100 et des filtres de rechange) fournis à tous les membres de l'EREC;
- intégration de l'EREC dans le SCI et bonne communication avec l'EGI. .

### **10.2 Directeur de la sécurité**

La dynamique des feux de forêt et les autres dangers inhérents au lieu de travail (p. ex., la circulation, les arbres affaiblis par le feu, les lignes électriques tombées, les fuites de gaz et les vapeurs et poussières toxiques) sont des facteurs intrinsèques à la recherche sur les incendies de forêt en milieu périurbain. Par conséquent, les notions de sécurité doivent être pleinement intégrées à toutes les étapes de la planification, de la préparation et de la mise en œuvre de la recherche par études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain. Les mesures à prendre sur les lieux d'un incendie ne représentent qu'une partie des tâches essentielles à accomplir en matière de sécurité.

Tous les membres de l'EREC seront pleinement absorbés par leurs fonctions. Conséquemment, pour assurer un milieu de travail sécuritaire, il est important qu'une personne vigilante supervise la sécurité de l'équipe. Nous recommandons que l'EREC compte obligatoirement un responsable de la sécurité qualifié à plein temps (relevant du chef des opérations) lors des déploiements tôt avant l'exposition à des incendies complexes. Dans le cadre du SCI, le directeur de la sécurité pourrait être nommé **assistant à l'officier à la sécurité**.

Les tâches du directeur de la sécurité de l'EREC sont les suivantes :

- contribuer directement à la formation des membres de l'EREC en ce qui a trait à la sécurité et aux opérations;
- exercer une vigilance de tous les instants et avoir en tout temps conscience de la situation sur les lieux de l'incendie;
- réaliser des évaluations quotidiennes de la sécurité et des risques, et tenir des séances d'information avec les membres de l'équipe;
- obtenir quotidiennement (ou plus fréquemment au besoin) de l'information sur les incendies, et demeurer en communication avec la **Section des opérations** et l'**officier à la sécurité**;
- veiller à ce que l'EPI, les trousseaux de premiers soins, les masques et tout autre équipement de sécurité soient correctement utilisés et entretenus;
- utiliser de l'équipement spécialisé de sécurité ou de détection des variables de l'environnement, au besoin;
- recommander au besoin le retrait de l'EREC de la zone d'étude;
- tenir des dossiers et préparer des rapports de santé et de sécurité, au besoin.

Les autorités compétentes et les organismes d'indemnisation des accidents du travail associés à chaque incendie de forêt en milieu périurbain peuvent avoir des exigences supplémentaires en matière de sécurité et de production de rapports. Dans certains territoires, les autorités compétentes peuvent désigner un employé certifié pour agir en tant qu'officier adjoint à la sécurité rattaché à l'EREC.

Le directeur de la sécurité de l'EREC doit être hautement qualifié dans les opérations de lutte contre les incendies de forêt, formé et expérimenté en tant qu'officier de sécurité et parfaitement familiarisé avec les opérations d'extinction des incendies de structures, les protocoles des services d'incendie et le fonctionnement du SCI. Le secteur privé et la plupart des agences de lutte contre les incendies de forêt ont dans leurs rangs des personnes compétentes possédant ces qualifications.

### **10.3 Risques pour la santé**

Les incendies dans les milieux bâtis seront exacerbés ou accélérés par des matières dangereuses, des structures et des dépendances, des stocks de combustible, des véhicules motorisés contenant du carburant et d'autres matériaux hautement inflammables. Ceux-ci peuvent produire de la fumée nocive de même que des poussières et des gaz dangereux. Les conduites de propane et de gaz naturel qui fuient présentent des risques d'explosion. La santé à court et à long terme du personnel de recherche pourrait être affectée si nous n'adoptons pas de mesures de sensibilisation aux risques, ne sommes pas vigilants face aux dangers et ne prenons pas des précautions appropriées.

Des protocoles devront donc être élaborés pour éviter l'exposition aux risques et garantir la santé des chercheurs.

### **10.4 Équipement de protection individuelle**

Les chercheurs doivent être équipés d'un ensemble complet de vêtements et d'équipement approuvés de protection contre les incendies de forêt, y compris des casques, des gants et des lunettes. Nous devons également fournir des masques respiratoires P-100 et des filtres de rechange pour éviter l'inhalation de particules.

### **10.5 Coordination avec l'EGI et rapports hiérarchiques**

Le directeur de la sécurité de l'EREC peut être désigné comme **assistant à l'officier à la sécurité** dans le cadre du SCI; dans un tel cas, il relèverait de l'**officier de sécurité** du commandement unifié (voir la figure 8-2).

## 11.0 Gestion de l'information

La gestion des données recueillies dans le cadre de la recherche et de la diffusion de l'information de nature publique sont deux éléments essentiels de la recherche par études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain. Nous en traiterons ici dans leur sens le plus large. Ces deux types de données nécessiteront une planification et un développement plus approfondis en collaboration avec des partenaires pour que les résultats de la recherche par études de cas se répercutent dans les opérations et aient le maximum d'impact.

Les données scientifiques, l'information de nature pédagogique et les communications publiques découlant des études de cas, autant en temps réel que dans le cadre de publications ultérieures, peuvent profiter à d'autres scientifiques travaillant dans le même domaine de recherche et influencer et susciter le soutien et la compréhension des principales parties prenantes et du grand public.

### 11.1 Gestion des données

Des protocoles efficaces de gestion des données optimiseront la valeur de la recherche par études de cas et bénéficieront à la communauté scientifique au sens large sous forme d'articles évalués par des pairs, de présentations dans des forums professionnels et d'échanges de données brutes. Il s'agit là de résultats courants attendus des chercheurs.

Compte tenu de la diversité des méthodes de recherche, les responsables des études de cas doivent prévoir un volume de données important dans des formats très variés et s'attendre à devoir déployer des efforts considérables pour bien les gérer. Certaines des considérations les plus importantes qui sont ressorties lors de la préparation du projet sont expliquées ci-dessous :

- Avant de nous rendre sur les lieux d'un feu de forêt, nous devons fixer des objectifs d'étude de cas plus précis afin d'établir un plan de recherche officiel et des procédures d'échantillonnage détaillées. Ces objectifs dicteront ensuite les types et la quantité de données à recueillir. Se reporter à la section 7.1 et à la figure 7-1 pour plus de détails.
- Étant donné que de multiples aspects des études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain dépendront de la séquence des événements, il faudra documenter et horodater précisément tous les types de données (p. ex., images, mesures d'instruments et observations de techniciens).

Toutes les observations devront être enregistrées à l'aide de métadonnées normalisées, de préférence de manière électronique, qui identifieront également l'incident et l'observateur. Les membres de l'EREC devront également tenir un registre des activités quotidiennes pouvant servir de sauvegarde en cas de problème.

Les progrès technologiques récents et les expériences d'organisations telles que le NIST et le Service des forêts (États-Unis), l'ORSIC (Australie) et Intelli-feu en matière d'utilisation d'enregistreurs de données devraient faire l'objet d'études plus poussées et être adaptés pour être utilisés dans les études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain.

- Les auteurs des études de cas devront également prévoir une capacité analytique substantielle. Les exigences en matière de saisie, d'intégration et d'analyse des données nécessiteront le recours à un système d'information géographique et à un spécialiste compétent de tels systèmes.

Ce document de base n'aborde pas le développement d'un schéma expérimental détaillé ni d'un plan de gestion des données. Ces deux tâches devront toutefois être effectuées avant d'entreprendre des études sur le terrain, une fois que les décisions de recherche majeures auront été prises.

**Les membres du CET et les parties prenantes préviennent qu'il faut tenir compte d'autres enjeux liés à la gestion des données. Il s'agit notamment de la propriété des données, des emplacements d'archivage, des protocoles de partage des données et des procédures et des problèmes susceptibles de se poser pour ce qui est de la confidentialité et de l'utilisation des données en cas de litige.**

### **11.2 Information publique**

Les parties prenantes aux incendies de forêt en milieu périurbain (dont l'organisme hôte et les autorités compétentes) et le grand public (en particulier les personnes évacuées) doivent être informés en temps opportun sur la recherche menée afin de susciter leur confiance, d'obtenir leur soutien et d'éviter les malentendus, en particulier sur les intentions des chercheurs.

L'expérience montre que l'intérêt du public et des médias pour les problèmes que posent les incendies de forêt en milieu périurbain culmine au moment des événements, et qu'il faut s'attendre à ce que la présence de chercheurs suscite la curiosité. En plus de représenter le moment idéal pour accumuler des connaissances scientifiques, les incendies de forêt en milieu périurbain sont reconnus par le personnel de prévention des incendies comme étant des événements de choix pour conscientiser la population aux problèmes que posent ces incendies et susciter l'adoption de mesures d'atténuation appropriées.

Les messages publics autour de la recherche sur les incendies de forêt en milieu périurbain devraient :

- renforcer l'importance que la gestion des situations d'urgence devrait accorder à l'atténuation des risques, à la prévention des pertes et à l'adaptation des collectivités aux incendies, ce qui permettrait par la même occasion d'accroître la sécurité et l'efficacité des pompiers, tout en réduisant les perturbations et en favorisant le rétablissement des collectivités;
- sensibiliser la population au fait que la recherche et l'évaluation des incendies de forêt en milieu périurbain constituent des éléments importants du cycle de gestion des catastrophes;
- mettre de l'avant les constatations susceptibles de mener à une diminution de l'inflammation et de la perte de maisons.

Le CET et les parties prenantes ont en outre relevé les points importants suivants en matière d'information publique lors de leurs travaux :

- De nombreux incendies de forêt en milieu périurbain passés n'ont pas seulement été des opportunités de recherche manquées, mais également d'excellentes occasions perdues de sensibiliser et d'éduquer la population. Les chercheurs peuvent avoir une influence positive en relayant « en temps réel » des messages sur leur travail aux autorités compétentes et aux médias locaux. De plus, les images et les vidéos obtenues lors de la recherche offrent un potentiel pédagogique exceptionnel.
- L'information fournie par les chercheurs sur les incendies de forêt en milieu périurbain doit également être accompagnée d'un contexte précis sur les problèmes de vulnérabilité à l'origine de l'inflammation des maisons, afin de contrer les idées préconçues qui sont souvent perpétuées par les médias.
- L'EREC doit préparer une trousse de communication comprenant :
  - un document d'information d'une page à fournir lors de la première réunion avec les autorités compétentes pour leur demander l'autorisation de se rendre sur les lieux de l'incendie à des fins de recherche;
  - des annonces pour les médias expliquant la recherche, ainsi que des réponses aux questions prévues;
  - une fiche d'information réservée aux membres de l'EGI et une autre pour une utilisation plus large par les spécialistes des médias et de l'information publique de l'EGI.

Les membres de l'EREC devraient de plus s'attendre à ce que les spécialistes des communications en matière d'incendie et de sécurité publique travaillant pour les autorités et les organismes locaux recherchent leur collaboration pour utiliser leurs constatations (pendant et après un incendie de forêt en milieu périurbain) afin de sensibiliser les résidents locaux.

## **12.0 Autres considérations d'ordre général**

Cette section du document de base résume nos conclusions concernant le développement continu et la mise en œuvre future d'une méthodologie complète pour mener des études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain. La plupart de ces conclusions découlent des idées, des commentaires et des perspectives des parties prenantes et des intervenants que nous avons consultés, qu'il s'agisse de gestionnaires de programmes de recherche sur les incendies de forêt en milieu périurbain d'autres pays ou de responsables de première ligne ayant de l'expérience en lutte contre les incendies de forêt en milieu périurbain et de leurs répercussions.

