

ÉVALUER ET ANTICIPER LES RISQUES D'INONDATION OUTILS ET MÉTHODES

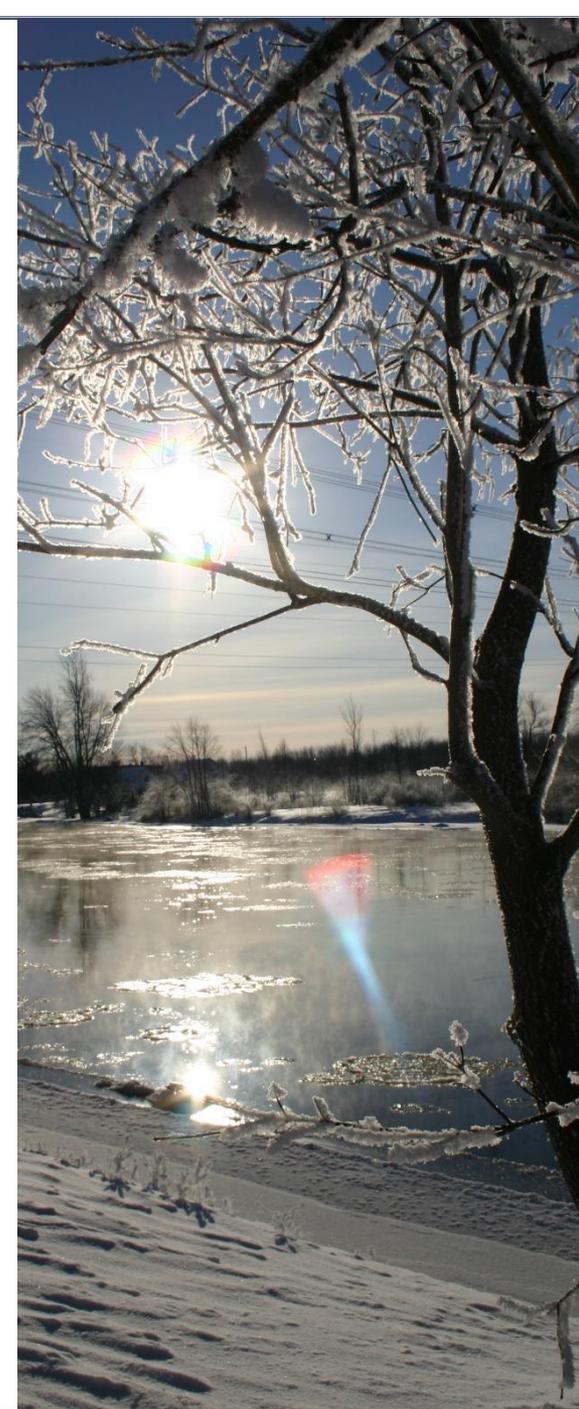
PLAN DE LA PRÉSENTATION

1- INTRODUCTION

- ❑ Les inondations
- ❑ Les problématiques rencontrées au Québec
- ❑ Les risques

2- LA SURVEILLANCE

- ❑ Outils et méthode
- ❑ Problématiques estivales et automnales
- ❑ Problématiques hivernales et printanières
- ❑ Des exemples



INTRODUCTION

LES INONDATIONS

La **cru**e est l'augmentation de la quantité d'eau qui s'écoule dans une rivière.

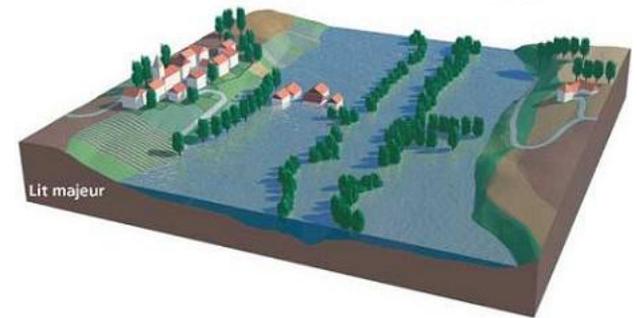
L'**inondation** est le débordement qui en résulte et la submersion, rapide ou lente, d'une zone habituellement hors d'eau.

