



Natural Resources
Canada

Ressources naturelles
Canada

Mise à jour 2025 de la Méthode de l'IFM : Structure, changements et interprétation



Ressource naturelles Canada
Service canadien des forêts
Centre de foresterie des Grands Lacs
Rapport d'information
GLC-X-42F

Canada

Centre de foresterie des Grands Lacs, Sault Ste. Marie (Ontario)

Le Centre de foresterie des Grands Lacs est l'un des cinq centres de recherche du Service canadien des forêts, qui est le porte-parole national et international du secteur forestier canadien. L'un des principaux mandats du Service est de mener des recherches scientifiques sur les forêts du Canada. Cette recherche peut être utilisée pour éclairer la planification de la gestion forestière et les décisions politiques et pour aider l'industrie forestière, le public et d'autres scientifiques. Les projets de recherche couvrent diverses questions liées à la foresterie, notamment les changements climatiques, les incendies de forêt, les ravageurs et la télédétection. Les résultats de ces recherches sont diffusés sous la forme de rapports scientifiques et techniques et d'autres publications.

Des informations supplémentaires sur les recherches et les publications de Ressources naturelles Canada, du Service canadien des forêts et du Centre de foresterie des Grands Lacs sont également disponibles en ligne à l'adresse suivante : <https://ressources-naturelles.canada.ca/science-donnees/science-recherche/centre-recherche/centre-foresterie-grands-lacs>.

Pour télécharger cette publication, consultez la librairie en ligne à l'adresse suivante : [Dépôt ouvert de la science et de la technologie](#).

Mise à jour 2025 de la Méthode de l'IFM : Structure, changements et interprétation.
Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Centre de foresterie des Grands Lacs.

Groupe sur les risques d'incendie

Contact : Natasha Jurko (firedanger-dangerincendie@nrcan-rncan.gc.ca)

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

Mise à jour 2025 de la Méthode de l'IFM : Structure, changements et interprétation. (Rapport d'information, GLC-X-42F.

Publié également en anglais sous le titre : « The 2025 Update to the FWI System: Structure, Changes and Interpretation. (Information Report, GLC-X-42) ».

Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Centre de foresterie des Grands Lacs.

Monographie électronique au format PDF.

Comprend des références bibliographiques.

ISBN : 978-0-660-77630-9 ISSN 2562-0746

No de catal : Fo123-2/42-2025F-PDF

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

Il vous est demandé de :

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

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

© Sa Majesté le Roi du Canada, représenté par le ministre des Ressources naturelles du Canada, 2025.

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS.....	7
1 RÉSUMÉ	2
2 INTRODUCTION.....	3
3 INTRANTS	5
3.1 Données météorologiques	5
3.1.1 Les principaux intrants météorologiques de la Méthode de l'IFM2025	5
3.2 Incidences du changement de l'heure d'observation météorologique	12
3.3 Nouveaux intrants facultatifs.....	13
3.3.1 Rayonnement solaire	14
3.3.2 Fanage ou verdissement de l'herbe	15
3.3.3 Paramètres de prairie standard	17
4 EXTRANTS DE L'IFM2025.....	18
4.1 Mises à jour des composantes de pin standard	18
4.1.1 Humidité : combustibles légers	18
4.1.2 Humidité : combustibles plus lourds	20
4.1.3 Résultats de comportement du feu standards	22
4.2 Les nouvelles composantes pour les prairies.....	23
IHH : Indice d'humidité de l'herbe	23
IPH : Indice de propagation dans l'herbe	25
IDIH : Indice du danger d'incendie pour l'herbe.....	26
4.3 Les nouvelles composantes pour les tourbières	28
4.4 Nouveaux résumés quotidiens des données horaires	28
Heure des conditions de combustion maximales	29
Durée de la fenêtre de combustion	30
5 UTILISATION ET INTERPRÉTATION.....	31
5.1 Planification quotidienne avec l'IFM2025 horaire	31
5.2 Potentiel d'incendie dans d'autres types de combustibles	33
5.3 Catégories qualitative	34
5.3.1 Communication publique du risque d'incendie.....	36
6 DÉVELOPPEMENT FUTUR	36
REMERCIEMENTS.....	37
7 REFERENCES.....	38
ANNEXES	41
Annexe A : Estimation des conditions météorologiques diurnes à partir des valeurs maximales et minimales quotidiennes.....	41
Annexe B : Exemples d'utilisation des données quotidiennes et quelques variantes courantes.....	44
B.1 Utilisation de l'observation traditionnelle de 13 h	45
B.2 L'observation standard de 13 h de l'IFM	46
B.3 Données d'entrée maximales et minimales : l'utilisation d'observations de la pluie selon différentes fréquences.....	47

Annexe C : Ajout d'une discussion et d'éclaircissements sur les données météorologiques 48

C-1. Les modèles météorologiques numériques comme source de prévisions météo-incendie dans l'IFM2025	48
C-2. Début de saison et calcul en début de saison	49

AVANT-PROPOS

Les membres actuels du Groupe sur les risques d'incendie du Service canadien des forêts sont Gabrielle Ayres, Jonathan Boucher, Luke Collins, Patrick Deane, Anne Cotton-Gagnon, Chelene Hanes, Natasha Jurko, Sam Lacarte, Daniel Perrakis, Mackenzie Simpson, Steve Taylor, Dan K. Thompson, Derek Van Der Kamp et Mike Wotton.

Mise à jour 2025 de la Méthode de l'IFM : Structure, changements et interprétation. (Rapport d'information, GLC-X-42F. Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Centre de foresterie des Grands Lacs.

1 RÉSUMÉ

La mise à jour de l'IFM2025 s'inscrit dans le cadre d'une initiative plus large visant à moderniser la méthode canadienne d'évaluation des dangers d'incendie de forêt (MCEDIF). Une amélioration de la méthodologie de calcul permet l'utilisation de données à plus haute résolution dans un cadre cohérent et scientifiquement solide, tout en conservant la simplicité de la méthode IFM actuelle (IFM1987).

Ce document informe les utilisateurs expérimentés, en particulier les organismes opérationnels, des modifications apportées à l'IFM2025. Il guide les utilisateurs dans l'interprétation et l'utilisation des résultats générés par le système mis à jour dans leur planification opérationnelle.

Les principales mises à jour comprennent :

- L'utilisation des conditions météorologiques horaires pour mieux refléter les conditions de brûlage maximales.
- Une granularité accrue des données pour une surveillance flexible du danger d'incendie tout au long de la journée et de la nuit.
- L'introduction de composantes pour les prairies optionnel pour le calcul du danger d'incendie.
- Méthodes d'estimation des intrants météorologiques horaires lorsque les données observées/prévisionnelles ne sont pas disponibles.
- Exemples de résumés quotidiens des risques d'incendie basés sur les résultats horaires de l'IFM.

Les améliorations de l'IFM2025 fournissent un outil plus précis et plus flexible pour l'évaluation quotidienne des risques d'incendie, améliorant ainsi l'efficacité des stratégies de gestion des incendies.

2 INTRODUCTION

Le développement structuré de ce qui allait devenir la Méthode canadienne de l'indice forêt-météo (IFM) a commencé au Canada à la fin des années 1920. Pour étudier les liens entre l'ignition et la teneur en humidité du combustible, des essais d'allumage sur le terrain ont été réalisés avec une grande variété de types de combustibles et des échantillons de combustibles ont été prélevés afin de caractériser la teneur en humidité des combustibles pouvant être consommés pendant un incendie. La méthode de mesure de l'évaporation quotidienne directement en forêt a rapidement été supplantée par des tableaux qui relient les conditions météorologiques observées vers l'heure du midi solaire à la teneur en humidité de la litière dans les forêts ou les prairies (Beall, 1939). Les premiers tableaux d'évaluation de la teneur en humidité du combustible et du risque d'incendie datent des années 1930. Ils ont fait l'objet de mises à jour régulières, avec des ajustements en fonction des différentes régions du pays. La Méthode de l'IFM, utilisée à l'échelle du Canada depuis 1970, est le résultat de l'adaptation régionale de la Méthode canadienne d'évaluation des dangers d'incendie. La Méthode demeure pratiquement inchangée depuis, à l'exception de quelques changements mineurs consignés par Van Wagner (1987). Dans le présent document, pour bien distinguer les deux méthodes, nous utiliserons les noms IFM1987 (méthode actuelle) et IFM2025 (méthode révisée). Cette nomenclature facilitera la gestion des versions futures. Dans l'ensemble, à l'avenir, nous supposons que la Méthode sera toujours désignée sous le nom de Méthode canadienne de l'indice forêt-météo.

L'IFM2025 (figure 1) reprend la simplicité de la version originale et maintient les éléments clés qui influent sur les dangers d'incendie de forêt. L'IFM1987 a été conçu pour surveiller les conditions dans une forêt typique de pins à maturité (semblable au C-3) fournissant un ensemble d'indicateurs uniforme à l'échelle nationale, et ce type de combustible fréquent se retrouve toujours dans l'IFM2025. L'interprétation de ces données à une échelle régionale continuera de fournir des informations pour la planification opérationnelle de la gestion des incendies. Pour mieux représenter les conditions météorologiques diurnes, l'IFM2025 utilisera des calculs révisés pour les indices d'humidité et de comportement. De nouveaux indices facultatifs seront ajoutés pour les combustibles de prairie et, dans une mise à jour ultérieure, des indices seront intégrés pour les combustibles de tourbière. Ces nouvelles composantes conservent la structure de base et le format de données simple et interprétable qui ont contribué au succès généralisé de la Méthode de l'IFM au cours des 50 dernières années. Bien que la structure et l'interprétation des indices de la Méthode soient restées les mêmes, les calculs de la méthode de l'IFM sont désormais effectués toutes les heures, indépendamment de la résolution temporelle des données météorologiques en intrant (voir la section 3.1 pour obtenir plus de renseignements). Depuis la fin des années 1930, la Méthode se basait sur une seule observation météorologique quotidienne, en tout début d'après-midi (Beall, 1939). Modifier les versions précédentes aurait été une tâche ardue alors que les résultats de la Méthode étaient évalués manuellement à l'aide de vastes séries de tableaux de référence (Service canadien des forêts, 1984). Cependant, les observations et les calculs météorologiques sont maintenant largement automatisés. En générant des résultats horaires pour chaque indice, avec la possibilité supplémentaire de générer des résumés quotidiens, cela garantit que la

dernière évaluation du comportement du feu est toujours disponible à l'échelle quotidienne, tout en ayant accès aux résultats horaires.

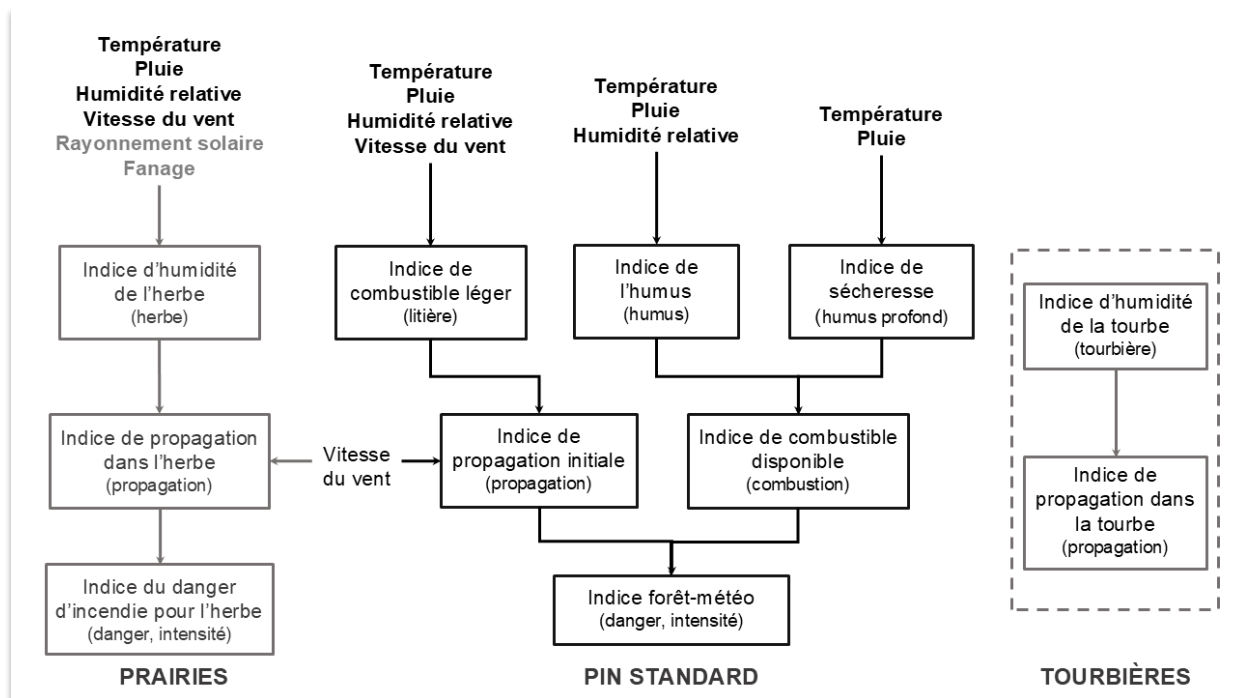


Figure 1. Structure générale des intrants et indices de l'IFM2025. Les textes gris représentent des nouveaux intrants pour les indices des prairies. Le sous-système des tourbières est encore en phase de développement et sera ajouté dans une mise à jour ultérieure.

Les utilisateurs auront également la possibilité d'utiliser des indices pour les prairies et éventuellement une série d'indices pour les tourbières. L'ajout de ces deux nouvelles séries d'indices représente un potentiel d'allumage, de propagation et d'intensité dans des types de combustibles très différents de ceux du pin standard qui est représenté par la Méthode de l'IFM actuelle. L'indice d'humidité de l'herbe (IHH) réagit beaucoup plus rapidement que l'indice du combustible léger (ICL), car il mesure la teneur en humidité de combustibles fanés d'une prairie ouverte. L'indice d'humidité de la tourbe (IHT), quant à lui, sèche beaucoup plus lentement que l'indice de sécheresse (IS).

Le présent document a pour objectif de décrire et de justifier les nouveaux éléments ou les modifications de l'IFM2025 et de clarifier l'interprétation de ses données à la lumière de ces changements. Il ne fournit pas d'historique détaillé du développement de la Méthode de l'IFM et ne vise pas non plus à fournir une justification scientifique complète des origines et des dérivations des modèles qui sous-tendent les éléments de l'IFM2025. Ces descriptions seront présentées dans d'autres documents pour les personnes souhaitant mieux comprendre la structure spécifique et les équations mathématiques de la Méthode. À cet égard, nous supposons que le lecteur a une connaissance générale pratique de l'IFM1987. Le code de calcul de l'IFM2025 sera disponible gratuitement sous licence libre. Au moment de la publication de ce document, le code source documenté pour les calculs de l'IFM2025 peut être trouvé dans un

dépôt de codes sources libres¹. Toutefois, étant donné que l'infrastructure informatique et les pratiques exemplaires peuvent évoluer, les utilisateurs opérationnels devraient vérifier auprès des membres du Groupe de travail sur les dangers d'incendie du Service canadien des forêts que ce dépôt est à jour avant de l'adopter.

3 INTRANTS

3.1 Données météorologiques

Les modèles simples de l'IFM1987 qui établissent un lien entre les conditions météorologiques observées en milieu ouvert et l'humidité du combustible dans les peuplements ont été conçus comme des outils de suivi de l'humidité des principales composantes du combustible de surface d'une forêt de pins. Les calculs de l'IFM1987 étaient basés implicitement sur l'hypothèse d'un cycle météorologique quotidien stable et immuable. Ces modèles reposent sur une seule observation météorologique par jour, prise vers l'heure du midi solaire (normalisée à 13 h, heure locale). Les conditions météorologiques au niveau du sol varient tout au long de la journée et une observation à 13 h a fourni un point de repère pour établir une structure diurne prévoyant les variations météorologiques au cours de la journée. Cette observation à 13 h permettait de calculer les résultats de la Méthode avant les conditions de brûlage typiques au point culminant de la journée (généralement en fin d'après-midi), afin d'estimer le taux d'humidité des combustibles et le comportement du feu attendu plus tard dans la journée.

L'origine de l'observation météorologique de 13 h

Les méthodes originales d'estimation de l'humidité du combustible utilisées dans la toute première génération des méthodes d'évaluation des risques d'incendie mises au point au Canada utilisaient une « cuvette » d'eau en zinc placée en forêt et mesurée en fin d'après-midi ou en début de soirée (Wright, 1933). La quantité d'évaporation provenant de ce bac a directement intégré les conditions environnementales observées dans la forêt tout au long de la journée afin d'estimer la variation de la teneur en humidité des combustibles importants pour l'allumage et la propagation des feux. Cela donnait une excellente idée de l'effet réel des conditions météorologiques sur le séchage du combustible. Cependant, cette information n'était obtenue que tard dans la journée. Au fil de l'évolution de la gestion des incendies de forêt vers une approche plus structurée, une planification plus précoce dans la journée est devenue un facteur clé du succès opérationnel. Pour faciliter la communication de renseignements sur les dangers d'incendie plus tôt dans la journée.

3.1.1 Les principaux intrants météorologiques de la Méthode de l'IFM2025

L'IFM2025 reflète mieux le cycle météorologique quotidien observé, en tenant compte des conditions changeantes, de la période de l'année et de l'emplacement de stations météorologiques, grâce à l'utilisation de données météorologiques horaires pour tenir compte des variations météorologiques diurnes, qui influencent principalement les calculs de teneur en

¹ Ressources naturelles Canada – Service canadien des forêts (nrcan-cfs-fire)/CFFDRS-NG.
<https://github.com/nrcan-cfs-fire/cffdrs-ng>

humidité et les résultats des calculs de comportement du feu. Les principales données météorologiques demeurent la température de l'air et l'humidité relative (HR), la vitesse du vent à une hauteur de 10 mètres au-dessus du sol et la quantité de précipitations (Lawson et Armitage, 2008). Ces données servent à estimer l'heure du lever et du coucher du soleil, ainsi que la longueur de la journée. En intégrant des données météorologiques horaires, la Méthode vise à mieux estimer l'humidité dans les différentes couches du parterre forestier, notamment celle de la litière, qui sèche rapidement. Elle permet également d'améliorer l'estimation du comportement du feu attendu tout au long de la journée, notamment lors du pic de brûlage. En plus des données météorologiques standards, la Méthode de l'IFM2025 prend désormais explicitement en compte la latitude et la longitude du lieu d'observation météorologique, exprimées en degrés décimaux, ainsi que la date (jour, mois et année), dans ses calculs.

Bien qu'idéalement basé sur des intrants horaires, l'IFM2025 peut s'adapter à différents scénarios météorologiques, tels que les données maximales et minimales quotidiennes observées ou prévues, ou les observations ou prévisions météorologiques standard de 13 h 00. Une description plus détaillée du processus d'estimation de conditions météorologiques diurnes à partir de valeurs maximales et minimales quotidiennes est disponible à l'annexe A. L'objectif consiste à utiliser les meilleures informations disponibles afin d'estimer les flux météorologiques horaires requis par la Méthode de l'IFM. Dans la figure 2, trois formats d'intrants sont présentés dans les cases en pointillés. Ces trois exemples de scénarios ont été choisis pour illustrer les formats d'intrants qui sont généralement disponibles, quoique d'autres formats de données temporelles peuvent également être utilisés. Les utilisateurs peuvent aller à l'annexe B pour une présentation d'autres configurations possibles pour les intrants. Ci-dessous sont les descriptions des exemples de scénarios et de voies de traitement des données météorologiques présentés avec un raisonnement :

- A. Meilleur scénario - Conditions météorologiques directes observées (ou prévues) toutes les heures: permet d'obtenir le portrait le plus précis des conditions météorologiques diurnes.
- B. Bon scénario - Maximum et minimum quotidiens observés (ou prévus): permet d'évaluer les conditions météorologiques horaires.
- C. Scénario utilisable - Observation (ou prévision) météorologique standard à 13 h actuellement utilisée: permet également d'évaluer les conditions météorologiques horaires, mais de manière moins précise.

