

# **DE LA VULNÉRABILITÉ À LA RÉSILIENCE**

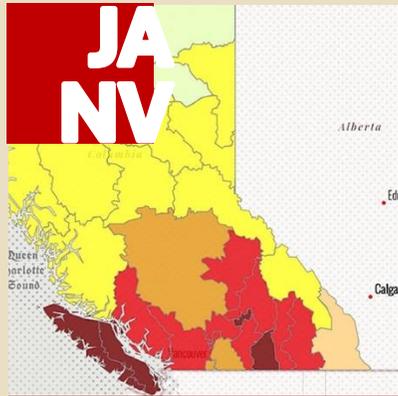
**L'adaptation des  
infrastructures énergétiques  
aux changements climatiques**

**Alex Bigouret  
28 janvier 2025**



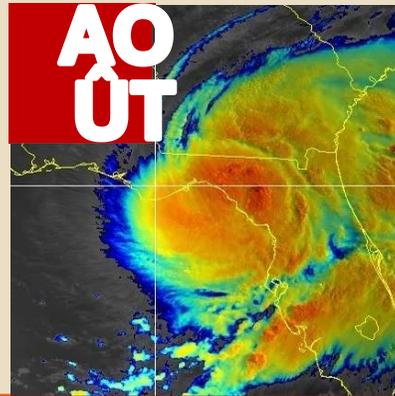
# Une nouvelle normalité

**2024**



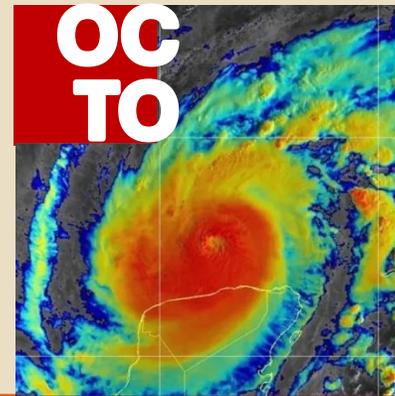
**Sécheresses en  
Colombie-  
Britannique**

**2024**



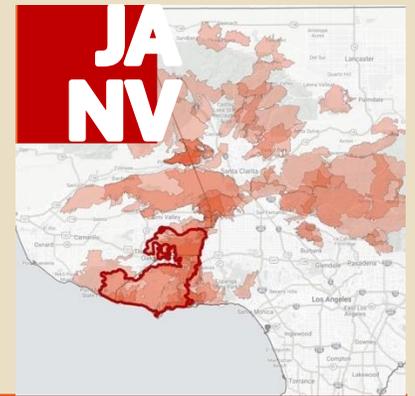
**Ouragan Debby**

**2024**



**Ouragan Milton**

**2025**



**Incendies à Los  
Angeles**

# Une menace pour la sécurité énergétique

Pour les infrastructures énergétiques, les risques climatiques sont des menaces **multifactorielles** et **transversales**.

Les aléas météorologiques extrêmes sont cumulables et constituent tous une menace pour les infrastructures énergétiques

L'ensemble de la chaîne d'approvisionnement (production, transport, distribution, consommation) et toutes les sources d'énergie (fossiles et bas-carbone) sont concernées

En minant la fiabilité des infrastructures, la multiplication des événements météorologiques extrêmes met en péril la **sécurité énergétique** mondiale

Capacité à garantir un approvisionnement stable, suffisant, abordable et durable en énergie

# Vulnérabilités du système énergétique

## Production et transformation

### Pétrole et gaz naturel

#### Tempêtes de haute intensité

Perturbation des opérations et de la maintenance des installations *offshore* et endommagement des installations *onshore*

#### Précipitations

Détérioration des infrastructures côtières (terminaux pétroliers et méthaniers, centrales thermiques côtières)

#### Vagues de chaleur

Plus faible productivité des centrales thermiques et des activités de raffinage (limites de température de l'eau de refroidissement)

#### Sécheresses

Hausse des coûts associée à la fracturation hydraulique (schiste)



### Charbon

#### Précipitations

Détérioration des infrastructures côtières et baisse de la qualité du charbon dans les mines et zones de stockage (détrempé)

#### Vagues de chaleur

Plus faible productivité des centrales thermiques (limites de température de l'eau de refroidissement)

#### Sécheresses

Manque d'eau affecte négativement l'extraction charbonnière (besoins importants en eau)



# Vulnérabilités du système énergétique

## Production et transformation

### Hydraulique

#### Tempêtes de haute intensité

Accumulation de matériaux en suspension bloque les déversoirs des barrages

#### Précipitations et inondations

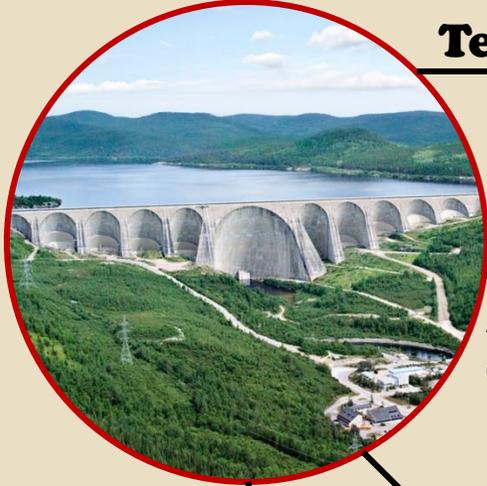
Altération de la performance des vannes de déversement des barrages

#### Vagues de chaleur

Variations du niveau d'eau, de l'humidité des sols et de la température augmentent les risques d'érosion interne pour les barrages en remblai