L'**impact** dépend de :

- La hauteur d'eau
- La vitesse du courant
- La durée de la crue

Plusieurs causes possibles:

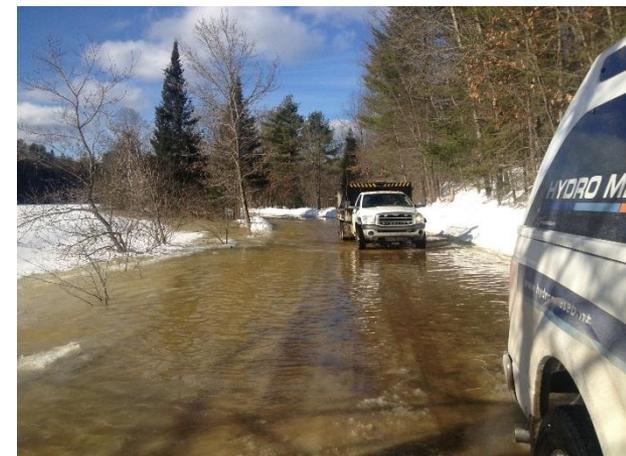
- Ruissellement intense, pluies intenses
- Refoulement : blocage de la section d'écoulement
- Un mélange des deux



LES INONDATIONS

Conséquences possibles :

- Dommages aux infrastructures municipales et particulières
- Isolement sur des îlots coupés de tout accès
- Interruption des communications (peut empêcher l'intervention des secours)
- Risque d'être emporté ou noyé
- Mise en danger de la population: survient surtout lorsque les délais d'alerte et d'évacuation sont trop courts ou inexistants.



AU QUÉBEC

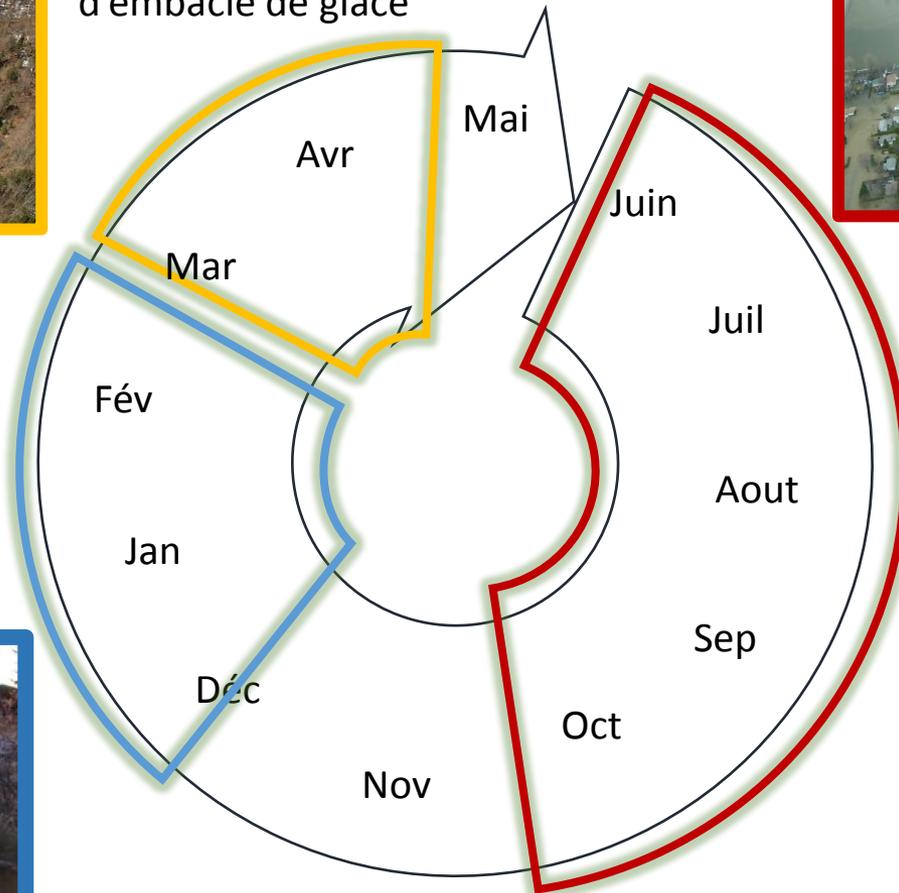
Des saisons bien marquées
Des problématiques différentes