### **12.1 Potentiel de mise en œuvre**

Notre analyse des documents contextuels et des renseignements fournis par le CET et les parties prenantes donne à penser qu'aucun des enjeux ou problèmes scientifiques, techniques ou opérationnels relevés au cours de nos enquêtes ne pose d'obstacles insurmontables à la mise en œuvre. Ces problèmes peuvent être résolus et beaucoup sont même évitables si nous développons des protocoles et des procédures efficaces. Certains peuvent être atténués au moyen de solutions adaptées à partir d'autres aspects de la gestion des situations d'urgence et de la recherche sur les feux de forêt, ou en assurant des communications efficaces et une collaboration étroite entre les chercheurs, les agences de lutte contre les incendies de forêt, les administrations municipales et les autorités locales compétentes.

Les promoteurs de la recherche sur les incendies de forêt en milieu périurbain doivent également trouver des moyens efficaces de sensibiliser le grand public, les résidents touchés par les incendies et les médias aux avantages et au soutien de la recherche.

En conséquence, nous sommes convaincus que des études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain productives peuvent être menées de manière sûre pour les chercheurs et sans gêner les opérations sur le terrain, même si les opinions divergent sur les résultats que nous pourrions en tirer. Jack Cohen (voir le passage encadré) a déclaré que nous en connaissons déjà suffisamment sur les processus d'inflammation des structures pour orienter des programmes plus vastes (et plus efficaces) d'atténuation des pertes dues aux incendies de forêt en milieu périurbain, mais que la recherche par études de cas serait utile pour résoudre les lacunes actuelles sur le plan des connaissances et corriger les fausses idées que se fait la population sur les feux de forêt. Nous avons estimé qu'il était important d'inclure ses conseils concernant les défis sociopolitiques et techniques auxquels sont confrontés ceux qui œuvrent dans ce domaine et nous pensons que son message apporte de l'eau au moulin de tous ceux et celles qui croient que la recherche par études de cas devrait aller de l'avant.

**Jack Cohen, Ph. D., chercheur spécialisé en sciences physiques, retraité du Service des forêts des États-Unis et membre du CET, nous a fait part de l'opinion suivante :**

« Il n'y a pas eu de discussions sérieuses pour découvrir ce que les recherches postérieures à un incendie peuvent nous révéler pour aider la population et les agences de lutte contre les incendies de forêt et de structures à adopter des mesures plus efficaces pour prévenir les incendies de forêt en milieu périurbain.

*Les recherches et les études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain sont des outils précieux permettant aux chercheurs de recueillir de l'information sur les schémas de destruction et le contexte des incendies de forêt en milieu périurbain. Cette information donne ensuite lieu à la formulation de questions et d'hypothèses menant à des constatations, qui sont par la suite vérifiées ou validées en partie par d'autres études de cas ou par des expériences en laboratoire ou sur le terrain. Les questions à se poser sont : « Que dois-je connaître pour déceler un problème d'inflammation potentiel? Ce problème est-il crucial étant donné qu'une inflammation prolongée peut entraîner une destruction? Et de quelle information ai-je besoin pour atténuer efficacement ce risque d'inflammation? »*

*La dévastation causée par les incendies de forêt en milieu périurbain se produit généralement pendant la phase initiale de combustion vive après l'inflammation. Les principales données importantes à recueillir avant et pendant un incendie seraient des photos et vidéos aériennes à haute résolution. Il faut toutefois admettre qu'il y a relativement peu de chances de déterminer quelle collectivité sera frappée et de l'atteindre avant l'arrivée du feu ou qu'une collectivité sur le parcours de l'incendie ne sera pas atteinte par l'incendie. Dans le cas des examens postérieurs à un incendie, une destruction totale fournit en grande partie la preuve de ce qui n'a pas enflammé une structure (p. ex., parce que des structures brûlées dans un environnement non brûlé suggèrent une inflammation par des tisons). Les maisons endommagées, mais seulement en partie consumées offrent les meilleures perspectives pour déterminer où l'inflammation s'est probablement produite et comment, mais ne révèlent pas nécessairement la séquence des événements. Cependant, même pour ces structures endommagées, l'exposition de chaque structure ne peut pas être déterminée de manière fiable. La variabilité largement sous-représentée de l'exposition, des conditions d'inflammation de la zone d'inflammation des structures (ZIS) et du nombre de points d'inflammation signifie que même quand des détails précis concernant l'inflammation peuvent donner un aperçu de la façon dont les maisons peuvent s'enflammer, cette information est en grande partie anecdotique. De plus, la quantification détaillée de l'exposition physique n'est pas nécessaire pour élaborer des mesures efficaces d'atténuation des risques d'inflammation.*

*Nos présomptions sociopolitiques sur les incendies de forêt et en particulier sur la façon dont les catastrophes liées aux incendies de forêt en milieu périurbain se produisent sont tout aussi importantes que les lacunes actuelles des connaissances techniques. Une d'étude de cas d'incendie de forêt en milieu périurbain bien organisée et sanctionnée par un organisme (et se déroulant en grande partie après l'incendie) pourrait avoir pour effet profond de changer la perspective sociopolitique des incendies de forêt en milieu périurbain et ainsi soutenir une approche plus efficace, reconnaître le besoin d'une expertise spécifique dans le domaine des opérations et de la recherche et combler d'importantes lacunes dans les connaissances techniques. »*

29 mai 2020

### **12.2 Autres façons d'accéder à un incendie de forêt en milieu périurbain pour mener une étude de cas**

Les examinateurs techniques et les parties prenantes ont largement fait état de deux façons principales d'accéder aux incendies de forêt en milieu périurbain à des fins de recherche. La première, comme le précise la figure 8-1, est de demander aux autorités compétentes la permission d'accéder au lieu où se déroule l'incendie. La deuxième est d'attendre que les autorités compétentes concernées invitent les chercheurs à se rendre sur les lieux d'un incendie qui commence à prendre de l'ampleur.

Ces deux options ont fait l'objet de vives discussions parmi les membres du CET et les représentants des parties prenantes. Voici les conclusions auxquelles ils en sont arrivés :

1. Les parties se sont entendues sur l'objectif ambitieux selon lequel la voie privilégiée est d'être invité à se rendre sur les lieux d'un incendie de forêt en milieu périurbain par les autorités locales.
2. Cependant, pour atteindre cet objectif, il faudra consacrer un temps considérable (peut-être des années) et des efforts soutenus pour renforcer la sensibilisation des organismes hôtes et des autorités compétentes et pour obtenir leur soutien et gagner leur confiance. Ces objectifs ne seront atteints qu'au prix de déploiements de recherche réussis, de communications efficaces et d'efforts de sensibilisation de la part des chercheurs.
3. D'ici là, il faudra mettre en œuvre un processus structuré pour demander et obtenir des administrations municipales et des autorités compétentes l'autorisation de mener des recherches. Un tel processus (adapté à partir de celui présenté à la figure 8-1) devra également être accompagné d'initiatives ciblées pour susciter la confiance et favoriser la compréhension des études de cas.
4. Les organismes de sécurité publique et de protection contre les incendies ainsi que les agences de lutte contre les incendies de forêt en milieu périurbain sont des promoteurs potentiels de la recherche, en plus d'être des intermédiaires ou ponts essentiels entre les chercheurs et les autorités municipales (ces dernières étant les hôtes ultimes des activités de recherche). Par conséquent, le processus de renforcement de la compréhension, de la confiance et du soutien des organismes municipaux de prévention des incendies, de la direction des opérations de lutte contre les feux de forêt et des autres parties prenantes clés devrait commencer immédiatement et être mené parallèlement au perfectionnement des protocoles de recherche et des options de normalisation envisagées.

### **12.3 Défis administratifs de la mise en œuvre des études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain**

Dans leurs réponses à un questionnaire écrit sur un large éventail d'aspects de la recherche sur les incendies de forêt en milieu périurbain, les membres du CET ont été invités à donner leur avis sur des façons d'administrer, de gérer et de mettre en œuvre un programme fonctionnel de recherche par études de cas. Les résultats nous ont permis d'obtenir de l'information importante sur les défis administratifs, que nous résumons ci-dessous :

1. Tous les répondants ont opté pour la mise sur pied d'une ou de plusieurs équipes pour accomplir des fonctions et des tâches prédéterminées, et ont dit préférer une bonne organisation, une planification préalable ainsi qu'un soutien logistique et des protocoles et de l'équipement de collecte de données prédéterminés, par opposition à des approches moins structurées.
2. Les répondants ont globalement convenu de créer une ou plusieurs équipes nationales, coordonnées centralement et regroupant de multiples organismes pour mener des recherches par études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain.
3. Tous les répondants ont estimé que l'efficacité attendue d'une telle équipe d'études de cas était « très élevée » ou « élevée ».
4. Une majorité de répondants ont exprimé une forte préférence pour que l'équipe soit dirigée par un organisme national. Un répondant a toutefois refusé de commenter et a plutôt insisté sur la nécessité de trouver du personnel qualifié provenant de divers horizons.



5. L'uniformité des réponses concernant les obstacles potentiels a été plus nuancée, mais deux thèmes principaux ont émergé :
  - a. Maintien du financement par les organismes et les partenaires participants sur une longue période. Aucun consensus n'a émergé. Les répondants ont cependant reconnu qu'il serait possible de mettre en commun des ressources provenant de diverses agences gouvernementales, organisations et institutions ayant des intérêts et une expertise en matière de recherche. De plus, ils ont convenu que la mise sur pied d'un programme proactif de recherche par études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain serait coûteuse, mais ne représenterait qu'une fraction des dépenses engagées dans les opérations antérieures de lutte contre les incendies et de rétablissement ou des coûts que l'amélioration des mesures d'atténuation des incendies de forêt en milieu périurbain permettrait d'économiser.
  - b. Possibilité d'obstacles de nature juridique concernant la protection de la vie privée, l'assurance et la responsabilité à l'égard des civils, du personnel et des organismes exploitants.
6. Le CET a souligné l'importance cruciale d'inspirer la confiance grâce à une relation de travail étroite et pleinement collaborative avec les agences de gestion des feux de forêt et leurs organes de coordination (p. ex., le Groupe de travail sur la gestion des feux de forêt du Conseil canadien des ministres des forêts et le CIFFC), ainsi qu'à l'intégration totale et au maintien d'une bonne communication avec l'organisation de gestion de l'intervention une fois sur les lieux.

De nombreuses parties prenantes issues d'un large éventail de milieux professionnels et ayant des expériences diverses ont également souligné ces derniers points.

#### **12.4 Faisabilité de la collecte de données avant l'exposition à l'incendie**

L'approche de recherche sur les incendies de forêt en milieu périurbain exposée dans ce document, qui préconise un déploiement et une arrivée rapides pour effectuer des évaluations sur place, n'a pas été testée et soulève les questions suivantes :

Dans quelle mesure est-il possible pour les chercheurs d'arriver sur les lieux d'un incendie avant sa transition de la forêt au milieu bâti? Pouvons-nous mettre en place l'équipement et recueillir les données essentielles avant l'exposition et l'inflammation généralisée des structures?

