



Colloque sur la sécurité civile

Sécurité des barrages et sécurité civile, le cas d'Hydro-Québec

Éric Péloquin et Titouan Hachet

28 octobre 2025





Éric Péloquin

Chef Sécurité des barrages, Hydro-Québec



Titouan Hachet

Coordonnateur mesures d'urgence, Hydro-Québec



Colloque sur la sécurité civile

Sécurité des barrages et sécurité civile, le cas d'Hydro-Québec

Éric Péloquin et Titouan Hachet

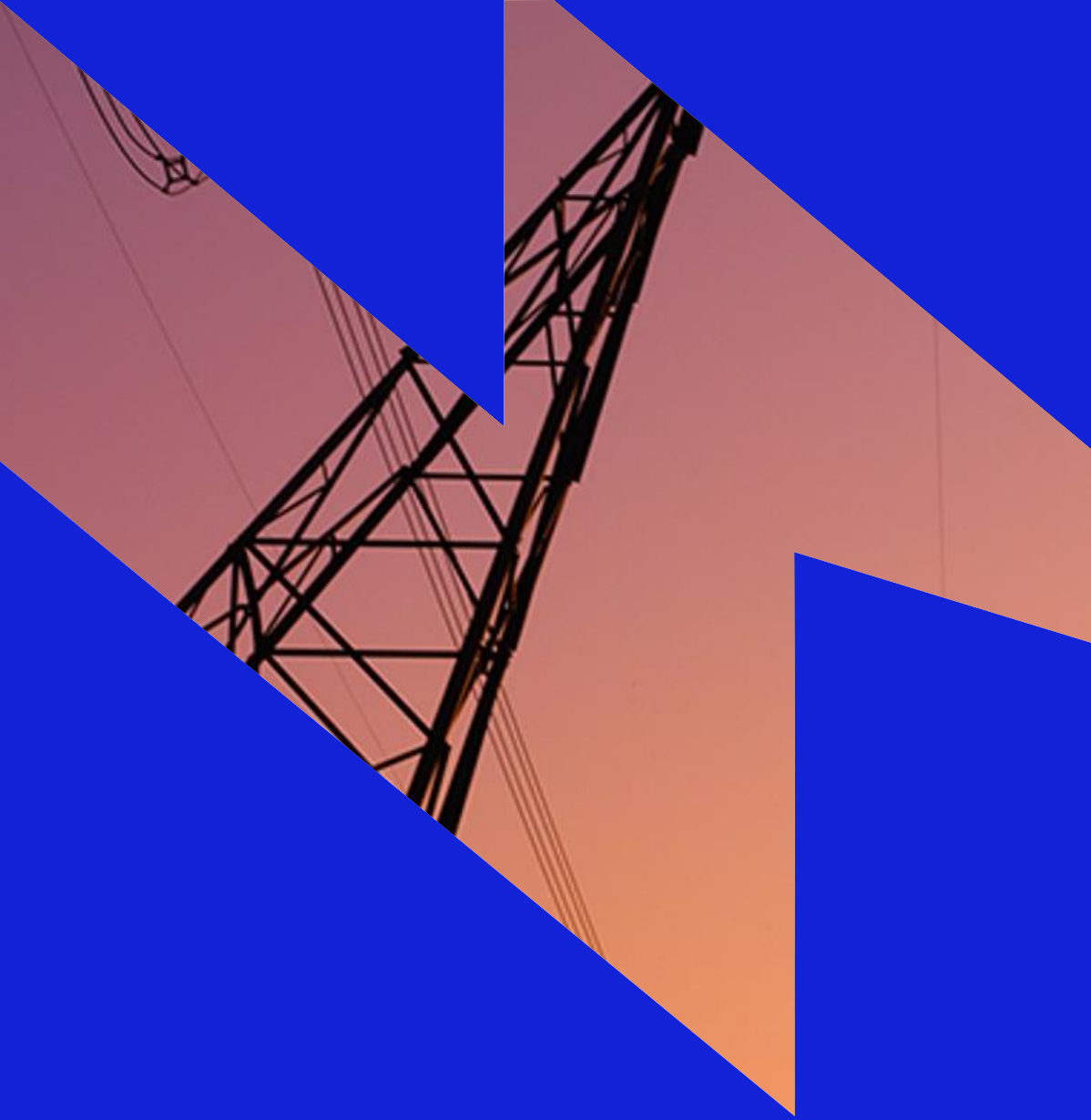
28 octobre 2025



Sécurité des barrages et sécurité civile

Plan de présentation

À propos d'Hydro-Québec	5
Une histoire d'ici	16
Les barrages et ouvrages de génie civil	19
Processus de gestion de la sécurité des barrages	25
Les mesures d'urgence	40
Les études de rupture de barrage et les cartes d'inondations	47
Le risque barrage	56
Conclusion	58



À propos d'Hydro-Québec

Sécurité des barrages et sécurité civile

À propos d'Hydro-Québec

Faits saillants



Actifs totaux

99,7 G\$



Employés

23 280

(permanents et temporaires)



Bénéfice net

2,7 G\$



Contribution de

4 G\$

au Gouvernement du Québec



Ventes d'électricité

192,3 TWh

dont 15,1 TWh à l'exportation



Investissements au Québec

6 G\$

À propos d'Hydro-Québec



PRODUCTION



37 407 MW*
de puissance installée

62
centrales hydroélectriques

TRANSPORT



34 900 km
de lignes de transport

536
postes de transport

DISTRIBUTION



229 283 km
de lignes de distribution

4,5 millions
clients

TÉLÉCOM



14 500 km
de câbles à fibre optique

800
sites de télécommunications

**N'inclus pas la production qu'Hydro-Québec achète de Churchill Falls (5 428 MW), des parcs éoliens (3 933 MW), des petites centrales (706 MW), des centrales de cogénération à la biomasse ou au biogaz (419 MW) et autres (525 MW).*

À propos d'Hydro-Québec

Selon vous, Hydro-Québec est propriétaire de combien de barrages?

slido

Définition issue de la Loi sur la sécurité des barrages :

- *Tout ouvrage d'une hauteur d'au moins 1 m, construit en travers d'un cours d'eau ou à l'exutoire d'un lac et ayant pour effet de créer un réservoir.*
 - *Est assimilé à un barrage tout autre ouvrage destiné à retenir tout ou partie des eaux emmagasinées dans un tel réservoir.*

<https://app.sli.do/event/4JCeSaRDc7oRkFP94mab8Y>



687

À propos d'Hydro-Québec

Selon vous, combien de barrages sont recensés au Québec?

slido

Définition issue de la Loi sur la sécurité des barrages :

- *Tout ouvrage d'une hauteur d'au moins 1 m, construit en travers d'un cours d'eau ou à l'exutoire d'un lac et ayant pour effet de créer un réservoir.*
 - *Est assimilé à un barrage tout autre ouvrage destiné à retenir tout ou partie des eaux emmagasinées dans un tel réservoir.*

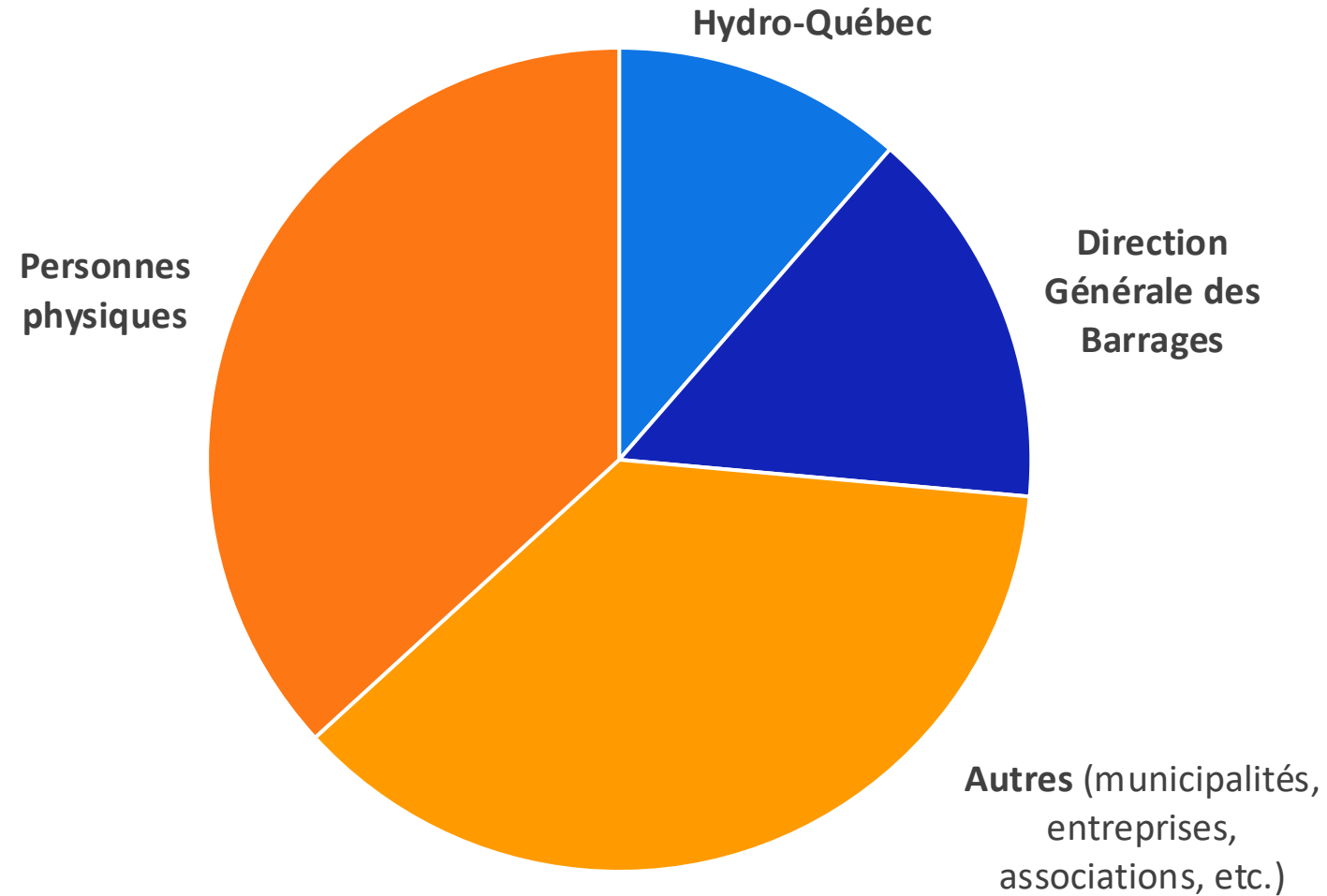
<https://app.sli.do/event/4JCeSaRDc7oRkFP94mab8Y>