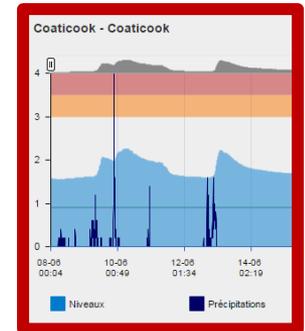
PRINTEMPS
Cruce avec risque
d'embâcle de glace



HIVER
- Frasil, glace de fond
(janvier /février)
- Redoux hivernal avec
embâcles



ÉTÉ / AUTOMNE
Cruce subite



LE RISQUE

Le **risque** dépend

- de l'état du bassin versant,
- des caractéristiques du cours d'eau et
- de son environnement, des conditions à venir.

Il est donc prévisible

Comment atténuer / prendre conscience?

Surveillance et prévision → aide à la prise de décision

1) Minimiser la probabilité d'occurrence : prévention

2) Minimiser les impacts par la mise en place des mesures d'urgence

Comment fait-on concrètement?

SURVEILLANCE

RÔLE DU PRÉVISIONNISTE

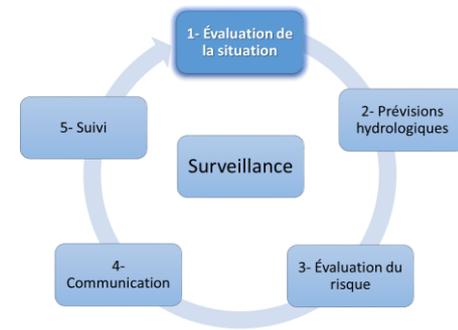
Connaissance des modèles météorologiques

Connaissance des modèles hydrologiques

Connaissance des rivières et de leurs bassins versants:

- Caractéristiques hydrographiques (présence de lacs, barrages, etc..)
- Caractéristiques du bassin (pente, urbanisation et utilisation du sol)
- Superficie et forme du bassin versant
- Comparaison à des évènements passés similaires

1- ÉVALUATION DE LA SITUATION



Historique du bassin

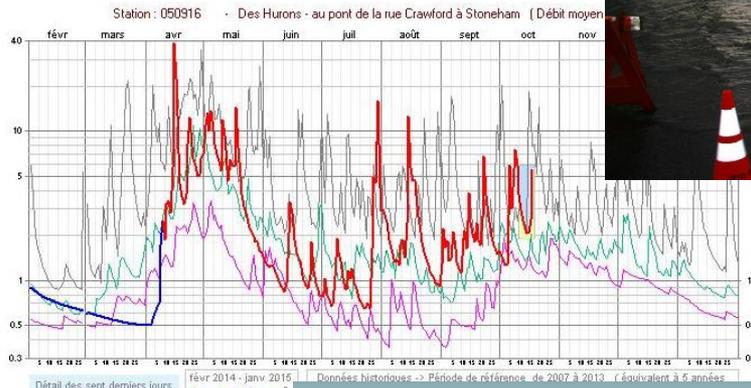
- Problématiques
- Récurrence
- Données historiques (débits/niveaux, seuils d'inondation)