Les opinions des experts sur cette question étaient très variées. Dans l'ensemble, les membres ayant une expérience de la situation et des types de combustibles forestiers au Canada étaient d'avis qu'une proportion raisonnable de feux de forêt permettrait de recueillir des données avant et après incendie. À l'inverse, les experts plus familiarisés avec les feux de forêt et les types de combustibles que l'on retrouve dans le sud-ouest des États-Unis se sont montrés beaucoup plus sceptiques quant aux opportunités de recherche avant l'arrivée de l'incendie, compte tenu des courts préavis.

Nous pensons que cette question pourrait et devrait être traitée de manière objective. Plus précisément, nous pourrions répondre à ces questions en examinant la chronologie des principaux incendies de forêt qui se sont propagés en milieu périurbain au Canada (et ceux dont la propagation a été évitée de justesse), comme ceux de Fort McMurray, Slave Lake et High Level, en Alberta, de Kelowna et Penticton, en C.-B. et de Timmins, en Ontario, puis en comparant cette chronologie aux temps de mobilisation estimés d'une EGI ou d'une EREC bien préparée. La chronologie est toujours précisée dans les bilans dressés à la fin des opérations de lutte contre un incendie.

Cet examen devrait également mettre l'accent sur les « signaux avant-coureurs » présents dans le système canadien de déclaration des incendies de forêt, qui peuvent être des signes utiles pour alerter une équipe de recherche de l'imminence potentielle d'un incendie de forêt en milieu périurbain.

### **12.5 Collaboration internationale**

Au moins trois possibilités importantes de collaboration internationale sur les études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain devraient être évaluées dans le cadre du perfectionnement des protocoles préliminaires.

#### ***Programme de collecte de données sur les zones parcellaires vulnérables aux incendies de forêt en milieu périurbain (WUI Fire Data Collection on Parcel Vulnerabilities) du NIST (National Institute of Standards and Technology des États-Unis)***

Bien que ses objectifs et ses démarches techniques diffèrent de l'approche par études de cas préconisée dans ce document de base, ce programme du NIST est le projet de recherche sur les incendies de forêt en milieu périurbain le plus semblable qui existe. S'inscrivant dans une initiative de recherche beaucoup plus vaste menée par le NIST, il s'agit d'un programme pluriannuel visant à développer la métrologie nécessaire pour atténuer les effets des incendies de forêt en milieu périurbain en fournissant des conseils techniques sur les structures, les éléments d'aménagement paysager et la conception de collectivités qui résistent à l'inflammation et limitent la propagation des incendies de forêt en milieu périurbain. La méthodologie à deux composantes est conçue pour recueillir des données avant et après l'incendie. Elle expose les conditions qui prévalaient avant l'incendie, les mesures défensives mises en place, la progression chronologique du feu dans la collectivité, l'étendue des dommages et les vulnérabilités à l'inflammation. En développement depuis 2011, cette méthodologie a été appliquée à plusieurs reprises par des équipes de chercheurs, qui ont publié en 2016 un rapport présentant des résultats préliminaires et des recommandations pour en poursuivre l'amélioration. Le NIST collabore avec le département américain de l'Intérieur et les États du Colorado, de la Californie et du Texas sur ce projet.

#### ***Groupe de travail sur les vastes incendies extérieurs et le milieu bâti (Large Outdoor Fire and the Built Environment Working Group – LOF & BE)***

Une deuxième initiative, connue sous la désignation de LOF & BE, en est aux premières étapes de la constitution d'un réseau international visant à combler les lacunes actuelles en matière d'information et à entreprendre des recherches à l'échelle mondiale. Elle est menée par le laboratoire sur la science des incendies intermontagne du Service des forêts du département américain de l'agriculture (USDA Forest Service Intermountain Fire Sciences Laboratory) et le NIST, et parrainé par l'association internationale pour la science de la sécurité incendie (International Association for Fire Safety Science – IAFSS).

Ce groupe de travail permanent a comme objectif d'étudier les caractéristiques communes des incendies en zone urbaine, des incendies de forêt en milieu périurbain, des incendies de forêt et des incendies de quartiers informels. Il est composé de trois sous-groupes. Les priorités du sous-groupe d'étude des collectivités résistantes à l'inflammation (Ignition Resistant Communities – IRC) sont de déterminer les recherches menées jusqu'à présent, les mécanismes existants pour protéger les collectivités des grands feux extérieurs, les codes, normes et cadres réglementaires qui s'appliquent, les connaissances tirées des véritables grands feux extérieurs et les enseignements tirés des incendies passés.

***L'Institut d'assurance pour la sécurité des résidences et des entreprises (Insurance Institute for Home and Business Safety – IBHS)***

L'IBHS mène également de vastes travaux à grande échelle en laboratoire à l'aide d'un générateur de braises dans ses installations de recherche en Caroline du Sud. Il est de plus très engagé dans le développement de mesures d'atténuation plus efficaces des risques d'incendie de forêt.

**12.6 Résumé**

Les idées et concepts ci-dessus ont été intégrés au document de base et aux recommandations qu'il contient.

Dans l'ensemble, les membres du Comité d'examen technique, les experts en la matière et les parties prenantes soutiennent fermement la poursuite de la recherche par études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain. Les membres croient également que « le moment est parfaitement choisi » et que le document de base devrait être utilisé comme moyen de susciter et de renforcer une dynamique visant l'adoption de solutions collaboratives.

## Partie IV : Conclusions et recommandations

### 13.0 Conclusions et recommandations

La prémisse de ce document de base est qu'un examen rigoureux des facteurs du milieu bâti qui contribuent au potentiel d'inflammation des structures et à la destruction de propriétés lors d'incendies de forêt en milieu périurbain est un élément clé du cycle de gestion des catastrophes et conduira à de meilleures mesures d'atténuation pour réduire les pertes et à la création de collectivités plus résilientes aux feux de forêt. Nos enquêtes et nos consultations nous permettent de formuler les conclusions et les recommandations suivantes concernant les études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain.

#### 13.1 Conclusions

1. Dans l'ensemble, nous sommes convaincus qu'aucun des défis ou problèmes scientifiques, techniques ou opérationnels relevés au cours de nos enquêtes ne pose d'obstacles insurmontables à la mise en œuvre d'études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain. Les problèmes sont solubles et des études de cas rigoureuses sont réalisables. Compte tenu des adaptations et des protocoles proposés, nous sommes d'avis que des études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain productives peuvent être menées en toute sécurité pour les chercheurs et sans gêner les opérations de lutte contre les incendies, ce qui répond aux préoccupations importantes soulevées par les parties prenantes.
2. L'analyse et l'évaluation des catastrophes naturelles sont des éléments clés du cycle de gestion des catastrophes. Or, peu d'études de cas sur les grands incendies de forêt en milieu périurbain ont été réalisées au Canada. Les rares incendies de forêt en milieu périurbain offrent des opportunités d'enseignement brèves mais très précieuses, mais nous n'en tirons pas le meilleur parti.
3. Il est nécessaire que des études visant à répondre aux questions de recherche et à faire progresser les connaissances actuelles sur les incendies de forêt en milieu périurbain au Canada et sur les risques d'inflammation des structures exposées à de tels incendies soient menées en ce qui concerne :
  - les aspects de l'exposition et de la vulnérabilité contribuant au risque d'inflammation des structures dans le milieu bâti lors d'incendies de forêt en milieu périurbain;
  - les voies de progression du feu dans les ZIS (les propriétés);
  - la propagation du feu entre les structures dans le milieu bâti;
  - les conditions de l'environnement des feux de forêt en corrélation avec le flux de braises.
4. Les études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain existantes sont pertinentes, mais ont été menées dans des environnements différents de ceux qui prévalent au Canada. De plus, elles ne tirent pas parti d'observations directes consignées avant l'incendie et de données recueillies *in situ* en toute sécurité par des instruments qui transmettent par télémétrie pendant l'incendie.
5. Aucune méthodologie complète de recherche par études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain qui pourrait être facilement adaptée ne semble exister. Cependant, nombre des composantes appropriées d'une telle méthodologie (soit des méthodes, des technologies et des procédures) existent.
6. Afin d'atteindre l'objectif du projet consistant à jeter les bases nécessaires pour mettre au point un programme systématique de recherche par études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain, il était essentiel d'aborder plusieurs aspects opérationnels et administratifs, ainsi que de se concentrer sur les composantes techniques et scientifiques.
7. Une arrivée hâtive de l'EREC, qui pourrait alors recueillir des données avant et pendant l'incendie, est impérative pour combler les lacunes les plus importantes sur le plan des connaissances et est probablement réalisable.

8. Contrairement aux responsabilités bien définies lors des interventions en cas d'incendies de forêt, d'incendies de forêt en milieu périurbain ou d'incendies de structures, nous ne savons pas vraiment si une agence, une institution ou une association professionnelle canadienne (ou une coalition d'entre elles) assume ou assumerait la responsabilité de coordonner ou de mener une recherche sur les lieux d'un incendie de forêt en milieu périurbain.
9. Les principaux défis liés à l'élaboration d'un programme de recherche par études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain sont de nature administrative, soit principalement :
  - d'obtenir les engagements administratifs et financiers nécessaires à la mise en œuvre;
  - de réunir un groupe cadre d'ingénieurs en protection contre les incendies et de spécialistes des incendies de forêt en milieu périurbain pour former une ou plusieurs équipes d'étude;
  - de cibler un organisme parrain ou une « tête de réseau » pour diriger une recherche par études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain au Canada.
10. Les principales parties prenantes<sup>34</sup> et les futurs promoteurs de la recherche par études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain doivent obtenir le soutien et l'engagement généralisés nécessaires à la mise en œuvre de cette recherche (en misant sur la sensibilisation, la confiance, la collaboration et des discussions poussées et accélérées). Ils doivent même obtenir ce soutien et cet engagement avant de pouvoir finaliser les meilleures pratiques à intégrer à une méthodologie exhaustive.

### **13.2 Recommandations<sup>35</sup>**

Dans l'ensemble et à la lumière des conclusions précédentes, les experts en la matière et les parties prenantes soutiennent fermement qu'il est nécessaire de poursuivre sans tarder les travaux menant à la finalisation d'une démarche globale pour gérer et mettre en œuvre une recherche par études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain. Ces experts sont également largement d'avis que ce document de base constitue le fondement d'une dynamique continue et de discussions et d'actions collaboratives en vue d'élaborer un programme efficace de recherche par études de cas.

À la suite de nos enquêtes et de notre analyse de la recherche par études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain, nous formulons les recommandations suivantes :

1. Le CCN devrait envisager de poursuivre l'élaboration d'une méthodologie souple, mais exhaustive pour mener et gérer les futures études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain au Canada. Conformément aux conclusions précédentes et aux recommandations suivantes, il semble plus approprié que cette méthodologie soit initialement présentée sous forme d'une « spécification technique nationale » comme le décrivent l'annexe C et la circulaire 2019 du CCN, et en s'inspirant de ce document de base. Plus tard, une fois la démarche appliquée et les protocoles affinés, une norme nationale du Canada pourra être élaborée pour guider la recherche par études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain.

---

<sup>34</sup> Les principales parties prenantes comprennent le Groupe de travail sur la gestion des feux de forêt du CCMF, les représentants du Conseil canadien des directeurs provinciaux et des commissaires des incendies, Sécurité publique Canada, le Service canadien des forêts, le Conseil national de recherches, le Partenariat canadien sur la science des feux de forêt (Canada Wildfire), le Centre interservices des feux de forêt du Canada, l'Association canadienne des chefs de pompiers et les chercheurs émérites sur les feux de forêt.