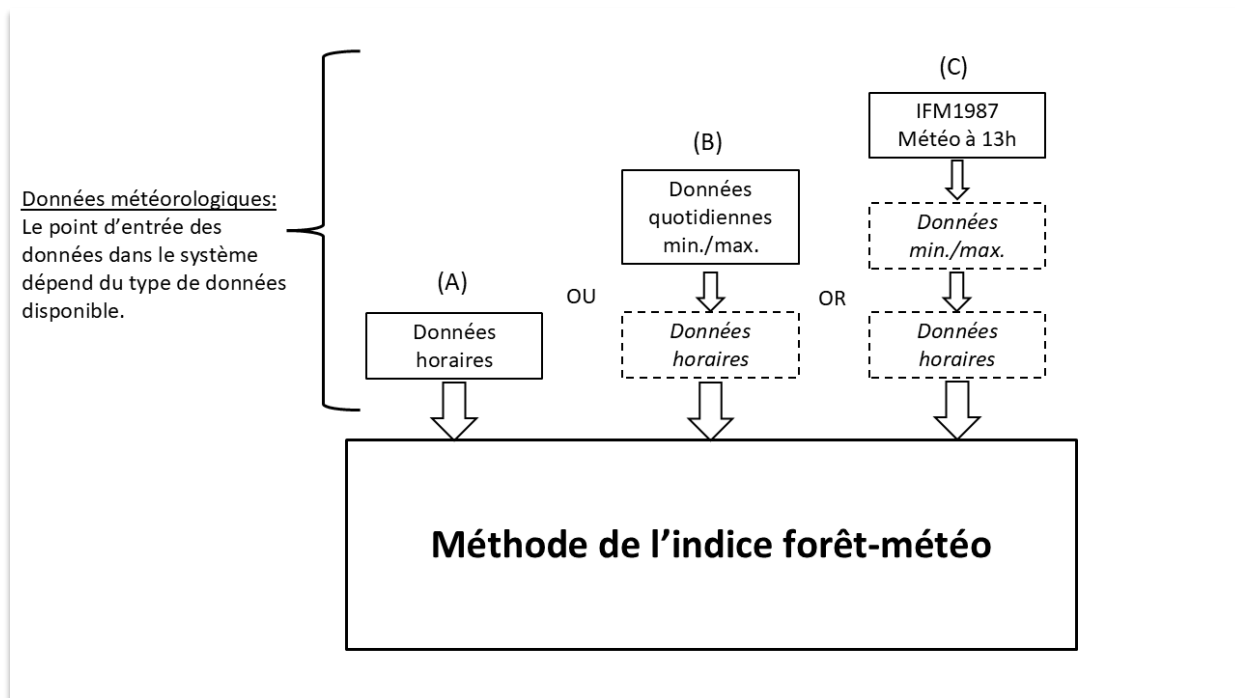


Figure 2. Structure de base des points d'entrée dans les calculs de la méthode IFM sur la base de la résolution des données d'un utilisateur.

Les données météorologiques utilisées comme intrants dans le système doivent être jugées par l'utilisateur comme étant les meilleures données disponibles, même si elles ne sont pas fournies à intervalles horaires. Par exemple, si un utilisateur ne dispose que des observations météorologiques traditionnelles quotidiennes à 13 h HAL, il utilisera l'option d'intrant C de la figure 2, tandis qu'un utilisateur disposant d'observations météorologiques horaires pourra les entrer directement dans le système, comme montre l'option d'intrant A de la figure 2. Les méthodes pour transformer ces différents intervalles de données météorologiques en estimations horaires sont disponibles dans le [dépot de code](#) [seulement anglais].

Interprétation quotidienne à partir de données horaires

Les calculs du système IFM2025 utilisent toujours des données météorologiques horaires, observées ou prévues, directement ou estimées à partir d'informations quotidiennes. Cela ne signifie toutefois pas que les utilisateurs opérationnels du système devront tenir compte des résultats horaires. Le traitement des données peut être effectué en arrière-plan par le système d'information d'un organisme de gestion des incendies. Pour les utilisateurs qui souhaitent utiliser le système comme ils le font habituellement, le résultat principal du système peut toujours être considéré comme les conditions de pic de brûlage pour une heure donnée. Les utilisateurs ont désormais la possibilité de choisir entre les calculs effectués à un moment précis qu'ils définissent comme « pic de brûlage » et les calculs effectués à l'heure réelle à laquelle le comportement maximal du feu est attendu.

3.1.1.1 Option de donnée météorologique avec météo horaire (Figure 2, option A)

Étant donné que les stations météorologiques automatiques à distance sont désormais courantes, de nombreux organismes de lutte contre les incendies ont facilement accès à des informations horaires. Des observations météorologiques horaires permettent d'évaluer les variations des conditions environnementales tout au long de la journée et de fournir des informations temporelles plus précises sur les précipitations. En raison des incertitudes entourant le processus de modélisation de la teneur en humidité du combustible, il n'est pas nécessaire que ces observations météorologiques soient plus fréquentes qu'une fois par heure. Cependant, la méthode de calcul de l'IFM2025 peut être adaptée pour utiliser des données infrahoraires.

De nombreux modèles météorologiques numériques offrent maintenant des prévisions météorologiques horaires, allant jusqu'à quelques jours plus tard. Dans les prévisions météorologiques à moyen terme, la fréquence des données en sortie de nombreux modèles numériques passe à des intervalles de trois heures ou même de six heures. Ce format de données se situe quelque part entre les options « A » et « B » illustrées à la figure 2. Ces résultats moins fréquents peuvent également être utilisés pour estimer les conditions météorologiques horaires et sont examinés plus en détail à l'annexe B.

3.1.1.2 Option d'entrée météorologique avec valeurs maximales et minimales quotidiennes (figure 2, option B)

Concernant la température, l'humidité relative et le vent

En l'absence de données horaires, on peut se servir des estimations des conditions environnementales maximales et minimales quotidiennes pour évaluer la variation diurne des conditions prévues tout au long de la journée. Cette méthode s'appuie sur une modification d'un modèle de variation diurne conçu par Beck et Trevitt (1989), qui a été utilisé par les agences canadiennes de gestion des incendies au cours des dernières décennies. Elle a été activée dans Prometheus, le modèle canadien de propagation des feux de végétation (Tymstra et collab., 2010), pour produire les conditions météorologiques horaires requises par ce modèle lorsque l'utilisateur ne fournit que les valeurs maximales et minimales quotidiennes (généralement à partir des prévisions des météorologues de l'organisation). Le calcul se fonde sur le moment du lever et coucher du soleil en fonction de la latitude, de la longitude et de la date de l'observation météorologique, ainsi que sur l'analyse de données horaires historiques provenant de l'ensemble du pays. La méthode des maximums et minimums quotidiens génère des données météorologiques horaires estimées, qui sont ensuite intégrées dans l'IFM2025 (figure 2, option B), ce qui permet d'utiliser les données de manière cohérente dans le même processus de calcul que celui utilisé pour les intrants d'observations horaires directes (ou de prévisions). Par rapport à l'IFM1987, cette nouvelle méthode permet de mieux intégrer la variation de la durée du jour, tant en fonction de la latitude que tout au long de la saison des feux. Une description plus détaillée du processus est disponible à l'annexe A.

Concernant les précipitations

Dans le cadre de l'approche basée sur les valeurs maximales et minimales quotidiennes, plusieurs options existent en fonction des données dont dispose l'utilisateur. Si la fin d'une période de précipitations continues est connue, les précipitations peuvent être placées à la fin

de cette période. Lorsque le moment exact des précipitations enregistrées au cours d'une période est inconnu, nous essayons d'associer le moment des précipitations au début estimé du séchage. Dans le cas d'observations quotidiennes des précipitations, comme on suppose que le séchage ne se produit pas pendant la nuit, cette hypothèse signifie que les précipitations quotidiennes sont associées au début de l'heure suivant le lever du soleil et que le séchage des couches de combustible se produit pendant toute la période de séchage potentiel de la journée. Cela peut biaiser les calculs de l'humidité du combustible vers le bas ; toutefois, pour la prise de décision opérationnelle, ce biais potentiel est considéré comme acceptable. La même approche a été utilisée dans les calculs de l'humidité du combustible de l'IFM1987 ainsi que dans la méthode de calcul horaire de l'ICL (Van Wagner 1977).

Deux scénarios sont décrits ci-dessous offrant des exemples plus spécifiques du moment des précipitations et de leur utilisation dans l'IFM2025 et sont développés à l'annexe B. Ces exemples ne visent pas à décrire une procédure standard spécifique que les utilisateurs doivent suivre, mais à décrire les principes qui permettront aux utilisateurs de la méthode IFM d'utiliser de manière appropriée et précise les informations disponibles pour évaluer l'humidité des combustibles.

Scénario de précipitations 1 : Lorsque le moment des précipitations est connu

Si l'on connaît la durée et l'accumulation d'une période de pluie relativement continue, plus précisément si l'on connaît la fin de cette période, on peut alors attribuer la quantité de pluie observée au cours de la journée à la fin de la période de pluie. Le calcul horaire dans la méthode IFM suppose que la pluie a mouillé les combustibles au début de l'heure précédente (c'est ainsi que les calculs horaires de l'ICL traitent chaque observation horaire). Bien qu'imparfaite, cette méthode fournit une bonne estimation du moment où le séchage du combustible recommence après une pluie, car l'objectif principal est de déterminer le retour à l'état sec après la pluie.

Par exemple, pour les stations météorologiques qui signalent régulièrement les précipitations toutes les six heures, la pluie observée doit être associée à la première heure suivant le début de l'intervalle d'observation. Cette approche associe les précipitations au début de la période et, étant donné qu'aucune information sur le moment de la fin de la période de pluie n'est connue, elle pêche par excès en supposant que les combustibles ont séché pendant toute la période (compte tenu des autres conditions météorologiques). L'annexe B fournit une description plus détaillée.

Scénario de précipitations 2 : Lorsque le moment des précipitations quotidiennes est inconnu

Lorsque les précipitations cumulées ne sont disponibles qu'une fois par jour (par exemple, l'observation standard de 13 h), cette quantité de précipitations est associée au début de l'heure après le lever du soleil, qui est supposé être le début de la journée de séchage. Bien que les pratiques d'observation varient entre les organismes canadiens de gestion des incendies, de nombreuses stations météorologiques d'incendie effectuent une observation des précipitations le matin entre 6 h et 8 h. Selon le moment de l'observation météorologique, l'observation matinale comprend souvent les précipitations tombées pendant la nuit et, dans de nombreux

cas, les précipitations cumulées de la veille à l'heure standard de 13 h. Comme le moment des précipitations est inconnu, cette observation matinale des précipitations doit être associée à l'heure la plus proche après le lever du soleil, l'heure du lever du soleil étant calculée dans l'IFM2025. Cette approche associe les précipitations au début de la période de séchage pour la journée en cours et, étant donné qu'aucune information sur le moment n'est connue, suppose que les combustibles auront séché pendant une période de séchage complète, ce qui est conforme à la méthode utilisée dans l'IFM1987.

3.1.1.3 Option de donnée météorologique avec observation météorologique à 13 h (Figure 2, option C)

Bien que ce ne soit pas un choix optimal, l'observation météorologique traditionnelle des incendies à 13 h peut être utilisée dans l'IFM à condition que l'entrée inclue la date, ainsi que la latitude et longitude de l'emplacement de la station météorologique. Cette observation unique pourrait s'avérer nécessaire dans l'analyse historique des dangers d'incendie de forêt, notamment lorsqu'une région n'a accès qu'aux seules observations météorologiques standard effectuées à 13 h. Pour assurer la possibilité de continuer à utiliser l'observation météorologique de l'IFM1987, l'observation de 13 h est employée pour estimer les valeurs maximales et minimales quotidiennes, en se référant aux moyennes historiques canadiennes (figure 3), à partir desquelles, comme expliqué à la section 3.1.1.2, un flux météorologique horaire est aussi estimé.

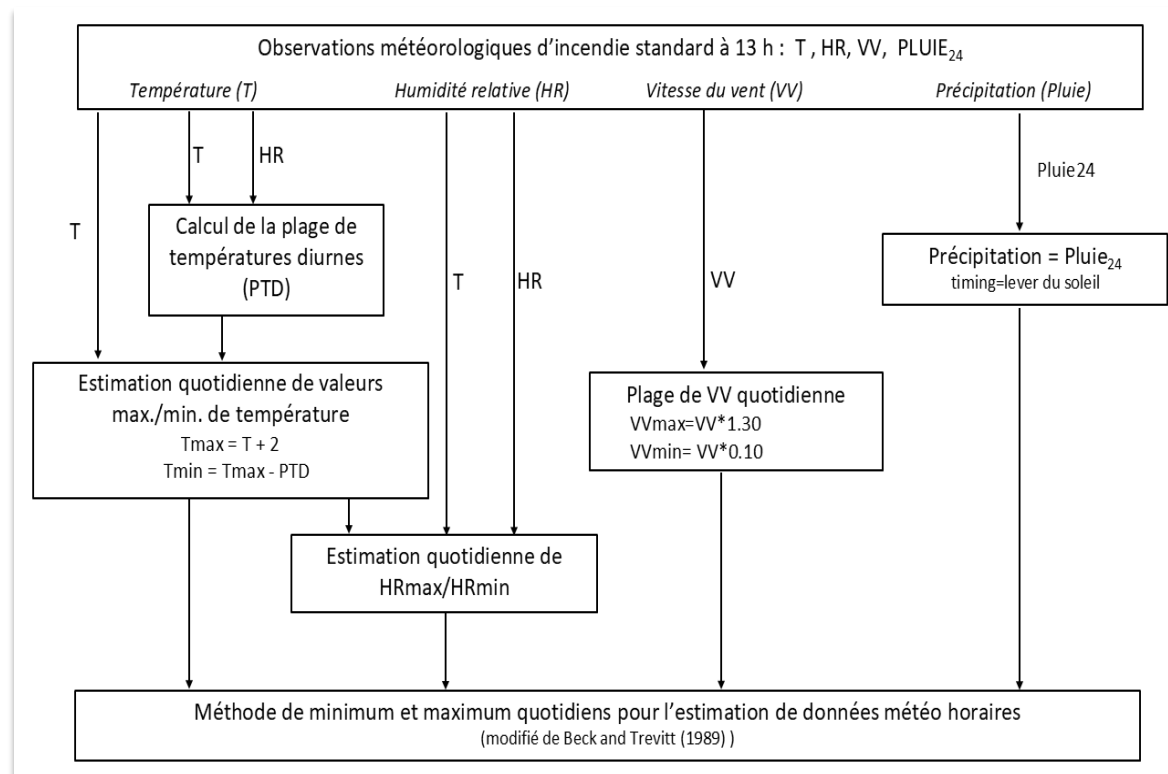


Figure 3. Conversion de l'observation météorologique standard de 13 h en valeurs maximales/minimales quotidiennes qui permettent d'estimer les conditions météorologiques horaires.

Pour utiliser les observations météorologiques traditionnelles relatives aux incendies, on a analysé les données météorologiques horaires historiques de l'ensemble du Canada afin d'évaluer la différence moyenne entre la température de l'air à 13 h HAL et les températures maximales et minimales de l'air pour la journée. Bien que les moyennes soient assez uniformes dans l'espace et dans le temps, il y avait certaines variations d'un endroit à l'autre et d'une période à l'autre de la saison des feux. Des estimations régionales spécifiques pourraient être utilisées, mais en raison de la grande disponibilité des ensembles de données de réanalyse de modèles météorologiques numériques à échelle fine et de la communication courante des valeurs maximales et minimales quotidiennes dans les observations des stations météorologiques, le besoin de constantes locales et temporelles spécifiques pour adapter l'observation météorologique traditionnelle des incendies à 13 h deviendra moins important. Nous pensons que lors de cette transition vers l'IFM2025, ces méthodes générales d'utilisation des observations météorologiques de 13 h devraient être suffisantes pour la plupart des besoins. Les ajustements suivants ont été élaborés pour chaque intrant:

Température : Un modèle simple a été conçu à partir de données du centre du Canada pour prédire la plage de températures diurnes en fonction de la température et de l'humidité relative à 13 h. En moyenne, on a constaté que la température maximale quotidienne était d'environ 2 °C de plus que la température observée à 13 h.

Humidité relative (HR) : Le modèle d'HR s'appuie sur une technique normalisée d'ajustement de l'humidité relative. On utilise l'humidité relative observée à 13 h ainsi que la température observée à 13 h pour estimer la quantité de vapeur d'eau dans l'air le jour. Par la suite, on utilise des méthodes standard pour estimer l'humidité relative au moment de la température maximale et minimale, en supposant que la quantité de vapeur d'eau dans la masse d'air reste constante.

Vitesse du vent : On suppose que la vitesse minimale quotidienne du vent se produit pendant la nuit et correspond à 10 % de la vitesse observée à 13 h. La valeur maximale quotidienne atteint 30 % de plus que la vitesse du vent observée à 13 h. Cette dernière valeur correspond à la moyenne générale calculée sur plusieurs saisons de feux dans le centre du Canada.

Précipitations : Les précipitations observées traditionnellement à 13 h, qui correspondaient aux précipitations tombées au cours des 24 heures précédentes, devraient être associées à la première heure suivant le lever du soleil. C'est ainsi que les précipitations observées à 13 h étaient traitées dans la méthode de l'IFM1987 : on supposait que la pluie, même si elle tombait en fin de matinée, était déjà tombée au lever du soleil, et qu'elle était suivie d'une journée entière de séchage standard du combustible. Plus de détails sur cette méthode sont présentés à l'annexe B.

Il est important de souligner à nouveau que l'utilisation de cette observation unique en milieu de journée n'est pas optimale. Il est préférable d'utiliser les valeurs maximales et minimales quotidiennes observées.

3.2 Incidences du changement de l'heure d'observation météorologique

Ancrée dans les années 1930, la méthode IFM1987 s'appuyait sur une seule observation météorologique quotidienne à 13 h pour évaluer le potentiel du pic de conditions de brûlage plus tard dans l'après-midi. Grâce à une meilleure disponibilité des prévisions météorologiques, les utilisateurs ont pu évaluer le danger d'incendie en après-midi sur plusieurs jours à l'avance. Bien que cette approche ait fourni une indication précoce utile du danger d'incendie en après-midi, elle était intrinsèquement limitée, car elle reposait sur plusieurs hypothèses. L'IFM2025 permettra d'évaluer les variations horaires des conditions météorologiques pendant la journée, ce qui permettra une évaluation plus précise du séchage pendant la saison des incendies, à diverses latitudes. En effet, les périodes de clarté plus longues dans le Grand Nord seront généralement mieux reflétées par les indices d'humidité calculés selon la méthode de l'IFM. De plus, dans certaines provinces ou certains territoires que plusieurs lignes de longitude traversent, on devrait pouvoir éliminer les problèmes liés à l'observation météorologique de 13 h (heure locale), aux limites des fuseaux horaires et à l'intervalle de temps du midi solaire dans une région.

Utilisation des conditions météorologiques observées et prévues

Dans les contextes opérationnels actuels, les calculs de la Méthode dépendent souvent d'une combinaison d'observations et de prévisions de stations météorologiques pour effectuer une planification sur plusieurs jours. Au moment de passer des données observées aux données prévues, les conditions météorologiques maximales et minimales quotidiennes sont utilisées pour estimer les conditions météorologiques horaires avant leur intégration dans l'IFM2025 comme démontré dans la section 3, figure 2. Cette méthode permet de maintenir l'uniformité des calculs de l'IFM, peu importe la source des données. Cependant, il est crucial de distinguer la planification et l'évaluation précise de l'humidité du combustible. Les indices d'humidité de la Méthode fonctionnent comme un système de suivi qui permet de mesurer l'évolution de l'humidité du combustible au fil du temps. Pour assurer un point de départ le plus précis possible pour les futures prévisions, il est essentiel de mettre à jour les indices d'humidité avec les données météorologiques horaires observées dès qu'elles sont disponibles.

Les entités ayant accès à des données météorologiques horaires en temps quasi réel peuvent bénéficier de processus automatisés pour mettre à jour les calculs de l'IFM toutes les heures, voire plusieurs fois par jour. Les organismes peuvent choisir de suivre en temps réel les variations des conditions météorologiques ou encore de mettre à jour les prévisions au fil de la journée. Cette méthode offre une évaluation continue du danger d'incendie, ce qui permet aux spécialistes du renseignement sur les incendies de repérer rapidement les changements importants dans les conditions météorologiques. Pour ce qui est des opérations courantes, il ne serait pas vraiment nécessaire, pour la planification quotidienne des interventions, d'examiner les calculs mis à jour toutes les heures. Cependant, lorsque les variations météorologiques sont importantes, ils offrent des informations précieuses pour une analyse plus profonde et une prise de décision.

Pour les entités dont la capacité de mise à jour en temps réel est limitée, il est essentiel d'adopter une approche stratégique pour mettre la Méthode à jour. Le meilleur moment pour

effectuer la mise à jour finale du taux d'humidité avec les données observées est juste après le lever du soleil, mais avant le premier cycle de planification matinal (un calcul automatisé à 7 h, par exemple). Les conditions météorologiques observées au cours de la veille au soir et de la nuit constituent l'évaluation la plus précise de la teneur en humidité des combustibles forestiers au début de la nouvelle période de réchauffement diurne pour la journée (c.-à-d. juste après le lever du soleil). Une deuxième mise à jour vers midi (ou l'observation traditionnelle à 13 h [heure locale]) peut confirmer les prévisions matinales et fournir des informations supplémentaires sur l'évolution des conditions d'incendie.

3.3 Nouveaux intrants facultatifs

L'IFM2025 permet d'estimer directement le potentiel d'incendie dans les prairies. Les prairies sont plus exposées au vent et au réchauffement direct du rayonnement solaire et l'herbe a tendance à absorber et à rejeter de l'humidité beaucoup plus rapidement que la couche de litière qui repose sur une couche organique humide dans une forêt à couvert fermé. Cela explique en partie la nécessité de nouveaux intrants facultatifs : le rayonnement solaire et le fanage. L'ajout de ces intrants au système permet aux utilisateurs de calculer de nouveaux flux de résultats et, à l'avenir, d'améliorer la précision de certains éléments essentiels de la méthode IFM. Ces intrants, tels que le rayonnement solaire, seront éventuellement intégrés à d'autres expositions de l'estimation de l'humidité des combustibles et deviendront ainsi des intrants plus largement utilisés (Groupe sur les risques d'incendie du Service canadien des forêts, 2021). Lorsque les utilisateurs ne disposent pas de ces intrants sur une base horaire ou quotidienne, nous fournissons des méthodes pour estimer ces valeurs.

