

Cas du concours de programmation



Présenté par: UNB Faculty of Engineering

Eleanor McSporran (elle)

Ethan Garnier (il)

eleanor.mcsporrان@cfes.ca

ethan.garnier@cfes.ca

Canadian Engineering Competition 2022
Compétition Canadienne d'Ingénierie 2022

1. Contexte

En 2019 seulement, il a été annoncé que 4 000 feux de forêt ont brûlé 1,8 million d'hectares de terres à travers le Canada [1]. Ces chiffres ne sont pas les pires que le Canada ait connus, mais on observe une tendance à la hausse de la fréquence des feux de forêt dans le pays. Il est tout à fait approprié que chaque province fasse ce qu'elle peut pour aider à prévoir et à prévenir la propagation de futurs incendies de forêt.

Dans la province du Nouveau-Brunswick, selon la Surveillance des feux de forêt du Nouveau-Brunswick [2], la moyenne décennale des feux de forêt entre 2011 et 2020 était de 198 feux, avec une moyenne de 332,4 hectares de forêt brûlée. Ces chiffres font pâle figure par rapport aux statistiques nationales, mais la province estime qu'investir dans un programme visant à prédire la probabilité que des incendies se produisent pourrait faire baisser les taux nationaux et atténuer les catastrophes à l'avenir. La province du Nouveau-Brunswick se concentre également sur la protection et la préservation de ses nombreux sites clés, tels que les points d'intérêt nationaux et les sites historiques, qui pourraient être endommagés.



Figure 1: Parc national Fundy [3].



Figure 2: Parc national Kouchibouguac [4].

Face au danger croissant que représente le changement climatique pour notre environnement, la province du Nouveau-Brunswick a déterminé que des mesures devaient être prises pour aider à prévoir et à combattre les feux de forêt. La province a été divisée en environ 73 000 zones d'incendie, chacune couvrant 1 km² de terrain. La province a l'intention d'utiliser chacune de ces zones de feu comme moyen de prédire, de suivre et d'analyser les feux de forêt qui s'y produisent. Grâce aux données que chacune de ces zones fournira, la province pourra ensuite affecter les ressources de lutte contre les incendies en fonction des besoins. Ainsi, les feux de forêt prévus pourront être combattus de la manière la plus efficace possible.

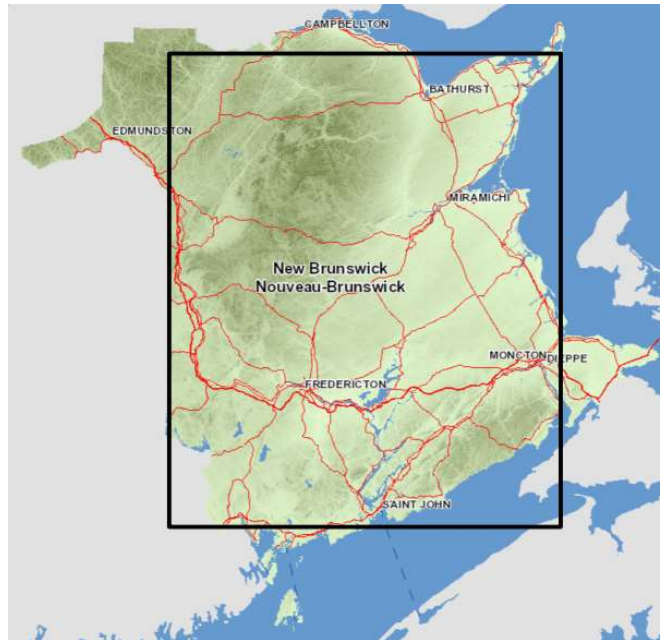


Figure 3: Région d'intérêt pour les zones d'incendie

La province est indécise quant aux informations utiles pour ce type de projet et a donc préparé de nombreux fichiers de données. Ayant de nombreuses préoccupations quant à l'exécution du projet, le gouvernement du Nouveau-Brunswick a décidé d'engager un groupe d'ingénieurs pour travailler sur la conception. La province espère qu'avec l'aide d'une équipe d'ingénieurs, un programme pourra être développé afin d'utiliser efficacement les données.

