



# Programmation

## Cas de la compétition



Directrice de la compétition – Eleanor McSporran (elle)

[programming@cec.cfes.ca](mailto:programming@cec.cfes.ca)

1-506-471-4166

[cec.cfes.ca](http://cec.cfes.ca)



## 1. Contexte

Dans un monde où de nombreuses méthodes d'énergie renouvelable sont mises en œuvre, il est également important d'atténuer le gaspillage d'électricité ainsi que les coûts de production et de transport de l'électricité. Les données sur les tendances peuvent être particulièrement utiles en ces temps, car elles permettent aux tendances des années précédentes de donner des directives moyennes quant à la demande prévue pour l'année à venir.

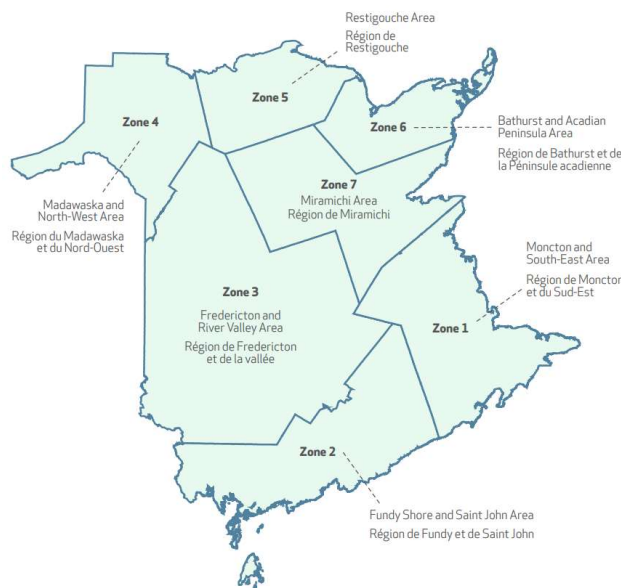


Figure 1: Carte des zones dans la province du Nouveau-Brunswick



La compagnie d'électricité provinciale veut s'assurer qu'elle utilise ces sources d'énergie renouvelables à leur meilleur potentiel. Elle veut également minimiser les coûts du transport d'énergie et la quantité d'électricité vendue à l'extérieur de la province. Il existe différentes centrales électriques dans la province.

Aux fins de ce problème, la province a été divisée en zones comme illustré à la figure 1. Il y a aussi 4 zones supplémentaires qui sont considérées: le Maine (ME), la Nouvelle-Écosse (NS), l'Île-du-Prince-Édouard (PEI) et le Québec (QC). L'excès d'électricité peut être vendu à ces 4 zones.

Dans la province du Nouveau-Brunswick, il existe 3 sources d'électricité non renouvelables et 2 sources d'électricité renouvelables. Les énergies non renouvelables comprennent l'énergie thermique, l'énergie des turbines à combustion et les sources d'énergie nucléaire. Les sources renouvelables comprennent l'énergie éolienne et l'énergie hydroélectrique. Pour plus d'informations, consultez la section des définitions ci-dessous.

Pour les sources non renouvelables telles que les sources thermiques et les turbines à combustion, elles peuvent être exploitées pendant des périodes de temps et désactivées lorsqu'elles ne sont pas



nécessaires, afin de réduire les coûts. L'énergie nucléaire non renouvelable est une source de production constante. L'énergie nucléaire ne peut pas être arrêtée, mais si elle est en surplus, elle peut être dissipée dans le sol, c'est-à-dire qu'elle sera gaspillée, ou vendue à d'autres provinces ou régions. La source renouvelable d'énergie hydroélectrique, comme la source d'énergie nucléaire, sera considérée comme une alimentation électrique constante, alors qu'en réalité, elle est plus variable. Aux fins de ce problème, l'énergie éolienne sera également une source d'énergie constante. En réalité, l'énergie éolienne change en fonction des conditions météorologiques.

## 2. Défi de la compétition

Élaborer un programme capable de lire l'ensemble de données des années précédentes et de prévoir une prévision des besoins énergétiques dans une province. La prévision comprend des choix rentables quant à l'origine de l'énergie et à l'endroit où elle doit être envoyée. Le programme devrait être facilement adaptable afin de permettre l'ajout ou la suppression de plus de sources d'énergie si nécessaire. Il y a 2 niveaux à ce problème, vous devez terminer les niveaux dans l'ordre.