Les nouveaux indices des prairies sont axés sur l'estimation de la teneur en humidité des combustibles légers séchés, fanés et exposés directement dans la prairie car le combustible d'herbe dans la méthode de l'IFM ne présente pas de couche organique significative. Un nouveau modèle d'humidité de l'herbe, qui se base sur la teneur en humidité de l'herbe fanée, est intégré dans l'IFM2025, ainsi qu'une estimation de l'état de fanage du complexe combustible (c.-à-d. l'inverse de la quantité de végétation annuelle verte dans le combustible) pour créer un indice d'humidité de l'herbe (IHH). De nouvelles directives pour le démarrage des stations au début du printemps sont fournies à l'annexe C ; ces nouveaux indices d'herbe peuvent apporter une valeur ajoutée significative pour comprendre le risque d'incendie au début du printemps dans certaines régions.

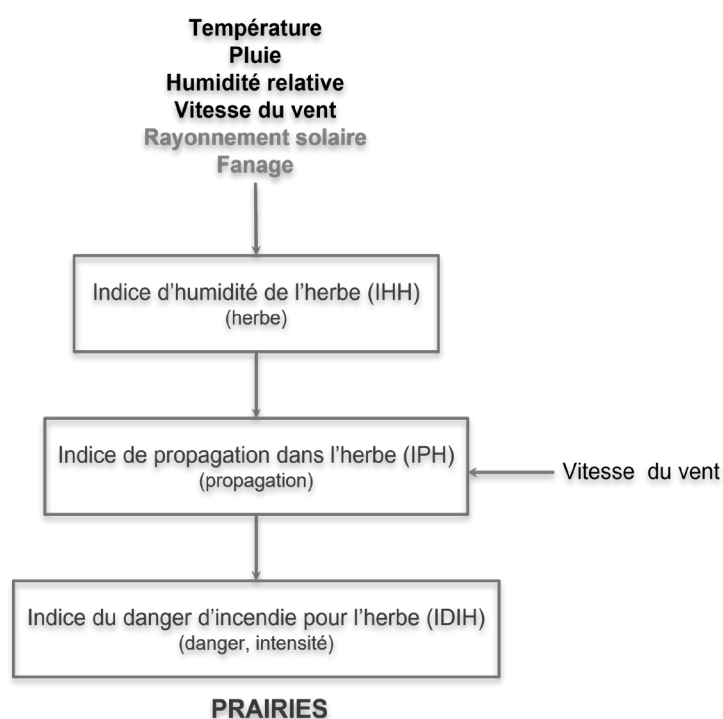


Figure 4. Structure du sous-système des prairies.

De plus, un nouvel indice de propagation dans l'herbe (IPH) et un nouvel indice du danger d'incendie pour l'herbe (IDIH) ont été créés (figure 4). Ceux-ci sont décrits plus en détail dans la section « Extrants » (section 4.2).

3.3.1 Rayonnement solaire

Les prairies subissent une forte influence du rayonnement solaire, car elles sont directement exposées. Le rayonnement solaire direct peut élever la température des combustibles d'au moins 20 à 30 °C au-dessus de celle de l'air ambiant, surtout au printemps, quand les herbes de la saison dernière sont aplaties par la neige. La surface aplatie est un bon récepteur et support pour la chaleur du rayonnement solaire. Pour mesurer avec précision le danger d'incendie dans ces circonstances, l'IFM2025 intègre le rayonnement solaire, exprimé en kW/m^2 , en tant qu'intrant pour le calcul de l'IHH.

En raison de cette nouvelle exigence, nous avons identifié trois sources potentielles pour la collecte de données de rayonnement solaire observées et prévues. Ces facteurs, tels qu'ils sont décrits ci-dessous, vont de la mesure idéale (option A, figure 5) à la moins optimale (option C, figure 5) :

A) Mesure directe : Une mesure directe du rayonnement solaire incident (kW/m^2) prise à une station météorologique particulière équipée d'un pyranomètre serait le meilleur choix. Idéalement, il s'agirait d'une moyenne sur au moins 10 minutes, semblable aux mesures du vent, et non d'une valeur instantanée à l'heure.

B) Modèle météorologique numérique : Les données sur le rayonnement solaire provenant de modèles météorologiques numériques peuvent fournir une estimation fiable. Ces données font maintenant partie des prévisions fournies par les modèles météorologiques numériques.

C) Estimation : Dans le cas où il n'y aurait pas de source de rayonnement solaire disponible pour les observations ou les prévisions, une méthode d'estimation simple peut être employée. Celle-ci se base sur l'emplacement géographique d'une station, utilisant la latitude et longitude, ainsi que sur les fourchettes de températures quotidiennes. Cette estimation fait partie des intrants de la structure de la Méthode de l'IFM, lorsqu'il n'y a pas d'autres sources de rayonnement solaire.

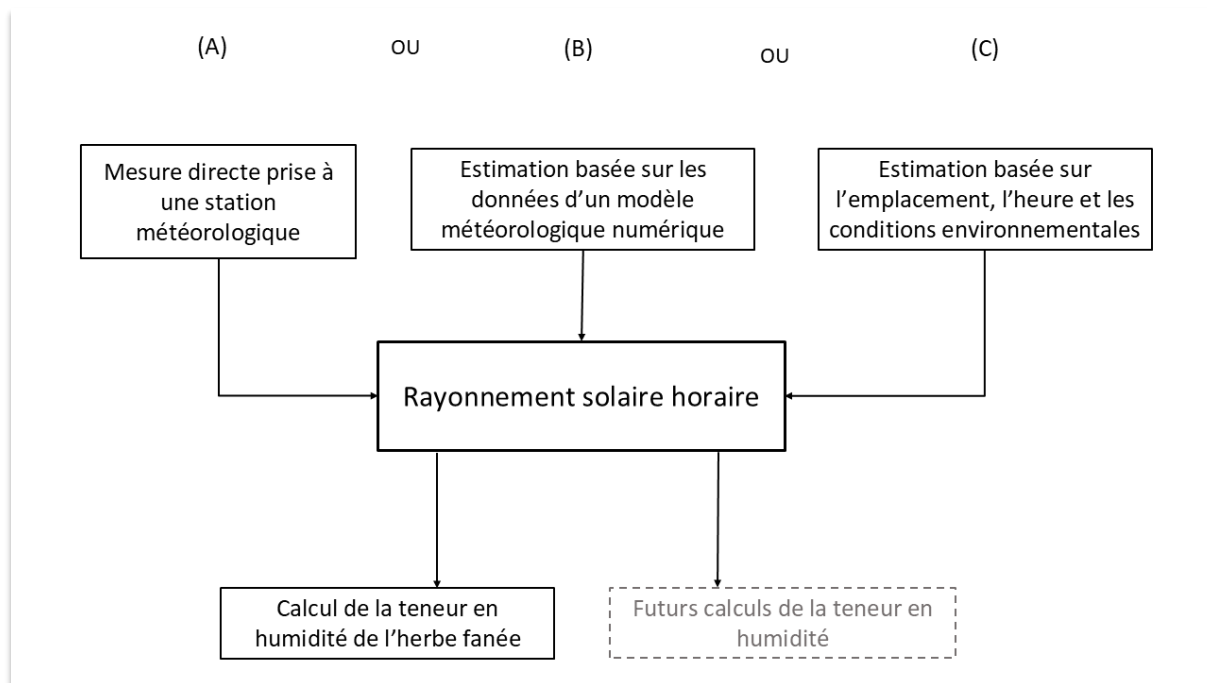


Figure 5. Options pour estimer l'incidence du rayonnement solaire sur l'herbe.

3.3.2 Fanage ou verdissement de l'herbe

Pour évaluer avec précision le potentiel d'incendie dans les prairies pendant toute la saison des feux, il faut connaître l'état actuel du fanage dans le complexe combustible, maintenant un intrant additionnel inclus dans la Méthode de l'IFM2025. La figure 5 présente trois options générales pour l'estimation de l'état de fanage (ou de verdure) des prairies à utiliser dans la Méthode IFM. L'option par défaut intégrée dans le traitement des intrants utilise un ensemble d'évaluations régionales basées sur l'analyse historique des mesures de « verdure » par satellite. Nous avons choisi la région des plaines boréales car elle représente bien le pays. Cette analyse a été réalisée pour plusieurs régions du pays, et une agence peut choisir de remplacer la région des plaines boréales par un autre ensemble de données. Cette « valeur par défaut » est essentiellement un type de « moyenne climatologique » fournie pour les situations où aucune autre information n'est disponible. Elle ne tient pas compte des différences météorologiques ou des différences entre les espèces locales qui pourraient influencer le moment de l'émergence ou de la sénescence de la croissance annuelle ; par conséquent, les utilisateurs doivent utiliser les meilleures informations disponibles pour leur évaluation.

Une abondante végétation verdoyante annuelle peut freiner la progression d'un incendie en constituant une part importante du complexe combustible. La Méthode canadienne de prévision du comportement des incendies de forêt (MCPCI) offre un moyen de prendre en considération ce facteur en tenant compte du taux de fanage, qui correspond à la proportion du complexe combustible composé d'herbes entièrement fanées. Les nouveaux indices de l'herbe (figure 4) considèrent que l'ensemble du complexe combustible est composé d'herbes entièrement fanées et vivantes (ou sénescences). Les combustibles entièrement fanés échangent facilement de l'humidité avec l'atmosphère, tandis que les herbes vertes et sénescences maintiennent des taux d'humidité plus élevés et sont moins touchées par les

fluctuations météorologiques quotidiennes. Le pourcentage de combustibles fanés dans une prairie correspond directement à la proportion de combustibles légers complètement fanés dans la couche de combustibles.

Fanage ou verdissement de l'herbe

Dans la modélisation du comportement du feu et dans la MCPCI de la MCEDIF, nous caractérisons l'état actuel de la prairie par le pourcentage du complexe combustible composé d'herbes entièrement fanées. Une valeur de 100 % indique que la prairie a perdu toute son humidité vivante et est entièrement fanée (état post-hivernal souvent observé). Cet état de fanage, particulièrement au printemps, est le plus souvent observé en notant la quantité de nouvelles pousses vivantes (vertes) qui sont apparues dans la prairie en général. Le concept de « verdissement » de la prairie peut être une caractéristique plus facile à comprendre pour les utilisateurs qui ne connaissent pas bien la Méthode PCI et son utilisation spécifique du terme « fanage ». Les observations à distance de l'état de la végétation (c.-à-d. NVDI) sont souvent désignées sous le nom d'« indices de verdure ». Dans le cadre de la méthode de l'IFM, on peut considérer que la verdure et le fanage sont les deux faces d'une même pièce (le pourcentage de verdure est égal à 100 moins le pourcentage de fanage). Nous continuerons d'utiliser le terme « fanage » pour rester cohérents avec la MCPCI dans son ensemble.

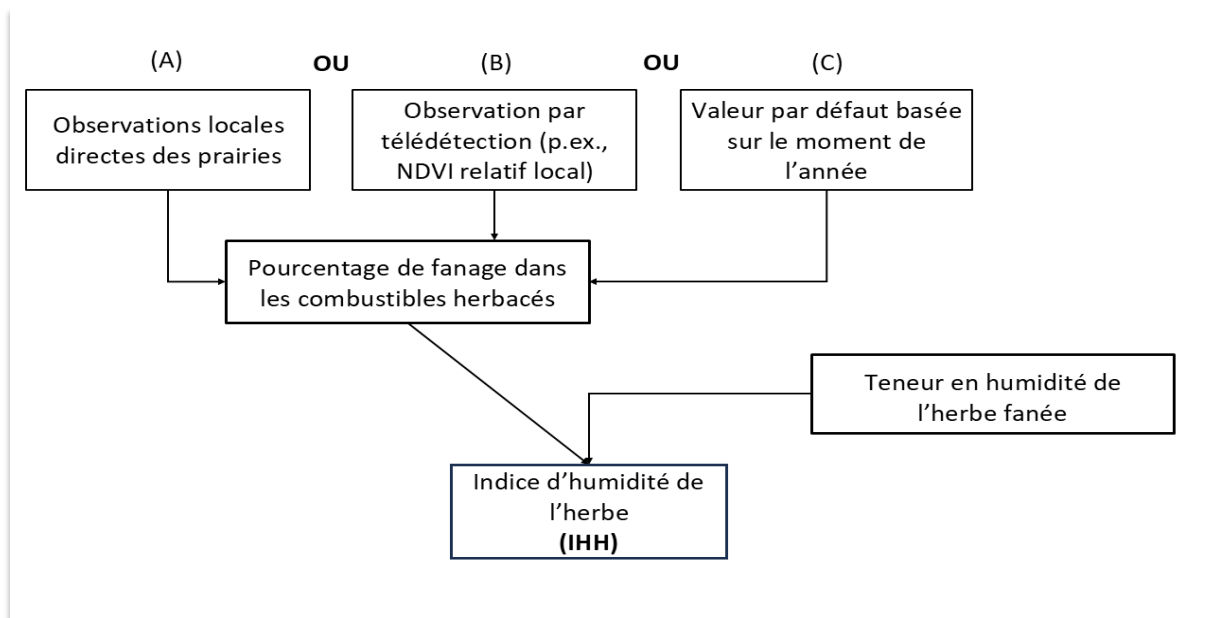


Figure 6. Exemples de diverses méthodes d'estimation du fanage de l'herbe, ainsi que de leur intégration au processus de calculs liés à l'évaluation des dangers d'incendie dans les prairies.

Comme pour le nouvel intrant sur le rayonnement solaire, nous proposons des options pour évaluer l'état de fanage dans les prairies. La figure 5 illustre trois méthodes et la façon dont elles sont utilisées pour calculer l'indice d'humidité de l'herbe (IHH).

A) Observation locale directe : La meilleure approche consiste à ce que les utilisateurs sur le terrain évaluent visuellement le pourcentage de fanage des prairies de la région. Ce pourcentage représente la proportion de biomasse entièrement fanée par rapport à la biomasse totale de la prairie entière.

B) Observation par télédétection : Les données de télédétection, comme NDVI, peuvent fournir des estimations du verdissement des prairies, plutôt que du fanage. Les utilisateurs peuvent ajuster ces estimations en fonction des conditions locales des combustibles. Le Système canadien d'information sur les feux de végétation (SCIFV) met à disposition des données nationales préliminaires sur l'NDVI, qui fournissent des informations géographiquement détaillées sur la verdure relative (Service canadien des forêts, 2020).

C) Valeur par défaut basée sur le moment de l'année : Lorsqu'il n'y a pas d'observations terrain ni de données de télédétection, nous incluons une méthode d'estimation du verdissement des prairies basée sur une analyse historique régionale. Cette méthode emploie une série chronologique de données sur les variations saisonnières de la proportion de fanage afin d'estimer le verdissement pour les prairies et les sites boisés ouverts, d'après les données du centre du Canada. Cette valeur par défaut fournit une estimation très approximative de l'état des combustibles, car la période de croissance et de fanage dans les prairies peut varier d'une année à l'autre. Elle ne tient pas non plus compte des sécheresses inhabituelles. Des courbes similaires existent pour d'autres régions du Canada et pourraient être remplacées. Cependant, toute courbe de ce type aura l'inconvénient de ne pas refléter les anomalies saisonnières.

3.3.3 Paramètres de prairie standard

Afin de rester fidèle à la MCPCI, une valeur par défaut de 0,35 kg/m² pour la charge de combustible de surface sera utilisée. Cependant, comme dans la MCPCI, les utilisateurs peuvent spécifier une différente valeur. Cette valeur influe sur l'estimation de l'intensité du front utilisée pour calculer l'IDIH.

Au printemps, on présumera que les prairies sont entièrement aplaties. À partir du milieu de la saison de croissance jusqu'à la première chute de neige, on présumera que l'herbe est debout. Dans les zones sans neige où l'herbe reste sur pied bien fanées au printemps, les utilisateurs pourront modifier l'IFM2025 pour présumer que l'herbe est debout tout au long de l'année.

4 EXTRANTS DE L'IFM2025

4.1 Mises à jour des composantes de pin standard

La méthode de l'IFM1987, élaborée pour les forêts de pins matures à couvert fermé, surveille la teneur en humidité du combustible et le comportement du feu. Les éléments fondamentaux de cette Méthode restent principalement inchangés dans la méthode de l'IFM2025 (figure 1). Tous les ajustements effectués visent à assurer la compatibilité avec une gamme plus large d'intrants tout en maintenant la cohérence des extrants. Par conséquent, un ICL de 91 dans la méthode de l'IFM1987 devrait correspondre à un ICL d'environ 91 dans la méthode de l'IFM2025. Toute disparité entre les deux méthodes devrait mettre en évidence des variations notables dans la teneur en humidité du combustible, car la méthode de l'IFM2025 représente de manière plus précise les processus diurnes de séchage et d'humidification.

4.1.1 Humidité : combustibles légers

L'IFM2025 utilise un calcul ICL horaire offrant une approximation affinée des conditions réelles, de sorte que les valeurs peuvent légèrement différer de l'estimation ICL quotidienne de l'IFM1987. Ce calcul horaire a été révisé par rapport à la version originale de Van Wagner (1977) et offre une meilleure approximation de la variation diurne de l'humidité pour une journée réelle tout en s'appuyant sur le concept du séchage et de l'humidification exponentiels vers une teneur en humidité à l'équilibre. Des informations supplémentaires sur les modifications apportées à l'ICL dans la méthode de l'IFM2025 sont détaillées ci-dessous.

Interception des précipitations par la canopée

Dans la méthode quotidienne de l'IFM1987, il était supposé que le premier 0,5 mm de pluie était intercepté par le couvert forestier, ce qui signifie qu'il ne tombait pas sur le tapis forestier. Bien que l'interception par la canopée n'ait pas été incluse dans la version horaire de l'ICL de Van Wagner (1977) en raison de l'accumulation horaire potentielle, l'ICL de l'IFM2025 maintient cette interception simplifiée de la canopée, comme dans la version quotidienne. Dans l'IFM2025 horaire, l'interception par la canopée est cumulative durant toute la journée. Le premier 0,5 mm de précipitations au début d'une période de pluie est intercepté, saturant ainsi la canopée, et toute pluie qui suit au cours de cette période atteint le tapis forestier. Dans la version quotidienne, le seuil d'interception de la canopée pour l'ICL est réinitialisé à la fin de chaque journée, tandis que dans cette nouvelle version horaire, on introduit une constante de temps de six heures afin de tenir compte du séchage de la canopée. Si aucune pluie n'est observée pendant ces six heures, il est supposé que la canopée soit sèche, ce qui entraîne l'application immédiate du seuil d'interception de 0,5 mm lorsque la pluie reprendra. Physiquement, l'interception des précipitations par le couvert forestier est une hypothèse raisonnable et il existe de nombreux modèles d'interception et de traversée des précipitations. Par souci de simplicité, nous avons retenu le modèle simple d'interception de la canopée de l'ICL quotidien initial et l'avons intégré au calcul horaire. Cette constante de temps de pluie est également utilisée pour les indices d'humidité des combustibles plus lourds (IH, IS) et est illustrée à la section 4.1.2.

La réinitialisation du seuil d'interception de la canopée après six heures n'est qu'une approximation du séchage. L'évaporation dépendrait en effet des conditions atmosphériques et

commencerait immédiatement dès la fin des précipitations dans de nombreuses conditions. Il existe des modèles d'évaporation basés sur les conditions météorologiques, mais nous n'avons pas étudié leur effet sur les calculs d'humidité du combustible utilisés dans la Méthode de l'IFM. Par conséquent, pour l'IFM2025, nous proposons une approximation simple pour introduire ce concept, l'affiner et tester ses effets sur les futurs modèles d'humidité. L'IFM2025 conserve également la fraction effective initiale d'absorption des précipitations d'environ 5 %, soit la quantité de pluie absorbée par la couche de litière. Les améliorations futures de la modélisation de l'humidité du combustible pourraient permettre une représentation plus fidèle de ce processus.

Séchage

Les observations de l'humidité de la litière sur le terrain semblent indiquer que le taux de sécheresse dans le modèle de l'ICL lui-même est trop lent (voir Beck et Armitage, 2004; Wotton, 2007). Les travaux d'Anderson (1990) sur la diffusivité de l'humidité, ainsi que les observations de Nelson (2001) et Van Wagner (1979) sur le taux de sécheresse, indiquent également que la constante du temps de séchage et d'humidification devraient être inférieures à la fonction du taux de sécheresse dans l'ICL horaire de Van Wagner (1977).

Par conséquent, pour mieux correspondre aux observations terrain des variations de la teneur en humidité de la litière tout au long de la journée, la fonction du temps de séchage utilisée pour l'ICL dans l'IFM2025 a été réduite de moitié. Le temps de séchage dépend toujours de la température et de l'humidité relative, selon une courbe semblable à celle de l'ICL initial. Ce taux de séchage plus rapide est basé sur nos mesures in situ de l'humidité du combustible et rapproche l'intervalle quotidien de l'ICL de celui de l'ajustement diurne de l'ICL (figures 7 et 8). Dans les bonnes conditions de température et d'humidité relative, l'ICL continuera de « sécher » pendant la nuit. L'élaboration et l'adoption d'une méthode de calcul du séchage et de l'humidification de la couche de litière, davantage axée sur les procédés, constituent un type de recherche appliquée continue visant à améliorer les futures versions de la Méthode.