#### Sécheresses

Réduction des débits d'eau dans les réservoirs, affectant la productivité des barrages



### Nucléaire

#### Précipitations et inondations

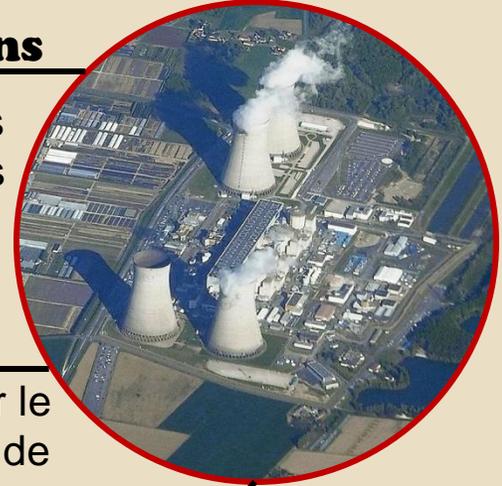
Détérioration des centrales côtières

#### Vagues de chaleur

Besoins accrus en eau pour le refroidissement mais limites de température de l'eau de refroidissement

#### Sécheresses

Manque d'eau affecte le refroidissement des réacteurs (baisse de la productivité)



# Vulnérabilités du système énergétique

## Production et transformation

### Éolien

#### Tempêtes de haute intensité

Accumulation de glace sur les pales des éoliennes peut affecter la performance et la durabilité des éoliennes et les tempêtes maritimes peuvent affecter les opérations et la maintenance des éoliennes offshore

#### Vagues de chaleur

Températures plus élevées affectent la durée de vie des cellules des batteries et d'autres composants électroniques. En cas de chaleur extrême, une éolienne standard peut s'arrêter complètement

#### Changement du régime des vents

Vents trop faibles ou trop puissants peuvent marginalement affecter la productivité des éoliennes



### Solaire PV

#### Tempêtes de haute intensité

Accumulation de saletés, de poussières ou de neige peut réduire la productivité du PV et les chutes de grêle et les cyclones tropicaux, les endommager

#### Précipitations et inondations

Changements d'irradiation solaire et nébulosité (couverture nuageuse opaque) affectent la productivité

#### Vagues de chaleur

Baisse de la tension et de la production d'électricité, car le solaire PV fonctionne mieux par temps frais et ensoleillé



# Vulnérabilités du système énergétique

## Production et transformation

### **Biomasse**



### **Incendies**

Plus faible disponibilité de la biomasse forestière

### **Sécheresses**

Baisse des rendements dans les régions à fort stress hydrique (baisse de la photosynthèse et modification de la composition chimique des cultures)

# Vulnérabilités du système énergétique

## Transport et distribution

### Pipeline



#### Dégel du pergélisol

En région arctique, risques de rupture des conduites (risque de déversement dans l'environnement, de fuites de méthane dans l'atmosphère, ou d'explosion de gazoducs)

#### Tempêtes de haute intensité

Par temps froid, les gazoducs et oléoducs peuvent devenir inopérants

#### Précipitations et inondations

Inondations peuvent affecter la viabilité des gazoducs et oléoducs

#### Vagues de chaleur

Hausse de température facilite la dilatation des conduites et accroît le risque de rupture

### Réseau électrique

#### Dégel du pergélisol

En région arctique, déplacement des fondations des pylônes de transmission et endommagement des chambres de câbles

#### Tempêtes de haute intensité

Accumulation de glace ou vents violents peuvent rompre des lignes électriques et renverser ou casser des poteaux électriques

#### Incendies

Endommagement et/ou destruction des lignes et des poteaux de transmission

#### Vagues de chaleur

Augmentation de la température de l'air réduit la durée de vie des transformateurs et la capacité de transmission des lignes électriques



# Vulnérabilités du système énergétique

## Consommation

### Bâtiments



#### Vagues de chaleur

Augmentation ponctuelle des besoins en climatisation (pics de consommation) mais baisse globale des besoins en chauffage

#### Tempêtes de haute intensité

Augmentation ponctuelle des besoins en chauffage (pics de consommation)

### Transports



#### Vagues de chaleur et de froid

Hausse potentielle de la consommation d'énergie dans le secteur aérien et baisse de l'efficacité des carburants et des batteries dans le transport routier

### Industrie



#### Précipitations et inondations

Précipitations plus fréquentes et plus fortes (lessivage des sols) pourraient accroître la demande dans l'industrie chimique en raison des besoins accrus en engrais

#### Transversal

Hausse potentielle de la demande de fer, en acier et en ciment pour l'adaptation des infrastructures et leur reconstruction après une catastrophe

# Vulnérabilités du système énergétique

## Principales conclusions



Les réseaux électriques sont les infrastructures les plus vulnérables aux changements climatiques



Triptyque vagues de chaleur-sécheresses-incendies paralyse le plus l'ensemble du système énergétique, mais inondations-tempêtes de haute intensité sont les plus destructrices



L'éolien et le solaire PV ont une plus faible vulnérabilité aux conditions climatiques que les centrales thermiques et hydroélectriques



La transition énergétique réduit les vulnérabilités du côté de la production mais contribue à les renforcer du côté du transport et de la distribution d'énergie

# Résilience du système énergétique

**Coopération entre les parties prenantes**

**Fournisseurs  
d'énergie**



**Se préparer  
Résister  
Surmonter  
Récupérer**



**Autorités en charge  
de l'énergie**



**Consommateurs  
d'énergie**

# MERCI !

**Contact :**



**[alex.bigouret@umontreal.ca](mailto:alex.bigouret@umontreal.ca)**



**[Alex Bigouret](#)**