Environ 6000

À propos d'Hydro-Québec

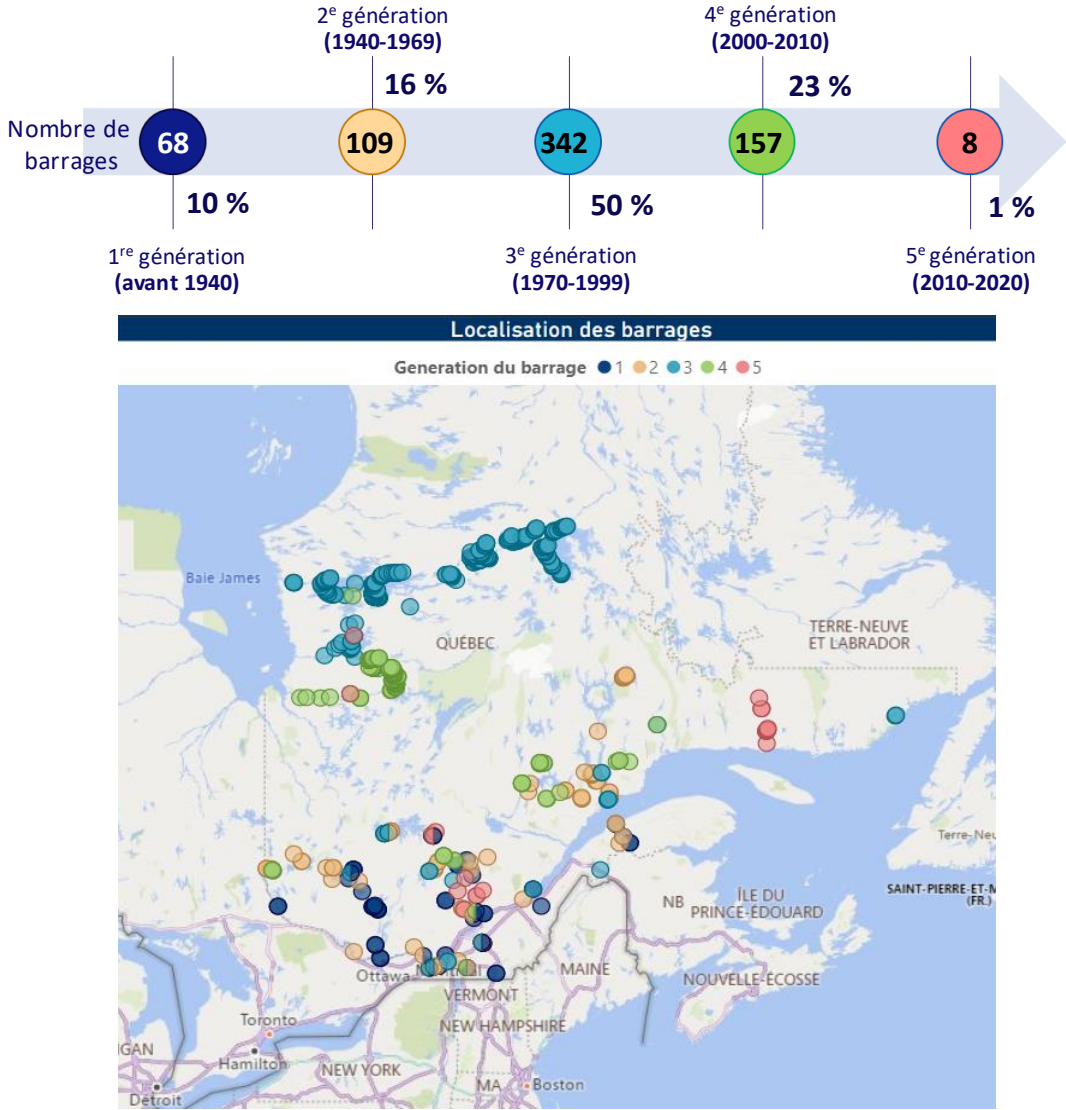
Répartition des barrages par propriétaires



À propos d'Hydro-Québec

Portrait du parc de barrages et d'évacuateurs

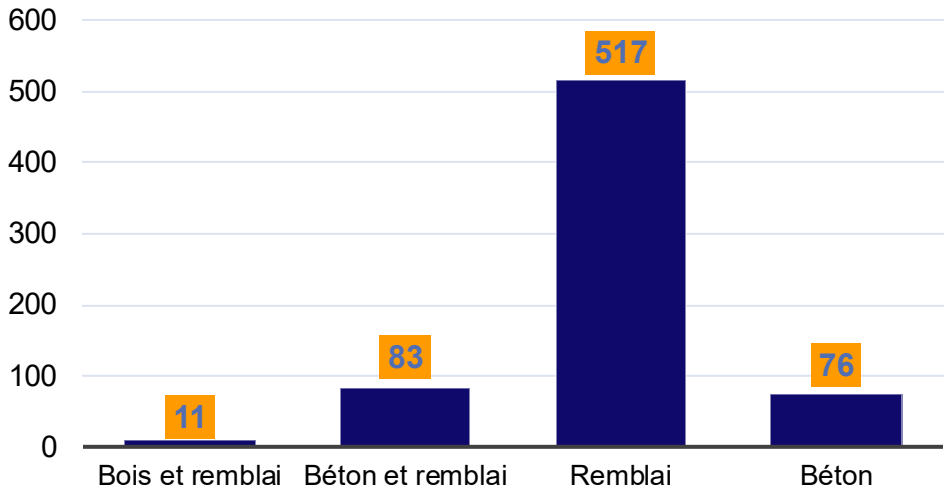
Barrages	Ouvrages régulateurs
687 barrages (majoritairement en remblai et en béton) 29 grands réservoirs	92 ouvrages d'évacuation et de régulation
Valeur de remplacement des actifs de production : 150 G\$¹ Incluant les ouvrages régulateurs et barrages : 85 G\$	
Durée de vie² 70 ans pour les barrages en béton 120 ans pour les barrages en remblai	Durée de vie² 50 ans pour les équipements mécaniques électriques 70 ans pour la partie béton
Âge moyen de construction 55 ans pour les barrages en béton 43 ans pour les barrages en remblai	Âge moyen de construction 55 ans pour les évacuateurs
¹ En fonction de l'année de fin de durée de vie utile (coût d'acquisition inflationné) ² Durée de vie comptable	



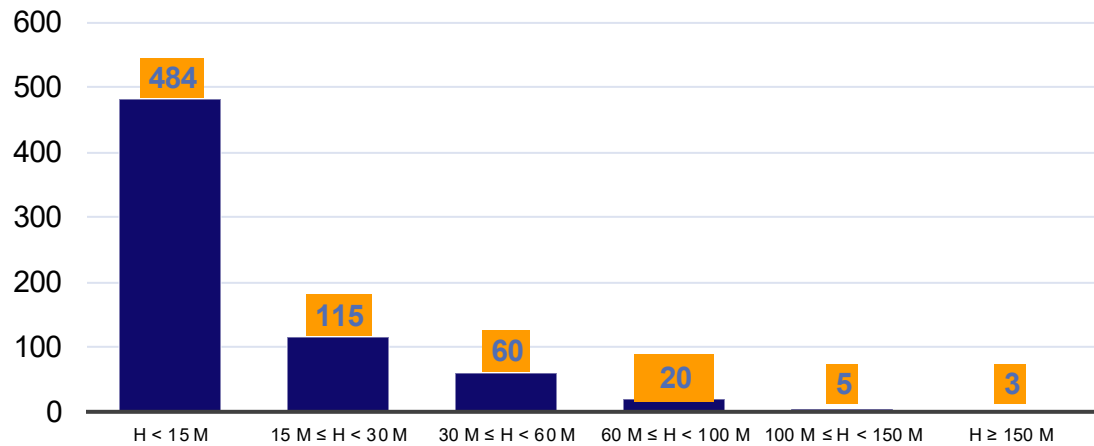
À propos d'Hydro-Québec

Inventaire des barrages

Répartition des barrages par type



Répartition des barrages par hauteur



À propos d'Hydro-Québec

Inventaire des barrages

Classification en fonction des paramètres de vulnérabilité (V = F x S)

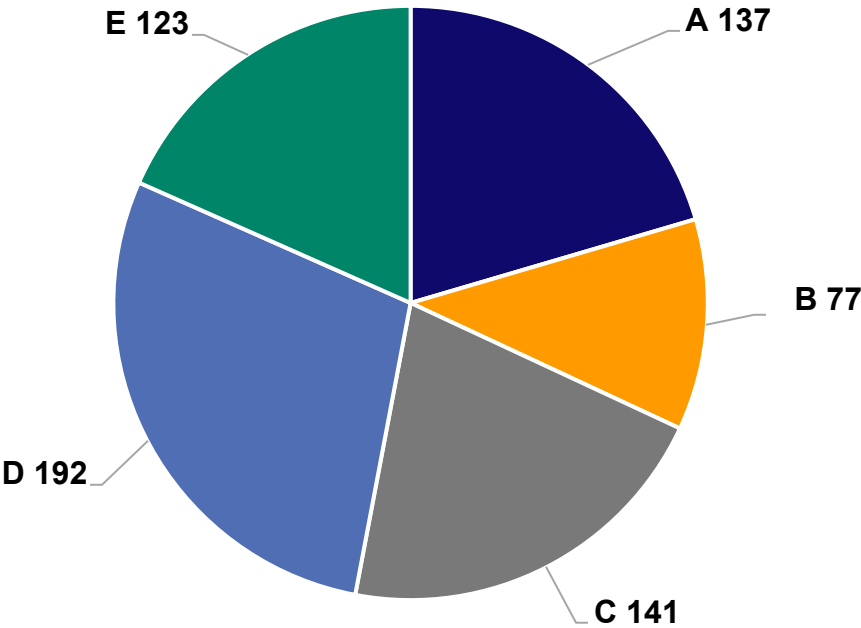
- › Fixes : hauteur, type, fondation et retenue — F
- › Variables (âge, sismicité, fiabilité et état) — S

Et du niveau des conséquences en cas de rupture (C)

*La classe (P) d'un barrage est fonction du risque (P = V x C)
présenté par le barrage pour les personnes et les biens (du plus grand risque A au plus faible E)*

Classe	Fréquence des activités de surveillance selon la Loi	
	Inspection	Visites de reconnaissance
A	1 / année	12 / année
B	1 / 2 ans	6 / année
C	1 / 5 ans	2 / année
D	1 / 8 ans	2 / année
E	1 / 10 ans	1 / année

Répartition des barrages par classe





Une histoire d'ici

Sécurité des barrages et sécurité civile

Chute Bell : historique



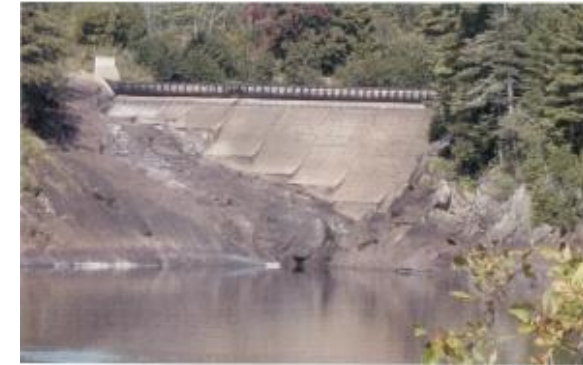
1913-1915

Conception et construction du barrage en bois (cages à claire-voie)



1942

Construction de la crête déversante en béton en aval du barrage en bois



1999

Réhabilitations majeures

- Vanne gonflable en crête du déversoir libre
- Modification à la turbine
- Réparation au mur gauche de la centrale

1939-1940

Réparations des cages à claire-voie



1962

Hydro-Québec devient propriétaire

1984

Premier arrêt de production électrique à la centrale

2011

Réparations au mur gauche et arrêt définitif de la production électrique



Chute Bell : jeudi 25 avril 2019...