2. Défi de la compétition

La province du Nouveau-Brunswick a passé un contrat avec vous, un groupe d'ingénieurs, pour développer un programme qui générera un plan de prévision des feux de forêt.

Plusieurs grands ensembles de données concernant les incendies de forêt au Nouveau-Brunswick ont été recueillis et seront fournis, comme on peut le voir dans le tableau 1. La province du Nouveau-Brunswick souhaite que la probabilité qu'un incendie de forêt se produise soit représentée par un pourcentage de probabilité. Cela signifie qu'il revient à votre groupe

d'ingénieurs de développer une métrique, dont un exemple est donné dans l'équation 1. La métrique sera la méthode utilisée par votre groupe pour quantifier mathématiquement la probabilité qu'un incendie se produise dans une zone de feu donnée. Les ensembles de données fournis sont au format .csv, où chaque cellule représente une zone d'incendie de 1 km x 1 km et les données à l'intérieur de cette cellule représentent les données pour cette zone d'incendie, voir l'annexe A pour des informations détaillées.

Table 1: Ensembles de données et variables utilisées pour les décrire dans la métrique, voir Annexe A.

Données	Variable	Unité
Prévisions de température	A_{temp}	°C
Précipitations moyennes dans une région	A_{pluie}	mm/km ²
Position de l'eau sur la carte	M_{eau}	---
Nombre de feux d'artifice achetés au cours de la dernière année	$U_{feux\ d'artifice}$	# de feux d'artifice
Densité de feuillage/forêts	$A_{feuillage}$	% de la surface couverte par le feuillage
Densité de la population	A_{pop}	Personnes/km ²
Trafic annuel de camping	U_{camp}	# de campeurs par année
Fréquence des crimes liés aux incendies criminels	$U_{incendies\ criminels}$	# de rapports par année
Sites clés	---	---
Emplacement des casernes de pompiers	---	---

On peut voir l'exemple de la métrique :


$$M(i, j) = 0.5 \times A_{\text{feuillage}}(i, j) + 0.35 \times \frac{A_{\text{temp}}(i, j)}{\max(A_{\text{temp}})} + 0.15 \times \frac{U_{\text{feux d'artifice}}(i, j)}{\max(U_{\text{feux d'artifice}})} \quad (\text{Eq. 1})$$

Où M , est la matrice contenant les valeurs de la métrique (%), i et j représentent respectivement les indices de ligne et de colonne. Les autres variables sont présentées dans la table 1.

La mise en œuvre du logiciel développé devrait être capable de lire ces grands ensembles de données à partir des fichiers et de mettre en œuvre la métrique de probabilité d'incendie de forêt conçue. Cette métrique, une fois expliquée et défendue auprès du service de surveillance des feux de forêt du Nouveau-Brunswick, sera ensuite utilisée pour aider la province à comprendre quelles sont les zones les plus à risque d'incendie de forêt.

Si votre équipe d'ingénieurs réussit à répondre aux exigences de la province pour le code de probabilité des feux de forêt, la province choisira d'étendre le code pour prédire où les feux de forêt sont le plus susceptibles de se produire. Une fois les prédictions faites, la province veut également être en mesure d'aider les régions à se préparer autant que possible. Par conséquent, le logiciel conçu devrait pouvoir prendre les données de probabilité calculées précédemment et, en utilisant l'ensemble des données d'entrée des lieux clés (villes, villages, monuments, parcs, etc.) en fonction des zones d'incendie, déterminer les lieux clés les plus à risque lorsqu'un incendie de forêt se produit. Cela permettra à la province de doter ces lieux clés des ressources nécessaires pour lutter contre un éventuel incendie de forêt.