**Niveau 1:** À l'aide de l'une des méthodes ci-dessous, ainsi que des données des années précédentes, prédir la consommation d'énergie des provinces pour l'année à venir. Imprimez les détails dans le format de fichier approprié, voir Section 5 (Sortie souhaitée).

- Extrapolation linéaire
- Extrapolation polynomiale

**Niveau 2:** Optimiser l'électricité entre les zones de la province tout en essayant de minimiser les coûts. Utilisez l'équation d'optimisation vue à la section 3 (Informations fournies) et imprimez les détails ci-dessous dans le format de fichier approprié, voir section 5 (Sortie souhaitée).

- Coûts mensuels pour la province (\$)
- Énergie totale consommée (GWh)
- Énergie renouvelable utilisée (%)

### 3. Informations fournies

Utilisez l'équation 1 ci-dessous comme fonction de coût de toutes les ressources utilisées. Ce coût devra être calculé dans chaque zone, en



utilisant les vecteurs et valeurs respectifs.

$$C_{zone,mois}(h) = p_{zone} \cdot h_{zone} + e \times h_{émissif} - b \times h_{non-émissif} \quad (\text{Éq. 1})$$

Où la variable **C<sub>zone,mois</sub>** représente le coût associé à un mois et une zone particuliers, les zones vont de 1 à 11, où les zones 1 à 7 sont au Nouveau-Brunswick, la zone 8 est le Maine, la zone 9 est la Nouvelle-Écosse, la zone 10 est l'Île-du-Prince-Édouard, et la zone 11 est le Québec. La valeur **h** est le vecteur des kilowattheures (kWh) envoyés de toutes les zones vers la zone d'intérêt. La variable **p** est le vecteur des pénalités associées à l'envoi de puissance vers cette zone d'intérêt depuis toutes les autres zones.

La variable **e** (\$/kWh) est la taxe carbone qui sera ajoutée à tout kWh généré à partir de sources émissives. La variable **h<sub>émissif</sub>** est le total des kWh générés dans la zone d'intérêt à partir de sources émissives. La variable **b** (\$/kWh) est le bonus incitatif pour l'utilisation de sources non émissives. La variable **h<sub>non-émissif</sub>** est le total des kWh générés dans la zone d'intérêt à partir de sources non émissives.

Un exemple est donné ci-dessous, l'équation 2, où l'équation de coût est évaluée pour le mois de janvier dans la zone 1. Les valeurs de **p** sont tirées de



PenaltyValues.csv, voir le tableau 3. Les valeurs de **h**, **h<sub>émissif</sub>** et **h<sub>non-émissif</sub>** sont à l'échelle, cependant, sont fictives aux fins de cet exemple. Enfin, les valeurs de **e** et **b** sont tirées de IncentiveRates.csv, voir le tableau 1.

$$C_{1,1}(h) = \begin{bmatrix} 0.12 \\ 0.38 \\ 0.45 \\ 0.59 \\ 0.62 \\ 0.43 \\ 0.37 \\ 0 \\ 0.18 \\ 0.24 \\ 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 50 \times 10^6 \\ 25 \times 10^6 \\ 75 \times 10^6 \\ 15 \times 10^6 \\ 13 \times 10^6 \\ \vdots \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} + (0.015 \times 170 \times 10^6) - (0.009 \times 90.6 \times 10^6) \quad (\text{Éq. 2})$$

Il est important de noter que les valeurs de puissance représentées en **h**, **h<sub>émissif</sub>** et **h<sub>non émissif</sub>** doivent être en kWh, c'est pourquoi dans l'équation 2, les valeurs sont multipliées par un facteur de  $10^6$ .

Pour calculer les coûts globaux pour un mois donné pour la province entière, vous devez mettre en œuvre l'équation 3, vue ci-dessous.

$$T_{mois} = \sum_{zone=1}^{11} C_{zone,mois} \quad (\text{Éq. 3})$$



Dans l'équation ci-dessus,  $T_{\text{mois}}$  (\$) est le coût mensuel total des opérations dans toute la province.  $C$  (\$) est le coût d'opération dans une zone spécifique, au cours d'un mois donné.

#### 4. Matériaux

Vous recevrez les fichiers suivants qui contiennent des données à lire et à appliquer au code. Veuillez prêter une attention particulière aux unités.