Crue printanière décamillénale!

Inspections :

- Vérification de la capacité d'évacuation de la crête déversante
- Réévaluation de la stabilité du barrage

«Nous ne sommes pas en mesure de garantir l'intégrité de l'ouvrage»

Déclenchement de **l'alerte barrage et évacuation de la population**

- Installation d'urgence d'un limnimètre amont
- Inspection par hélicoptère
- Installation de caméras



Les barrages et ouvrages de génie civil

Sécurité des barrages et sécurité civile

Les barrages et ouvrages de génie civil

Composantes typiques d'un barrage avec centrale hydroélectrique



Barrages et digues

Leur rôle stratégique : Créer une retenue d'eau

Fonction : retenir l'eau de façon sécuritaire pour créer le réservoir

Localisation : Se situe habituellement dans le lit de l'ancienne rivière ou sur le pourtour du réservoir

Types :

- **En remblai :** zoné, homogène, symétrique, noyau bitumineux, masque amont, membrane imperméable, etc.
- **En béton :** de masse ou poids, voûte simple, voûtes multiples, etc.
- **Autres :** Bois, composite, etc.



Barrage Romaine-2

Évacuateur de crues et ouvrage régulateur

Leur rôle stratégique : Assurer la sécurité de l'aménagement

Fonction : évacuer le trop-plein d'eau

Localisation : Se situe au pourtour du réservoir ou le long d'une dérivation

L'évacuateur de crues se distingue des ouvrages régulateurs. Les différences :

- Conception
- Utilisation

Types :

- Vannes
- Pertuis de fond
- Crête déversante



Aménagements hydroélectriques

Définition : Comprends généralement l'ensemble des barrages et centrales requis pour fermer un même plan d'eau.

Types d'aménagements:

- Aménagements avec **réservoir**
- Aménagements au **fil de l'eau**
- **Dérivations** de rivières
- Autres aménagements non utiles à la production hydroélectrique



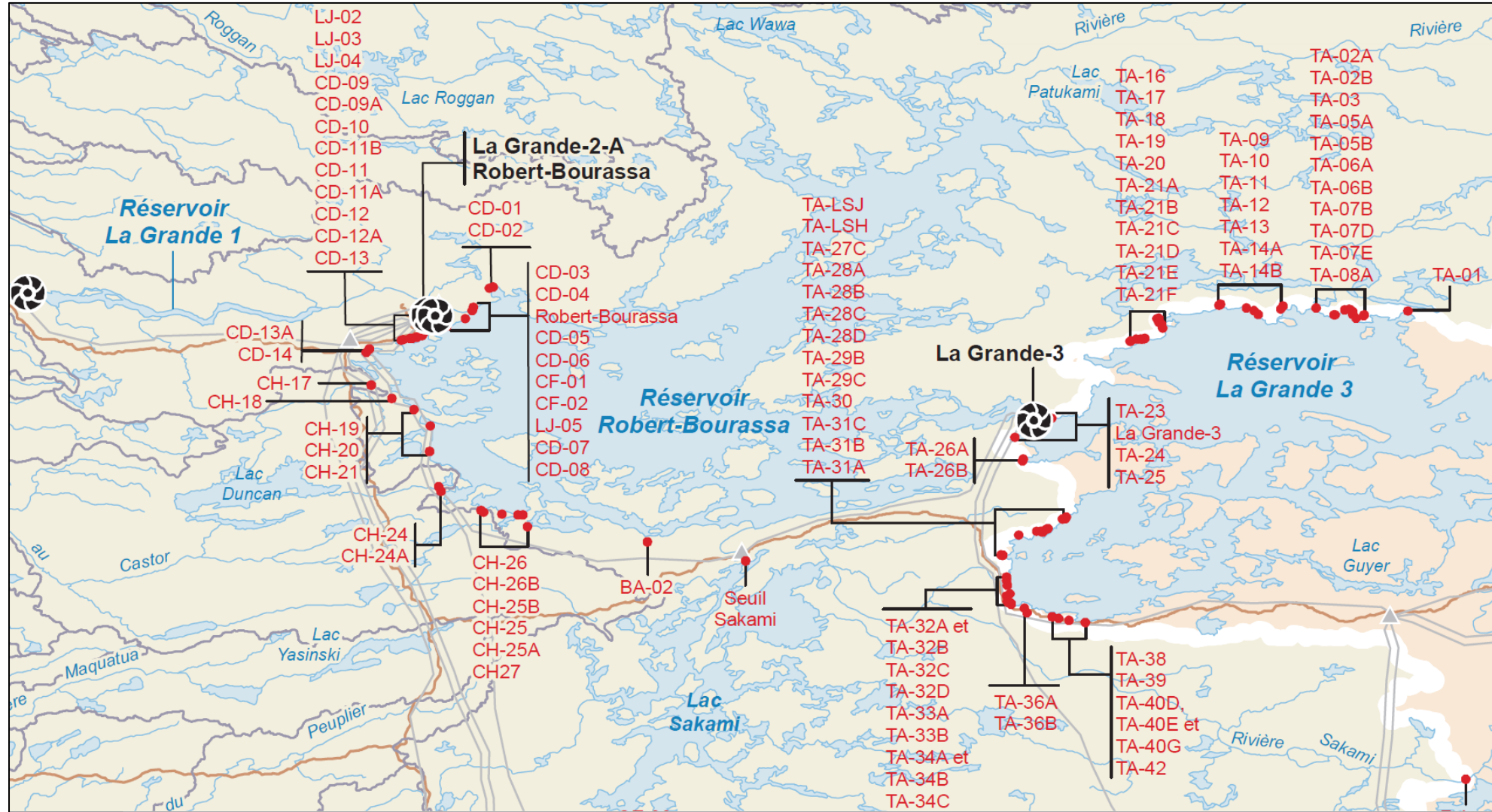
Aménagement du Réservoir Gouin
situé en tête de la rivière Saint-
Maurice



Aménagement La Gabelle de type au
fil de l'eau localisé sur le bas Saint-
Maurice

Aménagements hydroélectriques

Aménagements hydroélectriques à multiples barrages pour la fermeture du réservoir





Processus de gestion de la sécurité des barrages

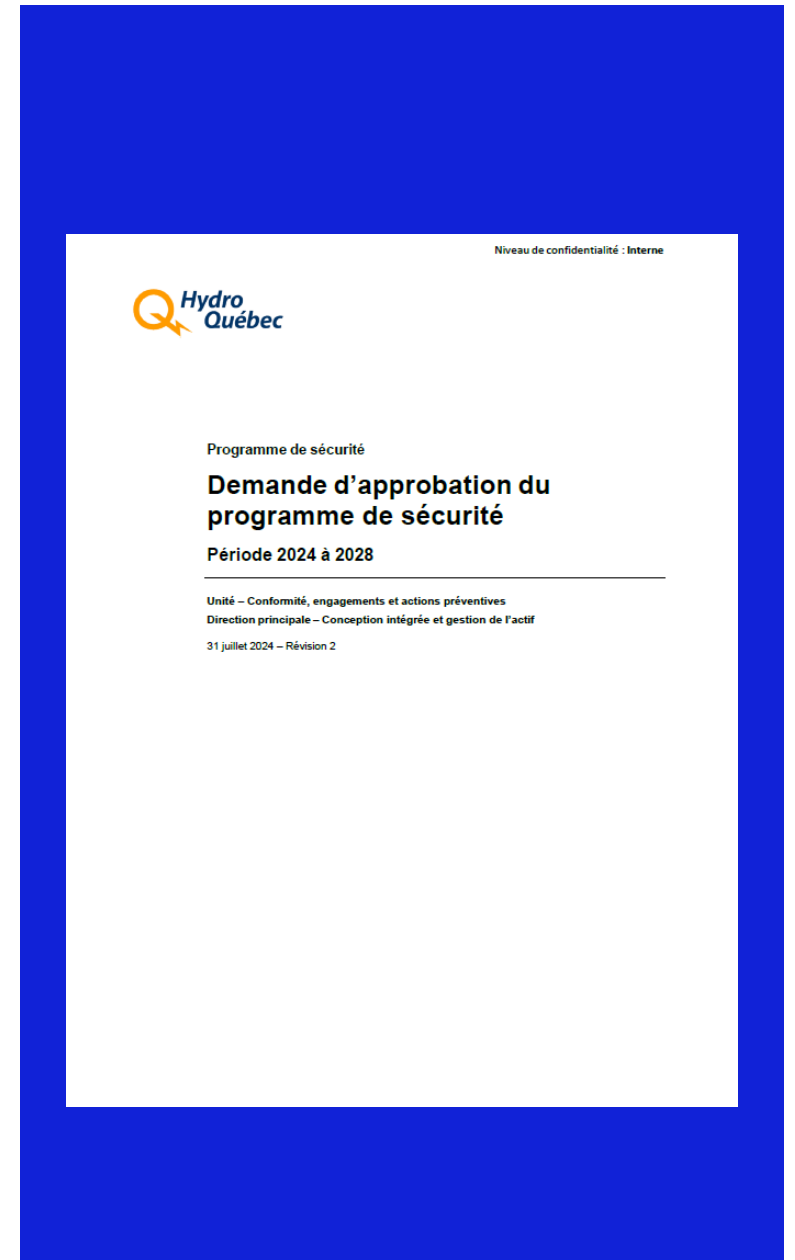
Sécurité des barrages et sécurité civile

Gestion des risques

Cadre légal et programme de sécurité

Depuis 2004, Hydro-Québec fait approuver par le ministre de l'Environnement un programme de sécurité (aux 5 ans) :