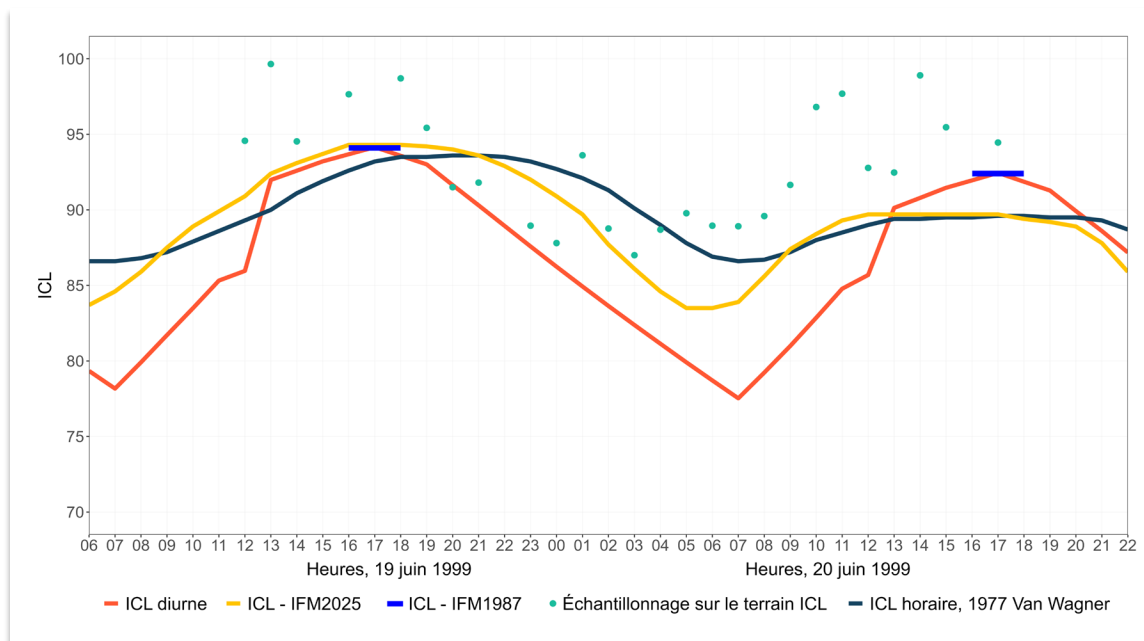


Figure 7. Les différentes versions de l'ICL comparativement à l'échantillonnage sur le terrain (points verts) au cours de l'Expérience internationale de modélisation des feux de cime (ICFME) dans les Territoires du Nord-Ouest, sur une période de deux jours.

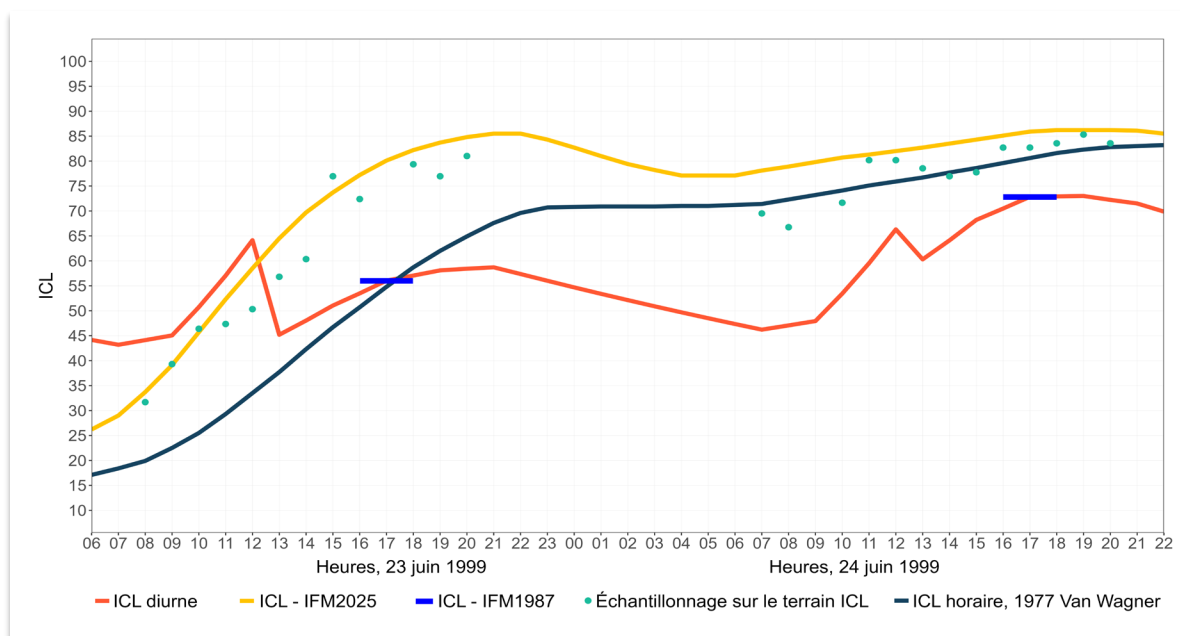


Figure 8. Un deuxième exemple des différentes versions de l'ICL comparativement à l'échantillonnage sur le terrain (points verts) au cours de l'ICFME dans les Territoires du Nord-Ouest, sur une période de deux jours

4.1.2 Humidité : combustibles plus lourds

Pour assurer l'homogénéité des résultats horaires, la méthode de l'IFM2025 comprend des calculs horaires pour l'IH et l'IS, malgré les taux de séchage plus lents de ces couches de combustibles lourds. Bien que cette résolution horaire puisse être plus fine que nécessaire, elle assure la cohérence entre tous les éléments du système. Lors de l'élaboration de ces méthodes

horaires, nous avons donné la priorité au maintien du temps de séchage dans la couche de combustibles, conformément à la version quotidienne originale, et à la préservation du modèle de pluie efficace original. L'amélioration de nos modèles d'humidité de la couche organique constitue un champ de recherche appliquée continue. Nous nous sommes concentrés sur ces mises à jour actuelles afin de modifier les méthodes originales de manière qu'elles fournissent des résultats raisonnables et cohérents dans un calcul horaire. Par conséquent, un certain nombre d'hypothèses et d'approximations importantes ont été faites pour que cela fonctionne.

Séchage

L'IH et l'IS suivent le même séchage exponentiel vers un état d'équilibre très sec, tel que celui utilisé dans leur formulation originale. Le séchage ne se produit qu'entre le lever et le coucher du soleil. Le taux de séchage pour chaque heure est calculé à partir des conditions environnementales horaires et de la teneur en humidité de l'heure précédente, en modifiant les fonctions de taux de séchage d'origine dans l'IH et l'IS, respectivement.

Précipitations

Les modèles de l'IH et de l'IS effectuent un calcul de la pluie efficace, correspondant à la quantité susceptible d'être absorbée par la couche organique, pour diminuer la quantité de pluie observée à l'extérieur. Dans la méthode de l'IFM quotidien, seules les précipitations cumulées dépassant 1,5 mm et 2,8 mm influencent les couches de combustible surveillées à l'aide de l'IH et de l'IS, respectivement.

Les modèles de l'IFM2025 pour estimer les précipitations efficaces dans l'IH et l'IS horaires, comme dans le nouvel ICL horaire, considèrent les précipitations comme étant cumulatives tout au long de la journée. Dans l'IH, la pluie n'influence pas la teneur en humidité avant que la quantité de pluie cumulée atteigne le seuil de précipitations (1,5 mm). Au-delà de ce seuil, les précipitations cumulées commencent à influencer la teneur en humidité de l'humus. Lorsque les précipitations cumulatives dépassent le seuil de pluie, la fonction de pluie efficace de Van Wagner (1970, 1987), calculée à partir de l'IH quotidien, est utilisée pour estimer l'humidification de la couche organique sur la totalité de l'heure. Cette capacité de rétention de 1,5 mm dans la fonction de l'IH est réinitialisée après six heures suivant la fin de la pluie. Après six heures sans pluie, la capacité de rétention de la canopée est réinitialisée, ce qui fait que toute nouvelle pluie doit dépasser le seuil de pluie de 1,5 mm avant de commencer à humidifier la couche organique supérieure suivie par l'IH. Ce processus de précipitations cumulatives et de ré-établissement du seuil de pluie est le même pour l'IS, mais le seuil est de 2,8 mm. La figure 9 illustre le processus de précipitations pour les indices d'humidité sur une période de deux jours. Dans cet exemple, les précipitations se produisant de 12 h à 14 h s'accumulent et finissent par atteindre les seuils de précipitations pour l'IH et l'IS. Une fois ces seuils atteints, les précipitations subséquentes sont directement appliquées aux indices d'humidité. Si une brève interruption des précipitations survient de moins de six heures, la pluie continue d'humidifier les combustibles et les indices d'humidité continuent de diminuer. Voir, par exemple, les précipitations du 7 juin, à 21 h, à la figure 9. Toutefois, si une période sans pluie de six heures est observée, les seuils seront réinitialisés pour tous les indices d'humidité. Les précipitations

du 8 juin, représentées à la figure 9, en sont un exemple, car elles doivent s'accumuler pour atteindre à nouveau les seuils avant d'amorcer une nouvelle phase d'humidification.

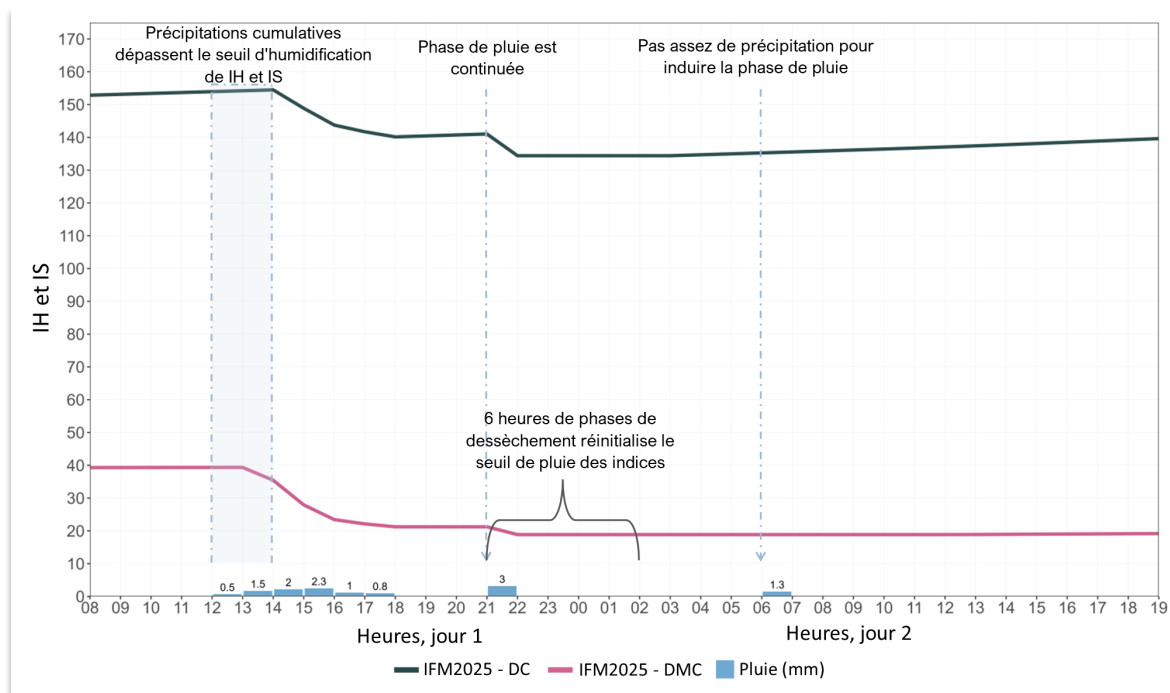


Figure 9. Exemple de calcul horaire de l'IH et de l'IS sur deux jours avec des précipitations intermittentes.

D'un point de vue procédural, il s'agit d'un changement important par rapport à la manière dont les précipitations étaient traitées auparavant. Lorsqu'un seul principal épisode de pluie est observé, on devrait constater peu ou pas de différence dans l'effet des précipitations sur l'humidification de l'humus. Les jours où deux épisodes de pluie sont espacés de plus de six heures, le seuil de capacité de rétention de la canopée est appliqué à nouveau au deuxième épisode et ce changement pourrait réduire la quantité de pluie efficace atteignant la couche organique. Toutes choses étant égales par ailleurs, on pourrait se tromper en pensant que le combustible est plus sec qu'en réalité.

Ces seuils de précipitation et ces modèles d'absorption des précipitations efficaces sont des éléments de l'IFM2025 qui seront examinés et améliorés lors de révisions ultérieures de la Méthode.

4.1.3 Résultats de comportement du feu standards

La structure de l'IFM2025 conserve les trois principaux indices de comportement du feu, qui sont des indicateurs du comportement du feu dans des peuplements de pins matures à couvert fermé. Cependant, elle incorpore une version mise à jour de l'indice de propagation initiale (IPI) de la Méthode de prévision du comportement des incendies de forêt (MCPCI), qui a fait son apparition en 1992 (Groupe de travail sur les dangers d'incendie 1992). L'IPI original de l'IFM1987 peut entraîner des valeurs excessivement élevées à des vitesses de vent extrêmes. Pour remédier à ce problème, l'IFM2025 utilisera la version révisée de l'IPI de la MCPCI. Cette modification atténue l'influence des vents forts sur l'IPI au-delà de 40 km/h, ce qui permet une

représentation plus authentique du comportement du feu. Il est important de souligner que ce changement s'applique principalement aux conditions d'incendie extrêmes et qu'il ne devrait pas avoir d'incidence importante sur les seuils de classification des organismes de gestion des incendies. Le calcul de l'indice du combustible disponible (ICD), de l'indice forêt-météo (IFM), de l'indice journalier de sévérité (IJS) et des autres transformations de l'IFM demeurera inchangé.

4.2 Les nouvelles composantes pour les prairies

Les premières méthodes d'évaluation des dangers d'incendie prenaient en compte les divergences entre le taux de séchage des combustibles exposés et celui des combustibles à l'ombre (Wright, 1933). Des tableaux spécifiques avaient été développés pour les prairies (Wright et Beall, 1938). Les tableaux régionaux des dangers d'incendie de forêt (1956-1961) comportaient des ajustements pour les combustibles à séchage rapide ou lent (Forestry Branch 1957).

De nombreux utilisateurs opérationnels de la Méthode, notamment ceux qui pratiquent des brûlages dirigés dans les prairies au printemps, ont remarqué que la méthode de l'IFM n'est pas optimale dans certaines situations concernant les prairies, en particulier dans les heures immédiatement après la pluie et les deux jours suivants. Après une pluie importante, les combustibles des prairies peuvent retrouver leur état initial et être prêts à brûler en quelques heures seulement (Cheney et Sullivan, 2008). En réalité, les combustibles des prairies exposés au soleil séchent très rapidement, soit dans un laps de temps bien inférieur à une heure (voir figure 10a). De plus, l'effet du fanage de la croissance annuelle du complexe combustible dans les prairies ouvertes n'est pas clairement abordé dans la méthode actuelle de l'IFM, contrairement à la MCPCI. Cette contrainte a été identifiée, en particulier dans les adaptations de la Méthode de l'IFM à l'échelle internationale (p. ex., dans son adaptation de la Méthode de l'IFM, la Nouvelle-Zélande a développé un élément distinct pour évaluer le danger d'incendie dans les prairies, s'inspirant de la méthode PCI).

Les indices de l'IFM2025, adaptés aux prairies ouvertes, prennent en compte certaines des différences concernant les combustibles et le comportement du feu dans une prairie ouverte par rapport au combustible de référence qu'est le pin gris (voir figure 10a et 10b).

IHH : Indice d'humidité de l'herbe

Un modèle d'humidité des herbes, basé sur l'ICL, est disponible depuis un certain temps (Wotton 2009) et est déjà intégré dans les guides de brûlage dirigé (Kidnie et al 2010). Ces modèles d'humidité des combustibles herbacés représentent la teneur en humidité des herbes complètement séchées dans des prairies ouvertes et exposées. Il existe des versions de ce modèle pour les herbes sur pied et les herbes en tapis, correspondant aux conditions automnales et printanières dans la majeure partie du Canada. Ces modèles ont été modifiés pour être inclus dans le IFM2025. L'applicabilité du IHH à d'autres combustibles ouverts tels que les lichens dans le C-1 et les débris de bois fins dans les combustibles de coupe est actuellement à l'étude.

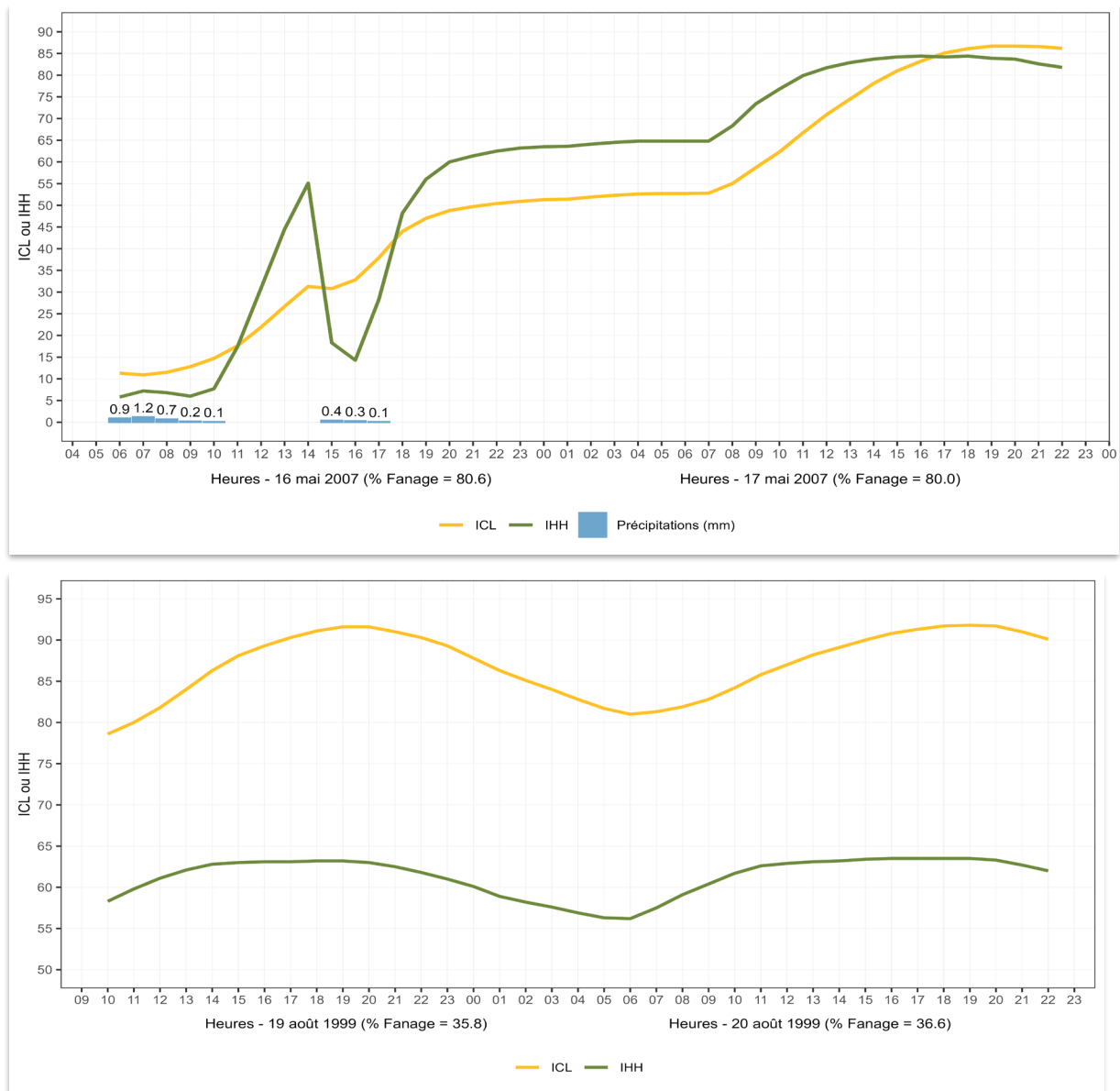


Figure 10.

- Exemple printanier de l'effet et de la récupération des précipitations sur l'IHH (en vert) et l'ICL (en jaune). En mai, l'herbe est considérée comme étant compactée, et la proportion d'herbes fanées est plus élevée que la proportion de verdure.
- Exemple d'été qui démontre une comparaison des modèles de l'IHH (vert) et de l'ICL (jaune). L'IHH intègre l'effet de la végétation, ce qui entraîne souvent des valeurs plus faibles pendant les mois d'été.

La conversion de la teneur en humidité de l'herbe en IHH est plus complexe que la conversion entre l'humidité de la litière de conifères et l'ICL à l'aide de l'échelle FF (Van Wagner 1987). La conversion de l'IHH intègre la quantité estimée de végétation vivante dans la prairie, en utilisant la fonction de séchage de l'herbe de la Méthode PCI. Cette fonction suppose que la croissance annuelle verte agit comme un puits d'énergie, inhibant la combustion soutenue, ce qui sera plus prononcé lorsqu'il y a une plus grande proportion de croissance verte par rapport à l'herbe fanée (figure 10b). Par conséquent, l'IHH n'est pas une teneur moyenne en humidité,

mais plutôt une « teneur effective en humidité » qui tient compte de l'impact de la végétation vivante sur la probabilité d'allumage. Il est conçu pour indiquer directement la probabilité d'un allumage soutenu dans une prairie.