##### **IncentiveRates.csv**

Ce fichier contient le facteur de pénalité et le facteur d'incitation.

Voir l'annexe A, tableau 1 pour la représentation des données.

Unités: **\$/kWh**

##### **PlantProductionRates.csv**

Ce fichier contient les valeurs de production des différentes usines.

Voir l'annexe A, tableau 2 pour la représentation des données.

Unités : **MW**





### **PenaltyValues.csv**

Ce fichier contient les valeurs de pénalité pour la puissance.

Voir l'annexe A, tableau 3 pour la représentation des données.

Unités: **\$/kWh**

### **NBTrend20##.csv**

Ce fichier contient les données de consommation pour l'année donnée.

Voir l'annexe A, tableau 4 pour la représentation des données.

Unités: **GWh**

Pour le niveau 1, vous recevrez des données pour les 4 dernières années de consommation d'énergie. Ces données prendront la même forme que celle illustrée à la figure 5, à l'annexe A. Les fichiers seront intitulés NBTrend2018, NBTrend2017, NBTrend2016 et NBTrend2015.

Pour le niveau 2, vous devrez utiliser tous les fichiers mentionnés ci-dessus ainsi que vos valeurs de consommation d'énergie prédites.



## 5. Sortie désirée

Il est nécessaire pour tous les niveaux que les sorties soient envoyées dans un fichier CSV facilement lisible, c'est-à-dire pouvant être facilement utilisé pour créer des graphiques / tableaux dans Excel.

### Pour le niveau 1:

Affichez la puissance prédite pour chaque zone de la province, pour chaque mois de l'année.

- La sortie doit être écrite dans un fichier CSV, dont la forme correspond aux fichiers d'entrée. 7 colonnes (zones) et 12 lignes (mois).
- Toutes les unités doivent être en GWh
- Notez dans votre présentation quelle méthode d'extrapolation a été utilisée

### Pour le niveau 2:

Affichez la répartition optimisée de l'électricité pour la province, afin de minimiser les coûts. Indiquez le pourcentage de l'électricité totale fournie qui était renouvelable.



- La sortie doit être écrite dans un fichier CSV, où les 3 valeurs ci-dessous sont affichées pour toute la province chaque mois.
  - Coût (\$)
  - Puissance totale consommée (GWh)
  - Énergie renouvelable utilisée (%)

## 6. Livrables

Il devrait y avoir un fichier qui sert de pilote pour le code soumis, lorsqu'il est exécuté, il parcourt vos simulations et produit les fichiers de sortie souhaités. Ce fichier doit être nommé comme indiqué ci-dessous; python est utilisé comme exemple, mais le type de fichier est à la discrétion de l'équipe.

`codename_programmationDriver.py`

Vous devez également inclure les fichiers de sortie produits pour tous les niveaux terminés.

Pour la présentation, elle doit également être incluse dans le dépôt GitHub avec tout matériel supplémentaire requis. Il est important de noter qu'il existe un format pour nommer la présentation qui sera soumise.



codename\_programmation.ppt

Si les fichiers ne parviennent pas à être soumis via GitHub, contactez votre directeur immédiatement pour l'alerter du problème.

## 7. Définitions

**Non renouvelable:** Utilise un type de combustible qui n'est pas renouvelable, c'est-à-dire utilisant des combustibles fossiles.

**Renouvelable:** Utilise les caractéristiques et les forces naturelles pour déplacer des turbines qui génèrent de l'électricité utilisable.

**Non émissif:** Des systèmes qui ne dégagent aucune émission nocive.

**Émissif :** Des systèmes qui dégagent certaines émissions.

**Thermique:** En brûlant une source de combustible pour créer de la chaleur, qui est utilisée pour créer de la vapeur, qui à son tour déplace la turbine à vapeur, ce type d'installation peut produire de l'électricité utilisable.

Classe: Émissif et non renouvelable



**Hydroélectrique** : Cette énergie est collectée à partir de turbines qui sont logées dans des barrages et d'autres structures. En utilisant ces structures, nous pouvons convertir l'énergie potentielle en électricité.

Classe: Non émissif et renouvelable.

**Nucléaire** : Cette énergie est produite par des réactions de fission contrôlées. La fission contrôlée produit de la chaleur, qui est ensuite utilisée pour produire de la vapeur. La vapeur fait alors tourner la turbine pour qu'elle se déplace, ce qui génère de l'électricité utilisable.