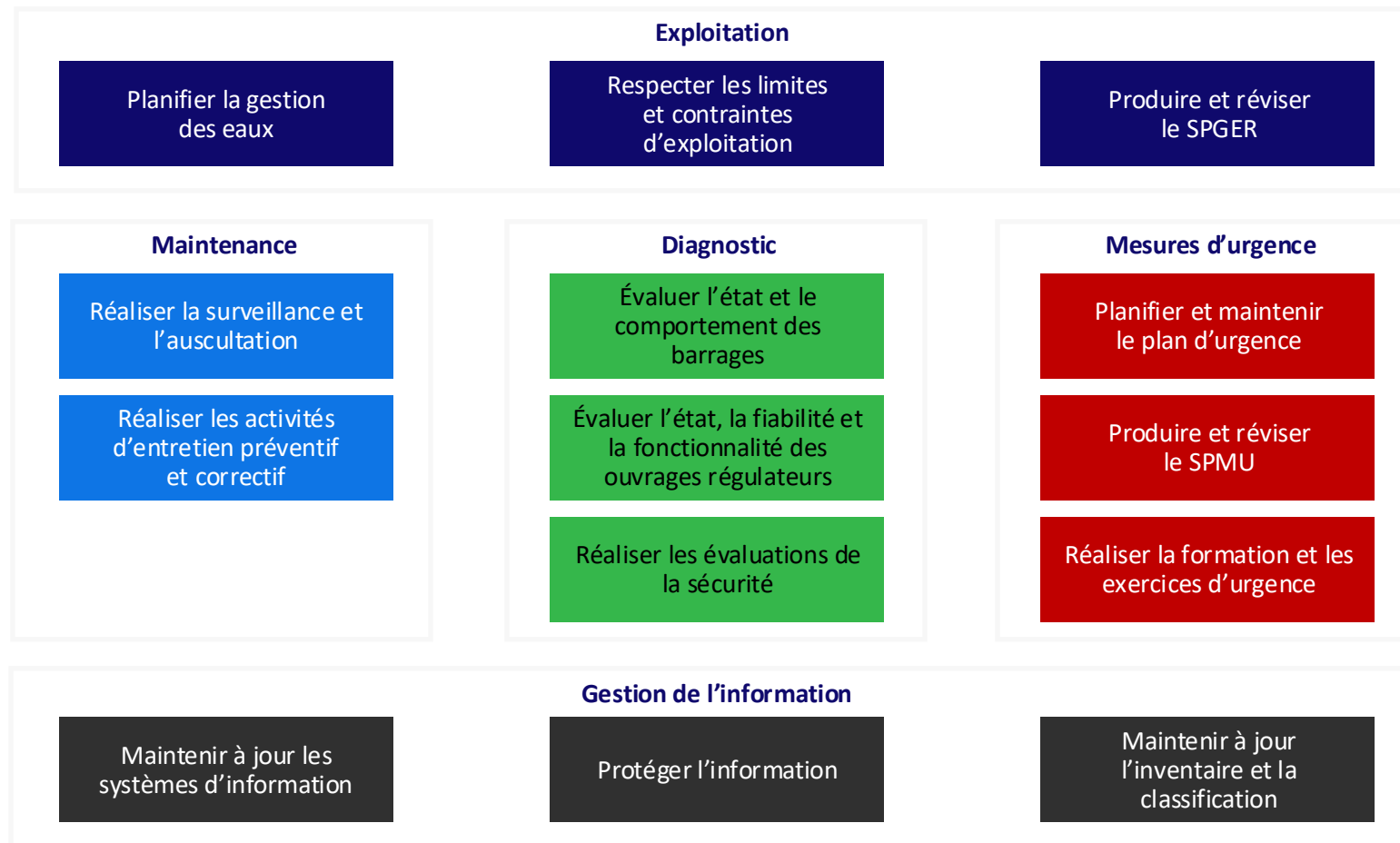
- **Gestion de l'actif**
 - Responsable de l'administration du programme
- **Expertise**
 - Responsable de la sécurité des barrages
- **Projet**
 - Responsable des maintenances correctives majeures
- **Opération & maintenance**
 - Collabore aux activités du programme



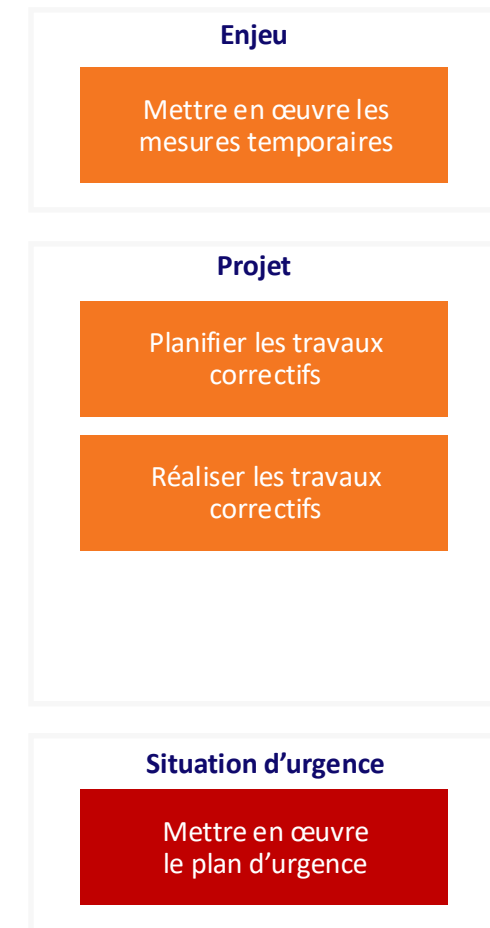
Programme de sécurité

Processus de gestion de la sécurité des barrages

Gérer les barrages et ouvrages régulateurs



Gérer les enjeux de sécurité



Gestion des risques

Exploitation — Gestion des eaux



Régimes hydrologiques



Réseaux hydrographiques



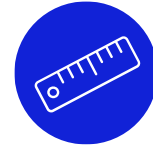
Caractéristiques des barrages et des biefs amonts



Seuils d'inondations



Contraintes d'exploitation



Mesures de gestion des eaux



Crue de sécurité



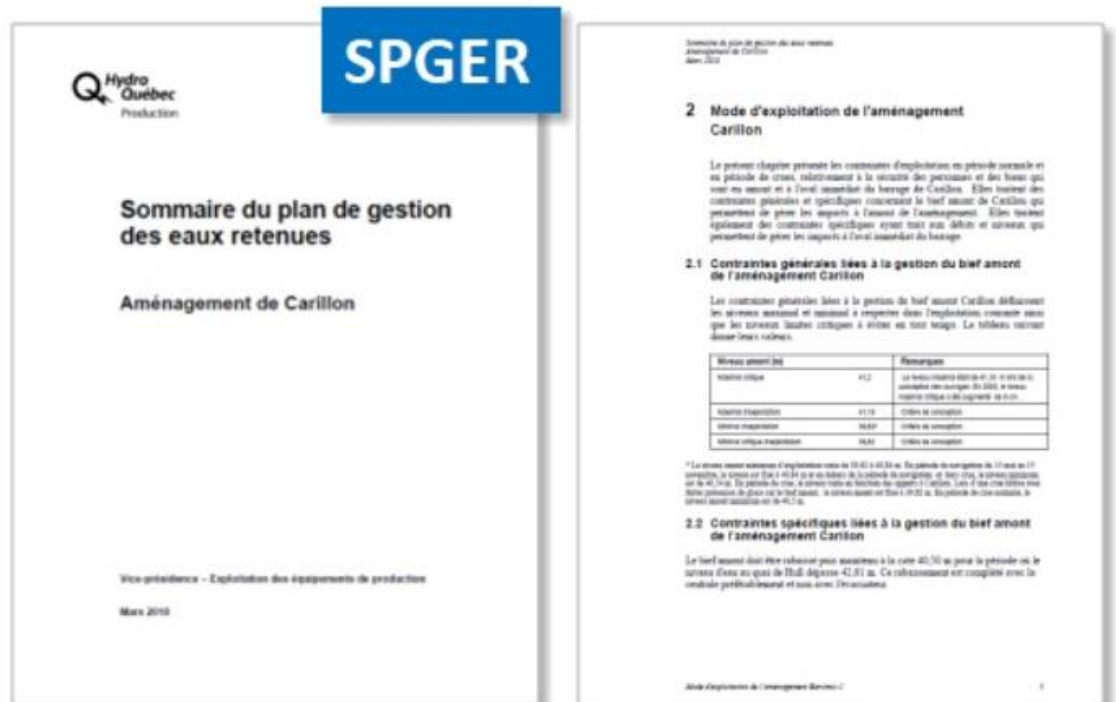
Stratégies de communication des risques



Gestion des risques

Exploitation — Sommaire du Plan de Gestion des Eaux Retenues (SPGER)

- Révisé dans le cadre de l'évaluation de la sécurité des aménagements
- Transmis aux municipalités ou aux responsables du territoire



Gestion des risques

Exploitation — Respecter les limites et contraintes d'exploitation

Responsabilités :

- **Contrôler les niveaux d'eau** dans rivières et des réservoirs
 - Gestion hydraulique sécuritaire
 - Respect des obligations
- **Conditions d'exploitation validées** dans le cadre des activités de diagnostic des barrages
 - État
 - Comportement
 - Stabilité structurale



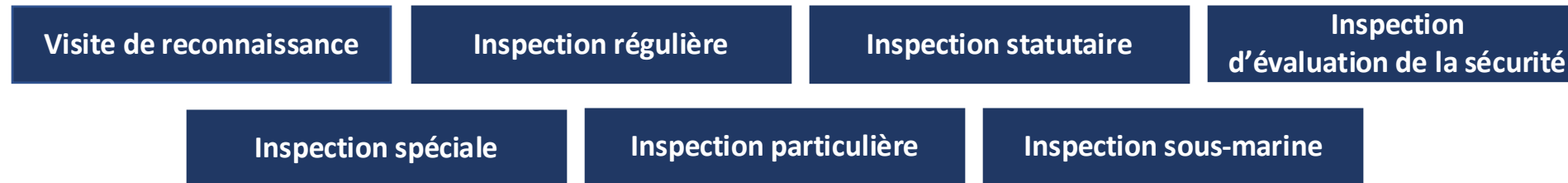
Barrage Lacroix-1

Gestion des risques

Maintenance — Réaliser la surveillance et l'auscultation

Inspection des barrages :

- Dans le cadre de ses activités de surveillance, Hydro-Québec définit 7 types d'inspection complémentaires :



- La fréquence des activités varie selon le degré de surveillance correspond à la classe du ministère modifiée en tenant compte de la valeur économique du barrage

Auscultation des barrages :

- Auscultation géotechnique et structurale**, faisant intervenir différents types d'instruments selon le paramètre à mesurer
- Auscultation topographique**, consistant essentiellement à prendre des mesures de déplacement (planimétrie et nivellement) à partir de différents repères d'auscultation topographique

Gestion des risques

Maintenance — Réaliser les activités d'entretien préventif et correctif

Activités régulières :

- **Préventif systématique**
 - Exécuté à intervalle de temps préétablis
- **Préventif conditionnel**
 - Exécuté en fonction de l'état
- **Correctif**
 - Exécuté après la détection d'une panne

Réduire la dégradation et les probabilités de défaillances



Gestion des risques

Diagnostic — Évaluer l'état et le comportement des barrages

Assurer le suivi du comportement et des conditions d'exploitation des barrages :

- Déterminer l'étendue, l'importance et l'impact des phénomènes observés sur la sécurité du barrage
- Identifier les situations susceptibles d'hypothéquer la sécurité d'un barrage en tenant compte des mécanismes de défaillance potentiels
- Identifier les mesures pour assurer ou statuer sur la sécurité des barrages
- Établir le diagnostic annuel supporté par la note technique de l'ingénieur

Implique :

-  Validation et analyse des données
-  Conditions de stabilité de l'ouvrage
-  Respect des contraintes d'exploitation
-  Analyse de l'historique
-  Recommandations



Gestion des risques

Diagnostic — Évaluer l'état, la fiabilité et la fonctionnalité des ouvrages régulateurs

- Les équipes (civil, électrique et mécanique) assurent le suivi de la fiabilité et de la fonctionnalité des ouvrages régulateurs :
 - Ouvrages munis de vannes ou de poutrelles requis pour la gestion des crues
 - Composants électriques et mécanique
 - Interaction des vannes avec les pièces encastrées des piliers
- Lors des essais de levage des vannes ou poutrelles, les efforts sont mesurés avec des instruments spécialisés

Types	Actions
▶ 1 an	• Vérification visuelle de l'état et du fonctionnement du chauffage • Travaux d'entretien préventifs (lubrification, etc.)
▶ 3 ans	• Inspection de conformité 1 an • Essai de levage
▶ 6 ans	• Inspections de conformité 1 an et 3 ans • Inspection de l'ensemble des éléments des équipements • Travaux d'entretien préventifs (ajustements, etc.)
▶ 12 ans	• Inspections de conformité 1 an, 3 ans et 6 ans • Essais de levage, mesures et inspections approfondies des composants • Vérification de la conformité



Barrage Témiscouata

Gestion des risques

Diagnostic — Études de sécurité

- Réalisée par une équipe d'ingénieurs (civils, mécaniques, électriques)
- Appréciation indépendante du diagnostic
- Généralement réalisée aux 12 ans

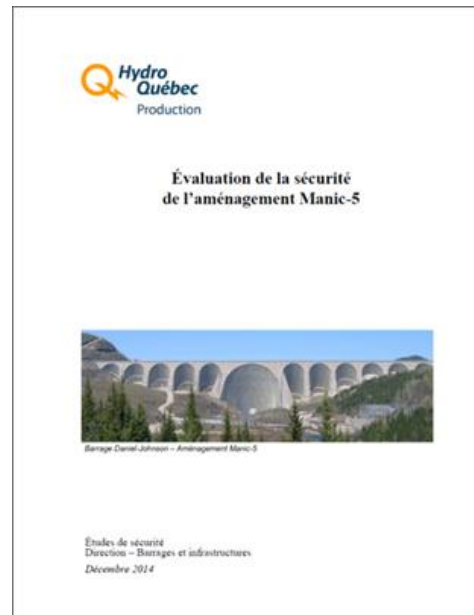
Niveau des conséquences

Crue de sécurité

Sécurité structurale

Sécurité fonctionnelle

Recommandations



Gestion des risques

Identification des risques

Les barrages d'Hydro-Québec sont construits selon des normes de conception et de construction rigoureuses.