<sup>35</sup> Ces recommandations sont valables, que les étapes ultérieures vers l'adoption d'une méthodologie exhaustive pour mener des études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain se déroulent sous les auspices du Conseil canadien des normes ou sous celles d'une autre autorité.

2. Si le CCN choisit de ne pas publier de document normatif ou si l'élaboration d'une norme est par ailleurs considérée comme irréalisable, les principales parties prenantes devraient se réunir dans le but de créer un groupe de travail sur les études de cas<sup>36</sup> afin de finaliser indépendamment une méthodologie exhaustive sur les études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain pour orienter les travaux futurs.
3. Dans les deux cas ci-dessus, la mobilisation des principales parties prenantes est un préalable essentiel à la finalisation d'une méthodologie exhaustive d'études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain. Par conséquent, nous demandons instamment que la principale priorité de suivi soit la convocation d'un forum facilité regroupant toutes les principales parties prenantes pour :
  - a. rechercher et dégager les moyens et le parrainage nécessaires pour poursuivre le développement d'une méthodologie exhaustive pour la recherche par études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain;
  - b. établir un cadre administratif et obtenir des engagements pour la mise en œuvre et la gestion des études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain subséquentes;
  - c. formuler des recommandations pour accroître la sensibilisation, le soutien, la confiance et l'engagement envers le projet auprès d'autres parties prenantes, en particulier les autorités municipales compétentes, qui sont celles qui, en fin de compte, autorisent (ou invitent) les chercheurs à mener des études de cas dans les collectivités exposées aux incendies de forêt en milieu périurbain;
  - d. décider de la méthodologie exhaustive à suivre pour mener des études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain et rassembler un groupe cadre des chercheurs qualifiés pour la mettre en œuvre.
4. Une analyse plus poussée devrait être entreprise pour évaluer s'il est faisable de mobiliser une EREC afin qu'elle se déploie avant l'arrivée de l'incendie et mette en place les instruments nécessaires à la collecte de données avant que la transition du feu de la forêt au milieu bâti entraîne des pertes catastrophiques, conformément à l'analyse présentée à la section 12.4.
5. La méthodologie exhaustive à suivre pour réaliser une recherche par études de cas devrait être fondée sur ce document de base et contenir, au minimum, les éléments clés suivants :
  - a. une confirmation de la portée de la recherche par études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain (c'est-à-dire porter principalement sur les cinq catégories énumérées à la section 3.1);
  - b. un plan de recherche conçu pour aborder les aspects précis présentés ici et décrivant la démarche scientifique et les lignes directrices pour la mise en œuvre des méthodes d'échantillonnage choisies;
  - c. des procédures opérationnelles normalisées pour constituer, préparer, former, mobiliser et déployer une EREC et intégrant les processus convenus et les « signaux avant-coureurs »;
  - d. des directives pour le développement ou l'achat de l'équipement et des services nécessaires ou pour leur acquisition auprès de sous-traitants;
  - e. un plan complet d'acquisition et de gestion des données;
  - f. un système amélioré d'évaluation des risques dans les ZIS (voir la recommandation n° 7);

---

<sup>36</sup> Le groupe de travail devrait être composé d'experts et refléter la composition de l'équipe de recherche par études de cas proposée décrite à la section 8 (c.-à-d. être composé de membres potentiels de l'EREC).

- g. une stratégie de communication et de sensibilisation décrivant les démarches et comprenant des modèles pour assurer une meilleure diffusion des efforts et des résultats de la recherche sur les incendies de forêt en milieu périurbain parmi le grand public, les autorités compétentes, les médias, les services d'incendie locaux et les résidents;
  - h. un plan de santé et sécurité qui comprend des exigences relatives aux procédures, à l'équipement de protection individuelle, à la formation, aux communications sur place (au sein de l'équipe) et à la liaison sur le terrain avec l'EGI.
6. Un outil devrait être conçu pour aider à prendre les décisions finales quant au déploiement d'une EREC lors des feux de forêt susceptibles de se transformer en incendies de forêt en milieu périurbain.
  7. Un système d'évaluation des risques dans les ZIS complet, quantitatif et axé spécifiquement sur la recherche par études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain devrait être élaboré afin d'évaluer l'importance relative ou la contribution des facteurs de risque connus et de leurs attributs particuliers au potentiel d'inflammation global des structures et de faciliter l'établissement de l'ordre de priorité des mesures d'atténuation.
  8. La composition d'un groupe de travail sur les études de cas et la formation subséquente des EREC devraient reposer sur la démarche de dotation dite « cadre » pour attirer du personnel qualifié provenant d'agences, d'organisations ou du secteur privé et des retraités du domaine. Ces entités devraient être dotées des ressources appropriées et se voir accorder le temps nécessaire pour exécuter les tâches à accomplir.
  9. Une seule EREC devrait être formée, au moins dans un premier temps. À plus long terme, il serait préférable d'avoir deux EREC nationales (une pour l'ouest et une pour l'est du Canada). Il faudrait en outre organiser des ateliers de formation annuels pour entretenir et parfaire les compétences des membres et la coordination des équipes.
  10. Les parties prenantes et l'EREC devraient s'efforcer d'atteindre l'objectif ambitieux voulant que la sensibilisation, la confiance et le soutien généralisés à l'égard de la recherche sur les incendies de forêt en milieu périurbain progressent au point où les autorités compétentes invitent les équipes à mener des recherches lorsque la situation s'y prête. D'ici là cependant, les EREC devraient suivre rigoureusement le protocole défini, qui est de demander aux autorités compétentes l'autorisation de rendre sur les lieux d'un incendie de forêt en milieu périurbain avant de se déployer. La sensibilisation et le renforcement de la confiance devraient commencer maintenant.
  11. À la lumière de l'avis du CET voulant qu'une grande partie de la valeur de la recherche par études de cas réside dans l'observation de l'inattendu, le document normatif élaboré à partir de ce document de base devrait être flexible et non strict au point où des observations évidentes ou inattendues pourraient être négligées.
  12. Des relations de travail devraient être établies avec le projet LOF & BE (Large Outdoor Fire and the Built Environment Initiative), le NIST (National Institute of Standards and Technology des États-Unis) et l'IBHS (Insurance Institute for Home and Business Safety).

## 14.0 Ouvrages cités

- ABBOTT, G. et chef M. Chapman (2018). Addressing the New Normal: 21<sup>st</sup> Century Disaster Management in British Columbia. Report and Findings of the BC Flood and Wildfire Review: An Independent Review Examining the 2017 Flood and Wildfire Seasons.
- ACKERMAN, M. (2020). Communication personnelle, MYAC Engineering.
- AHMARI, H., E. L. Blais et J. Greshuk (2016). The 2014 flood event in the Assiniboine River Basin: causes, assessment and damage, *Canadian Water Resources Journal/Revue canadienne des ressources hydriques*, vol. 41 (1-2), pp. 85–93.
- ALEXANDER, M. E., R. W. Mutch et K. M. Davis (2007). Wildland fires: dangers and survival, *Wilderness Medicine*, 5<sup>e</sup> édition. Paul S. Auerbach, éditeur.
- ALEXANDER, M. E. (2002). The staff ride approach to wildland fire behavior and firefighter safety awareness training: a commentary, *Fire Management Today*, vol. 62 (4), pp. 25–30.
- Auditor General of British Columbia (2002). Managing interface fire risks: 2001/2002. 111 p.
- BARROW, G. J. (1945). A survey of houses affected in the Beaumaris fire, January 14, 1944, *Journal of the Council for Scientific and Industrial Research*, vol. 18, pp. 27–37.
- BECK, J. et B. Simpson (2007). Wildfire threat analysis and the development of a fuel management strategy for British Columbia, *Proceedings of Wildfire*, 13 mai, pp. 1–2.
- BEVERLY, J. L et P. Bothwell (2011). Wildfire evacuations in Canada 1980–2007, *Natural Hazards*, vol. 59, pp. 571–596.
- BIRD, A. L., J. F. Cassidy, H. Kao, L. J. Leonard, T. I. Allen, L. Nykolaishen, H. Dragert, T. E. Hobbs, A. M. Farahbod, J. M. Bednarski et T. S. James (2016). The October 2012 magnitude (MW) 7.8 earthquake offshore Haida Gwaii, Canada.
- BLANCHI, R., J. E. Leonard et R. H. Leicester (2006). Lessons learnt from post bushfire surveys at the urban interface in Australia, *International Conference on Forest Fire Research*, X. Viegas (Ed.).
- Bureau des Nations Unies pour la réduction des risques de catastrophe (2015). Cadre d'action de Sendai pour la réduction des risques de catastrophe, [https://www.preventionweb.net/files/43291\\_frenchsendaiframeworkfordisasterris.pdf](https://www.preventionweb.net/files/43291_frenchsendaiframeworkfordisasterris.pdf) ou [www.unisdr.org](http://www.unisdr.org)
- CALKIN, D. E, J. D. Cohen, M. A. Finney et M. P. Thompson (2014). How risk management can prevent future wildfire disasters in the wildland-urban interface, *Proc. Natl. Acad. of Science, U.S.A.*, vol. 111, pp. 746–751.
- 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, 15 p.
- CHAPPELL, L. (2020). Communication personnelle, Regional Fuels Program Manager, USDA, Forest Service, Intermountain Region, Ogden, UT.
- Centre interservices des feux de forêt du Canada (CIFFC) (2010). Cours I-300 de niveau intermédiaire sur le Système de commandement d'intervention, Programme canadien de formation sur le SCI.
- COHEN, J. D. (1995). Structure ignition assessment model (SIAM), USDA Forest Service General Technical Report PSW-GTR, vol. 158, pp. 85–92, The Biswell Symposium: *Fire Issues and Solutions in the Urban Interface and Wildland Ecosystems*.
- COHEN, J. D. (2000). Examination of the home destruction in Los Alamos associated with the Cerro Grande fire, USDA, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Missoula Fire Lab, Missoula, MT.
- COHEN, J. D. (2003a). An Examination of the Home Destruction Related to the Local Wildland Fire Behavior during the June 2003 Aspen Fire, Summerhaven, Tucson. USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station, File Report.