Classe: Non émissif et non renouvelable

**Turbine à combustion**: Semblable au thermique, cette forme d'énergie est générée en brûlant une source de carburant, et les gaz chauds produits sont utilisés pour faire tourner directement une turbine à gaz, générant de l'électricité utilisable.

Classe: Émissif et non renouvelable

**Vent**: L'utilisation de vitesses de vent élevées pour faire tourner les pales d'éoliennes permet de produire de l'électricité.

Classe: Non émissif et renouvelable



## 8. Critères d'évaluation

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



Pénalités de points de la programmation	
Plagiat	Élimination
Citation insuffisante	-50
Documents reçus après la date limite	-50
Membre de l'équipe absent	-25
Divulgence verbale de l'école pendant la présentation	-10
Divulgence de l'école dans les dossiers/documents de présentation	-10
Porter des vêtements d'école pendant la présentation	-50
Entrer dans la salle de présentation avant le temps alloué (après la première infraction)	-10
<b>Total</b>	

## 9. Annexe A - Disposition des fichiers

Pour discuter de l'empreinte des différents systèmes de production d'électricité, les valeurs ont été clairement présentées dans le tableau 1. Ces informations seront fournies aux candidats par l'entremise d'un fichier CSV, comme le montre la figure 2.

Tableau 1: Taux d'incitation et taxes pour les types de production.

	Taxe sur les émissions	Incitatif non-émissif
Taux	0.015 \$/kWh	0.009 \$/kWh





```
IncentiveRates.csv
1 0.015,0.009
```

Figure 2: Un exemple de fichier CSV contenant les taux d'incitation et les taxes.

Les taux de production globaux dans chaque zone de la province sont présentés dans le tableau 2. Les chiffres seront donnés dans un fichier CSV, comme le montre la figure 3.

Tableau 2: Emplacements de certains types d'installations et leurs taux de production, toutes les valeurs en MW.

	Thermique	Nucléaire	Turbine à combustion	Hydro	Vent
Zone 1	-	-	-	-	150MW
Zone 2	972MW	660MW	407MW	18MW	-
Zone 3	-	-	-	809MW	-
Zone 4	39MW	-	-	75MW	-
Zone 5	467MW	-	-	99MW	-
Zone 6	-	-	99MW	11MW	45MW
Zone 7	-	-	397MW	-	-





PlantProductionRates.csv				
1	0,0,0,0,150			
2	972,660,407,18,0			
3	0,0,0,809,0			
4	39,0,0,75,0			
5	467,0,0,99,0			
6	0,0,99,11,45			
7	0,0,397,0,0			

Figure 3: Exemple de fichier pour les taux de production des usines. Les cinq chiffres de chaque ligne correspondent aux 5 colonnes du tableau 2.

Le coût associé à la production et au transport de l'électricité à l'intérieur d'une zone et entre les zones est présenté dans le tableau 3. Le tableau 3 décrit également le coût du transport d'énergie vers d'autres provinces ou régions. Ces informations sont données aux candidats sous la forme d'un fichier CSV, comme le montre la figure 4.



Tableau 3: Pénalités de création et de déplacement d'énergie entre les zones (tous les chiffres sont des coûts en \$ / kWh).

	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9	Z10	Z11
Z1	0.12	0.38	0.45	0.59	0.62	0.43	0.37	0.36	0.18	0.24	0.29
Z2	0.38	0.25	0.30	0.45	0.59	0.47	0.61	0.16	0.42	0.28	0.27
Z3	0.45	0.30	0.09	0.18	0.21	0.36	0.25	0.19	0.25	0.26	0.21
Z4	0.59	0.45	0.18	0.05	0.25	0.35	0.27	0.23	0.16	0.26	0.12
Z5	0.62	0.59	0.21	0.25	0.10	0.30	0.11	0.32	0.28	0.21	0.15
Z6	0.43	0.47	0.36	0.35	0.30	0.14	0.15	0.27	0.31	0.29	0.26
Z7	0.37	0.61	0.25	0.27	0.11	0.15	0.05	0.20	0.25	0.26	0.28
Z8	0.36	0.16	0.19	0.23	0.32	0.27	0.20	0	0	0	0
Z9	0.18	0.42	0.25	0.16	0.28	0.31	0.25	0	0	0	0
Z10	0.24	0.28	0.26	0.26	0.21	0.29	0.26	0	0	0	0
Z11	0.29	0.27	0.21	0.12	0.15	0.26	0.28	0	0	0	0