Bien que des mesures de prévention sont mises en œuvre pour maintenir les barrages et leurs équipements en bon état et pour assurer leur pérennité et leur sécurité à long terme, des risques résiduels en lien avec leur présence et leur exploitation subsistent, tels que :



Naturels

Attribuables à des conditions hydrologiques extrêmes (pluie, neige, verglas), tremblements de terre



Technologiques

Reliés aux incertitudes selon les hypothèses de conception (fondation, matériaux, etc.)



Humains

Incidents d'exploitation et actes de malveillance

Enjeux potentiels de sécurité

Gestion des enjeux de sécurité

Les enjeux de sécurité constituent des écarts liés à la sécurité des personnes ou des biens et ont trait à :

- La sécurité fonctionnelle et la fiabilité des ouvrages d'évacuation
- La capacité des ouvrages d'évacuation
- Le respect des normes minimales de sécurité relatives aux crues et aux séismes
- Le respect des critères liés à des mécanismes de défaillance



Enjeux potentiels de sécurité

Fonctionnalité et de fiabilité des ouvrages d'évacuation

- Sécurité fonctionnelle générale non assurée
- Sécurité fonctionnelle en hiver non assurée
- Sécurité fonctionnelle d'une ou de plusieurs vannes non assurées
- Vulnérabilité du chariot treuil

Capacité d'évacuation des aménagements

- Capacité d'évacuation insuffisante en condition de crue de sécurité
- Capacité d'évacuation hivernale ou rapidité de manœuvre insuffisante en cas de délestage de la centrale

Ouvrages en remblais

- Comportement atypique et affaissement en crête
- Protection du remblai amont détériorée
- Étanchéité dégradée
- Signes d'érosion interne de la fondation
- Stabilité non assurée en condition de crue de sécurité
- Stabilité non assurée pour le cas de chargement associé au séisme

Ouvrages en béton

- Capacité structurale détériorée
- Dégradation du béton
- Glissements observés au contact béton fondation
- Incertitude stabilité
- Stabilité non assurée en crue de sécurité
- Stabilité non assurée pour le cas de chargement associé au séisme

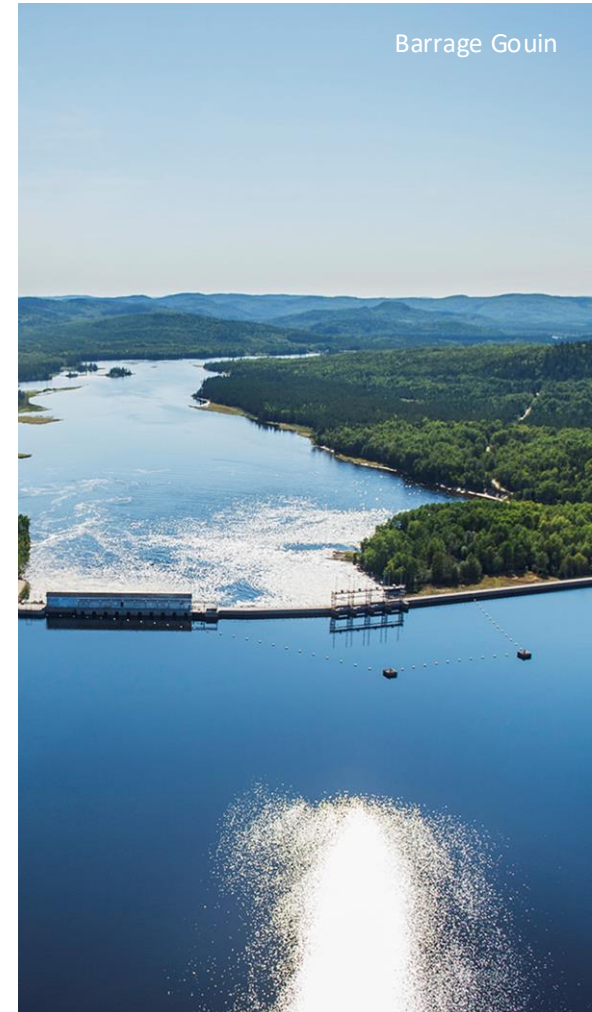
Enjeux potentiels de sécurité

Mettre en œuvre les mesures temporaires

Les mesures temporaires consistent en des mesures de préventions et d'atténuation du risque en cas de situation pouvant compromettre la sécurité

Quelques exemples :

- **Modulation de la gestion des eaux retenues** et abaissement du niveau d'eau du réservoir
- **Surveillance accrue** (inspection, auscultation, essais et investigations)
- **Travaux de maintenance** extraordinaires, piles de réserve de matériaux et autres mesures d'approvisionnement (grues, génératrice...)





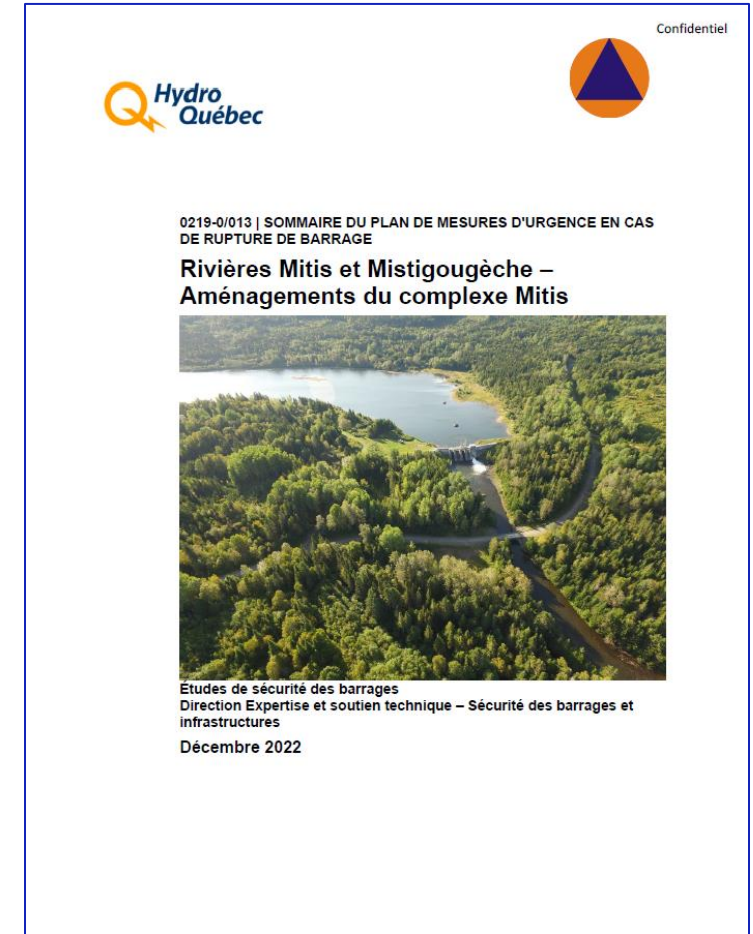
Les mesures d'urgence

Sécurité des barrages et sécurité civile

Mesures d'urgence

Plan de mesures d'urgence barrage

- Chaque aménagement fait l'objet d'un plan de mesures d'urgence.
 - Chapitre 1 : Introduction — Identification des risques
 - Chapitre 2 : MRC et municipalités potentiellement affectées
 - Chapitre 3 : Localisation et caractéristiques générales des aménagements
 - Chapitre 4 : Mesures préventives et d'atténuation
 - Chapitre 5 : Mesures d'urgence
 - Chapitre 6 : Description générale du territoire affecté
 - Annexe : Carte d'inondation
- En cas de nécessité, le déploiement des mesures d'urgence permet de gérer les risques.
 - En fonction de l'atteinte des critères de la procédure d'intervention spécifique