- COHEN, J. D. et R. Stratton (2003). Home destruction within the Hayman fire perimeter, dans Hayman Fire Case Study, Gen. Tech. Rep., RMRS-GTR, vol. 114. Graham, R. T., rédacteur technique, Ogden, UT : U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station.
- COHEN, J. D. (2004). Relating flame radiation to home ignition using modeling and experimental crown fires. *Revue canadienne de recherche forestière*, vol. 34, pp. 1616–1626.
- COHEN, J. D. et R. Stratton (2008). Home Destruction Examination – Grass Valley Fire, Report R5-TP-026b., US Department of Agriculture, Forest Service.
- COHEN, J. D. (2010). The wildland/urban interface problem, *Fremontia*, vol. 38:2/38:3, 8 p.
- COOGAN, C. P., F. N. Robbine, P. Jain et M. D. Flannigan (2019). Scientists' warning on wildfire – a Canadian perspective, *Revue canadienne de recherche forestière*, vol. 49, pp. 1015–1023.
- CRESWELL, J. W. (2007). *Qualitative Enquiry and Research Design: Choosing Among Five Approaches*, Thousand Oaks, CA, Sage Publications.
- De GROOT, W. J., M. D. Flannigan et A. S. Cantin (2013). Climate change impacts on future boreal fire regimes, *Forest Ecology and Management*, vol. 294, pp. 35–44.
- De SORCY, G. (2001). Final Report: Chisholm Fire Review Committee, Report submitted to the Alberta Minister for Sustainable Resource Development, 50 p.
- EISENHARDT, K. M. (1989). Building theories from case study research, *Academy of Management Review*, vol. 14(4), pp. 532–550.
- FILMON, G. (2004). *Firestorm 2003: Provincial Review*, Government of British Columbia, 100 p.
- FINNEY, M. A. et J. D. Cohen (2003). Expectation and Evaluation of Fuel Management Objectives, USDA, For. Serv. RMRS-29, pp. 353-366.
- FireSmart Canada (2020). Home Partners Program, [www.firesmartcanada.ca](http://www.firesmartcanada.ca).
- FLANNIGAN, M. D., K. A. Logan, B. D. Amiro, W. R. Skinner et B. J. Stocks (2005). Future area burned in Canada, *Climatic Change*, vol. 72, pp. 1–16.
- Flat Top Complex Wildfire Review Committee (2012). Final Report: Flat Top Complex. Rapport soumis au ministre de l'Environnement et du Développement durable des ressources, 83 p.
- FP Innovations (2017). Wildfire tested fuel treatments: 2015 Weyakwin and Wadin Bay, Saskatchewan, Technical Report now 22.
- GIBBONS, P., L. van Bommel, A. M. Gill, J. C. Geoffrey, D. A. Driscoll, R. A. Bradstock, E. Knight, M. A. Moritz, S. L. Stephens et D. B. Lindenmayer (2012). Land Management Practices Associated with House Loss in Wildfires, *Plos One*. doi.org/10.1371/journal.
- GORBETT, G. E. et W. Chapdelaine (2014). Scientific method-use, application and gap analysis for origin determinations, *International Symposium of Fire Investigation Science and Technology*.
- GRAHAM, R. T. (réviseur technique) (2003). Hayman Fire Case Study, General Technical Report, RMRS-GTR, vol. 114, Ogden, UT, US Department of Agriculture, Forest Service. Rocky Mountain Research Station. 396 p.
- HARRISON, S., A. Silver et B. Doberstein (2015). Post-storm damage surveys of tornado hazards in Canada: Implications for mitigation and policy, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, vol. 13, pp. 427–440.
- Headwaterseconomics (2013). The Rising Cost of Wildfire Protection, <http://headwaterseconomics.org/wildfire/fire-costs-background/>.

- HIRSCH, K. G. (1991). A chronological overview of the 1989 fire season in Manitoba, *Forestry Chronicle*, vol. 67(4), pp. 358–365.
- HIRSCH, K. G. (1989). Analysis of the fire behaviour associated with three 1988 spring wild fires in central Canada, dans *Proceedings of the 10th Conference on Fire and Forest Meteorology*, 17-21 avril 1989, Ottawa, Ontario. Forestry Canada, Northwest Region, Edmonton, Alberta, Environnement Canada, Ottawa, Ontario. D. C. MacIver, H. Auld et R. Whitewood (éditeurs), pp. 416–425.
- HIRSCH, K. G. (1987). An overview of the 1987 Wallace Lake Fire, Manitoba, *Fire Management Notes*, vol. 49(2), pp. 26–27.
- Institute for Business & Home Safety (IBHS) (2007). *Mega Fires: The case for mitigation, the Witch Creek wildfire*. Tampa, FL, Publisher, 46 p.
- Institut de prévention des sinistres catastrophiques (2019). *Fort McMurray Wildfire: Learning from Canada's Costliest Disaster*, Toronto, ON, Institut de prévention des sinistres catastrophiques, 50 p.
- International Code Council (2017). *International Wildland-Urban Interface Code*, publié par Country Club Hills, IL.
- JOHNSTON, L., X. Wang, S. Erni, S. Taylor, C. McFayden, J. Oliver, C. Stockdale, A. Christianson, Y. Boulanger, S. Gauthier, D. Arseneault, M. Wotton, M.-A. Parisien et M. Flannigan (2020). Wildland fire risk research in Canada, *Environmental Reviews*, vol. 28, pp. 1–23. doi.org/10.1139/er-2019-0046.
- JOHNSTON, L. M. (2016). *Mapping Canadian Wildland Fire Interface Areas*, thèse de maîtrise ès sciences, Department of Renewable Resources, Université de l'Alberta, 161 p.
- KPMG (2016). *May 2016 Wood Buffalo Wildfire Post-Incident Assessment Report*, produit pour le compte de l'Alberta Emergency Management Agency, Final Report, May 2017.
- LENTILE, L., P. Morgan, C. Hardy, A. Hudak, R. Means, R. Ottmar, P. Robichaud, E. Kennedy Sutherland, J. Szymoniak, F. Way, J. Fites-Kaufman, S. Lewis, E. Mathews, H. Shovik et K. Ryan (2007). Value and challenges of conducting rapid response research on wildland fires, Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-193, Fort Collins, CO, US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, 11 p.
- MANZELLO, S. L. et S. L. Quarles (2015). *Summary of Workshop on Structure Ignition in Wildland-Urban Interface (WUI) Fires*, NIST Special Publication 1198, City, State, National Institute of Standards and Technology.
- MARANGHIDES A. et D. McNamara (2016). *2011 Wildland Urban Interface Amarillo Fires Report #2 – Assessment of Fire Behavior and WUI Measurement Science*, NIST Technical Note 1909, Gaithersburg, MD, National Institute of Standards and Technology.
- MARENGHIDES, A. et W. Mell (2009). *A Case Study of a Community Affected by the Witch and Guejito Fires*, NIST Technical Note 1635, City, State, US Dept. of Commerce, National Institute of Standards and Technology.
- MARANGHIDES, A., W. Mell, K. Ridenour et D. McNamara (2011). *Initial Reconnaissance of the 2011 Wildland-Urban Interface Fires in Amarillo, Texas*, NIST Technical Note 1708, Gaithersburg, MD, National Institute of Standards and Technology.
- MELL, W. M., S. L. Manzello, A. Maranghides, D. Butry et R. G. Rehm (2010). The wildland–urban interface fire problem – current approaches and research needs, *Int. J. Wildland Fire*, vol. 19, pp. 238–251.
- MENAKIS, J. P., J. Cohen et L. Bradshaw (2003). Mapping wildland fire risk to flammable structures for the coterminous United States, dans *Proceedings of Fire Conference 2000: The First National Congress on Fire Ecology, Prevention and Management*, Misc. Publ. No. 13. K. E. M. Galley, R. C. Klinger et N. G. Sugihara (éditeurs), Tallahassee, FL, Tall Timbers Research Stn., pp. 41–49.

- MITCHELL, D., R. Tinawi et T. Law (1990). Damage caused by the November 25, 1988, Saguenay earthquake, *Canadian Journal of Civil Engineering*, vol. 17(3), pp. 338–365.
- MNP LLP. (2017). A Review of the 2016 Horse River Wildfire: Alberta Agriculture and Forestry Preparedness and Response.
- National Fire Protection Association (2017). NFPA 921: Guide for Fire and Explosion Investigation, édition de 2017, Quincy, MA.
- National Fire Protection Association (2018). NFPA 1144: Standard for Reducing Structure Ignition Hazards from Wildland Fire, édition de 2018, Quincy, MA.
- National Institute of Standards and Technology, (2020). Ember Exposure Characterization in WUI Fires, <https://www.nist.gov/programs-projects/ember-exposure-characterization-wui-fires>.
- OTTMAR, R. D., J. K. Hiers, B. W. Butler, C. B. Clements, M. B. Dickinson, A. T. Hudak, J. O'Brien, B. E. Potter, E. M. Rowell, T. M. Strand et T. J. Zajkowski (2016). Measurements, datasets and preliminary results from the RxCADRE project – 2008, 2011 et 2012, *Int. J. of Wildland Fire*, 2016, pp. 1–9.
- Partners in Protection (2003). FireSmart: Protecting your community from wildfire, 2<sup>e</sup> édition, Edmonton, Alberta, Capital Color Press Ltd.
- PETERSON, D. L. et C. C. Hardy (2016). The RxCadre study: A new approach to interdisciplinary fire research, *Int. J. of Wildland Fire*, 2016, 25.
- PODUR, J. et M. Wotton (2010). Will climate change overwhelm fire management capacity? *Ecol. Model.* vol. 221, pp. 1301–1309.
- PriceWaterhouseCoopers (1995). Garnet Fire Review, Ministry of Forests.
- Sécurité publique Canada (2019). Stratégie de sécurité civile pour le Canada : Vers un 2030 marqué par la résilience (<https://www.securitepublique.gc.ca/cnt/rsrscs/pblctns/mrgncy-mngmnt-strtg/index-fr.aspx>).
- QUARLES, S. L., Y. Valachovic, G. M. Nakamura, G. A. Nader et M. J. De Lasaux (2010). Home Survival in Wildfire-Prone Areas: Building Materials and Design Considerations, Publication 8393, University of California, Agriculture and Natural Resources.
- QUARLES, S. L., P. Leschak, R. Cowger, K. Worley, R. Brown et C. Iskowitz (2012). Lessons Learned from Waldo Canyon: Fire Adapted Communities Mitigation Assessment Team Findings, Fire Adapted Communities, Insurance Institute for Business & Home Safety.
- RISSEL, S. et K. Ridenour (2013). Ember production during the Bastrop Complex fire, *Fire Management Today*, vol. 72 (4).
- SANDINK, D., K. Johnston, S. Mintz et P. Kovacs (2017). State of the art/practice and knowledge gap identification: Structure ignition risk reduction from wildland urban interface fires, produit pour le compte du Conseil national de recherches du Canada.
- STOCKS, B. J., M. E. Alexander et R. A. Lanoville (2004). Overview of the International Crown Fire Modelling Experiment (ICFME), *Can. J. For. Res.*, vol. 34, pp. 1543–1547.
- STOCKS, B. J., M. E. Alexander, B. M. Wotton, C. N. Steffner, M. D. Flannigan, S. W. Taylor, N. Lavoie, J. A. Mason, G. R. Hartley, M. E. Maffey, G. N. Dalrymple, T. W. Blake, M. G. Cruz et R. A. Lanoville (2004a). Crown fire behaviour in a northern jack pine – black spruce forest, *Can. J. For. Res.*, vol. 34, pp. 1548–1560.
- TAYLOR, A. (2020). Communication personnelle, Raven West Professional Drone Services.
- TAYLOR, S. W. (2014). Coarse scale assessment of the wildland urban interface in Canada, *Wildland Fire*.

- WANG, X., D. K. Thompson, G. A. Marshall, C. Tymstra, R. Carr et M. D. Flannigan (2015). Increasing frequency of extreme fire weather in Canada with climate change, *Climatic Change*, vol. 130, pp. 573–586.
- WARD, P. (2020). Perspective on the project from the CIFFC Mitigation and Prevention Committee, notes au dossier, version finale, 9 avril, 4 p.
- WESTHAVER, A. (2015). Risk Reduction Status of Homes Reconstructed Following Wildfire Disasters in Canada, Institut de prévention des sinistres catastrophiques, document de recherche n° 55, Toronto, ON, Institut de prévention des sinistres catastrophiques.
- WESTHAVER, A. (2017). Why Some Homes Survived: Learning from the Fort McMurray Wildland/Urban Interface Fire Disaster, Institut de prévention des sinistres catastrophiques, document de recherche n° 56, Toronto, ON, Institut de prévention des sinistres catastrophiques.
- WILSON, A. G. et I. S. Ferguson (1986). Predicting the probability of house survival during bushfires, *J. of Env. Management*. vol. 23, pp. 259–270.
- WOTTON, B. M., M. D. Flannigan et G. A. Marshall (2017). Potential climate change impacts on fire intensity and key wildfire suppression thresholds in Canada, *Environ. Res. Lett.* 12 095003.
- YIN, R. K. (2014). Case Study Research Design and Methods (5<sup>e</sup> édition). Thousand Oaks, CA, Sage Publications, 282 p.