IPH : Indice de propagation dans l'herbe

L'indice de propagation dans l'herbe (IPH) indique le taux potentiel de propagation du feu dans les prairies. Il tient compte du stade de fanage du complexe combustible de la MCPCI. Pour calculer l'IPH, on considère la teneur en humidité de l'herbe fanée, le pourcentage de fanage ainsi que la vitesse du vent à découvert. Comme l'indice de propagation initial (IPI), l'IPH est un indicateur relatif (sans unité) de la propagation du feu. Cependant, il est spécialement conçu pour les combustibles des prairies et utilise les modèles de propagation de la Méthode PCI pour les prairies. L'IPH, bien qu'il soit sans unité, augmente linéairement avec la vitesse de propagation prévue dans les prairies. L'échelle de l'IPH a été choisie de manière à ce que la vitesse de propagation prévue dans les prairies complètement fanées pour une valeur de l'IPH de 10 corresponde à la vitesse de propagation prévue dans une forêt de conifères (moyenne de C-2 et C-3) pour une valeur de l'IPI de 10. L'IPH varie avec l'état de fanage de la prairie tout au long de la saison, conformément à la façon dont la vitesse de propagation des prairies varie avec le fanage dans le MCPCI; au printemps, lorsque les prairies sont complètement fanées, l'IPH montre beaucoup plus de variabilité que l'IPI (figure 11a), et lorsque les prairies sont complètement vertes (au début de l'été), la variation de l'IPH au cours de la journée peut être beaucoup plus modérée que celle de l'IPI (figure 11b).

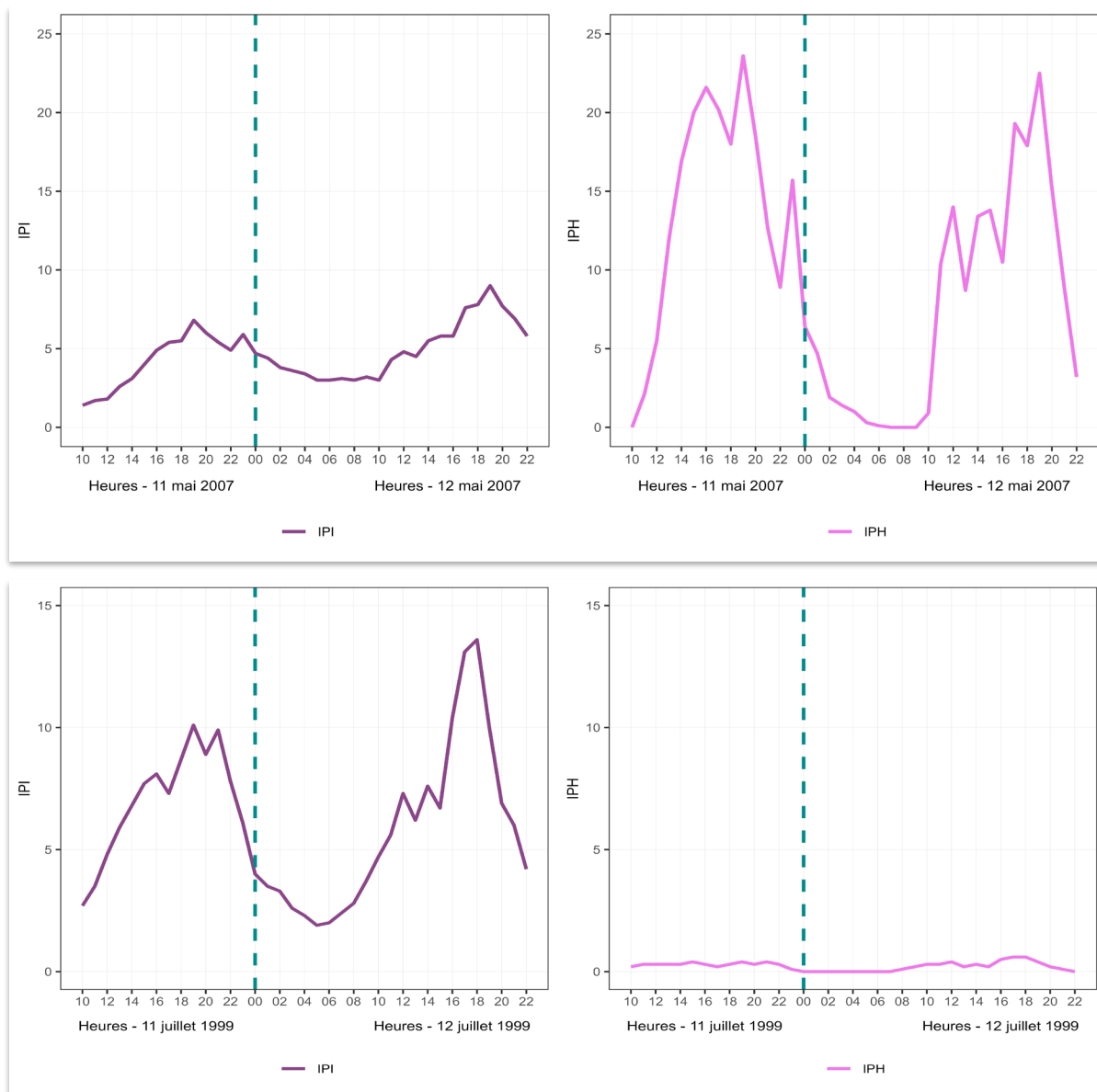


Figure 11.

- a) L'IPH et l'IPI au printemps. Il y a une plus grande proportion du complexe combustible qui est compactée et fanée.
- b) L'IPH et l'IPI en été. À ce stade de la saison, le facteur de fanage influe sur le taux de propagation dans l'IPH (et l'IPI).

IDIH : Indice du danger d'incendie pour l'herbe

L'indice du danger d'incendie pour l'herbe (IDIH) est conçu pour être comparable à l'IFM et respectant les modèles de comportement du feu concernant les prairies dans la Méthode PCI (figures 12a et 12b). Il s'agit d'un indicateur à échelle et sans unité de l'intensité prévue des feux de prairie. L'IDIH évalue l'intensité des feux de prairie au moyen d'une forme simple qui tient compte du rapport de mise à échelle entre l'IFM et l'intensité du front de l'incendie (IFI) dans le type de combustible de pins gris à maturité (C-3) de la Méthode PCI.



Figure 12.

- L'IDIH et IFM au printemps. Le facteur de fanage élevé dans les prairies printanières, combiné aux combustibles plus légers, donne un IDIH plus dynamique.
- L'IDIH et l'IFM en été. Un pourcentage plus élevé de végétation vivante dans les prairies réduit l'intensité potentielle des incendies dans l'IDIH.

L'intensité de la ligne de feu dans les prairies est calculée à partir de l'IHH, de l'IPH et de la charge de combustible des prairies. Comme l'IPH est influencé par le fanage, la variation de l'IDIH au cours d'une journée peut également être très faible pendant l'été, lorsque les prairies ont une composante verte vivante considérable (figure 12b). L'échelle de l'IDIH a été choisie de

manière que des valeurs similaires de l'IFM et de l'IDIH correspondent à peu près à la même intensité globale de la ligne de feu. Les secteurs agricoles où l'on retrouve des pâturages, des prairies naturelles et des résidus de culture devraient également être bien représentés par l'IDIH. Les cartes publiques du danger d'incendie pour les vastes étendus de prairies continues ou les régions administratives non forestières (c.-à-d. prairies et champs agricoles) ont la possibilité d'afficher la cartographie des dangers d'incendie en utilisant uniquement l'IDIH.

4.3 Les nouvelles composantes pour les tourbières

Le sous-système des tourbières est lié à un complexe combustible dont l'humidité varie plus lentement que les modèles d'humidité organique du reste de la méthode révisée de l'IFM. Ces indicateurs propres aux tourbières sont considérés comme facultatifs et ont été conçus pour les utilisateurs qui possèdent un bon nombre de combustibles de ce type sur leur territoire. Les indicateurs permettront de savoir quand ces zones pourront agir comme un coupe-feu ou à quel moment elles propageront le feu et soutiendront des feux couvants étendus en profondeur, ce qui entraînera une forte production de fumée et de particules. L'extinction d'un tel feu couvant étendu dans les couches organiques plus profondes peut exiger beaucoup de temps ou de ressources. Ce type d'incendie peut aussi produire des émissions susceptibles d'avoir une incidence importante sur la santé des intervenants des services d'incendie et de la population. Étant donné que la disponibilité du combustible pour un feu couvant soutenu en profondeur dans les tourbières dépend des nappes phréatiques, les indicateurs de l'humidité du combustible dans les tourbières (c.-à-d. la capacité de maintenir la combustion) varient à un faible rythme, comme l'indice de sécheresse de la méthode actuelle de l'IFM.

L'indice d'humidité de la tourbe (IHT) tiendra compte de certains facteurs, notamment ceux liés à la profondeur de la nappe phréatique et à l'humidité du demi-mètre supérieur de matière organique d'une tourbière. Il permettra d'évaluer la vulnérabilité des tourbières face aux feux couvants en profondeur. L'indice de propagation dans la tourbe (IPT) combinera la vitesse du vent avec le taux d'humidité de surface de la tourbe, ce qui donnera une indication de la capacité des incendies de surface à se propager facilement et rapidement dans les tourbières. Ces indicateurs sont en cours d'élaboration et font l'objet de tests depuis un certain temps dans diverses tourbières canadiennes (voir Waddington et collab., 2012; Thompson et collab., 2019; Bona et collab., 2020). Toutefois, leur forme définitive d'inclusion dans la méthode de l'IFM n'a pas encore été établie. Ils seront officiellement intégrés à la Méthode de l'IFM dans les prochaines révisions de sa méthodologie de calcul.

4.4 Nouveaux résumés quotidiens des données horaires

En calculant les données toutes les heures, l'IFM2025 peut résumer les composantes de la Méthode de différentes manières. Ces données peuvent servir à compléter les séances d'information quotidiennes traditionnelles sur la planification. En plus des résultats standard de la Méthode de l'IFM, l'IFM2025 comprend désormais les heures du lever et du coucher du soleil, ainsi que les heures de clarté. Le Groupe de travail sur les dangers d'incendie a élaboré des méthodes supplémentaires pour résumer les composantes de l'IFM2025 à titre d'exemples et de points de départ. Ces méthodes se trouvent sur la page GitHub de la MCEDIF2025 sur l'IFM et sont décrites ci-dessous.

Heure des conditions de combustion maximales

L'IFM1987 n'a pas établi de définition claire de l'heure à laquelle ses données sont corrélées au pic des conditions de brûlage. Cependant, les documents de formation proposent souvent 16 h ou 17 h à titre d'approximations générales. Le résumé quotidien de l'IFM2025 définit le pic de brûlage comme l'heure où l'IPI lissé atteint son maximum pendant la journée, alors que le pic de conditions de brûlage se réfère au potentiel de propagation dans l'IPI qui tient compte de l'interaction entre l'ICL quotidien et la vitesse quotidienne du vent. La vitesse du vent peut fluctuer considérablement en après-midi. De plus, les fluctuations de l'humidité relative au fil de la journée peuvent également entraîner une variation de l'ICL horaire, en particulier dans des conditions où les combustibles se rapprochent des valeurs d'équilibre. Pour atténuer les effets de cette variabilité, on lisse la vitesse du vent tout au long de la journée (dans le cadre des synthèses quotidiennes). Un IPI plus lisse est calculé à partir de ces données, et l'heure où il atteint sa valeur maximale est considérée comme le pic de brûlage. Cette estimation correspond à un maximum mathématique et ne donne aucune information sur sa durée ou sa hauteur. Une autre estimation de l'étendue de la fenêtre de combustion pour un jour donné serait aussi utile. La figure 15 montre une façon de représenter le moment des conditions de combustion maximales. Dans cet exemple, une synthèse météorologique quotidienne est établie puis classifiée pour l'ensemble de la province en fonction de l'heure des conditions de combustion maximales. Les catégories sont conçues pour mettre en évidence les zones où les pics de brûlage ont lieu tôt le matin, en milieu d'après-midi, au moment des conditions de combustion maximales traditionnelles, ou alors plus tard en soirée. Bien que l'ajout de la localisation des incendies actifs puisse éclairer la planification régionale en ce qui a trait à l'activité potentielle des incendies en cours, cette représentation visuelle ne permet pas de communiquer directement les valeurs maximales de l'IPI à l'échelle provinciale.

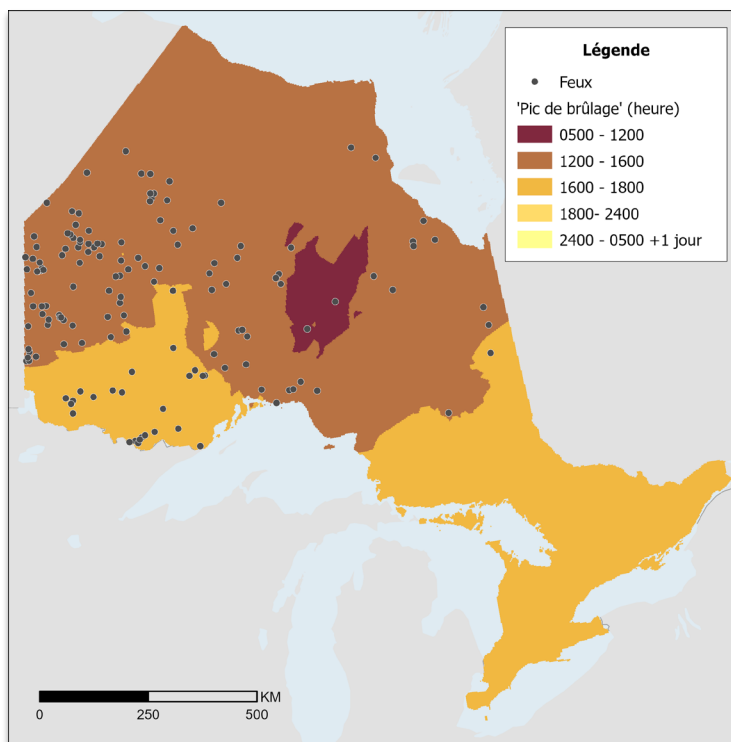


Figure 13. Carte représentant le temps de pic de brûlage. Cet exemple est le résultat d'une synthèse quotidienne d'observations des stations météorologiques de l'Ontario pour le 17 juillet 2021, interpolées à l'échelle de la province.

Durée de la fenêtre de combustion

Les valeurs horaires de l'IPI lissé peuvent également servir à estimer la durée de la période de brûlage actif pendant la journée. Cela pourrait s'avérer utile pour comprendre les effets de conditions non standard (par exemple, des masses d'air très sèches). Pour ce faire, il faut d'abord établir un seuil de combustion active. Nous l'avons fixé à un IPI égal ou supérieur à 5, ce qui correspond à la propagation des feux de surface et à la transition entre la catégorie modérée et la catégorie élevée dans les classifications physiques proposées dans le tableau 1 (section 5.3). Un organisme pourrait modifier ces valeurs en fonction des données locales.

L'heure de la journée où l'IPI horaire atteint ce seuil de brûlage actif est considérée comme le début de la fenêtre de brûlage. La fin de cette dernière est quant à elle définie comme l'heure où l'IPI tombe en dessous de cette valeur. La différence entre ces deux moments représente la fenêtre de brûlage. Toutefois, si l'IPI effectue plusieurs cycles au-dessus et au-dessous de ce seuil de combustion active, le calcul considérera que la première fois où il dépassera les seuils, au cours d'une journée de 24 heures, correspond au début de la période de brûlage, alors que la dernière fois de la journée où il descendra sous les seuils sera la fin de la période active de brûlage. La figure 14 montre un exemple de cartographie de la fenêtre de brûlage, réalisée par interpolation de la synthèse quotidienne des stations météorologiques, qui calcule le nombre d'heures de brûlage actif en fonction des valeurs d'IPI supérieures ou égales à 5. Le lissage appliqué à la vitesse horaire du vent et à l'ICL devrait entraîner une structure horaire relativement lisse qui met en évidence les traits dominants journée.

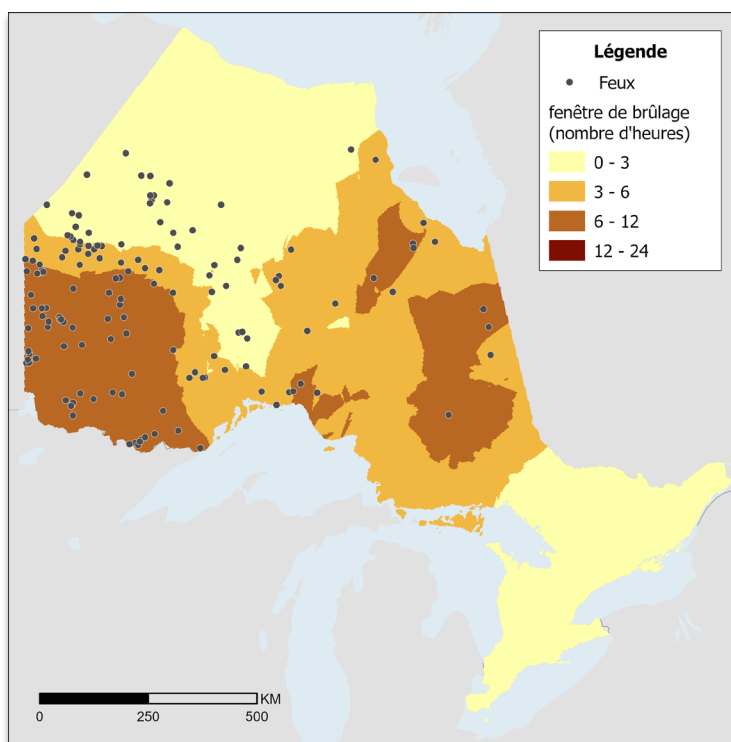


Figure 14. Carte représentant le nombre d'heures où l'IPI est ≥ 5 le 17 juillet 2021.

5 UTILISATION ET INTERPRÉTATION

La Méthode de l'IFM a été développée pour offrir une approche systématique et normalisée afin d'évaluer le risque d'incendie, en vue d'orienter les activités de prévention, de préparation et de planification. L'interprétation des résultats de base de l'IFM2025 n'a pas changé. En passant d'une observation météorologique quotidienne à des observations horaires, les organismes pourront s'adapter plus facilement aux variations au fil du cycle météorologique de la journée.

Planifier la gestion des incendies de manière optimale nécessite des prévisions météorologiques précises. Bien que les prévisions horaires soient idéales, d'autres intervalles de prévision peuvent être utilisés pour anticiper les fluctuations météorologiques quotidiennes. Les responsables opérationnels devraient s'efforcer d'utiliser les meilleures données disponibles pour effectuer des estimations météorologiques les plus précises possibles pour une période de prévision donnée. Pour cette raison, nous avons élaboré des méthodes pour convertir les données météorologiques à intervalles plus longs en estimations horaires. Cependant, toute estimation météorologique, y compris celles basées sur nos méthodes, repose sur des hypothèses sous-jacentes. Les utilisateurs doivent être conscients des conséquences possibles de ces hypothèses sur les incertitudes de leur évaluation du potentiel d'incendie. Cela peut se comparer aux incertitudes liées à l'utilisation des observations météorologiques des incendies à 13 h pour estimer les conditions de combustion maximales en fin d'après-midi dans l'IFM1987 actuellement utilisé.

5.1 Planification quotidienne avec l'IFM2025 horaire

Bien que la méthode de l'IFM2025 calcule des données horaires, les données sur les conditions de pic de brûlage resteront probablement l'objectif principal de la planification opérationnelle quotidienne, conformément à la méthode originale de l'IFM. La résolution horaire offre plusieurs avantages supplémentaires aux utilisateurs. Elle permet aux utilisateurs d'estimer le moment prévu du pic d'activité du feu et sa durée, ainsi que de suivre le potentiel de propagation du feu pendant la nuit et le rétablissement de l'humidité relative pendant la nuit. Une résolution accrue des données de la méthode de l'IFM peut fournir non seulement une indication de la variation du moment prévu des conditions de combustion maximales au cours d'une journée, mais aussi de la durée pendant laquelle le potentiel de combustion pourrait dépasser un seuil critique.

Bien que les données horaires puissent représenter une quantité considérable d'informations pour la planification régionale quotidienne, ce suivi en temps réel peut révéler des écarts et des modifications potentielles dans le comportement du feu. Cela permet d'adapter rapidement les plans opérationnels. Cette fonctionnalité pourrait signaler des activités imprévues de façon précoce, entraînant une analyse des conséquences sur les plans établis plus tôt dans la journée. Les exigences en matière de prise de décision pour la gestion des incendies ainsi que les besoins en information varient d'une région à l'autre et évoluent en fonction de l'intensité des incendies, allant de faible à extrême. Par conséquent, chaque organisme devrait évaluer ses besoins particuliers en matière d'information et déterminer la meilleure façon d'utiliser les fonctionnalités de l'IFM2025 pour répondre à ses besoins opérationnels.