L'objectif final de la province pour votre équipe est de pouvoir identifier les ressources locales de lutte contre les incendies qui devraient être utilisées, ce qui rendra la gestion et l'envoi de ces ressources plus rapides et plus faciles. Parmi les ensembles de données fournis par le gouvernement, il y a un fichier




.csv qui décrit plusieurs emplacements de casernes de pompiers dispersés dans la province dans quelques zones d'incendie sélectionnées. Il existe trois types différents de casernes de pompiers dans la province :

- Type A (représenté par un “A” dans une cellule):
 - Utilise des plans d'eau
 - Peut intervenir sur des incendies dans un rayon de 200 km
 - Il faut un accès à l'eau dans un rayon de 50 kilomètres
- Type B (représenté par un “B” dans une cellule):
 - Dispose de camions de pompiers bien entretenus, équipés de tuyaux et d'échelles.
 - Peut intervenir sur des incendies dans un rayon de 120 km
 - Ne peut fonctionner que dans les villes ou les villages (accès aux bornes-fontaines).
- Type C (représenté par un “C” dans une cellule):
 - Possède une grande flotte de VTT.
 - Retourne à la caserne de pompiers pour faire le plein d'eau
 - Peut répondre aux incendies dans un rayon de 80 km

Le programme devrait allouer chaque caserne de pompiers à AU PLUS un seul emplacement clé. Il n'est pas viable de répartir les ressources de lutte contre l'incendie d'une seule caserne entre plusieurs emplacements clés. Il est important de noter que certains emplacements clés peuvent nécessiter un accès plus large aux ressources de lutte contre l'incendie en fonction de leur risque. Tous les emplacements clés devraient se voir attribuer au moins une ressource de lutte contre l'incendie. Il faut décrire les critères qui déterminent ce qui fait qu'une caserne de pompiers particulière convient à un emplacement clé.

Ce logiciel s'avérera être un outil extrêmement précieux et important que le gouvernement du Nouveau-Brunswick pourra utiliser pour aider à combattre le





danger présenté par les feux de forêt. Le gouvernement exige que le code soit bien documenté comme décrit dans les livrables de conception.

3. Objectifs spécifiques de la solution

Ce problème est divisé en 3 étapes :

1. **Étape 1:** Déterminer et mettre en œuvre une mesure de la probabilité des feux de forêt
 - a. Cette métrique doit être de nature mathématique.
 - b. Vous ne pouvez utiliser que les ensembles de données d'entrée fournis comme variables dans la mesure (vous n'êtes pas obligé d'utiliser chaque ensemble de données).
 - c. Vous devez justifier, en détail, les choix de conception effectués pour la mesure de la probabilité d'incendie de forêt. Une partie de votre temps de présentation doit être consacrée à expliquer aux juges votre justification de la métrique.
 - d. Mettre en œuvre votre mesure dans votre programme de façon à ce que celui-ci puisse lire les ensembles de données requis et calculer la probabilité d'un incendie de forêt pour chaque zone de feu dans la province.
 - e. Vous devez fournir une visualisation de votre mesure de probabilité d'incendie de forêt pour chaque zone d'incendie de la province. Cela peut prendre la forme d'une carte thermique, d'un graphique de surface ou d'un tableau M par N où chaque cellule représente une zone d'incendie et où les données de chaque cellule sont le résultat du calcul de la mesure pour cette cellule.
2. **Étape 2:** Utiliser la mesure de la probabilité d'un incendie de forêt pour déterminer les endroits clés à risque dans la province

- 
- a. Votre programme doit pouvoir lire les données d'entrée des emplacements clés et utiliser les résultats de l'étape 1 pour déterminer les emplacements clés les plus exposés aux incendies de forêt.
 - b. Les critères spécifiques de "risque" pour un emplacement clé doivent être déterminés, correctement implémentés et expliqués. Votre explication doit comprendre un exemple de la raison pour laquelle un emplacement clé particulier serait plus à risque d'un incendie de forêt qu'un autre emplacement clé (par exemple, l'emplacement clé X est plus à risque que l'emplacement clé Y parce qu'il se trouve dans une partie sèche de la province et que la probabilité d'un incendie de forêt est élevée selon notre mesure).
 - c. Les emplacements clés sont représentés comme de grandes entités singulières dans l'ensemble des données fournies sur les emplacements clés. Ainsi, un emplacement clé individuel n'est pas seulement la zone d'incendie singulière pour laquelle il réside, mais toutes les zones d'incendie environnantes qui partagent la même valeur d'emplacement clé dans l'ensemble de données d'emplacement clé. Votre programme doit tenir compte du fait qu'un emplacement clé englobe plusieurs zones d'incendie, ce qui aura un impact sur votre définition de zone à risque ou non.
 - d. Doit fournir un résultat qui visualise les endroits clés de la province et le risque qu'ils soient touchés par un incendie de forêt en fonction de votre définition de risque et de la mesure élaborée à l'étape 1. Le résultat visuel peut imiter ce qui a été fait à l'étape 1. Votre sortie doit inclure un classement attribué à chaque emplacement clé qui les classe par ordre de risque. Il est important que votre système de classement démontre la relation d'un emplacement clé à un autre