## Annexe A : Glossaire des principaux termes

**Atténuation** : Action qui limite la gravité du risque d'incendie ou de perte et qui est appliquée de manière proactive et soutenue. Les mesures d'atténuation comprennent les projets de réduction des risques à l'échelle de la collectivité, les efforts pour améliorer la résilience des infrastructures essentielles et des ressources vitales, la réduction des risques à des vulnérabilités précises et les initiatives pour réduire les risques futurs par suite d'une catastrophe (NFPA, 2014).

**Braise** : Particule de combustible enflammé ou fumant pouvant agir comme une source d'inflammation (CIFFC, 2017); généralement soufflée ou transportée par le vent ou par une colonne de convection. Synonyme de tison.

**Combustible (adjectif)** : Qualifie tout matériau qui, sous la forme dans laquelle il est utilisé et dans les conditions prévues, s'enflamme et brûle (NFPA, Firewise, Hazard Assessment Methodology, WUI Fire Working Team).

**Combustible (nom)** : Tout matériau organique ou artificiel vivant ou mort situé dans le sol, sur le sol ou au-dessus du sol qui contribue au feu. Il comprend les combustibles « urbains » (p. ex., les maisons, les immeubles commerciaux et les structures industrielles) et leur environnement combustible associé. En termes plus techniques, le nom combustible fait référence aux caractéristiques physiques de la biomasse vivante et morte qui contribue aux feux de forêt.

**Combustible forestier** : Combustible composé de végétation provenant de forêts, d'herbe, de terres arbustives ou d'autres espèces végétales naturelles.

**Combustible structurel** : Combustible composé d'éléments de construction et de matériaux artificiels qui ont la propriété de brûler.

**Comportement du feu** : Manière dont le combustible prend feu, dont la flamme se développe et dont le feu se propage en fonction de l'interaction des combustibles, des conditions atmosphériques et de la topographie (CIFFC, 2017).

**Comportement extrême du feu** : Niveau de comportement qui empêche souvent toute forme de suppression. Il se caractérise ordinairement par un ou plusieurs des éléments suivants : grande vitesse de propagation et forte intensité de la pointe de l'incendie, feu de cime, dissémination abondante, présence de gros tourbillons et colonne de convection bien établie. Les incendies qui manifestent ces caractéristiques ont un comportement souvent erratique et parfois dangereux (CIFFC, 2017).

**Directives Intelli-feu (FireSmart) recommandées** : Critères établis et publiés par l'organisme Partners in Protection (2003) pour atténuer les divers risques que posent les incendies de forêt en milieu périurbain aux structures, à la végétation, aux infrastructures et à d'autres éléments d'une maison et de ses alentours. Les directives Intelli-feu sont fondées sur des normes élaborées par la National Fire Protection Association et s'inspirent des recherches menées par le Service canadien des forêts sur la réduction des feux de cime.

**Dissémination** : Il y a dissémination lorsque des tisons transportés par un vent de surface, un tourbillon de feu ou une colonne de convection et qui tombent au-delà du périmètre principal du feu provoquent des incendies disséminés (CIFFC, 2017).

**Enquête sur incendie** : Processus de détermination de l'origine, de la cause et de la propagation d'un incendie ou d'une explosion (NFPA 921, 2017).

**Étage supérieur du couvert forestier** : Faîte des arbres les plus hauts ou dominants d'une forêt généralement composée d'arbres matures. Synonyme de voûte forestière.

**Étude de cas** : « Stratégie de recherche qui se concentre sur la compréhension de la dynamique présente dans des contextes uniques » (Eisenhardt, 1989, p. 534) et qui emploie de multiples formes d'analyse et de types de collecte de données.

**Évaluation des habitations** : Évaluation d'une habitation et de ses environs immédiats pour déterminer dans quelle mesure ils peuvent échapper aux dommages causés par un feu de forêt qui approche. Cela inclut les combustibles et la végétation sur les terrains et autour de la résidence, l'environnement du toit, les matériaux de terrasse et de revêtement, les vents dominants, la topographie, l'historique des incendies, etc., dans le but d'atténuer les dangers et les risques d'incendie (NFPA, Firewise. Hazard Assessment Methodology, WUI Fire Working Team).

**Évaluation des risques** : Évaluation des dangers pour déterminer les risques et l'impact de chaque danger en termes de perte potentielle, de coût ou de dégradation stratégique en fonction de la probabilité et de la gravité (NFPA, Firewise. Hazard Assessment Methodology, WUI Fire Working Team).

**Exposition** : « Agression thermique » subie par un bien basée sur son emplacement, indépendamment de sa résistance aux impacts potentiels de cette exposition (L. M Johnston et coll., 2019). Par exemple, l'exposition d'une maison varie selon l'ampleur et la durée du flux de chaleur associé à l'intensité du feu et au potentiel de dissémination.

**Incendie de forêt** : Incendie naturel ou d'origine humaine imprévu ou indésirable.

**Incendie de forêt en milieu périurbain** : Incendie qui consume simultanément des bâtiments et des combustibles forestiers ou de la végétation. Les incendies en milieu périurbain peuvent éclater dans un bâtiment et se propager aux forêts avoisinantes, ou plus couramment, se propager de la végétation aux maisons, aux bâtiments de fermes ou aux quartiers industriels.

**Inflammation** : Processus d'initiation de la combustion auto-entretenue (NFPA 921, 2017).

**Interface** : Zone reliant un milieu forestier et un milieu urbain.

**Matériau de construction résistant à l'inflammation** : Type de matériau de construction qui résiste à l'inflammation ou à une combustion soutenue accompagnée de flammes (NFPA 1144, 2018). Aussi, comme ci-dessus, en plus d'offrir « suffisamment de résistance pour réduire les pertes dues aux incendies de forêt en milieu périurbain dans les pires conditions météorologiques et de combustible avec exposition aux braises et aux petites flammes » (ICC, 2017).

**Milieu périurbain** : Emplacement qui comporte des structures situées dans des zones où les caractéristiques topographiques, les types de végétation ou de combustible et les conditions météorologiques locales posent un risque que ces structures s'embrasent à cause des flammes, de la chaleur rayonnante ou des tisons produits par un incendie de forêt (NFPA).

**Milieu périurbain (définition classique)** : Zone où les combustibles forestiers sont contigus aux structures, avec une ligne de démarcation claire entre les structures résidentielles, commerciales et publiques et les combustibles forestiers (NFPA 1144, 2018).

**Modification du combustible :** Toute manipulation ou modification des combustibles visant à réduire leur probabilité d'inflammation ou leur résistance à la maîtrise du feu (NFPA).

**Niveau d'exposition :** Degré auquel les structures sont exposées aux braises, à la chaleur radiante ou aux flammes (CNRC).

**Norme :** « Document qui présente des règles, des lignes directrices ou des caractéristiques établies pour des activités ou leurs résultats. Les normes fixent les pratiques, les exigences techniques et les terminologies adoptées dans divers domaines. Une norme peut être volontaire ou obligatoire. Il ne faut pas confondre normes et lois, règlements et codes, même si ces textes légaux peuvent y faire référence » (CCN).

**Observations en temps réel :** Techniques de recherche appliquées pendant la phase d'inflammation des structures, lorsque celles-ci sont exposées au transfert de chaleur d'un feu de forêt.

**Observations postérieures à l'incendie :** Techniques de recherche appliquées après le passage d'un incendie dans un milieu bâti.

**Observations préalables à l'incendie :** Techniques de recherche appliquées avant que les combustibles urbains dans la ZIS s'enflamment.

**Point d'origine :** Emplacement physique exact dans la zone d'inflammation où une source de chaleur et un combustible ont initialement interagi et entraîné un incendie ou une explosion (NFPA 921, 2017).

**Pratique recommandée :** Document similaire à une norme qui ne contient que des recommandations non obligatoires et rédigé au conditionnel (NFPA 921, 2017).

**Premier combustible enflammé :** Combustible qui permet à la combustion de se poursuivre au-delà de la source d'inflammation (NFPA 921, 2017).

**Réduction des risques :** Tout traitement des combustibles vivants et morts pour diminuer la probabilité de déclenchement d'un incendie et diminuer le taux potentiel de propagation et la résistance à la maîtrise du feu (CIFFC, 2017).

**Résilience :** Capacité à se préparer, à s'adapter et à résister aux conditions changeantes, ainsi qu'à se rétablir rapidement après des perturbations (NFPA, 2014).

**Résistance au feu :** Méthodes de construction résistantes à l'inflammation recourant à des matériaux de construction et à des caractéristiques de conception qui réduisent la vulnérabilité des bâtiments à s'enflammer à partir de braises soufflées par le vent (tisons) et d'autres expositions aux incendies de forêt (NFPA 1144, 2018).

**Résistant au feu :** Construction conçue pour offrir une protection raisonnable contre le feu (NFPA, Firewise Hazard Assessment Methodology. WUI Fire Working Team).

**Risque :** Voir Risque d'incendie de forêt.

**Risque d'incendie** : Situation, processus, matériau ou condition qui peut provoquer un incendie ou une explosion ou constituer une source de combustible favorisant la propagation ou l'intensification d'un incendie ou une explosion. Il s'agit d'autant de menaces pour la vie ou les biens (NFPA 921, 2017). Aussi, « un complexe de combustibles, défini selon son le type, la disposition, le volume, l'état et l'emplacement qui détermine sa facilité d'inflammation ou sa résistance à la maîtrise du feu » (NFPA 1144, 2018).

**Risque d'incendie de forêt** : Situation, processus, matériau ou condition qui peut provoquer un feu de forêt et probabilité que ces répercussions se produisent (Johnston et coll., 2019). Aussi, mesure de la probabilité et de la gravité des effets néfastes résultant d'une exposition à un feu de forêt (flammes directes, chaleur radiante ou tisons) (NFPA 1144).

**Tison** : Particule de combustible enflammé ou fumant pouvant agir comme une source d'inflammation (CIFFC, 2017), généralement soufflée ou transportée par le vent ou par une colonne de convection. Aussi, particule de combustible transportée par le vent, les courants de convection ou la gravité dans du combustible non brûlé (USNWCG). Synonyme de **braise**.



## **Annexe B : Bibliographie partielle des études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain**

- \* **Indique un ouvrage cité dans ce document; les citations intégrales se trouvent dans les ouvrages répertoriés précédemment.**

Anonyme (1991). 1991 Oakland Tunnel Fire Wildland Fire Structure-Loss Data Collection Survey, Ville d'Oakland et Ville de Berkeley.

- \* BARROW, G .J. (1945).

BLANCHI, R. et J. Leonard (2005). Investigation of Bushfire Attack Mechanisms Resulting in House Loss in the ACT Bushfire 2003, Melbourne, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation.

- \* BLANCHI, R., J. E. Leonard et R. H. Leicester (2006).