Voici quelques premières suggestions sur la manière d'utiliser l'IFM2025 pour les tâches quotidiennes de planification pour stimuler la réflexion sur la mise en œuvre:

1) Statu quo

Traditionnellement, les résultats de la Méthode de l'IFM sont résumés une fois par jour à une heure fixe (p. ex., 17 h), conformément à la pratique traditionnelle de l'IFM1987. Cela garantit un moment d'évaluation uniforme, mais peut entraîner des erreurs dans les prévisions des conditions de combustion maximales et de l'ensemble du spectre du comportement du feu tout au long de la journée. Un résultat standardisé peut ne pas capturer entièrement les effets des conditions météorologiques diurnes ou nocturnes inhabituelles (comme le rétablissement de l'humidité pendant la nuit). Les organismes devraient évaluer les avantages des déclarations normalisées par rapport au risque de perte d'informations précieuses contenues dans les données horaires.

2) Planification quotidienne appuyée par des indicateurs de combustion maximale

Des synthèses quotidiennes cartographiées et sous forme de tableaux se basant sur l'heure estimée des conditions de combustion maximales peuvent fournir des informations précieuses. Afin d'assurer une meilleure compréhension, il est essentiel de spécifier avec précision l'heure correspondant à ces synthèses, et celle-ci doit pouvoir être interprétée par l'utilisateur. Les conditions de combustion maximales peuvent être définies de diverses manières (p. ex., potentiel d'allumage, vitesse de propagation ou intensité), mais la section 4.4 décrit une méthode normalisée d'estimation des conditions de combustion maximales, que nous avons incluse dans le calcul post-traitement de l'IFM2025 en tant que donnée facultative. Les utilisateurs peuvent évaluer ce qui correspond le mieux à leurs besoins opérationnels et résumer leurs données en conséquence.

En abandonnant l'heure standard (p. ex., 17 h) associée aux données de la Méthode, nous obtenons une indication plus uniforme du potentiel maximal d'incendie prévu pour une journée donnée. Cela devrait clarifier les conditions les plus difficiles anticipées par les services de lutte contre les incendies. De plus, l'affichage direct de l'heure des conditions de combustion maximales sur les cartes et les tableaux de sortie fournit des informations inestimables pour la planification.

Nous remarquons que les conditions de combustion maximales varient selon le déplacement des systèmes météorologiques dans une région donnée. De plus, comme pour toute mesure de propagation associée au vent (par exemple, l'IPI), il est possible qu'il y ait une variation locale importante de la valeur elle-même. Pour remédier à ce problème, on peut cartographier les variables lissées, comme celles suggérées à la section 4.4 (lissage de la vitesse du vent et IPI maximal), et afficher les valeurs individuelles des stations. Cela permet d'avoir une image plus claire (comme ce qui se fait actuellement dans de nombreuses régions pour les champs contenant beaucoup d'informations inutiles, comme l'IPI). Si les conditions météorologiques prévoient des conditions de combustion maximales à midi dans certaines parties d'une région, alors qu'à d'autres endroits, il est prévu que cela se produise plus tard dans la soirée, une heure devrait être choisie pour la synthèse quotidienne destinée aux planificateurs et aux décideurs.

La planification fondée sur une période fluctuante de conditions de combustion maximales dans une région peut également présenter des défis. Les utilisateurs peuvent trouver utile d'aligner leur planification sur les données d'un moment précis de la Méthode de l'IFM. L'utilisation d'une heure de référence (par exemple, 17 h) pour indiquer le moment et la valeur des conditions de combustion maximales peut signaler un écart par rapport aux valeurs habituelles ou attendues concernant le potentiel de combustion d'une journée.

Un autre défi est que les conditions de combustion maximales peuvent ne pas être très pertinentes un jour sans potentiel d'incendie, comme lors d'une journée de pluie continue, où les conditions de combustion maximales se produisent en réalité à minuit, alors que le potentiel d'incendie diminue progressivement tout au long de la journée. Dans un tel cas, il serait préférable d'avoir un indicateur signalant un comportement du feu inhabituel, plutôt que de connaître le moment des conditions de combustion maximales. Cela permettrait d'éviter la distraction causée par l'obtention de données sur une période très atypique.

Les autres données facultatives, qui pourraient être synthétisées quotidiennement sous forme de tableau ou cartographiées pour fournir des informations additionnelles à des fins de planification quotidienne, sont les suivantes :

- estimation du début de la fenêtre de combustion active pour la journée;
- la durée de la période de combustion active pour la journée;
- la prolongation de la fenêtre de combustion active après le coucher du soleil.

5.2 Potentiel d'incendie dans d'autres types de combustibles

La Méthode de l'IFM a servi à planifier les activités relatives aux incendies dans différents types de forêts canadiennes. Son succès repose sur le fait que les données obtenues sont interprétées localement par les gestionnaires d'incendie qui, grâce à leur formation et à leur expérience, savent ce que ces données signifient pour leur région. La simplicité de cette approche est puissante et demeure la pierre angulaire de la Méthode. Cependant, au fil du temps, nous avons acquis une meilleure compréhension et une meilleure capacité à prévoir le déclenchement et la propagation des incendies dans des types de végétation très différents de ceux de la forêt de conifères, qui constitue le type de combustible de la Méthode de l'IFM. Par exemple, les prairies se régénèrent rapidement à la suite de précipitations. Le personnel responsable des brûlages dirigés et les autres membres du personnel de gestion des incendies remarquent souvent que, quelques heures seulement après une forte pluie, les prairies sont propices à l'inflammation et à la propagation des flammes. Dans les heures et les jours qui suivent un épisode de pluie, le taux de séchage plus lent de l'IFM ne prédit pas bien le potentiel d'humidité et de propagation dans les prairies. De plus, le personnel de gestion des incendies a remarqué qu'à mesure que la prairie se couvre de nouvelles pousses printanières, le potentiel de propagation diminue considérablement. Il en va de même pour les forêts de feuillus, qui développent une nouvelle croissance annuelle au printemps chaque année. Les gestionnaires d'incendie interprètent les données de la Méthode en tenant compte de ces différences saisonnières, encore une fois grâce à leur formation et à leur expérience.

Nous pensons que les gestionnaires d'incendie continueront d'employer la Méthode de cette façon. Les utilisateurs ont un grand pouvoir de prédiction de l'activité potentielle du feu en utilisant à la fois les données d'une méthode normalisée simple (adaptée à leur expérience) et leur connaissance des conditions locales. La Méthode canadienne d'évaluation des dangers d'incendie de forêt propose des méthodes pour évaluer certains aspects du potentiel d'incendie dans différents types de combustibles. Il est possible d'estimer la probabilité d'inflammation, la vitesse de propagation et l'intensité du feu pour divers types de forêts. On peut évaluer l'humidité du combustible en fonction des conditions météorologiques pour divers types de couverture de surface et de situations de fermeture du couvert forestier. Ces méthodes existent dans la Méthode canadienne de prévision du comportement des incendies de forêt (PCI) et la Méthode d'humidité des combustibles.

5.3 Catégories qualitative

Chaque organisme de gestion des feux de forêt au Canada a élaboré une classification qualitative (avec des termes comme « bas », « modéré » ou « élevé ») pour chacune des données numériques de la Méthode de l'IFM. Cela a été fait en collaboration avec des chercheurs du SCF responsables de la mise en œuvre de la Méthode de l'IFM (voir Stocks, 1971; Kiil et collab., 1977) ou par des spécialistes du comportement du feu travaillant pour un organisme. Dans la plupart des régions, ces classifications n'ont pas changé depuis 40 ans, voire davantage. En raison de cette évolution autonome, les seuils de classification diffèrent d'une région à l'autre. Ce n'est pas un problème en soi, car chaque région définit ces termes qualitatifs en fonction de ses propres processus et procédures. Cependant, cela amène des incohérences dans les classifications qualitatives, entre les régions et entre les différentes instances.

L'élaboration de l'IFM2025 constitue une occasion idéale pour que les organismes revoient les adjectifs servant à la classification des données obtenues grâce à la Méthode. Pour favoriser une plus grande harmonisation nationale dans ce processus et dans l'interprétation des adjectifs classificateurs pour chaque donnée produite par la Méthode de l'IFM, nous proposons un cadre de base simple pour cette démarche. Tout d'abord, chaque seuil correspondant à une donnée particulière de la Méthode devrait être associé à un seul et unique processus physique spécifique (tableau 1). Deuxièmement, les seuils devraient être déterminés à partir de données et de modèles de processus physiques compatibles avec un type de combustible général (soit le type de combustible C-3 dans la Méthode de l'IFM ou la litière d'aiguilles de pin). Les premiers critères permettront d'uniformiser l'interprétation de la classification des données dans toutes les régions. Cela garantira la cohérence entre les classifications de la Méthode de l'IFM et les données générées par la Méthode de l'IFM.

Cette démarche simple, qui a été étudiée en Ontario (Hanes et collab., 2021), a été élargie pour examiner les données météorologiques et les données sur les incendies dans l'ensemble du Canada. Nous avons proposé une classification nationale pour un type de combustible à base de conifères, en nous appuyant sur des seuils physiquement fondés pour catégoriser chacune des données produites par la Méthode de l'IFM2025, en tenant compte des modèles de l'IFM2025. Le tableau 1 présente ces seuils et catégories. Dans un prochain rapport

d'information, nous décrirons plus en détail la classification des données produites par la Méthode de l'IFM. Il faut noter que les classifications des prairies n'ont pas été testées auparavant et que la validation est en cours ; ces suggestions de seuils peuvent donc changer dans les prochaines publications. Aucune classification de ce genre ne sera parfaite, car elle dépendra du type de combustible choisi, ainsi que de choix plus subjectifs quant à la manière de distinguer les catégories. Ces qualificatifs ne sont pas destinés à être définitifs, mais plutôt à servir de repères initiaux et à établir un ensemble de catégories cohérentes à l'échelle nationale. Nous savons que les organismes pourraient avoir besoin de les adapter dans leur région selon leurs besoins opérationnels en matière d'information et de prise de décision.

Tableau 1. Classifications nationales basées sur les données physiques de divers extrants de la Méthode de l'IFM et processus physique primaire sur lequel repose la classification. (Les valeurs entières sont arrondies.)

	Bas	Moyen	Élevé	Très élevé	Extrême	Fondement principal de la classification
ICL	0–75	76–84	85–89	90–92	93+	Allumage par des flammes soutenues
IH	0–10	11–25	26–45	46–60	61+	Probabilité d'allumage par la foudre
IS	0–70	71–190	191–300	301–500	501+	Combustion profonde organique
IPI	0–2	3–5	6–10	11–15	16+	Propagation (transition vers les cimes)
ICD	0–20	21–40	41–60	61–90	90+	Combustion de combustibles de surface
IFM	0–5	6–15	16–22	23–29	30+	Intensité et difficulté de suppression
IHH	0–75	76–81	82–87	88–92	93+	Allumage par flammes soutenues dans les prairies ou les combustibles légers à ciel ouvert
IPH	0–4	5–20	20–50	51–75	76+	Propagation du feu (rupture d'un coupe-feu)
IDIH	0–5	6–15	16–23	24–31	32+	Intensité et difficulté de suppression

5.3.1 Communication publique du risque d'incendie

Les indices du risque d'incendie ont été et continuent d'être communiqués au public au moyen de panneaux de signalisation avertissant du risque d'incendie en bordure de route. Ces avertissements s'accompagnent de messages de prévention diffusés à la radio et à la télévision, ainsi que, plus récemment, de messages publiés sur les médias sociaux par les organismes de gestion des feux de forêt afin de sensibiliser le public au risque d'incendie élevé et d'annoncer des restrictions concernant l'utilisation des forêts (par exemple, l'interdiction d'allumer des feux de camp ou les interdictions complètes d'accès aux forêts).

Les niveaux de « risque d'incendie » affichés sur ces panneaux et sur les cartes en ligne dans la plupart des régions du Canada sont déterminés en se fondant sur une classification simple de l'IFM lui-même. En général, cette approche n'a pas évolué depuis des décennies et pourrait être revue. En effet, l'IFM est un indicateur final utile pour la Méthode de l'IFM en ce qu'il mesure l'intensité du feu. Cependant, ce n'est pas nécessairement le meilleur indicateur sur lequel baser la communication publique. Il ne reflète que les conditions météorologiques prévues pour la journée. Sur la scène internationale, d'autres organismes ont commencé à utiliser des modes de communication proactifs afin d'améliorer la compréhension de la situation et les mesures préventives (Metrix 2019).

6 DÉVELOPPEMENT FUTUR

Les sciences appliquées continueront d'affiner les modèles d'humidité du combustible et de comportement du feu, ainsi que d'évaluer leur intégration possible à la MCEDIF et plus particulièrement à la Méthode de l'IFM. Par défaut, les nouvelles données scientifiques ne sont pas incluses dans la MCEDIF. Beaucoup de temps est consacré à évaluer les modèles nouveaux ou mis à jour selon l'incidence qu'ils ont sur les données obtenues dans le contexte de la prise de décision opérationnelle.

Nous avons prévu de nombreuses améliorations pour cette génération de la Méthode de l'IFM, mais elles ont été mises de côté en attendant nos propres tests et validations. Nous incluons ici une liste partielle afin d'informer les utilisateurs de la mise à jour des améliorations apportées aux sous-composantes de la Méthode. Pour favoriser la transparence des mises à jour à l'avenir, il est recommandé aux utilisateurs de concevoir des programmes capables d'actualiser le code pour les modèles qui font officiellement partie de la MCEDIF. Bien que l'objectif principal du Groupe de travail sur les dangers d'incendie du SCF soit de fournir un cadre utilisable et scientifiquement solide pour prédire l'humidité du combustible et le comportement du feu afin de soutenir la gestion opérationnelle des incendies, nous essaierons également de fournir des mises à jour régulières du code pour le calcul.

Voici les améliorations et les mises à jour prévues pour la Méthode de l'IFM : certaines sont déjà en cours de développement et de test et seront décrites plus en détail dans la Méthode d'humidité des combustibles.

- Réviser les fonctions de pluie efficace dans les trois types de combustibles de la Méthode de l'IFM; étudier les répercussions de l'intensité des précipitations.

- Inclure les conditions environnementales dans le temps de saturation de la canopée (c'est actuellement une constante).
- Réviser les fonctions d'absorption des précipitations par la couche organique dans l'IH et l'IS.
- Intégrer des fonctions de séchage simples, mais plus physiques pour l'ICL, l'IH et l'IS, en incluant le rayonnement solaire.
- Inclure les indices d'humidité et de propagation pour les tourbières.

REMERCIEMENTS

Les concepts et les changements présentés dans le MCEDIF de nouvelle génération, y compris le système d'indice forêt-météo, sont le fruit d'un travail qui s'étend sur plus d'une décennie. Ces améliorations n'auraient pas été possibles sans une équipe dévouée de scientifiques spécialisés dans les incendies (actifs et retraités) et n'auraient pas été possibles ou significatives sans la contribution et la collaboration des gestionnaires des incendies.

Barry Graham, Kendra Saville, Peter Englefield, Rachel Dietrich et Brett Moore ont fourni des commentaires et des suggestions sur les versions préliminaires de ce document, qui ont permis d'améliorer les informations présentées ici.

La traduction de la version française a été révisée par Gabrielle Ayres, Jon Boucher et Anne Cotton-Gagnon.

7 REFERENCES

- Anderson, H. E. 1990. "Moisture diffusivity and response time in fine forest fuels." *Canadian Journal of Forest Research* 20 (3): 315-325. <https://doi.org/10.1139/x90-046>
- Beall, H. W. 1939. "Tables for estimating the Tracer Index from early afternoon readings and table for diurnal hazard variation." Supplement to Forest Fire Research Note 5. Canadian Department Mines and Resources, Dominion Forest Service.
- Beck, J. A., & Trevitt, A. C. F. 1989. "Forecasting diurnal variations in meteorological parameters for predicting fire behaviour." *Canadian Journal of Forest Research* 19(6): 791-797. <https://doi.org/10.1139/x89-120>
- Beck, J. A., & Armitage, O.B. 2004. "Diurnal fine fuel moisture characteristics at a northern latitude." *Proceedings of the 22nd Tall Timbers Fire Ecology Conference: Fire in Temperate, Boreal, and Montane Ecosystems*, edited by R. T. Engstrom, K. E. M. Galley, and W. J. de Groot. Tall Timbers Research Station, Tallahassee, FL. https://www.frames.gov/documents/catalog/beck_armitage_2004.pdf
- Bona, K. A., Shaw, C., Thompson, D. K., Hararuk, O., Webster, K., Zhang, G., Voicu, M., & Kurz, W. A. 2020. "The Canadian model for peatlands (CaMP): A peatland carbon model for national greenhouse gas reporting." *Ecological Modelling* 431. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2020.109164>
- Cheney, P., & Sullivan, A. 2008. *Grassfires: Fuel, Weather and Fire Behaviour*. Csiro Publishing. <http://dx.doi.org/10.1071/9780643096493>
- Forestry Branch. 1957. "Forest fire danger tables 1956 - Ontario." Government of Canada, Department of Northern Affairs and National Resources, Forestry Branch. Ottawa, Ontario. <https://ostrnrcan-dostrncan.canada.ca/handle/1845/222377>
- Groupe de travail sur les dangers d'incendie. 1992. « Élaboration et structure de la Méthode canadienne de prévision du comportement des incendies de forêt. » (Rapport d'information ST-X-3F). Forêts Canada, Direction générale des sciences et du développement durable. <https://ostrnrcan-dostrncan.canada.ca/handle/1845/235438>
- Groupe de travail sur les dangers d'incendie au Canada. 2021. « Un aperçu de la prochaine génération de la Méthode canadienne d'évaluation des dangers d'incendie de forêt. » (Rapport d'information GLC-X-26F). Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Centre de foresterie des Grands Lacs. <https://ostrnrcan-dostrncan.canada.ca/handle/1845/245410>
- Hanes, C. C.; Wotton, B.M.; McFayden, C. et Jurko, N. 2021. « Approche de définition des classes de la Méthode canadienne de l'Indice Forêt-météo (IFM) fondées sur des données physiques pour l'Ontario. » (Information Report GLC-X-29F). Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Centre de foresterie des Grands Lacs. <https://ostrnrcan-dostrncan.canada.ca/handle/1845/245387>

- Hanes C. C., Wotton, B. M., Bourgeau-Chavez, L., Woolford, D. G., Belair, S., Martell, D., & Flannigan, M.D. 2023. "Evaluation of new methods for drought estimation in the Canadian Forest Fire Danger Rating System." *International Journal of Wildland Fire*, page 1-18.
<https://ostrnrcan-dostrncan.canada.ca/handle/1845/229161>
- Kidnie, S. M., Wotton, B. M., & Droog, W. N. 2010. "Field guide for predicting fire behaviour in Ontario's Tallgrass Prairie." Elgin County Stewardship Council Special Publication. Ontario Ministry of Natural Resources, Aylmer, Ontario.
<https://ostrnrcan-dostrncan.canada.ca/handle/1845/246080>
- Kiil, A. D., Miyagawa, R.S., & Quintilio, D. 1977. "Calibration and performance of the Canadian Fire Weather Index in Alberta." (Information Report NOR-X-173). Environment Canada, Canadian Forestry Service, Northern Forest Research Centre.
<https://ostrnrcan-dostrncan.canada.ca/handle/1845/235217>
- Lawson, B.D., & Armitage, O.B. 2008. "Weather Guide for the Canadian Forest Fire Danger Rating System." Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Northern Forestry Centre, Edmonton, Alberta. <https://ostrnrcan-dostrncan.canada.ca/handle/1845/219568>
- Metrix. 2019. "National Fire Danger Rating System Social Research: Summary NFDRS Research Report Stages 1 to 3." Metrix: Perth, WA.
- Nelson Jr, R. M. 2001. "Water relations of forest fuels." In E.A. Johnson and K. Miyanishi (Eds.), *Forest Fires: Behaviour and Ecological Effects* (pp. 79-149). Academic Press. San Diego, CA.
<https://doi.org/10.1016/B978-012386660-8/50006-4>
- Service canadien des forêts. 1984. « Tables de l'indice forêt-météo de la méthode canadienne. » Rapport technique de foresterie 25F (4e édition). Environnement Canada, Service canadien des forêts.. <https://ostrnrcan-dostrncan.canada.ca/handle/1845/248062>
- Service canadien des forêts. 2020. "Deciduous green-up across Canada." Canadian Wildland Fire Information Service (CWFIS). <https://cwfis.cfs.nrcan.gc.ca/downloads/greenup/>
- Stocks, B. J. 1971. "Analysis of the fire weather index in Ontario (1963 to 1968)." Internal Report. Department of the Environment, Canadian Forestry Service, Forest Research Laboratory, Ontario Region, Sault Ste. Marie.
<https://ostrnrcan-dostrncan.canada.ca/handle/1845/249595>
- Thompson, D. K., Simpson, B. N., Whitman, E.; Barber, Q. E., Parisien, M. A. 2019. "Peatland hydrological dynamics as a driver of landscape connectivity and fire activity in the boreal plain of Canada." *Forests* 10 (7). <http://dx.doi.org/10.3390/f10070534>
- Turner, J. A., & Lawson, B. D. 1978. « La météorologie dans la méthode canadienne d'évaluation des dangers d'incendie de forêt. Manual d'initiation aux normes et pratiques canadiennes. » (Rapport D'information BC-X-177F). Pêches et Environnement Canada, Service canadien des forêts, Centre de recherches forestières du Pacifique.
<https://ostrnrcan-dostrncan.canada.ca/handle/1845/224216>

- Tymstra, C., Bryce, R. W., Wotton, B. M., Taylor, S. W., & Armitage, O. B. 2010. "Development and structure of Prometheus: the Canadian wildland fire growth simulation model." (Information Report NOR-X-417). Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Northern Forestry Centre. <https://ostrnrcan-dostrncan.canada.ca/handle/1845/247413>
- Van Wagner, C. E. 1970. "An Index to Estimate the Current Moisture Content of the Forest Floor". Canadian Department of Fisheries and Forestry, Canadian Forestry Service. Publication 1288.
- Van Wagner, C. E. 1977. "A method of computing fine fuel moisture content throughout the diurnal cycle." (Information Report PS-69). Environment Canada, Canadian Forestry Service, Petawawa Forest Experiment Station. <https://ostrnrcan-dostrncan.canada.ca/handle/1845/222928>
- Van Wagner, C. E. 1979. "A laboratory study of weather effects on the drying rate of jack pine litter." Canadian Journal of Forest Research. 9(2): 267–275. <https://ostrnrcan-dostrncan.canada.ca/handle/1845/224950>
- Van Wagner, C. E. 1987. « Élaboration et structure de la méthode canadienne de l'Indice Forêt-Météo. » (Rapport technique de foresterie 35F). Service canadien des forêts, Administration centrale, Ottawa. <https://ostrnrcan-dostrncan.canada.ca/handle/1845/228434>
- Waddington, J., Thompson, D. K., Wotton, M., Quinton, W. L., Flannigan, M. D., Benscoter B. W., Baisley, S. A., & Turetsky M. R. 2012. "Examining the utility of the Canadian Forest Fire Weather Index System in boreal peatlands." Canadian Journal of Forest Research 42 (1): 47-58. <https://doi.org/10.1139/x11-162>
- Wotton, B. M., & Flannigan, M. D. 1993. "Length of the fire season in a changing climate." The Forestry Chronicle 69 (2): 187-192. <http://dx.doi.org/10.5558/tfc69187-2>
- Wotton, B. M. 2007. Unpublished litter moisture sampling observations at the Petawawa Research Forest. Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Great Lakes Forest Centre.
- Wotton, B. M. 2009. "A grass moisture model for the Canadian Forest Fire Danger Rating System." Paper 3-2 in Proceedings of the 8th Fire and Forest Meteorology Symposium. Kalispell, MT, October 13-15, 2009. <https://ostrnrcan-dostrncan.canada.ca/handle/1845/243982>
- Wright, J. G. 1933. "Forest-fire hazard tables for mixed red and white pine forests: Eastern Ontario and western Quebec regions." Forest-fire Hazard Paper No 3. Department of the Interior, Forest Service. Ottawa. <https://ostrnrcan-dostrncan.canada.ca/handle/1845/243912>
- Wright, J. G., & Beall, H. W. 1938. "Preliminary improved forest-fire hazard tables for eastern Canada." Forest Fire Research Note No 5. Canada Department of Mines Resources, Dominion Forest Service. Ottawa.