+

Situation actuelle du bassin

+

Surveillance météorologique



1- ÉVALUATION DE LA SITUATION

Historique du bassin

+

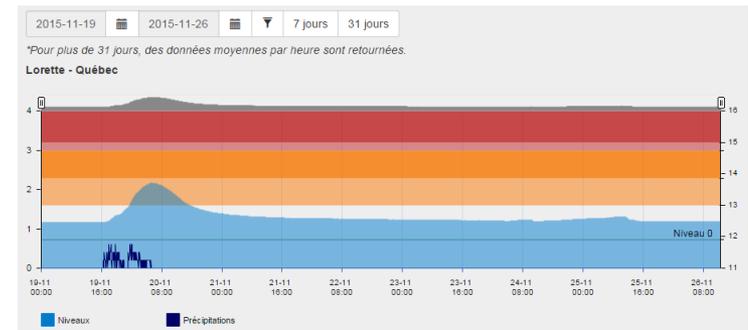
Situation actuelle du bassin

+

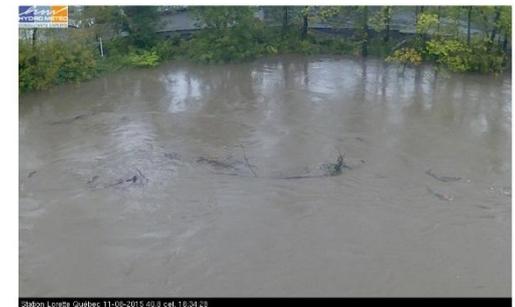
Surveillance météorologique



- Surveillance en temps réel: stations hydrométriques, météorologiques, cameras, données de surface, radar...



Lorette



1- ÉVALUATION DE LA SITUATION

Historique du bassin

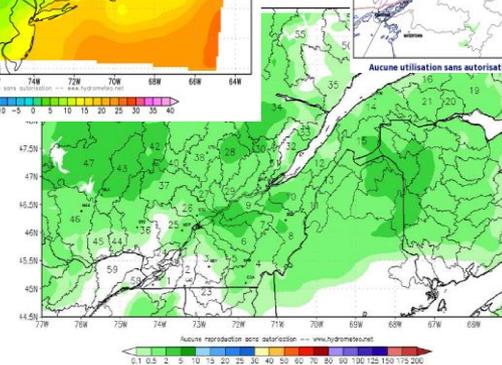
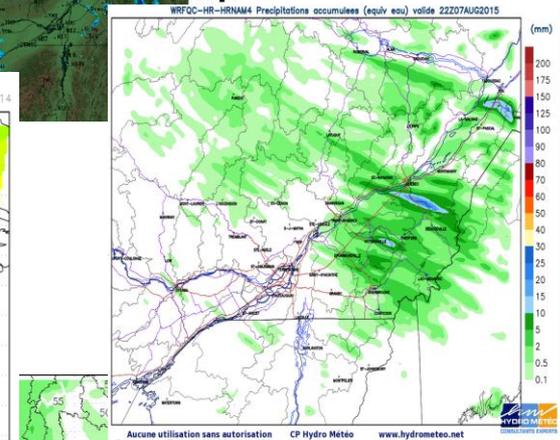
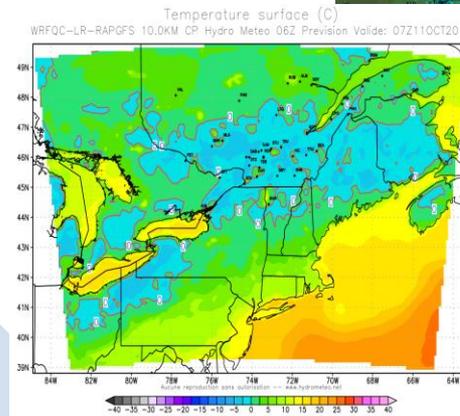
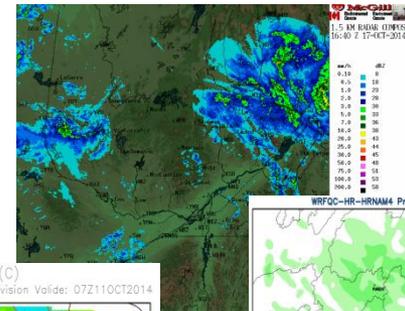
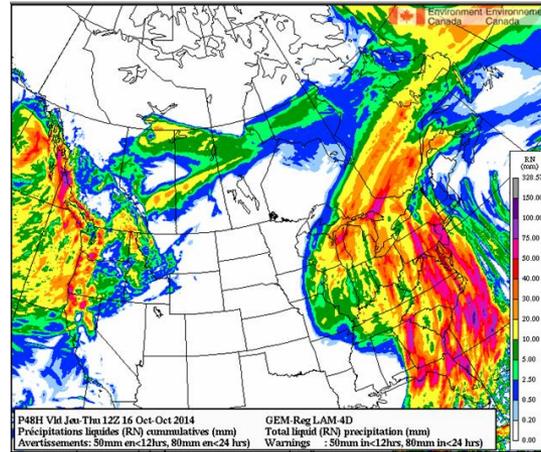
+