BLANCHI, R., C. Lucas, J. Leonard et K. Finkele (2010). Meteorological conditions and wildfire-related house loss In Australia, *International Journal of Wildland Fire*, vol. 19, pp. 914–926.

Cal Fire (2015). Valley Incident: Damage Inspection Report, Sacramento, CA, Office of the State Fire Marshal.

- \* COHEN, J. (2000a).

- \* COHEN, J. D. (2003).

- \* COHEN, J. D. et R. D. Stratton (2008).

COLE, D., S. R. Ferguson et P. L. Ewell (1992). Damage Assessment Following the East Bay Hills Fire in the Cities of Oakland and Berkeley, California.

FOOTE, E. I. D., R. E. Martin et J. K. Gilless (1991). The Santa Barbara "Paint" Fire: Data Collection for Urban-Wildland Interface Structure Loss Analysis.

FOOTE, E. (1994). Analysis of Paint Fire Data.

GORDON, D. A. (2000). Structure Survival in the Urban/Wildland Interface: A Logistic Regression Analysis of the 1991 Oakland/Berkeley Fire, thèse de maîtrise, Université de Californie, Berkeley, 447 p.

- \* GRAHAM, R. T. et coll. (2003).

GRAHAM, R. et coll. (2012). Fourmile Canyon Fire Findings, RMRS-GTR-289, Fort Collins, Colorado, US Forest Service.

- \* Institute for Business & Home Safety (IBHS) (2007).

LEONARD, J. E. et P. A. Bowditch (2003). Findings of Studies of Houses Damaged by Bushfire in Australia, Melbourne, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation.

LEONARD, J. et coll. (2016). Wye River/Separation Creek Post-Bushfire Building Survey Findings, Client Report EP16924, Melbourne, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation.

- \* MARANGHIDES, A. et W. Mell (2009).
  - \* MARANGHIDES, A., W. Mell, K. Ridenour et D. McNamara (2011).
  - \* MARANGHIDES, A. et D. McNamara (2016).
  - \* MARANGHIDES, A. (n.d., post 2015).
  - \* MARANGHIDES, A., W. Mell, K. Ridenour et D. McNamara (2011).
- MARTIN, R. E. (1992). Wildland Fire Research Laboratory Studies of The Oakland/Berkeley Hills "Tunnel" Fire of October 20, 1991, *Society of Fire Prevention Engineers*, Dallas, Texas, 16 novembre 1992.
- QUARLES, S. et L. Konz (2016). Black Bear Cub Fire, 17 mars 2013, Sevier, Tennessee, Insurance Institute for Business and Home Safety.
- \* QUARLES, S., P. Leschack, R. Cowger, K. Worley, R. Brown, et C. Iskowicz (2012).
- RAMSAY, G. C., N. A. McArthur et V. P. Dowling (1987). Preliminary results from an examination of house survival in the 16 February 1983 bushfires in Australia, *Fire Mater*, vol. 11(1), pp. 49–51.
- RAMSAY, G. C., N. A. McArthur et V. P. Dowling (1996). Building in a fire-prone environment: research on building survival in two major bushfires, *Proceedings of the Linnean Society NSW 116*, Sydney, pp 133–140.
- ROUTLEY, J. G.(1991). East Bay Hills Fire Oakland-Berkeley, California, Emmitsburg, MD, United States Fire Administration.
- \* RIBNEIRO, L. M., A. Rodrigues, D. Lucas et D. X. Viegas (2018). The large fire of Pedrógão Grande (Portugal) and its impact on structures, *Advances in Forest Fire Research 2018*, D. X. Viegas (éditeur), p. 852.
  - \* WESTHAVER, A. (2017).

## Annexe C : Exemples de document normatif

Type de document	Description
<b>Pôles d'échanges nationaux</b>	Le pôle d'échanges est une plateforme numérique sur laquelle l'on mène une veille participative dans un domaine particulier. Il facilite le renouvellement des informations collectées. De plus, contrairement à la rédaction des Normes nationales du Canada (NNC), ce dispositif ne nécessite pas le consensus absolu.
<b>Accord d'atelier national</b>	L'accord d'atelier est un document dont la publication entame les démarches consensuelles typiquement associées à l'élaboration de Normes nationales du Canada (NNC). Pouvant porter sur tout domaine où les inconnues foisonnent, cet accord est de mise lorsque l'obtention d'un consensus absolu est moins importante que la rapidité des démarches. L'accord sert à : <ul style="list-style-type: none"> <li>• rassembler les sommités d'un domaine pour qu'ils se penchent sur des sujets d'intérêt en vue de recueillir un consensus;</li> <li>• permettre aux acteurs concernés d'échanger librement;</li> <li>• favoriser une compréhension mutuelle et une coordination entre les acteurs concernés;</li> <li>• dessiner l'avenir du domaine et façonner un éventuel cadre normatif;</li> <li>• améliorer la qualité et l'interopérabilité;</li> <li>• faire connaître le sujet au pays;</li> <li>• faciliter les prises de contact intrasectorielles;</li> <li>• mettre en valeur les pratiques pertinentes du métier.</li> </ul>
<b>Norme</b>	Document, établi par consensus et approuvé par un organisme reconnu, qui fournit, pour des usages communs et répétés, des règles, des lignes directrices ou des caractéristiques, pour des activités ou leurs résultats, garantissant un niveau d'ordre optimal dans un contexte donné. Aux fins du présent document, cette définition comprend les Normes nationales du Canada, les adoptions et les normes consensuelles existantes publiées des OEN.
<b>Spécification technique nationale</b>	Une spécification technique est un document qui a été élaboré sans passer par toutes les étapes du processus consensuel habituellement associé à une Norme nationale du Canada (NNC). Son élaboration peut être nécessaire dans un domaine où la technologie, ou un aspect connexe, tel que le cadre réglementaire, évolue rapidement, et où la rapidité de livraison, vu son importance primordiale, l'emporte sur l'obtention d'un consensus absolu. Une spécification technique peut également s'avérer nécessaire lorsqu'il n'est pas possible d'obtenir le niveau de consensus requis de la part des intervenants en faveur d'une NNC, le meilleur moyen de servir l'intérêt public étant alors de mettre à sa disposition une information dans un document ayant un statut inférieur à une norme, mais sur lequel se sont entendus dans une certaine mesure les intervenants concernés. Une spécification technique peut remplir cette fonction, et bien qu'elle puisse emprunter une terminologie normative, elle ne peut être considérée comme une norme, et sa page titre contient d'ailleurs une mention à cet effet. Dès lors, il serait normalement prévu qu'une Norme nationale du Canada soit éventuellement élaborée pour la remplacer.
<b>Guide ou Ligne directrice</b>	Publication élaborée par consensus qui aide à la prise de décisions en analysant les considérations et les options pertinentes, mais qui ne nécessite pas de plan d'action spécifique comme condition pour revendiquer la conformité.
<b>Norme nationale du Canada</b>	Norme élaborée par un organisme d'élaboration de normes (OEN) accrédité par le CCN respectant les exigences et lignes directrices du CCN relatives à l'accréditation des OEN et aux adoptions.

## **Annexe D : Méthodes d'élaboration du document de base**

En complément de la section 2.0, les principales méthodes de collecte d'information et d'évaluation utilisées dans l'élaboration de ce document sont résumées ci-dessous.

### **Revue de la littérature**

Nous avons entrepris d'entrée de jeu une revue de la littérature qui s'est poursuivie tout au long du projet. Ses objectifs étaient de répertorier les centres d'excellence actuels et les initiatives et méthodes existantes et potentielles de recherche sur les incendies de forêt en milieu périurbain, ainsi que d'analyser l'information pertinente pour atténuer les pertes attribuables à de tels incendies et de cerner les lacunes potentielles des connaissances sur ces incendies et sur l'inflammation des structures. Cette revue a également été utile pour trouver les professionnels susceptibles d'appuyer le projet.

Pour plus de rigueur et pour compenser les délais associés à l'analyse de la littérature par les pairs, nous avons également préparé et distribué aux membres du Comité d'examen technique (CET) et à d'autres experts en la matière un questionnaire visant à colliger les données et les méthodologies non publiées.

### **Consultations avec des experts et des parties prenantes**

Ce projet s'est largement inspiré des connaissances et de l'expérience d'autres personnes. Nous avons consulté les dix experts du CET dans les opérations de lutte contre les incendies urbains et les feux de forêt, la physique et le génie appliqué à la protection contre les incendies, le comportement des feux de forêt, la modélisation et l'expérimentation, et l'élaboration de mesures d'atténuation des risques de feux de forêt au Canada, aux États-Unis, en Europe et en Australie (voir la liste des membres dans la section Remerciements).

Les membres du CET ont soumis leurs points de vue, idées et commentaires en réponse à un sondage écrit, ont formulé des commentaires écrits sur le projet de document de base et ont participé à des webinaires de présentation et de révision des versions préliminaires du document ainsi qu'à des conversations et à des échanges écrits de suivi. Nous avons également mené des entretiens structurés avec plusieurs autres experts (voir la section Remerciements), dont certains ont également répondu au sondage écrit. Les réunions organisées par Jack Cohen du laboratoire du Service des forêts des États-Unis à Missoula, dans le Montana, ont été particulièrement instructives.

Nous avons également consulté un large éventail de parties prenantes (plus de 170 personnes), comprenant des membres et des représentants d'agences, d'organisations, d'entreprises et d'institutions qui pourraient participer aux études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain ou être touchés par ces études, ainsi que des utilisateurs potentiels des données qui en résulteront.

Des parties prenantes provenant d'administrations municipales, des disciplines du génie appliqué aux feux de forêt et à la protection contre les incendies et de nombreux autres secteurs susceptibles de s'intéresser au projet ont été invitées à participer à des conférences téléphoniques, aux présentations données dans le cadre de la conférence Wildland Fire Canada 2019 et à une série de trois webinaires nationaux ouverts à tous les intéressés. Le groupe de parties prenantes s'est élargi et a fini par inclure des intervenants de chaque province et territoire. La représentation des disciplines liées aux incendies de forêt était forte, tandis que celle des administrations municipales, des directeurs provinciaux ou commissaires des incendies et du génie appliqué à la protection contre les incendies l'était moins. Deux sous-comités du Centre interservices des feux de forêt du Canada (CIFFC) ont présenté d'importantes recommandations sur le projet.

Nous tenons particulièrement à saluer le British Columbia FireSmart Committee (comité interservices Intelli-feu de la Colombie-Britannique), présidé par Kelsey Winter et Amanda Reynolds et parrainé par Chris Hodder, qui a fait la promotion active et soutenu de manière tangible le concept et la mise en œuvre de l'apprentissage au moyen d'études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain.

## Annexe E : Questions de recherche importantes pour les études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain

La revue de la littérature (p. ex., Mell et coll., 2010), ainsi que les membres du CET et d'autres experts consultés, ont permis de relever un certain nombre de questions de recherche auxquelles des études de cas pourraient répondre. Ces questions ont été regroupées par catégorie.