ANNEXES

Annexe A : Estimation des conditions météorologiques diurnes à partir des valeurs maximales et minimales quotidiennes

L'humidité des combustibles morts fluctue au fil de la journée en raison des variations de l'environnement physique. Dans le cas des gros combustibles, qui ont tendance à avoir une masse importante (la couche organique, le bois ramifié et le bois mort), ces changements peuvent être minimes (en l'absence de pluie). Les combustibles légers morts à l'origine de l'allumage et de la propagation de feux de surface peuvent connaître une variation significative de leur teneur en humidité au fil de la journée. À l'origine, en raison de l'observation manuelle des conditions météorologiques, le système d'évaluation du danger d'incendie au Canada a été conçu pour utiliser une seule observation météorologique afin d'estimer cette variation quotidienne. L'heure (13 h, heure avancée locale) a été choisie, car elle permettait d'obtenir une bonne estimation précoce de l'intensité du réchauffement au cours de la journée. Cette observation unique ne permet pas au système de saisir explicitement la structure diurne réelle de la journée, mais intègre implicitement une courbe diurne standard unique ancrée aux observations de 13 h; en général, cela a donné de bons résultats. L'omniprésence des stations météorologiques automatiques qui transmettent des données tout au long de la journée et le désir de mieux saisir les variations potentielles de la structure diurne de la journée ont conduit à une révision de la méthode IFM, qui repose désormais sur des calculs horaires. Ce changement nous a également permis d'éliminer les différences qui apparaissent entre les valeurs de l'ICL quotidien, de l'ICL horaire et de l'ICL ajusté sur une journée. Pour les utilisateurs qui disposent de données météorologiques horaires dans leurs systèmes d'information, la méthode IFM peut désormais utiliser ces données horaires (figure 2, option A) pour calculer les résultats IFM2025 et saisir les effets de leur variation diurne.

Pour les utilisateurs qui ne disposent pas de données horaires (observées ou prévues), nous avons développé des méthodes et des outils pour évaluer la météo horaire à partir des conditions météorologiques maximales et minimales observées (ou prévues) pour la journée (figure 1, option B). Nous avons modifié une méthode initialement publiée par Beck et Trevitt (1989), qui a déjà été employée au Canada dans des logiciels tels que Prometheus. Cette méthode se fonde sur une estimation du moment du lever et du coucher du soleil dans une station donnée, en fonction de sa latitude, de sa longitude, ainsi que du jour de l'année. Elle emploie un modèle simple de variation sinusoïdale pour générer des prévisions météorologiques horaires pendant le cycle diurne. Bien qu'il existe des modèles plus complexes qui pourraient être adaptés, celui-ci, plus simple, avec ses coefficients compréhensibles, semblait être le niveau de complexité approprié pour ce processus dans la MCEDIF. Nous avons apporté quelques ajustements à la Méthode pour évaluer les écarts en ce qui concerne l'humidité relative (HR), la température et la vitesse du vent. Dans cette méthode, la variation au fil de la journée dépend d'un écart entre les valeurs maximales de la température, de l'humidité relative minimale et de la vitesse du vent et le midi solaire de cette journée. De même, un écart distinct par rapport aux valeurs minimales de la température, de l'humidité relative et de la vitesse du vent est utilisé pour ajuster le moment des pics et des creux de la courbe diurne (figure A-1).

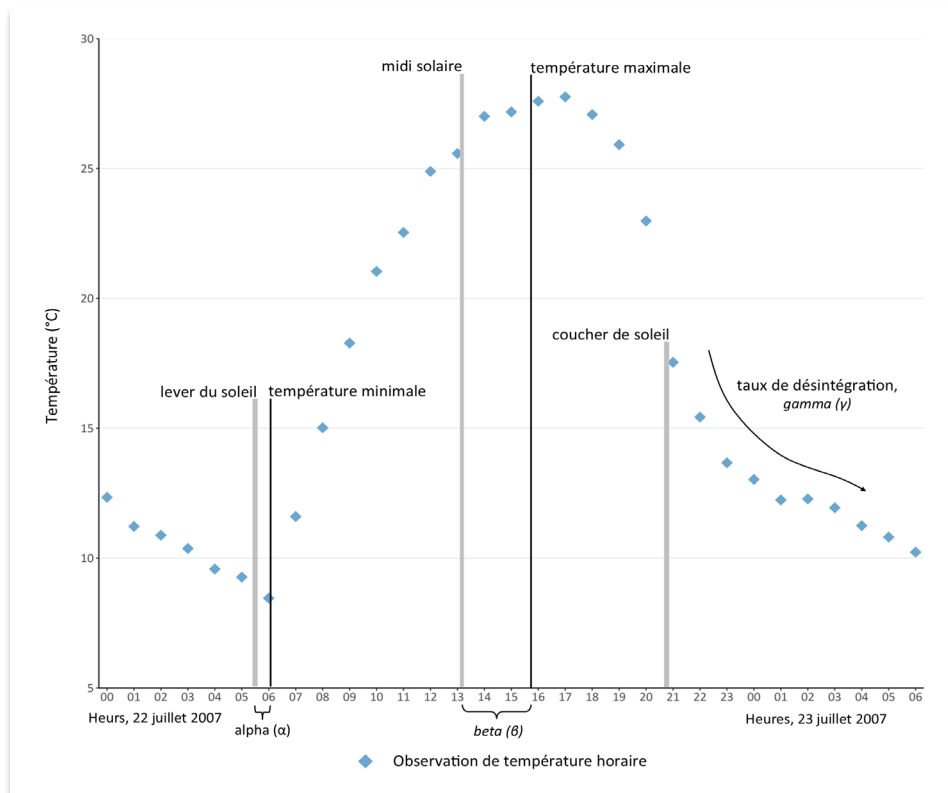


Figure A-1. Exemple de variation diurne de la température et interprétation des coefficients alpha, bêta et gamma utilisés dans la méthode de Beck et Trevitt (1989). Les valeurs alpha, bêta et gamma sont interprétées de la même manière pour l'humidité relative que pour la vitesse du vent.

Nous avons examiné les conditions météorologiques diurnes dans l'ensemble du Canada et évalué ces coefficients pour des endroits partout au pays. Cependant, dans cette analyse approfondie, nous avons remarqué que, bien qu'il y ait une certaine fluctuation de ces ajustements en fonction des régions géographiques et des saisons, cette variation est relativement limitée (figure A-2). Nous avons développé un seul jeu de coefficients par défaut qui peut être utilisé pour générer des résultats tout à fait acceptables pendant la saison des incendies au Canada (tableau A-1). Les aspects essentiels des variations saisonnières ou latitudinales de la structure diurne d'une journée type sont représentés par l'heure quotidienne du lever et du coucher du soleil. Toutefois, pour les utilisateurs qui remarquent que ces coefficients nationaux normalisés (tableau A-1) ne reflètent pas les conditions moyennes à leur emplacement, ces écarts peuvent être intégrés comme entrée dynamique dans les calculs de la Méthode. Ces utilisateurs pourraient compiler des données historiques et effectuer leurs propres estimations locales des coefficients alpha, bêta et gamma. Les membres du Groupe de travail sur les dangers d'incendie de forêt du SCF sont disposés à offrir leur aide pour ce processus. Cependant, nous recommandons aux utilisateurs qui veulent estimer des coefficients locaux spécifiques de prendre en compte l'augmentation perçue de la précision par rapport à la courbe diurne, ainsi que d'autres incertitudes dans l'environnement des feux de forêt.

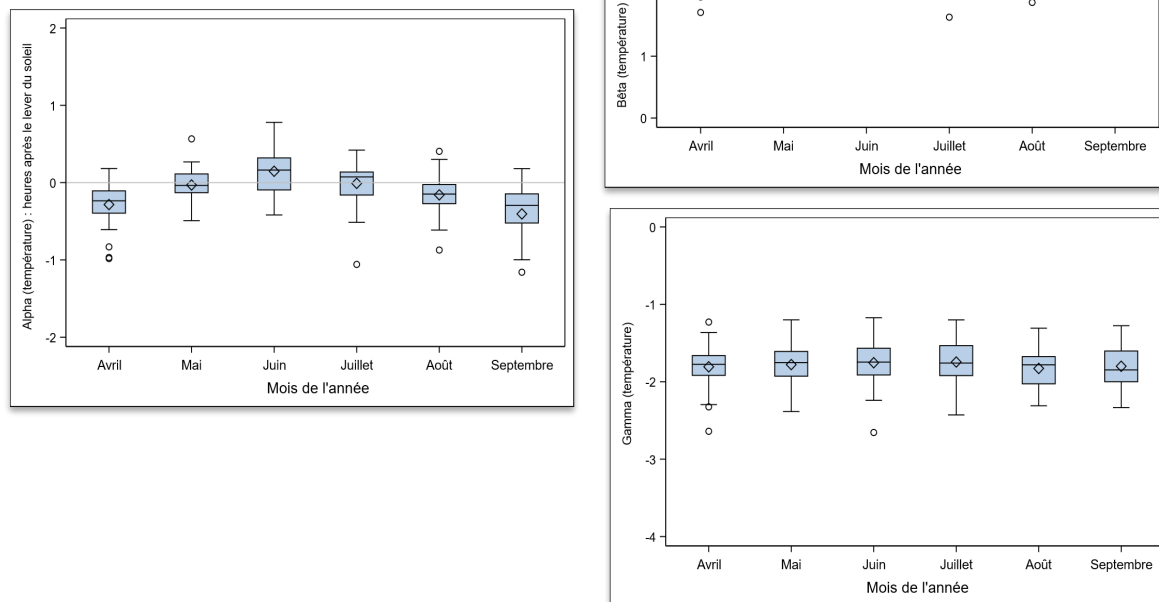


Figure A-2. Variation des estimations alpha, bêta et gamma pour des stations météorologiques ontariennes à partir de données de la température horaire prises pendant 10 ans (39 stations) en Saskatchewan.

Tableau A-1. Paramètres d'écart et de déclin pour l'estimation maximale/minimale des variations diurnes de la température, de l'humidité relative (HR) et de la vitesse du vent à l'aide de la méthode d'estimation météorologique de Beck et Trevitt (1989).

Coefficient	Température	RH	Vitesse du vent
Alpha	0	0.25	1.0
Beta	2.75	2.75	1.5
Gamma	-1.9	-2.0	-1.3

Au moment du passage initial à l'IFM2025, il est probable que certains utilisateurs, y compris ceux qui collectent des données météorologiques horaires, ne prévoient pas les conditions météorologiques horaires sur le plan opérationnel. Cette technique, qui s'appuie sur les valeurs maximales/minimales, permet d'intégrer ces données de manière uniforme dans le même processus de calcul que celui utilisé pour les observations horaires directes (ou les prévisions). Autrement dit, la technique des valeurs maximales et minimales journalières produit simplement des prévisions météorologiques horaires, qui sont ensuite intégrées dans l'IFM2025 (figure 2, option B). Ainsi, la même méthode de calcul est utilisée pour chaque « type » de données météorologiques, soit horaires ou quotidiennes, peu importe la Méthode utilisée (IFM1987 ou IFM2025). Cette souplesse et cette cohérence sont un élément essentiel de ce que nous essayons d'accomplir avec ces modifications à la Méthode de l'IFM.

Annexe B : Exemples d'utilisation des données quotidiennes et quelques variantes courantes

En adoptant les données météorologiques horaires dans la Méthode de l'IFM, l'objectif est d'affiner la prévision de l'humidité du combustible et du comportement du feu. Cela vise également à renforcer la compatibilité entre les données quotidiennes estimées, utilisées pour la planification, et les calculs horaires, que plusieurs personnes utilisent pour prédire le comportement du feu. Les données météorologiques horaires, si elles sont disponibles, sont la meilleure façon de saisir les variations météorologiques diurnes au cours d'une journée, qu'il s'agisse d'observations, de prévisions ou de modélisation météorologique horaire. Cependant, nous admettons qu'il n'est pas toujours possible d'avoir des données météorologiques horaires. Nous pouvons cependant évaluer les tendances météorologiques diurnes à partir des informations météorologiques quotidiennes (voir la section 3.1.1 pour une présentation plus détaillée). En plus de ce qui est présenté à l'annexe A, il existe de nombreux formats et intervalles possibles pour les intrants météorologiques. Vous trouverez ci-dessous quelques lignes directrices et exemples sur l'utilisation de différents formats météorologiques quotidiens pour créer le flux météorologique horaire estimé nécessaire aux calculs de la Méthode de l'IFM2025. Ces lignes directrices ont pour objectif d'aider les utilisateurs à uniformiser l'utilisation des différents formats météorologiques et des horaires d'observation. De plus, elles mettent en évidence que l'objectif est d'obtenir la meilleure estimation possible de l'humidité du combustible et du potentiel de comportement du feu dans l'environnement, ce qui aide à la planification opérationnelle de la lutte contre les incendies.

Ces exemples ne sont pas exhaustifs en ce qui concerne les formats de données météorologiques possibles, mais ils sont fournis à titre d'exemples de la manière dont nous recommandons de convertir certains formats en intervalles. Cela devrait aider les utilisateurs à adapter les nouveaux formats météorologiques à utiliser dans leurs calculs de la Méthode de l'IFM.

Directives générales pour la conversion de sources météorologiques non horaires :

- En cas de doute, il est préférable d'opter pour des paramètres légèrement plus secs (et donc plus volatiles). En effet, la Méthode est d'abord conçue comme un outil pour aider les gestionnaires d'incendie à planifier les conditions prévues dans l'environnement des incendies de forêt. C'est dans cet esprit que les modèles sous-jacents à la MCEDIF ont été élaborés.
- Tous les intrants, y compris les observations horaires, permettent une estimation des conditions environnementales des incendies de forêt tout au long de la journée.
- Dans l'ensemble de ce document, les données horaires sont considérées comme l'échelle temporelle la plus fine et la plus souhaitable pour les conditions météorologiques. Compte tenu des stations météorologiques actuelles et des résultats des modèles météorologiques, cette hypothèse semble justifiée pour les besoins de la discussion actuelle. Si des observations (ou des prévisions) météorologiques plus fines sont disponibles, elles peuvent être utilisées, si les utilisateurs croient fermement qu'elles sont nécessaires, bien que de nombreux algorithmes programmés pour le calcul de la Méthode de l'IFM utilisent par défaut l'intervalle horaire. La normalisation de la Méthode de l'IFM à une échelle temporelle plus fine ne conduit pas à une interprétation

des données de la Méthode de l'IFM sur une échelle spatiale plus fine ou à un paysage plus détaillé. Les données obtenues grâce à la Méthode sont toujours destinées à être utilisées pour la planification à l'échelle du paysage.

- o Les modèles de la Méthode de l'IFM ont été créés dans le but d'estimer de manière cohérente et compréhensible l'humidité du combustible ainsi que le potentiel de comportement du feu. Ce sont des modèles et, par conséquent, des représentations simplifiées de la réalité qui permettent de prédire les éléments clés de l'environnement des feux de forêt que nous souhaitons surveiller. Cela a toujours été vrai dans le cas de la MCEDIF et continue de l'être. La Méthode est précieuse parce qu'elle permet de produire des estimations de manière uniforme et quotidienne, d'une région à l'autre, ce qui permet d'obtenir un ensemble commun de valeurs à partir desquelles la planification quotidienne est réalisée.

B.1 Utilisation de l'observation traditionnelle de 13 h

Si les seules données météorologiques disponibles sont celles de l'observation traditionnelle de 13 h, il est possible d'estimer la structure diurne de la journée. Comme le montre la figure 2, lorsque seules les données standard de 13 h sont connues, ces valeurs sont utilisées pour estimer les températures maximales et minimales, l'humidité relative et la vitesse du vent pour la journée. Ces estimations servent ensuite à déterminer les conditions météorologiques horaires à l'aide de la méthode météorologique diurne standard (annexe A).

La figure 3 de la section 3.1.1.3 présente les valeurs du centre du Canada par défaut pour l'ajustement des valeurs quotidiennes de 13 h. Ces données ont été élaborées à partir d'une analyse des données horaires fournies par les organismes canadiens de gestion des incendies. Si les utilisateurs savent que ces valeurs diffèrent pour leur région, ils peuvent utiliser des valeurs appropriées pour leur région. L'objectif est d'estimer la structure diurne réelle de la journée en se basant sur les informations disponibles. Toutefois, ces ajustements devraient être fondés sur des données probantes (c'est-à-dire sur l'analyse d'un échantillon raisonnable de données locales) plutôt que sur des données anecdotiques ou des opinions subjectives.

Commentaire sur les précipitations dans la Méthode de l'IFM1987

La Méthode de l'IFM part du principe que les précipitations cumulées sur une période de 24 heures se terminant à 13 h étaient toutes déjà tombées au lever du soleil le jour de l'observation (avant le début du séchage pour la journée). Cela signifie que chaque jour, qu'il y ait des précipitations ou non, peut être considéré comme une journée complète de séchage, celui-ci étant influencé uniquement par la température, l'humidité relative et la vitesse du vent mesurées à 13 h.

B.2 L'observation standard de 13 h de l'IFM

Cette observation traditionnelle à 13 h doit être convertie en estimations des conditions maximales et minimales quotidiennes attendues en fonction des observations. C'est ce qu'illustre la figure 3 plus haut. L'amplitude quotidienne de la température (AQT) est calculée à partir d'un ensemble de données provenant de diverses stations météorologiques ontariennes. Même si la relation présente une certaine variation mensuelle durant la saison des incendies, il semble qu'une simple estimation générale de l'AQT soit suffisamment précise dans l'ensemble pour déterminer les valeurs maximales et minimales afin d'utiliser les anciennes observations de 13 h pour générer des données horaires. L'écart de deux degrés entre la température quotidienne maximale et celle à 13 h, qui variait d'un jour à l'autre, restait globalement stable.

Les valeurs maximales et minimales quotidiennes d'humidité relative sont estimées à partir des températures maximales et minimales, ainsi que du calcul de l'humidité absolue dans la masse d'air locale, en fonction de l'observation de la température et de l'humidité relative à 13 h. Le calcul suppose donc que la masse d'air reste constante tout au long de la journée.

Il est généralement admis que le vent s'arrête complètement durant la nuit. Cette hypothèse est souvent vraie, mais elle tend à sous-estimer la vitesse du vent pendant les heures nocturnes les nuits où des vents soutenus persistent jusqu'au matin. Toutefois, l'activité du feu prévue ne devrait pas être sensible aux erreurs commises dans cette valeur. En moyenne, dans l'ensemble de données, la vitesse horaire du vent maximale observée était 25 % plus élevée qu'à 13 h.