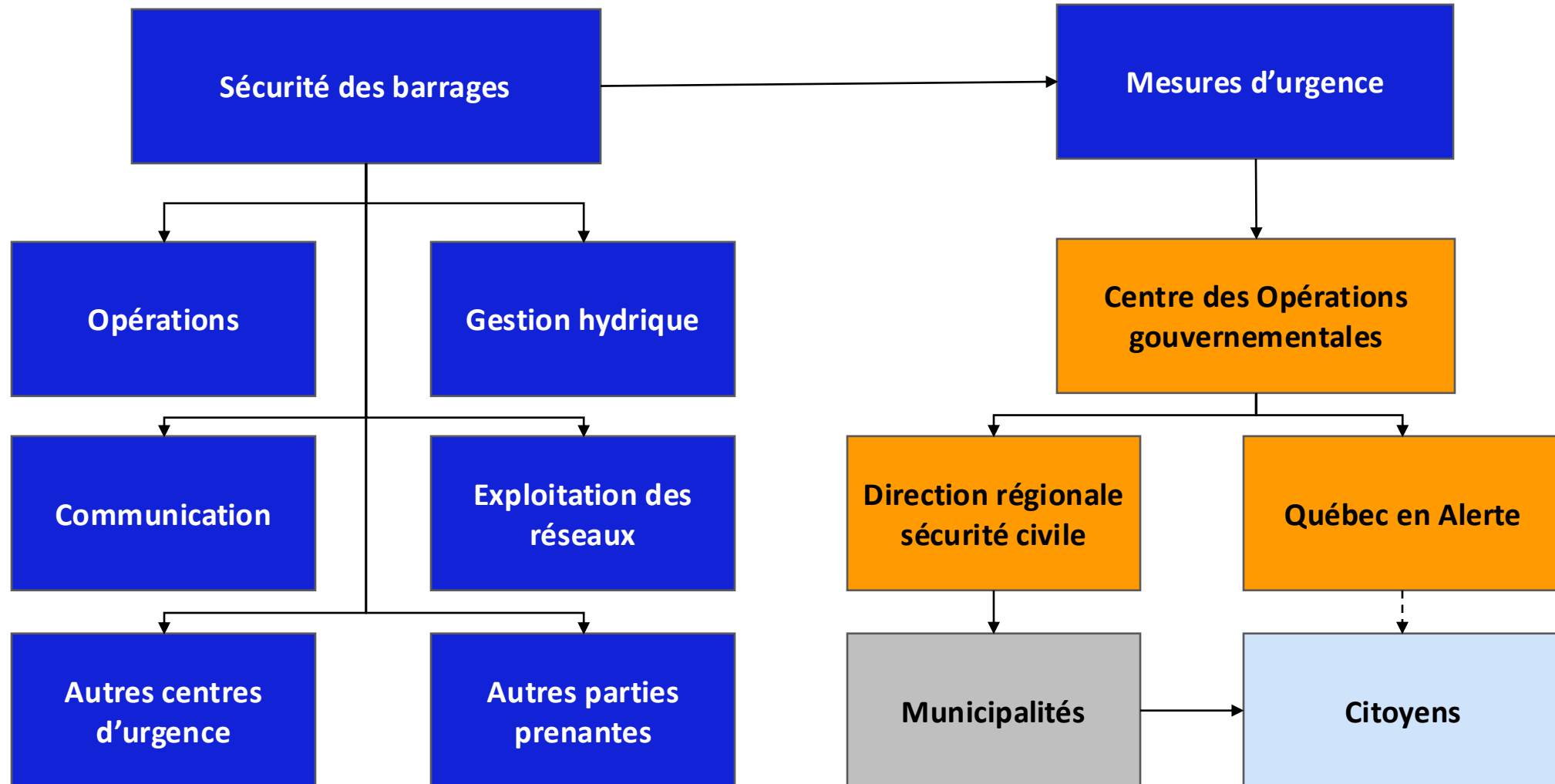
Mesures d'urgence

Les niveaux d'alertes

<u>PHASE</u>	<u>EXEMPLE</u>	<u>RISQUE</u>
Exploitation normale		AUCUNE
Vigilance	Réception d'un avis post-séisme, tendance inhabituelle défavorable, etc.	FAIBLE
Vigilance accrue	Prévision d'atteinte du niveau maximal d'exploitation, dommages confirmés, etc.	MOYEN
Danger potentiel	Atteinte du niveau maximal critique, panne des équipements de régulation, etc.	ÉLEVÉ
Danger réel ou imminent	Rupture imminente ou confirmé d'un barrage, rupture d'un barrage en amont, etc.	GRAVE

Mesures d'urgence

Schéma de communication



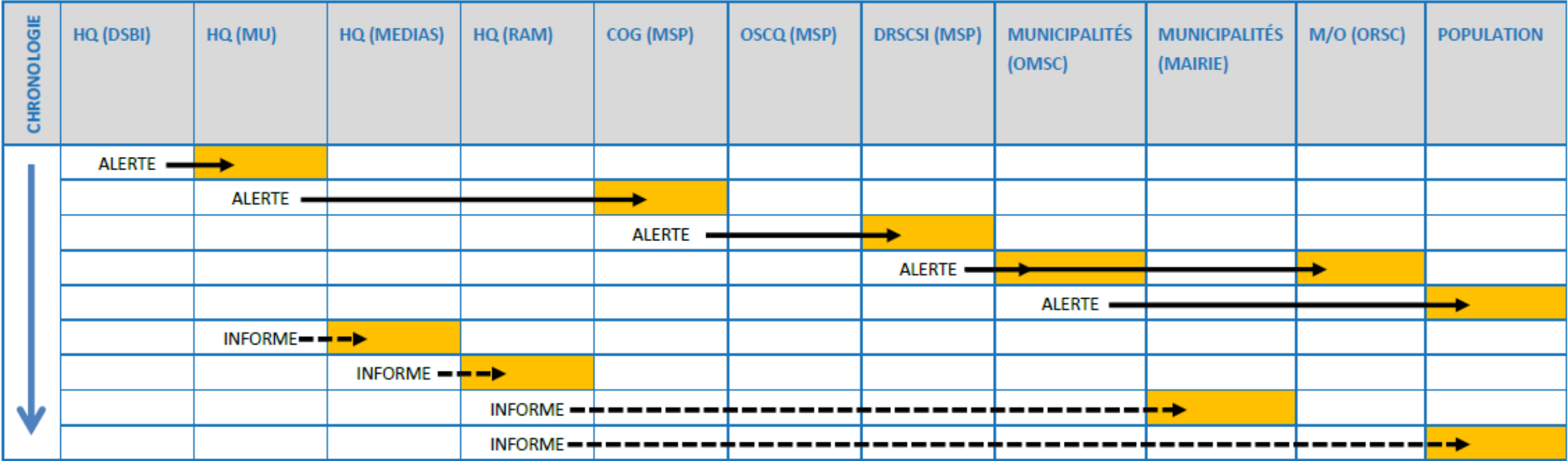
Mesures d'urgence

Procédure d'alerte aux autorités de sécurité civile — Vigilance accrue

CHRONOLOGIE	HQ (DSBI)	HQ (MU)	HQ (MEDIAS)	HQ (RAM)	COG (MSP)	OSCQ (MSP)	DRSCSI (MSP)	MUNICIPALITÉS (OMSC)	MUNICIPALITÉS (MAIRIE)	M/O (ORSC)	POPULATION
	INFORME →										
		INFORME →									
							INFORME →				
		INFORME →									
				INFORME →							

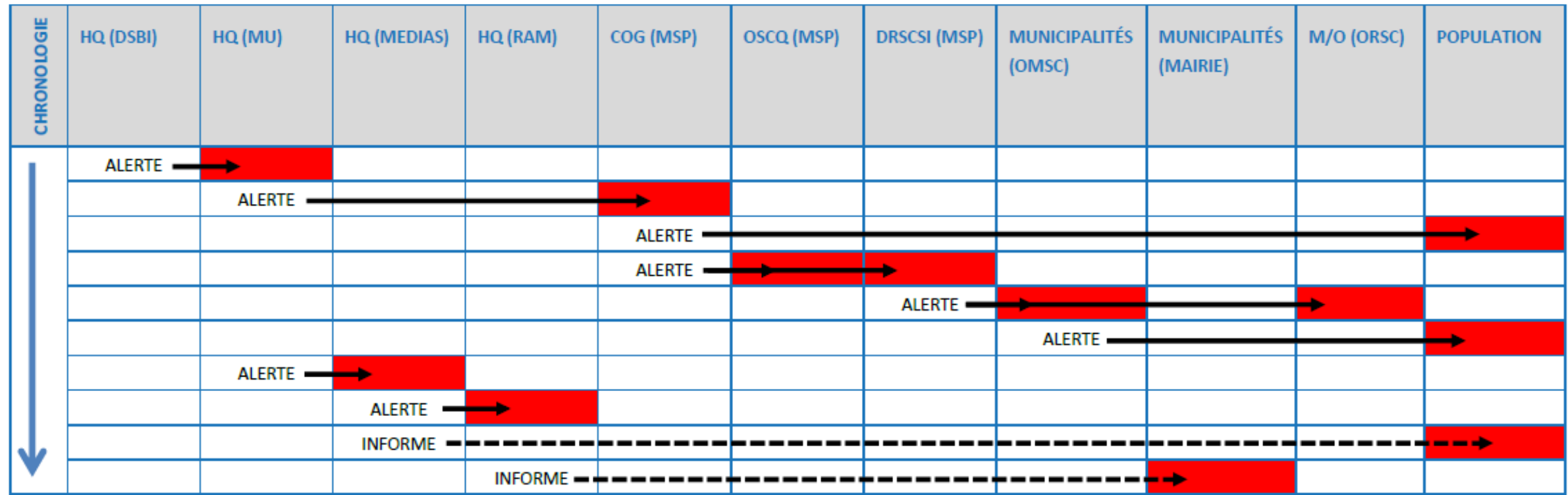
Mesures d'urgence

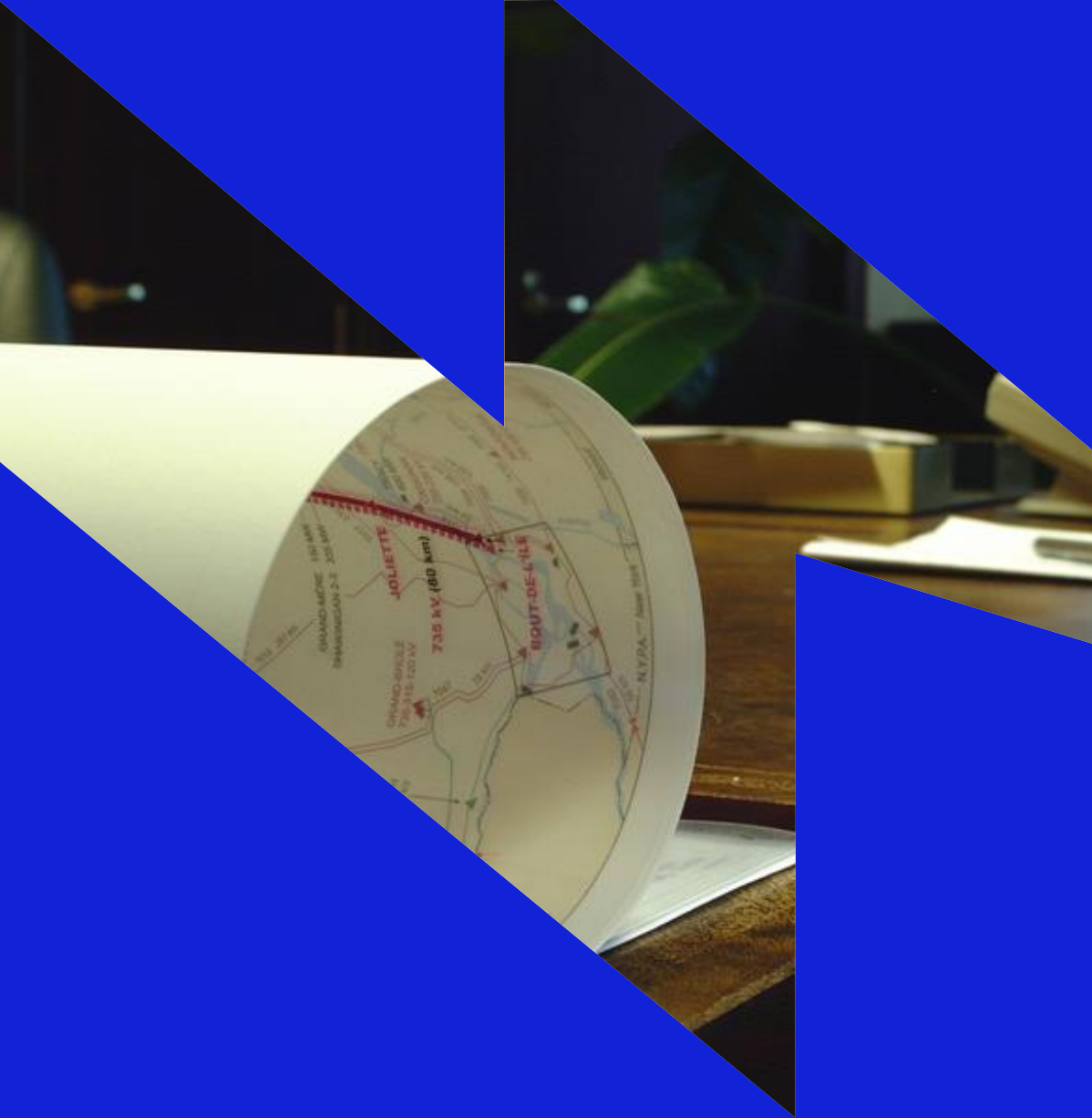
Procédure d'alerte aux autorités de sécurité civile — Danger potentiel



Mesures d'urgence

Procédure d'alerte aux autorités de sécurité civile — Danger réel ou imminent





Les études de rupture de barrage et cartes d'inondation

Sécurité des barrages et sécurité civile

Études de rupture de barrages et carte d'inondation

Description générale du territoire affecté

But : Contribuer à la préparation du plan de mesures d'urgence (PMU)

Approche :

- Définir des scénarios de ruptures hypothétiques du barrage pour des conditions normales et de crues extrêmes (crue de sécurité)
- Utiliser les meilleures données et outils de calcul
- Définir les hypothèses de façon sécuritaire
- Étudier la propagation de l'onde de rupture de barrage
- Produire les cartes d'inondation adaptées aux situations d'urgence «barrage»
- Décrire le territoire potentiellement affecté

Les études de rupture de barrages sont **hypothétiques**.