	PenaltyValues.csv
1	0.12,0.38,0.45,0.59,0.62,0.43,0.37,0.36,0.18,0.24,0.29
2	0.38,0.25,0.30,0.45,0.59,0.47,0.61,0.16,0.42,0.28,0.27
3	0.45,0.30,0.09,0.18,0.21,0.36,0.25,0.19,0.25,0.26,0.21
4	0.59,0.45,0.18,0.05,0.25,0.35,0.27,0.23,0.16,0.26,0.12
5	0.62,0.59,0.21,0.25,0.10,0.30,0.11,0.32,0.28,0.21,0.15
6	0.43,0.47,0.36,0.35,0.30,0.14,0.15,0,0,0,0
7	0.37,0.61,0.25,0.27,0.11,0.15,0.05,0,0,0,0
8	0.36,0.16,0.19,0.23,0.32,0.27,0.20,0,0,0,0
9	0.18,0.42,0.25,0.16,0.28,0.31,0.25,0,0,0,0
10	0.24,0.28,0.26,0.26,0.21,0.29,0.26,0,0,0,0
11	0.29,0.27,0.21,0.12,0.15,0.26,0.28,0,0,0,0

Figure 4: Exemple du fichier CSV contenant les valeurs des pénalités.

Les données de l'année précédente seront fournies dans un fichier CSV, similaire à ceux ci-dessus, et fourniront la consommation énergétique mensuelle pour chacune des 7 zones. Toutes les valeurs sont affichées en giga-Watt heures, GWh. Un exemple des données tabulées est présenté ci-dessous dans le tableau 4, et les données seraient données dans un format CSV comme le montre la figure 5 ci-dessous.



Tableau 4: Exemple de données montrant ce que contiendra le fichier CSV remis aux candidats. Toutes les valeurs sont données en GWh.

	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7
JAN	420.16	488.8	455.52	416.0	399.36	382.72	366.08
FÉV	377.74	439.45	409.53	374.0	359.04	344.08	329.12
MAR	436.32	507.6	473.04	432.0	414.72	397.44	380.16
AVR	410.06	477.05	444.57	406.0	389.76	373.52	357.28
MAI	359.56	418.3	389.82	356.0	341.76	327.52	313.28
JUN	337.34	392.45	365.73	334.0	320.64	307.28	293.92
JUL	319.16	371.3	346.02	316.0	303.36	290.72	278.08
AOÛT	337.34	392.45	365.73	334.0	320.64	307.28	293.92
SEP	349.46	406.55	378.87	346.0	332.16	318.32	304.48
OCT	381.78	444.15	413.91	378.0	362.88	347.76	332.64
NOV	410.06	477.05	444.57	406.0	389.76	373.52	357.28
DÉC	432.28	502.9	468.66	428.0	410.88	393.76	376.64



NBTrend2018.csv											
1	420.16	,488.8	,455.52	,416,399.36	,382.72	,366.08					
2	377.74	,439.45	,409.53	,374,359.04	,344.08	,329.12					
3	436.32	,507.6	,473.04	,432,414.72	,397.44	,380.16					
4	410.06	,477.05	,444.57	,406,389.76	,373.52	,357.28					
5	359.56	,418.3	,389.82	,356,341.76	,327.52	,313.28					
6	337.34	,392.45	,365.73	,334,320.64	,307.28	,293.92					
7	319.16	,371.3	,346.02	,316,303.36	,290.72	,278.08					
8	337.34	,392.45	,365.73	,334,320.64	,307.28	,293.92					
9	349.46	,406.55	,378.87	,346,332.16	,318.32	,304.48					
10	381.78	,444.15	,413.91	,378,362.88	,347.76	,332.64					
11	410.06	,477.05	,444.57	,406,389.76	,373.52	,357.28					
12	432.28	,502.9	,468.66	,428,410.88	,393.76	,376.64					

Figure 5: Exemple de fichier CSV pour une année donnée, montrant les données de consommation d'énergie pour chaque zone, chaque mois. Toutes les valeurs sont en GWh.