(par exemple, l'emplacement clé A est classé 1 et l'emplacement clé B est classé 5, donc l'emplacement clé A est plus à risque d'un incendie de forêt que B). Vous devez expliquer ce système de classement dans votre présentation.

3. Étape 3: Affecter les ressources de lutte contre l'incendie aux endroits clés à risque

- a. Votre programme doit pouvoir lire l'ensemble de données sur l'emplacement des casernes de pompiers et utiliser les résultats de l'étape 2 pour déterminer quelles ressources de lutte contre l'incendie doivent être affectées à chaque emplacement clé, annexe A, table 2.
- b. Votre programme doit prendre en compte les trois différents types de casernes de pompiers et les diverses exigences de chacun d'entre eux, car cela aura un impact sur les casernes de pompiers responsables de chaque emplacement clé.
- c. Vous devez fournir une sortie qui visualise le chemin entre les emplacements clés et la caserne de pompiers qui leur est assignée. Si une caserne de pompiers particulière n'a pas été affectée à un emplacement clé, aucune action n'est requise. L'aspect visuel de cette sortie peut être similaire à ce qui a été fait dans les deux étapes précédentes, mais tout ce qui est nécessaire est qu'il y ait un chemin clair entre une caserne de pompiers et son emplacement clé de sorte qu'il soit évident quelles casernes de pompiers sont responsables des différents emplacements clés.

4. Autres attentes et livrables

Vous aurez **8 heures** pour compléter cette compétition. Au bout de 8 heures, votre équipe doit fournir tous les résultats des programmes, votre code finalisé



et la présentation de votre groupe. Tout ce qui ne sera pas dans le dossier avant la date limite ne sera pas considéré comme faisant partie de votre soumission.

Livrable du code :

- Tout votre code doit être dans les dépôts GitHub Branche principale fournis avant la date limite de 8 heures pour qu'il soit pris en compte.
- Des instructions de base doivent être fournies sur la façon de compiler et d'exécuter votre code.
 - Vous devez préciser le langage et la version que votre code utilise.
 - Vous pouvez supposer que toute personne qui exécute le code a le langage approprié installé.
 - Une liste des paquets requis est conseillée (par exemple, Pandas, NumPy).

Livrable de la présentation :

- Seules les présentations soumises dans les dépôts GitHub Branche principale fournis avant la date limite de 8 heures seront utilisées pendant la période de présentation. Aucun travail ne peut être effectué sur le livrable de la présentation après l'expiration du délai.
- Vous devez discuter de la métrique choisie par votre groupe.
- Vous devez discuter des choix faits dans le code, par exemple quel langage a été choisi, et quels paquets ont été utilisés.
- Discutez de vos critères pour identifier ce qui est considéré comme un endroit "à risque".
- La présentation doit passer en revue tous les résultats qui ont pu être collectés à partir du programme de votre équipe.

- Vous devez montrer une certaine mesure de l'utilisation du CPU et de la mémoire (RAM). Pour ce faire, il suffit de mesurer le temps écoulé entre le début et la fin du programme, d'identifier la charge maximale du processeur et la charge maximale de la mémoire vive causée par le programme.

5. Matrice d'évaluation

Les juges utiliseront la matrice présentée ci-dessous à la figure 4 pour déterminer dans quelle mesure votre équipe répond aux attentes. Les paramètres d'évaluation et tous les règlements de la compétition se trouvent dans les Règles officielles en ligne de la CCI 2022.