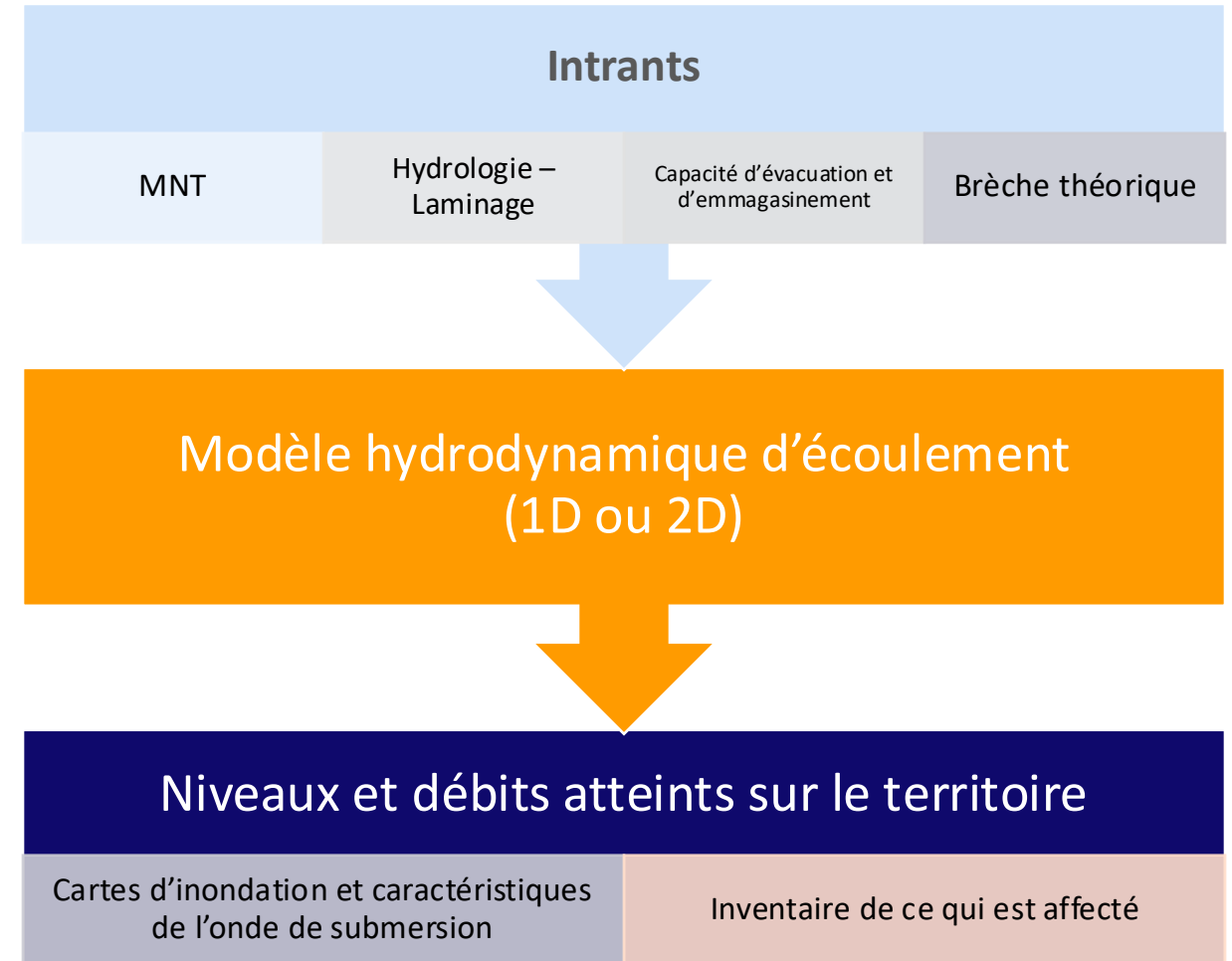
Les résultats ne remettent aucunement en cause l'intégrité des ouvrages de retenue d'Hydro-Québec.

Études de rupture de barrages

Rupture potentielle d'un barrage

Étude de rupture hypothétique d'un barrage :

- Évaluation détaillée des conséquences de la rupture par la détermination de l'onde de submersion, de son temps de propagation, de l'étendue et des caractéristiques du territoire affecté



Études de rupture de barrages et carte d'inondation

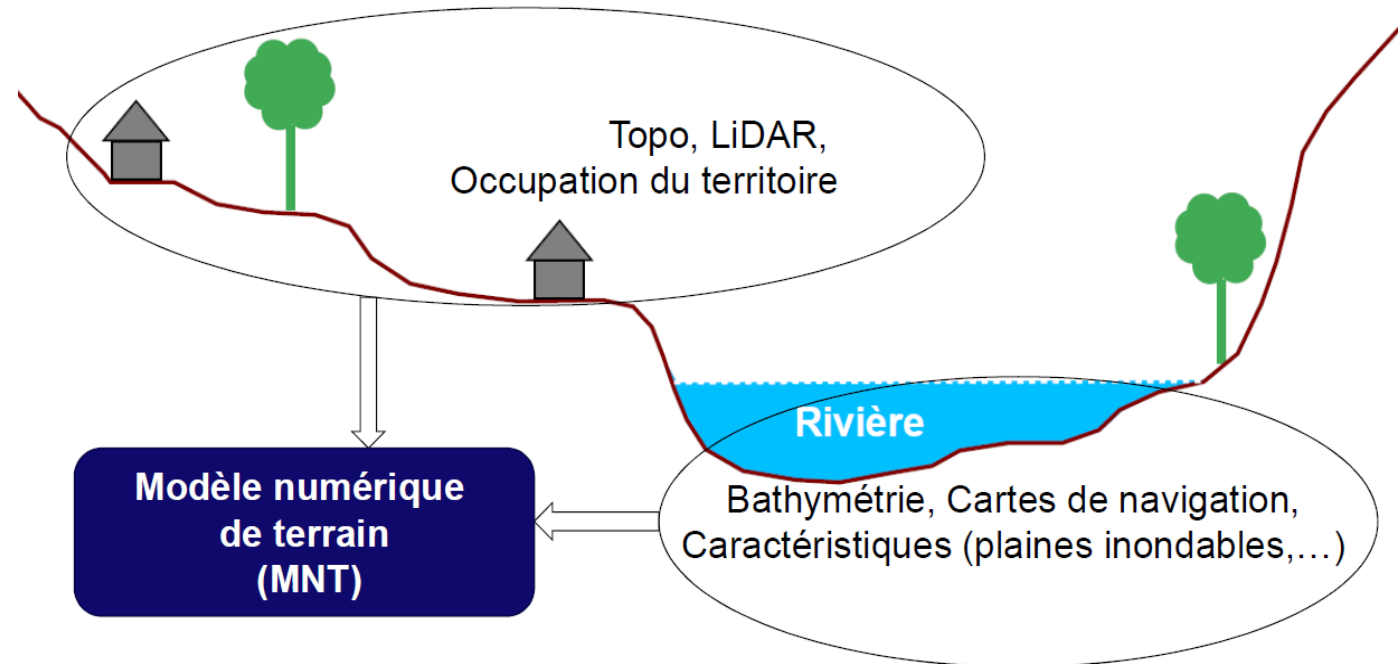
Description générale du territoire affecté

Données intrants : préparation du MNT*

- Données topographiques, LiDAR** et occupation du territoire
- Bathymétrie ou carte marines
- Caractéristiques des rivières et des plaines d'inondation

**Modèle Numérique de Terrain*

***Light Detection And Ranging*

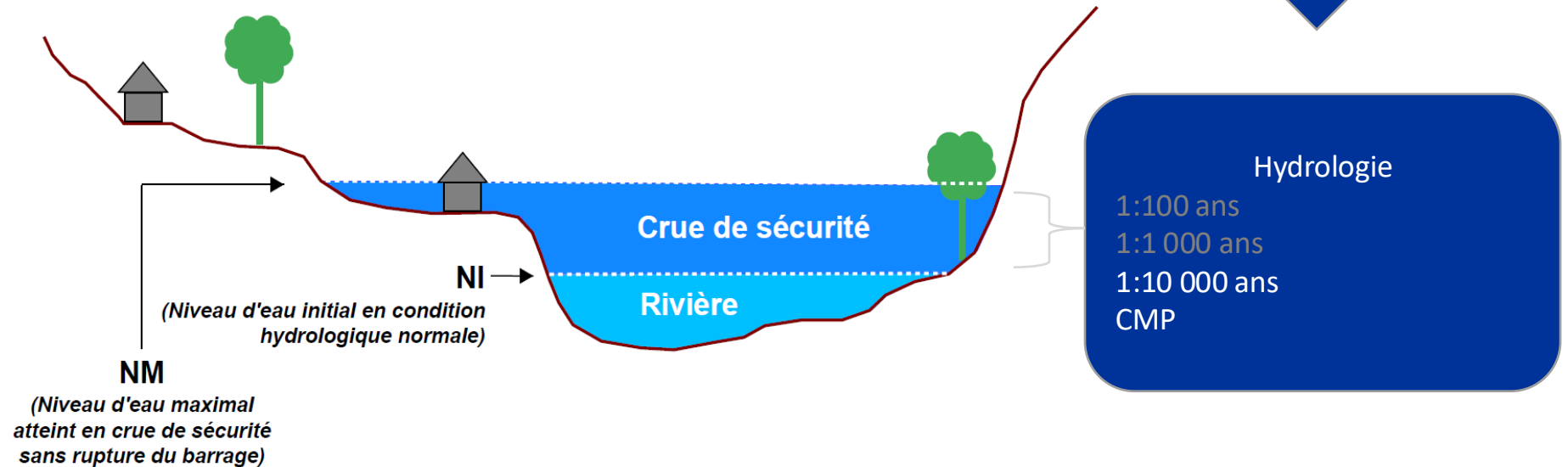


Études de rupture de barrages et carte d'inondation

Description générale du territoire affecté

Données intrants : Hydrologie — Laminage

- Débits : historiques — Analyses statistiques ou autres
- Caractéristiques des ouvrages (courbes de capacité d'évacuation et d'emmagasinement)
- Règles de gestion