Situation actuelle du bassin

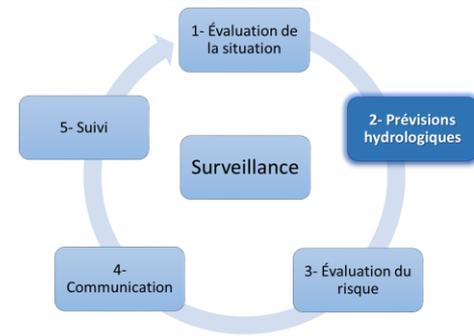
+

Surveillance météorologique

- Déterminer un évènement potentiellement problématique



2- PRÉVISIONS HYDROLOGIQUES



Estimation du ruissellement

- Différents modèles météorologiques globaux ou régionaux
- Caractéristiques physiques du sol (saturation, végétation, pente, urbanisation...)



Modélisation des débits

Différents modèles pour différents besoins

Débit de pointe →

Prévision Hydro Express

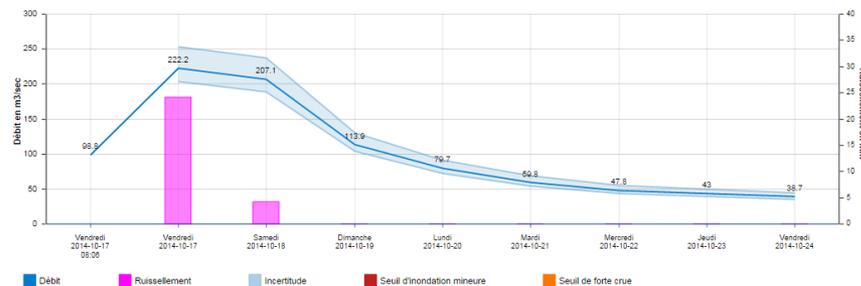
Évènement sur plusieurs jours →

GLEAUBAL

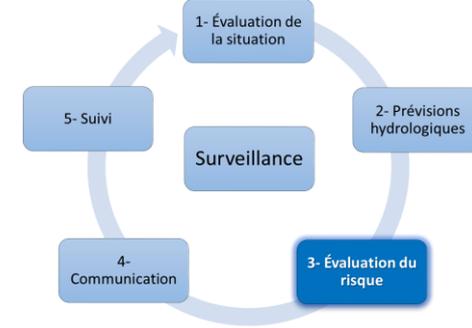
PRÉVISION HYDRO EXPRESS 24H du 11 août 2015 à 13:41 pour la région de Québec										
Rivière	Conditions actuelles			Évènement		Seuils	Prévisions et risques			
	Dernière donnée	Tendance passée		Quantités de pluies à venir (mm)	Ruissellement moyen à venir (mm)		Débit ou niveau moyen	Débit ou niveau max	Risques associés	
		1h	3h			Seuil de crue			Mouvements de glace	Inondations
Beauport	2015-08-11 10:45			10 à 20 mm	12,5	7,0	7,62	8,37	NUL	FAIBLES
						10,0				
		3,87	m ³ /s			15,0				
						4,5				
						5,0				
Cap Rouge	2015-08-11 13:22:04			10 à 20 mm	12,5	5,0	2,84	2,91	NUL	NUL
						6,0				
		2,5	m			13,00				
						13,85				
						14,75				
Lorette	2015-08-11 13:20:07			10 à 20 mm	17,5	13,85	13,84	13,96	NUL	FAIBLES
						15,00				
		13,02	m			16,90				
						12,50				
						13,50				
Du Berger	2015-08-11 13:20:58			10 à 20 mm	17,5	13,50	10,61	10,69	NUL	NUL
						13,90				
		10,05	m			154,75				
						154,90				
						155,00				
Jaune	2015-08-11 13:24:13			10 à 20 mm	17,5	155,25	154,56	154,60	NUL	NUL
						8,0				
		154,3	m			10,0				
						12,0				
						22,0				
Nelson	2015-08-11 10:45			10 à 20 mm	17,5	10,0	4,55	5,05	NUL	NUL
						35,0				
		1,05	m ³ /s			45,0				
						50,0				
						53,0				
Des Hurons	2015-08-11 10:30			10 à 20 mm	17,5	53,0	10,34	11,59	NUL	NUL
						35,0				
		1,59	m ³ /s			8,0				
						45,0				
						50,0				
St-Charles	2015-08-11 10:30			10 à 20 mm	17,5	50,0	39,16	42,16	NUL	FAIBLES
						35,0				
		18,16	m ³ /s			550,0				
						50,0				
						55,0				
Montmorency	2015-08-11 10:30			10 à 20 mm	17,5	55,0	119,06	131,81	NUL	NUL
						550,0				
		29,81	m ³ /s							