Les précipitations de 24 heures observées lors de l'observation de 13 h doivent être associées au début de l'heure suivant le lever du soleil. Il faut garder à l'esprit que l'heure du lever du soleil est calculée par l'IFM2025. Ainsi, supposons que 7 mm de pluie aient été enregistrés lors de l'observation journalière réalisée à 13 h, alors que le soleil s'est levé à 5 h 30. Dans ce cas, cette quantité de pluie doit être attribuée à l'observation météorologique de 6 h dans le flux horaire estimé utilisé par la Méthode.

De nombreux organismes opérationnels de gestion des incendies effectuent un relevé matinal des conditions météorologiques pour évaluer si de la pluie a été observée pendant la nuit et pour examiner l'ampleur du retour de l'humidité pendant la nuit. Les données collectées par les réseaux météorologiques de lutte contre les incendies ont été enregistrées à des moments différents, allant de 6 h à 8 h, dans différentes régions du pays. Cependant, la disponibilité constante de mises à jour en temps réel fournies par les stations météorologiques horaires peut diminuer l'importance opérationnelle du moment exact de cette observation. Plusieurs organismes ont consigné ces observations matinales dans leurs archives météorologiques, nous permettant de proposer une certaine interprétation de la manière d'utiliser les informations supplémentaires sur le moment des précipitations provenant de cette observation.

Ces observations pourraient servir à ajuster les valeurs de température minimale et d'humidité relative maximale utilisées plus tard dans la journée si l'utilisateur est convaincu que l'observation matinale reflète fidèlement les températures minimales nocturnes et les taux d'humidité. L'objectif principal de cette observation est de déterminer si elle offre une

résolution accrue du moment des précipitations, qui peut être utilisée pour améliorer les calculs de la Méthode de l'IFM. Cependant, cette information additionnelle n'a pas beaucoup d'influence sur les estimations de l'humidité du sol forestier, car la méthodologie de calcul quotidienne utilisée dans la Méthode suppose que les précipitations mesurées à 13 h ont diminué entre ce moment et le lever du soleil (avant le début du séchage pour la journée).

B.3 Données d'entrée maximales et minimales : l'utilisation d'observations de la pluie selon différentes fréquences

La méthode des valeurs maximales/minimales estime les conditions météorologiques diurnes à partir des températures maximales et minimales quotidiennes, de l'humidité relative et de la vitesse du vent, d'une estimation locale de l'heure du lever du soleil, du midi solaire et de l'heure du coucher du soleil, ainsi que de quelques écarts basés sur une analyse des données météorologiques historiques. Tout cela est décrit en détail à l'annexe A.

Certaines stations météorologiques ainsi que plusieurs modèles opérationnels de prévisions météorologiques produisent des « observations » météorologiques à intervalles réguliers tout au long de la journée, par exemple toutes les six heures ou toutes les trois heures.

Tableau B-1 : Exemples de temps d'observation de périodes de précipitations de pluie pour la Méthode de l'IFM.

Temps d'observation des précipitations	Période d'accumulation associée	Heure à laquelle situer les précipitations totales pour la période
0 h 00	18 h 01 – 0 h 00 ^A	19 h 00
6 h 00	0 h 01 – 6 h 00 ^B	1 h 00
12 h 00	6 h 01 – 12 h 00	07 h 00
18 h 00	12 h 01 – 18 h 00	13 h 00

^A. Cette heure est associée à la veille.

^B. Décrire cette période comme si elle se terminait exactement à l'heure et commençait à xx h 01 vise à établir clairement que la prochaine période de précipitations commence après l'observation de la pluie associée à la période précédente. Que l'observation ait lieu exactement à l'heure ou un peu après n'est pas d'une importance capitale : ce qui est important est que l'accumulation de précipitations se réinitialise à ce stade et soit calculée de manière distincte d'une période à l'autre.

Pour assurer la cohérence lors de l'utilisation de ce format d'intrants météorologiques (observations de la température, du taux d'humidité et de la vitesse du vent), il est impératif d'utiliser les valeurs maximales et minimales QUOTIDIENNES. Cependant, le mode d'affichage des intervalles offre des informations supplémentaires sur le moment des précipitations, ce qui justifie son utilisation. En raison du moment des précipitations, même si la période est inconnue, par souci de cohérence, nous optons pour une prévision légèrement prudente en les situant au début de l'intervalle pour lequel elles ont été enregistrées. Le tableau B-1 présente un exemple d'observations standard de précipitations toutes les six heures.

Si des précipitations sont observées toutes les 6 heures pendant une période de 24 heures, l'observation de 6 h représente la pluie tombée de 0 h 01 à 6 h. Cette quantité de pluie devrait

être inscrite dans le flux météorologique horaire estimé à la première heure de l'intervalle au cours duquel elle a été enregistrée; c'est-à-dire qu'elle devrait être inscrite à 1 h dans le registre météorologique horaire.

Annexe C : Ajout d'une discussion et d'éclaircissements sur les données météorologiques

Le guide météorologique pour la MCEDIF, publié initialement par Turner et Lawson (1978), puis révisé et réédité par Lawson et Armitage (2008), expose une marche à suivre pour localiser et instrumenter des stations météorologiques, et adopter de bonnes pratiques d'observation météorologique, notamment pour le démarrage et la fin du traitement des données par les stations. La présente section ne se veut pas une substitution à ce document, mais plutôt un ajout à l'information existante, et une clarification utile pour les utilisateurs opérationnels qui ont accès à diverses nouvelles sources d'information.

C-1. Les modèles météorologiques numériques comme source de prévisions météo-incendie dans l'IFM2025

Les modèles terrain qui sous-tendent la Méthode se basent sur des relations entre l'humidité observée dans les combustibles forestiers (ainsi que sur certains aspects du comportement du feu, comme l'allumage) et les observations ponctuelles des conditions météorologiques. Ces relations sont ensuite liées à des aspects du comportement du feu, tels que le potentiel d'inflammation, la vitesse de propagation et l'intensité. Aujourd'hui, les résultats des modèles météorologiques numériques sont de plus en plus disponibles et permettent d'avoir accès à des prévisions cohérentes quant aux conditions météorologiques futures. Ces prévisions météorologiques modélisées ont un grand potentiel d'application dans la gestion des incendies. De plus, les modèles météorologiques numériques sont de plus en plus combinés aux données météorologiques terrain pour produire de nouvelles analyses en temps quasi réel des conditions météorologiques dans tous les milieux. L'observation des conditions météorologiques est utilisée pour affiner ces modèles prévisionnels, ce qui permet de recréer des cartes géographiquement détaillées des conditions météorologiques pour le milieu. Ces nouvelles analyses permettent de fournir des informations géographiques plus précises et physiquement réalistes sur les variations des conditions météorologiques dans le paysage, en comparaison aux méthodes d'interpolation naïves qui ont été utilisées jusqu'à présent. Il est toutefois crucial de noter une mise en garde importante dans de telles applications : les résultats des modèles météorologiques numériques ne sont pas identiques aux observations météorologiques ponctuelles provenant d'une station météorologique. À l'échelle des cellules de grille, les données produites par les modèles numériques correspondent généralement à ce que l'on peut considérer comme des conditions moyennes dans cette cellule. Il s'agit bien sûr d'une simplification.

Des études sur les différences entre les données du modèle et les observations ponctuelles ont été consultées afin de comprendre la capacité de ces modèles à reproduire avec précision les conditions météorologiques traditionnelles des incendies et, par conséquent, le risque d'incendie. En ce qui concerne la gestion opérationnelle des incendies, ces comparaisons sont cruciales, car les décisions qui reposent sur le risque d'incendie ou le comportement du feu dépendent souvent d'indices dépassant un seuil absolu précis. Les seuils utilisés par les

organismes de gestion des incendies pour classer les résultats de la Méthode de l'IFM (p. ex., « faible », « modéré », « extrême ») sont un exemple courant de la manière dont les résultats sont interprétés sur le plan opérationnel à certaines étapes du processus décisionnel. Il est important d'évaluer et de considérer les éventuels biais introduits par les hypothèses du modèle numérique lorsque des données météorologiques servent à informer des résultats qui sont liés à l'interprétation de l'activité des incendies en utilisant des seuils physiques ou des heuristiques opérationnelles déjà établies (c.-à-d. des « règles empiriques »). Ces évaluations devraient se concentrer sur les périodes de sécheresse les plus importantes où le danger d'incendie est le plus élevé : c'est à ces moments où même un faible biais dans les valeurs météorologiques aura les plus grandes conséquences.

C-2. Début de saison et calcul en début de saison

Comme nous l'indiquons à maintes reprises dans le présent document, les indices d'humidité de la Méthode de l'IFM peuvent être considérés comme des systèmes de suivi. Par conséquent, leur point de départ revêt une importance particulière, plus encore pour les modèles qui surveillent les couches de combustibles ayant une plus grande capacité de rétention d'eau et des temps de réponse plus lents (c'est-à-dire l'IH, l'IS et éventuellement l'indice d'humidité de la tourbe, qui sera inclus dans la prochaine mise à jour). Cette section aborde les aspects clés du moment où les calculs d'humidité du combustible fondés sur les conditions météorologiques devraient être entrepris, compte tenu des variations saisonnières observées au Canada. Plus spécifiquement, nous allons nous efforcer de clarifier les procédures pour le début et la fin des saisons qui coïncident avec les mois hivernaux.

Pour évaluer si l'échange d'humidité doit être estimé, il est crucial de déterminer si l'eau contenue dans les combustibles est gelée (c'est-à-dire si la température du combustible est inférieure à 0 °C). Dans ce cas, on peut supposer que ces combustibles ne transfèrent pas d'humidité à l'atmosphère. Les combustibles terrestres qui ne sont pas gelés peuvent cependant réellement échanger de l'eau avec leur environnement local (par exemple, l'humidité contenue dans l'air ou l'eau provenant de la pluie ou de la fonte des neiges). Cette section ne vise pas à remplacer les informations contenues dans le guide météorologique pour la MCEDIF. Elle a plutôt comme objectif de clarifier le processus de démarrage et de calcul des indices.

C-2.1. Pré-dégel (début de saison)

Au début du printemps, il est possible que la neige ait fondu dans les zones découvertes (comme les prairies), mais qu'elle soit encore présente dans les zones boisées. Dans cette situation, la Méthode de l'IFM devrait être calculée de manière à pouvoir évaluer le risque d'incendie dans les prairies. On ne devrait pas prendre en compte la fluctuation quotidienne de l'IH et de l'IS. Si la couverture de neige est toujours présente dans toute la forêt, il faut noter que le risque ne concerne que les zones ouvertes où des combustibles sont exposés. Si la neige a disparu de la forêt et que le sol est encore gelé sous la litière de surface, il ne faut pas calculer l'IH et l'IS, car ces couches ne peuvent pas échanger d'humidité avec l'atmosphère à l'état gelé. Cependant, en l'absence de données sur le gel/dégel ou sur les températures du sol directement liées aux couches organiques, on pourrait supposer que, une fois que la neige aura

disparu de l'intérieur des peuplements, la couche organique du sol forestier des peuplements modérément fermés sera également dégélée. Le calcul de l'ICL et de l'IPI au début de la saison dans les stations de météorologie forestières ouvertes (parfois appelées « stations de printemps ») se fait dans de nombreuses régions depuis un certain temps. Nous cherchons simplement à formaliser et à clarifier ce processus. L'intégration de données supplémentaires sur les prairies dans l'IFM2025 contribue également à éclaircir la date de début de ces indicateurs d'humidité des combustibles légers. L'ICL et l'IHH sont tous deux des indicateurs utiles des niveaux d'humidité au début du printemps dans les couches de combustibles compactés par les chutes de neige. Ces indicateurs devraient être calculés afin d'aider à évaluer le risque. Ce calcul au début de la saison vise davantage à fournir aux gestionnaires d'incendie des informations sur le potentiel d'incendie dans les combustibles herbacés exposés. Il vise moins à avoir accès à un suivi des fonctions de l'humidité au début de l'échange d'humidité. La faible capacité de rétention d'eau de ces combustibles légers (environ 0,6 mm dans la couche de l'ICL) et leur temps de réaction rapide signifient que les erreurs dans le début des calculs de l'indice devraient se corriger relativement rapidement.

Il est recommandé de commencer à calculer le nouvel IHH dès qu'une partie importante des combustibles herbacés dans une région n'est plus recouverte de neige ou plus tôt si une évaluation des risques dans une zone donnée est nécessaire. Les temps de réaction très rapides du complexe combustible des prairies exposées signifient que toute erreur causée par des taux d'humidité de départ incorrects dans cet indicateur d'humidité du combustible des prairies devrait être corrigée très rapidement (en l'espace de quelques heures). L'IPH et l'IDIH sont également directement déduits des modèles de comportement du feu dans les prairies et peuvent être calculés à ce stade.

Comme cela a été la pratique informelle dans de nombreuses régions, l'ICL devrait également être calculé à ce moment-ci pour fournir un indicateur supplémentaire d'humidité du combustible léger pour les zones exposées. L'ICL peut servir d'indicateur de l'humidité contenue dans les couches profondes d'herbes fanées et compactées (qui peuvent persister pendant plusieurs années). L'IPI peut aussi être calculé à ce stade. La couche organique étant gelée, une quantité juste un peu plus importante que la litière de surface sera brûlée lors du passage d'un front. Par conséquent, la combustion des combustibles qui intensifient le front sera principalement influencée par la litière. Si vous préférez, vous pouvez utiliser une valeur théorique de l'ICD de 6 (qui correspond à un IH de 6, soit la valeur de départ habituelle) pour calculer l'IFM dans cette situation. Cependant, l'IDIH semble être un indicateur plus pertinent pour les prairies ouvertes dans l'IFM2025.

C-2.3. Dégel du sol : quand commencer le calcul complet?

À l'heure actuelle, le critère le plus souvent utilisé au Canada pour le début des calculs quotidiens de la Méthode de l'IFM à chaque station météorologique consiste à commencer le calcul trois jours après la disparition de la couverture neigeuse. Toutefois, si la couverture neigeuse n'est pas un facteur important pendant l'hiver ou si elle n'est pas observable, les calculs de la Méthode de l'IFM commencent après trois jours de températures supérieures à 12 °C (Lawson et Armitage, 2008). Au fil du temps, certains de ces critères sont devenus des

règles impératives pour le début des calculs dans certaines régions. Cependant, ces deux critères ne sont que des indicateurs du stade plus difficile à observer, où la couche organique de la forêt a dégelé (c'est-à-dire qu'elle n'est plus gelée) et peut commencer à échanger de l'humidité avec son environnement.

Les calculs de la Méthode de l'IFM (de l'IH et de l'IS) devraient commencer lorsque la couche organique n'est plus gelée. Ce n'est pas une nouvelle approche du calcul de la Méthode de l'IFM; il s'agit plutôt de la manière dont les méthodes de calcul des indices d'humidité organique dans la Méthode devraient être appliquées, ce qui est simplement la logique physique de base. Cependant, le défi pour les utilisateurs opérationnels consiste à observer ou à estimer le moment où le dégel du sol s'est produit dans une zone suffisamment étendue de leur région boisée pour qu'ils envisagent de commencer la Méthode. Il existe de nombreuses manières de prédire la date de dégel de la couche organique dans une région météorologique donnée. On peut l'observer directement : le personnel en forêt peut estimer la profondeur de la couche gelée par simple observation. Sinon, il serait facile d'obtenir des mesures automatisées et des communications de données. La température du sol à l'intérieur de la couche organique pourrait donc être suivie par une station d'observation installée dans un peuplement (qui pourrait être reliée à une station météorologique locale ouverte, ou traitée comme une station autonome secondaire). En l'absence d'observations réelles du dégel in situ du sol, on peut estimer cet état de transition à l'aide de diverses méthodes fondées sur les conditions météorologiques, allant de la règle traditionnelle des trois derniers jours après la fonte de la neige jusqu'à celle des températures supérieures à 12 °C.

Méthodes normalisées: assurer une utilisation uniforme

L'établissement de méthodes normalisées vise un objectif : assurer une utilisation uniforme et largement répandue d'un processus donné. Cependant, il est crucial de ne pas perdre de vue l'objectif ou le principe directeur qui sous-tendent ces méthodes normalisées. L'objectif n'est pas que la règle soit appliquée de manière cohérente, mais que l'évaluation de l'état physique de l'environnement soit cohérente. L'objectif consiste à évaluer l'état physique d'une manière cohérente et fiable (c.-à-d. le dégel du sol), et non pas de mettre systématiquement en œuvre des critères établis à cet effet (par exemple, utiliser les mêmes coefficients hivernaux pour toutes les régions, pour toutes les années). Cette distinction peut-être subtile devrait être prise en compte dans l'interprétation des directives et des normes.

C-2.4. Valeurs saisonnières de départ

Les valeurs de départ standard de la Méthode de l'IFM (c'est-à-dire que, au lever du soleil, le calcul du jour commence aux valeurs suivantes : ICL de 85, IH de 6, IS de 15) sont simplement des estimations de la teneur en humidité de ces couches de combustible après trois jours de séchage à partir d'un point de départ complètement saturé (c'est-à-dire un ICL, un IH et un IS à zéro). Ces valeurs de départ normalisées représentent simplement une estimation de l'état sans autre information. Lorsque d'autres informations sont disponibles, il est recommandé de les utiliser. Une estimation moins biaisée des conditions de départ peut donc être effectuée, et

devrait l'être. Sur le plan opérationnel, c'est la pratique lorsque l'on envisage de conserver l'IS pendant l'hiver, mais cela pourrait également se produire dans d'autres circonstances. Par exemple, si on connaissait la date précise du dégel du sol et qu'elle coïncidait avec une importante recharge des nappes, on pourrait commencer à calculer la teneur en humidité de la couche organique à partir de ce moment en utilisant la saturation complète comme point de départ (c.-à-d. un ICL, un IH et un IS à zéro).

C-2.5. Fin de saison

Bien que de nombreuses stations automatiques modernes enregistrent les conditions météorologiques tout au long de l'année, le calcul quotidien des données de la Méthode de l'IFM s'arrête souvent à la fin d'une certaine période au milieu de l'automne, lorsque les activités de lutte contre les incendies prennent fin et que les séances d'information quotidiennes sur la planification et la préparation sont suspendues pour l'année. La teneur en humidité de la couche organique de la forêt continuera à varier jusqu'à ce que le sol gèle ou que la neige tombe. Si ces données ne sont pas disponibles ou si la région ne reçoit pas de neige, les calculs devraient se poursuivre jusqu'à ce qu'il y ait trois jours de suite où la température maximale quotidienne est inférieure à 5 °C (Wotton et Flannigan, 1993). En évaluant les conditions météorologiques d'incendie jusqu'à ce que ces conditions soient remplies, il n'est plus nécessaire d'évaluer la fraction de report du déficit hydrique automnal (a) à partir de la procédure d'IS hiverné. En effet, dans cette situation, a est toujours égal à 1, ce qui élimine une source potentielle d'erreur au début du calcul hivernal. Si, pour une raison quelconque, le réseau de stations météorologiques de l'organisme n'utilise pas encore la Méthode de l'IFM, il est recommandé de calculer plutôt les valeurs nécessaires jusqu'à ce que ces conditions soient remplies en utilisant un autre flux météorologique, par exemple, les données d'une station d'Environnement et Changement climatique Canada (ECCC) située à proximité, ou bien les nouvelles données d'analyse de modèles numériques à petite échelle. Par conséquent, les calculs devraient se poursuivre jusqu'à la première apparition d'un épisode météorologique de fin de saison, même s'ils ne sont pas utilisés dans le cadre des décisions opérationnelles en cours. Il a été démontré que l'exactitude du calcul de l'IS à la fin de saison influe sur l'exactitude des valeurs de départ au printemps (Hanes et collab., 2023).

C-2.6. L'observation moyenne de la vitesse du vent sur 10 minutes

La période de référence minimale pour mesurer la vitesse du vent a été fixée à 10 minutes. Il n'est pas obligatoire de se limiter à une moyenne de la vitesse du vent sur 10 minutes pour les calculs de la Méthode de l'IFM. La vitesse moyenne du vent sur 10 minutes a été proposée au départ, car elle correspondait à une pratique d'observation permettant d'avoir une période suffisamment longue pour estimer une moyenne raisonnable sur un certain nombre de rafales et d'accalmies susceptibles de se produire. Elle était également suffisamment courte pour qu'un observateur dans une station météorologique puisse terminer l'observation dans un délai raisonnable (à l'époque où l'observation se faisait manuellement). Une période plus courte que 10 minutes n'est pas recommandée pour les calculs de l'IFM2025. Toutefois, cela pourrait s'avérer utile dans le contexte du comportement du feu, si l'on souhaite des prévisions très fines à l'échelle temporelle. Il est possible d'utiliser une période d'échantillonnage plus longue (jusqu'à une heure pour l'observation horaire standard) dans les calculs de la Méthode de l'IFM

sans introduire de biais. Cette période plus longue fournit probablement une estimation plus précise de la vitesse moyenne du vent pendant la période considérée. Cependant, il est important de reconnaître que, pour les prévisions du comportement du feu, une idée des variations temporelles plus fines du vent peut s'avérer plus utile pour certains besoins décisionnels.



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