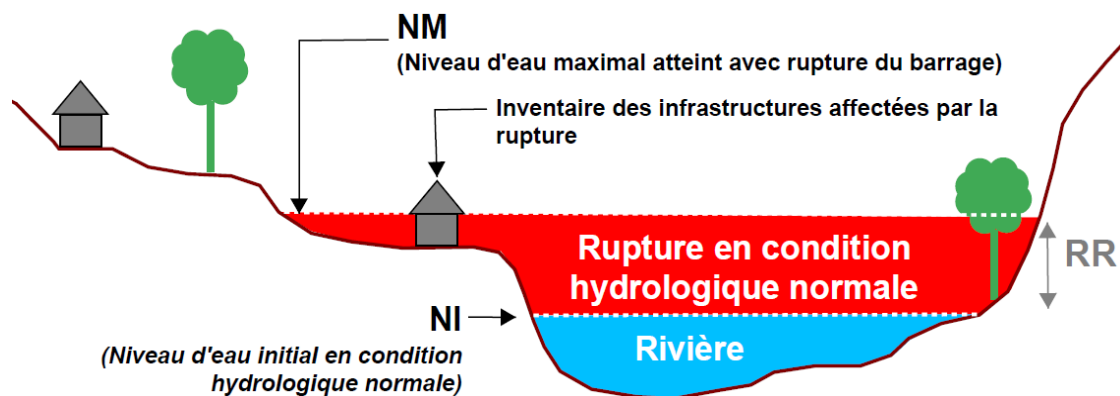


Études de rupture de barrages et carte d'inondation

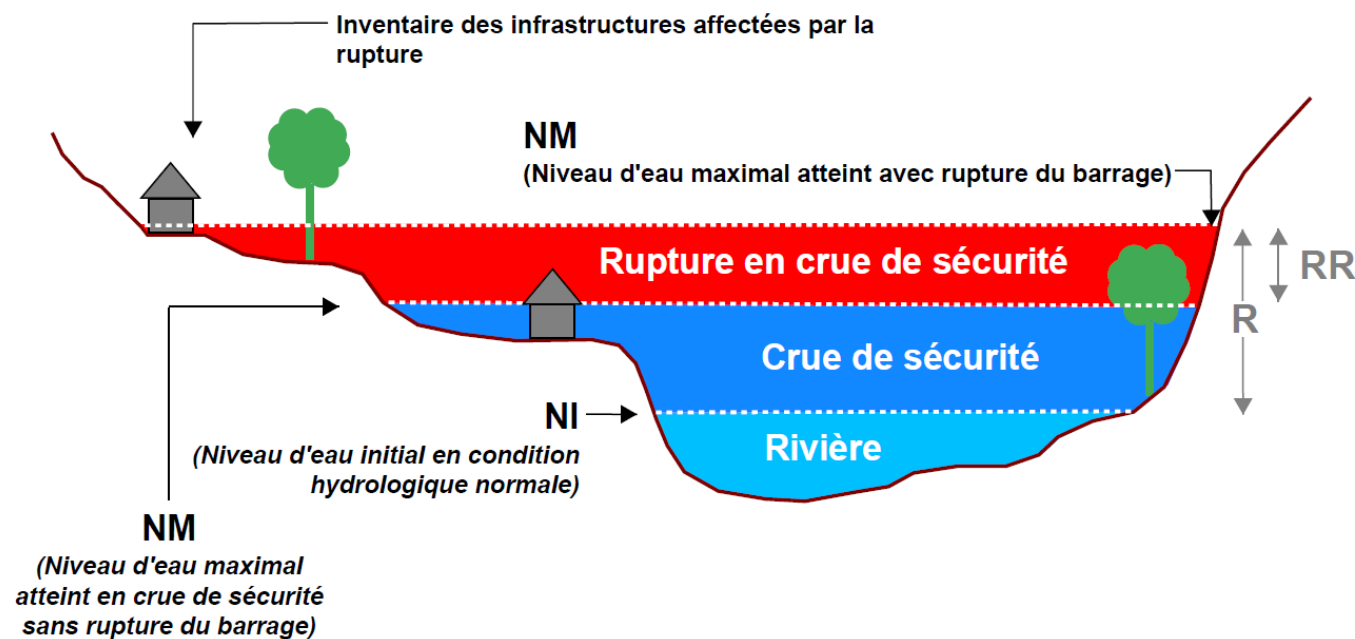
Description générale du territoire affecté

Caractéristiques d'onde de rupture hypothétique de barrage en crue (CS) et en conditions hydrologiques normales

Scénario : Rupture en conditions hydrologiques normales



Scénario : Rupture en conditions hydrologiques de crue de sécurité

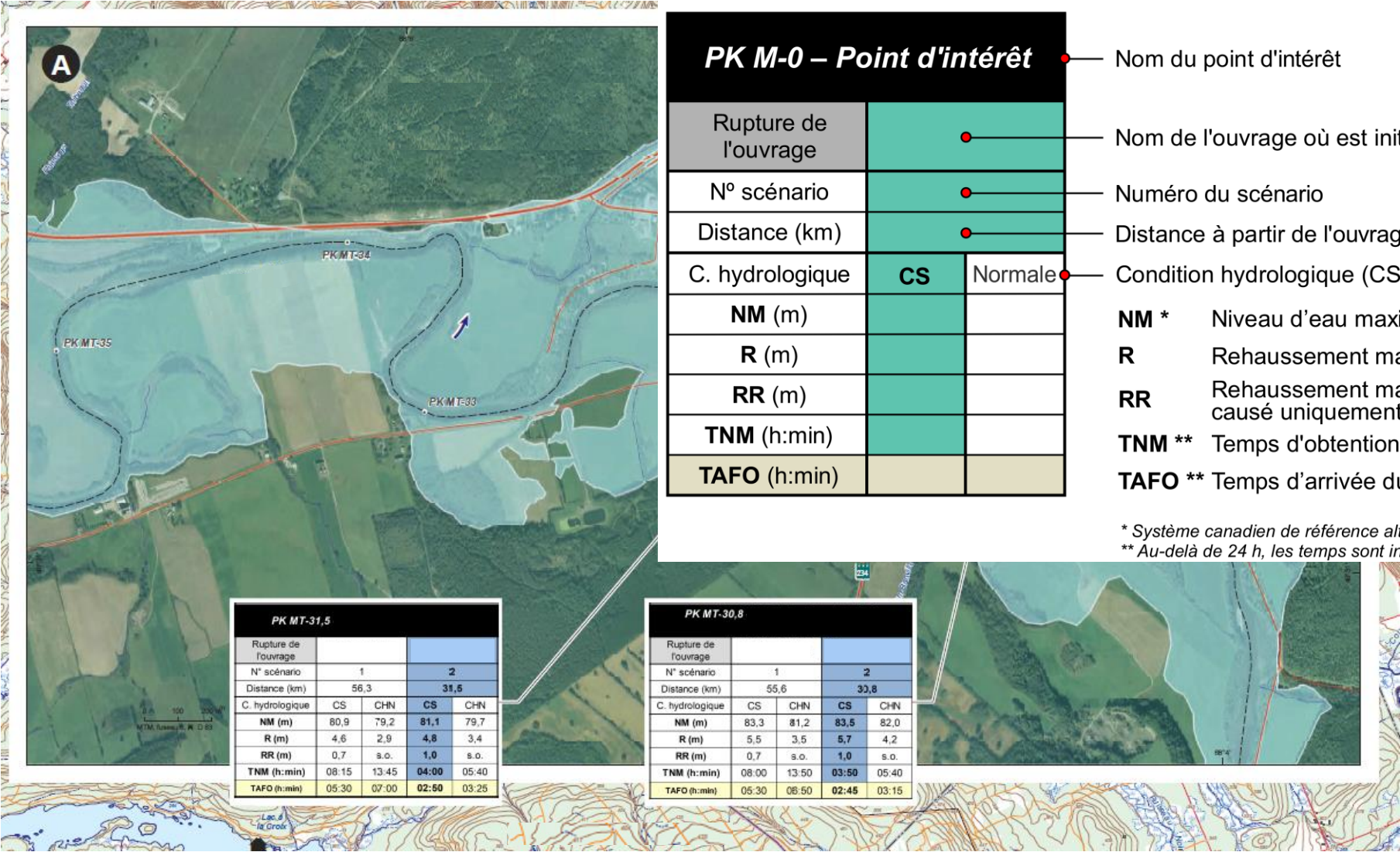


RR : Rehaussement attribuable à la rupture

R : Rehaussement total (crue + rupture)

Cartes d'inondation

Exemple :



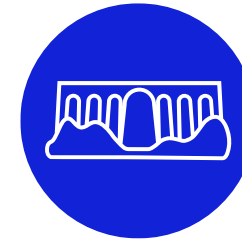
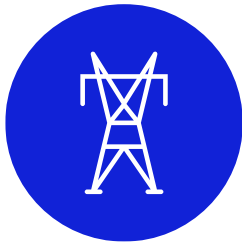
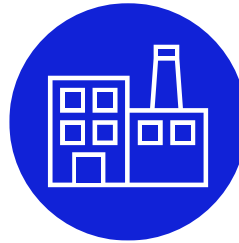
Point d'intérêt et caractéristiques de l'onde de submersion

PK M-0 – Point d'intérêt			Nom du point d'intérêt
Rupture de l'ouvrage			Nom de l'ouvrage où est initiée la brèche
N° scénario			Numéro du scénario
Distance (km)			Distance à partir de l'ouvrage
C. hydrologique	CS	Normale	Condition hydrologique (CS = Crue de sécurité)
NM (m)			NM * Niveau d'eau maximal
R (m)			R Rehaussement maximal du niveau d'eau
RR (m)			RR Rehaussement maximal du niveau d'eau causé uniquement par la rupture en crue
TNM (h:min)			TNM ** Temps d'obtention du niveau maximal
TAFO (h:min)			TAFO ** Temps d'arrivée du front d'onde

* Système canadien de référence altimétrique de 1928 (CGVD 28)
** Au-delà de 24 h, les temps sont indiqués en jours-heures

Description générale du territoire affectée

Caractéristiques possiblement affectées par une onde de submersion





Le risque barrage

Sécurité des barrages et sécurité civile

Une probabilité faible, mais un risque à gérer

Des conséquences variées

Infrastructures

Fermeture des réseaux de transport
Coupures d'électricité
Interruption des services publics

Environnementales

Contamination des eaux
Perturbation des écosystèmes
Érosion accrue

Humains

Impacts sur les personnes
Stress post-traumatique

Socio-économiques

Déplacements de populations
Perte de moyens de subsistance
Chômage
Augmentation de la pauvreté

Politiques

Perte de confiance
Juridiques
Réformes réglementaires

En cascades

Impact sur les régions en aval
Réduction de la résilience locale



Conclusion

Du risque à la résilience.



Merci!

Colloque sur la sécurité civile

Sécurité des barrages et sécurité civile

Par Éric Péloquin et Titouan Hachet

28 octobre 2025