**Tableau E-1 : Questions de recherche importantes pour les études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain**

<b>1. Vulnérabilité</b>
<b>Q1 :</b> Quels éléments de structure et quels aspects de ces éléments sont les plus sensibles à une inflammation par des braises?
<b>Q2 :</b> Lorsque des éléments de structure (mur, terrasse, toit, etc.) sont exposés à une chaleur radiante extrême provoquant leur embrasement, où le feu se propage-t-il ou pénètre-t-il dans la structure pour nourrir l'inflammation?
<b>Q3 :</b> Quels principaux combustibles trouvés dans la ZIS et quelles caractéristiques particulières de ces combustibles constituent des points d'inflammation par flux de braises ou de chaleur provenant des feux de forêt?
<b>Q4 :</b> Quels éléments vulnérables des véhicules (automobiles, récréatifs et tout-terrain) et de la machinerie peuvent causer une inflammation?
<b>Q5 :</b> Quelle est la probabilité qu'un incendie provoqué par des combustibles enflammés se propage et embrase la structure?
<b>Q6 :</b> Pourquoi certaines maisons ont-elles brûlé et d'autres pas?
<b>2. Exposition</b>
<b>Q1 :</b> Quelles sont les caractéristiques physiques (type de matériau, taille, quantité et densité, mode d'accumulation, etc.) des braises qui atteignent les structures et autres combustibles dans la ZIS?
<b>Q2 :</b> Pour chaque structure (brûlée et non brûlée) et ses matériaux constitutifs, quel était le degré d'exposition au contact direct des flammes ou de la chaleur radiante produites par le feu de forêt? Y a-t-il une corrélation entre le degré d'exposition et l'inflammation de la structure?
<b>Q3 :</b> Quelle est la quantité ou la masse critique suffisante de braises pouvant provoquer l'embrasement du bâtiment?
<b>Q4 :</b> Est-ce que la végétation ou d'autres caractéristiques de la ZIS procurent une « protection thermique »? Quelles qualités les éléments de protection thermique doivent-ils avoir pour réduire efficacement l'exposition?
<b>Q5 :</b> L'exposition au feu de forêt a-t-elle provoqué l'inflammation de véhicules, de VR, de VTT et d'autre machinerie? Ou est-ce plutôt une exposition à des structures en feu adjacentes qui a causé l'inflammation?
<b>Q6 :</b> Quelles sont les conditions pertinentes (distance, durée, quantité, etc.) lorsque l'inflammation des structures est causée par des flammes ou de la chaleur radiante produites par le feu de forêt?
<b>Q7 :</b> Existe-t-il des différences dans les degrés d'exposition aux braises entre les maisons brûlées et non brûlées et entre les combustibles enflammés et non enflammés (matériaux structurels, aménagements paysagers et végétation)?
<b>Q8 :</b> Le verre trempé est-il nécessaire lorsque l'exposition à la chaleur des maisons adjacentes en feu n'est pas un facteur?

*Suite à la page 80*

### 3. Voies de progression du feu

**Q1 :** Les normes Intelli-feu existantes de réduction du combustible pour prévenir les feux de cime (espacement d'une à trois largeurs de cime) sont-elles efficaces pour bloquer la voie de progression du feu entre les cimes dans la ZIS?

**Q2 :** Les normes Intelli-feu existantes de réduction du combustible pour prévenir les feux de cime (espacement d'une à trois largeurs de cime) sont-elles efficaces pour bloquer la voie de progression du feu entre les arbustes conifères dans la ZIS?

**Q3 :** Dans le cas d'un incendie rampant, où est-ce que le feu est entré en premier sur la propriété? Quels objets ou combustibles dans la voie de progression du feu dans la ZIS ont mené à l'inflammation de la structure?

**Q4 :** Dans quelle mesure la zone « sans combustible » de 1,5 mètre est-elle efficace pour empêcher l'inflammation de la structure principale? Est-ce adéquat ou excessif?

**Q5 :** Quels rôles jouent les matériaux (p. ex., bois utilisé dans les aménagements paysagers, paillis, gazon sec) dans la propagation du feu couvant et l'inflammation ultérieure d'autres combustibles plus inflammables dans la ZIS?

**Q6 :** Est-ce que les véhicules automobiles, les véhicules de loisir et la machinerie à essence contribuent à la propagation du feu dans la ZIS?

### 4. Provenance des braises

**Q1 :** Dans quelle mesure les conditions de l'environnement et les caractéristiques du comportement du feu influent-elles sur le type, la quantité, la taille, la distance de déplacement, le modèle de propagation et l'efficacité des braises?

**Q2 :** Pendant combien de temps et à quelle distance le milieu bâti est-il touché par les braises provenant de l'avancée du feu de forêt? Est-ce constant pour tous les types de combustibles forestiers?

**Q3 :** Y a-t-il une corrélation entre le taux d'inflammation des structures lors d'un incendie de forêt en milieu périurbain et les caractéristiques connues du comportement des feux dévastateurs (colonne de convection, instabilité, vitesse de propagation élevée, tourbillon de feu, etc.)?

### 5. Propagation du feu entre les structures

**Q1 :** Quels sont les principaux vecteurs de propagation du feu entre les structures (flammes, chaleur radiante, braises, etc.)?

**Q2 :** En quoi la propagation du feu d'une structure à l'autre est-elle influencée par la densité, le type et l'âge des maisons, par la pente et le vent, par la conception et les matériaux de construction, par les combustibles intermédiaires, etc. dans des conditions de combustion libre?

**Q3 :** Les codes du bâtiment actuels sont-ils adéquats lorsque les protections de la structure sont minimales ou inexistantes?

**Q4 :** Quel est l'attribut des braises des structures en feu? Comment soutiennent-elles la propagation du feu?

### 6. Autres : Non catégorisées

**Q1 :** Dans l'ensemble du milieu bâti, le schéma de propagation et de destruction du feu est-il en corrélation avec la densité des structures, le potentiel d'inflammation des maisons, la continuité des autres combustibles et les conditions météorologiques?

**Q2 :** Les facteurs de propagation du feu dans la végétation ou d'inflammation des structures observés dans les études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain seront-ils utiles pour calibrer ou tester d'autres modèles physiques relatifs aux feux de forêt?

**Q3 :** Les renseignements provenant de tiers (p. ex., images, vidéo, registres de répartition, appels au 9-1-1) peuvent-ils être compilés pour établir la chronologie d'un incendie?

**Q4 :** Des directives d'élimination des arbres dans la ZIS non spécifiques au site peuvent-elles soulever l'inquiétude des résidents quant à une trop grande rigueur?

## **Annexe F : Analyse détaillée des opportunités de recherche par études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain**

Les possibilités que les chercheurs puissent tirer parti des opportunités de recherche par études de cas ont été évaluées au moyen d'une analyse itérative en quatre étapes. Cette annexe présente les données d'analyse intermédiaires et les étapes utilisées dans cette analyse. Le tableau 6-3 présente les résultats finaux de l'analyse.

### ***F.1 Niveau de complexité des incendies de forêt en milieu périurbain***

Afin de faciliter la planification et le déploiement d'équipes de recherche adaptées aux scénarios types d'incendies de forêt en milieu périurbain, nous avons évalué un échantillon représentatif des incendies qui se sont déroulés au Canada. Les principaux attributs utilisés pour caractériser le niveau de complexité étaient :

- la durée prévue de l'incendie;
- l'étendue prévue de la dévastation (hectares, classe d'intensité, etc.);
- le risque que l'incendie touche des milieux bâtis (nombre, taille, densité des collectivités);
- le nombre de points de collecte de données possible (nombre de maisons, de structures);
- la possibilité d'observer librement la croissance de l'incendie.

Le tableau 6.1 fait état des divers niveaux de complexité.

### ***F.2 Scénarios de déploiement pour mener des études de cas***

Trois scénarios de déploiement d'une équipe d'étude de cas sont possibles :

#### **A. Déploiement d'une équipe de recherche tôt avant l'exposition**

Dans ce scénario, une EREC est avisée suffisamment à l'avance pour se mobiliser, se rendre sur les lieux, effectuer tous les préparatifs essentiels avant l'arrivée de l'incendie et (de préférence) être entièrement prête à la mise en œuvre au moment de l'évacuation des résidents. Le déploiement de l'EREC coïnciderait avec l'annonce du « préavis d'évacuation », ce qui lui laisserait un ou deux jours pour se préparer.

#### **B. Déploiement d'une équipe de recherche juste avant l'exposition**

Dans ce scénario, l'étude de cas est lancée à temps pour que l'équipe soit mobilisée et qu'elle se rende sur les lieux avant l'arrivée de l'incendie, mais *sans disposer de suffisamment de temps pour effectuer en toute sécurité* les préparatifs essentiels et installer l'équipement nécessaire. Le déploiement de l'EREC coïnciderait avec l'annonce de l'« ordre d'évacuation ».

#### **C. Déploiement d'une équipe de recherche après l'incendie**

Dans ce scénario, l'équipe d'étude de cas arrive après le passage de l'incendie dans le milieu bâti et lorsque tous les dommages se sont produits. L'équipe ne prélève aucun échantillon ni ne fait d'observation avant l'incendie.

Ces scénarios sont illustrés au tableau 6-2.

### ***F.3 Estimation des opportunités de recherche***

Nous avons créé une matrice finale pour estimer la probabilité de mener des recherches compte tenu d'une myriade de combinaisons de variables en ce qui a trait aux catégories de recherche, aux moments de l'arrivée sur les lieux et à la complexité de l'incendie. Nous avons attribué les probabilités aussi objectivement et uniformément que possible. Cette matrice est présentée au tableau 6-3, qui est utile à des fins de planification et de définition des attentes en matière de recherche.

### ***F.4 Lien avec les facteurs influant également la recherche par études de cas d'incendies de forêt en milieu périurbain***

L'analyse tient également compte d'une série de facteurs ayant une incidence sur les décisions concernant les méthodes de recherche sur les incendies de forêt en milieu périurbain et leur mise en œuvre. Certains de ces facteurs sont présentés ci-dessous :

<b>Facteurs scientifiques, opérationnels et administratifs</b>	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Moment d'arrivée sur les lieux et de collecte des données</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Caractéristiques de la collectivité ou des structures</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Considérations relatives à la santé et à la sécurité</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Risques de perturbation des opérations de lutte contre l'incendie</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Emplacement des opérations de lutte contre l'incendie</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Caractéristiques du feu de forêt et de l'environnement dans lequel il se déroule</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Restrictions administratives ou autres restrictions logistiques</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Difficulté d'accès au site (distance, etc.)</li></ul>








Institute for Catastrophic Loss Reduction  
Institut de prévention des sinistres catastrophiques

#### Bureau de Toronto


20 Richmond Street East  
Bureau 210  
Toronto (Ontario) Canada  
M5C 2R9


 416-364-8677

 416-364-5889

#### Bureau de London

Université Western Ontario  
Amit Chakma Building, Bureau 4405  
1151 Richmond Street  
London (Ontario) Canada  
N6A 5B9

 519-661-3234

 519-661-4273

---

 [info@iclr.org](mailto:info@iclr.org)

 [www.iclr.org](http://www.iclr.org)

 [www.PIEVC.ca](http://www.PIEVC.ca)

 [facebook.com/instituteforcatastrophiclossreduction](https://facebook.com/instituteforcatastrophiclossreduction)

 [twitter.com/iclrCanada](https://twitter.com/iclrCanada) • [twitter.com/citiesadapt](https://twitter.com/citiesadapt)

 [youtube.com/iclrinfo](https://youtube.com/iclrinfo)

 Search: Institute for Catastrophic Loss Reduction (ICLR)

 [www.basementfloodreduction.com](http://www.basementfloodreduction.com)

 [www.reduirelesinondationsdesous-sol.com](http://www.reduirelesinondationsdesous-sol.com)

 [www.backwatervalveinstallation.com](http://www.backwatervalveinstallation.com)