Matrice d'évaluation de la programmation		
Stratégie/algorithme	Simplicité	/10
	Ingéniosité	/10
	Capacité à atteindre le résultat désiré	/15
/35		
Code	Structure	/10
	Cohérence	/5
	Lisibilité	/10
	Efficacité	/10
/35		
Gestion des ressources	Efficacité de l'utilisation de la mémoire	/5
	Utilisation du CPU par le programme	/5
/10		
Présentation	Processus de conception et justification	/7
	Critique de la conception	/4
	Voix, articulation et rythme	/4
	Supports visuels	/2
	Réponses aux questions	/3
/20		
Total des déductions		
Total /100		

Figure 4: Rubrique pour les juges de programmation.

Sachez que certaines actions peuvent entraîner des pénalités pour votre équipe. Vous devez donc vous familiariser avec la matrice des pénalités de la figure 5.

Pénalités de points de la programmation	
Plagiat	Élimination
Documents reçus après la date limite	-50
Membre de l'équipe absent	-25
Entrer dans la salle de présentation avant le temps alloué (après la première infraction)	-10
Total	

Figure 5: Rubrique de pénalité de programmation.

6. Définitions

Mesure de la probabilité d'un incendie de forêt : Formule mathématique qui prend en compte les valeurs numériques de plusieurs variables pour calculer un résultat compris entre 0 et 1. Ce résultat représente la probabilité qu'un incendie de forêt se produise en fonction des valeurs des variables utilisées.

7. Références

- [1] <https://www.nrcan.gc.ca/our-natural-resources/forests-forestry/state-canadas-forests-report/how-does-disturbance-shape-canad/indicator-forest-fires/16392>
- [2] https://www2.gnb.ca/content/gnb/en/news/public_alerts/forest_fire_wat_ch.html
- [3] <https://www.pc.gc.ca/en/pn-np/nb/fundy>
- [4] <https://www.pc.gc.ca/en/pn-np/nb/kouchibouguac>


8. Annexe A

Table 1: Ensembles de données avec plus d'informations.

Nom de fichier	Type	Description	Variable	Unité
average_predic_temp.csv	Double	Prévisions de température	A_{temp}	°C
average_rainfall.csv	Double	Précipitations moyennes dans une région	A_{pluie}	mm/km ²
map_water.csv	Nombre entier	Position de l'eau sur la carte	M_{eau}	---
unit_firework_sales.csv	Nombre entier	Nombre de feux d'artifice achetés au cours de la dernière année	$U_{feux\ d'artifice}$	# de feux d'artifice
average_foliage_density.csv	Double	Densité de feuillage/forêts	$A_{feuillage}$	% de la surface couverte par le feuillage
average_pop_density.csv	Double	Densité de la population	A_{pop}	Personnes/km ²
unit_camping_traffic.csv	Nombre entier	Trafic annuel de camping	U_{camp}	# de campeurs par année
unit_arson_report.csv	Nombre entier	Fréquence des crimes liés aux incendies criminels	$U_{incendies\ criminels}$	# de rapports par année
Key_Site_Locations.csv	Nombre entier	Sites clé	---	---
Fire_Station_Locations.csv	Caractère	Emplacement des casernes de pompiers	---	---

Table 2: Sites clés, noms, valeur d'identification correspondante et type de site.

Site clé	Valeur ID	Type
Saint John	2	Ville



Moncton	3	Ville
Fredericton	4	Ville
Miramichi	5	Ville
Bathurst	6	Ville
Mactaquac	7	Parc
Mont Carleton	8	Parc
Parlee Beach	9	Parc
Kouchibouguac	10	Parc
Fundy	11	Parc
Gagetown	12	Base militaire

Table 3: Casernes de pompiers informations.

Types des Casernes de Pompier	Rayon (km)	Informations	Conditions
Type A	200	Plans d'eau	Il faut un accès à l'eau dans un rayon de 50 kilomètres
Type B	120	Camions de pompiers	Ne peut fonctionner que dans les villes ou les villages (accès aux bornes-fontaines)
Type C	80	VTT	---