Données Hydriques pour : Montmorency préparé le : 2014-10-17

Valide du : Vendredi 2014-10-17 08:06 au : Vendredi 2014-10-24



3- ÉVALUATION DU RISQUE

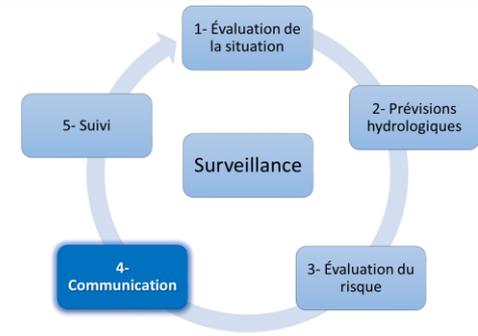


ÉVALUATION DES RISQUES D'INONDATIONS: UTILISATION DE SEUILS

- Mesure physique de niveau d'eau à un endroit donné
- Valides en un lieu, un secteur.
- Déterminés par les équipes de sécurité civile en fonction de leurs besoins opérationnels et des impacts du débordement
- Peuvent varier dans le temps avec la géomorphologie de la rivière.

	Inondation	
Niveau très élevé	Alerte	Niveau dommageable si l'augmentation continue
	Pré-alerte	
Niveau > normale	Veille	Niveau à surveiller mais non dommageable

4- COMMUNICATION DU RISQUE



À même la prévision:

Passer d'un seuil quantitatif à une terminologie qualitative.

Qualifier le risque.

PRÉVISION HYDRO EXPRESS 24H du 11 août 2015 à 13:41 pour la région de Québec										
Rivière	Conditions actuelles		Évènement		Seuils		Prévisions et risques			
	Dernière donnée	Tendance passée	Quantités de pluies à venir (mm)	Ruissellement moyen à venir (mm)	Seuils		Débit ou niveau moyen	Débit ou niveau max	Risques associés	
					Seuil de forte crue	Seuil de débordement			Mouvements de glace	Inondations
Beauport	2015-08-11 10:45	↘ ↘	10 à 20 mm	12,5	7,0	10,0	7,62	8,37	NUL	FAIBLES
Cap Rouge	2015-08-11 19:22:04	↘ ↘	10 à 20 mm	12,5	4,5	5,0	2,84	2,91	NUL	NUL
Lorette	2015-08-11 19:20:07	↘ ↘	10 à 20 mm	17,5	13,00	13,85	13,84	13,96	NUL	FAIBLES
Du Berger	2015-08-11 19:20:58	↗ ↘	10 à 20 mm	17,5	12,50	13,50	10,61	10,69	NUL	NUL
Jaune	2015-08-11 19:24:13	↔ ↔	10 à 20 mm	17,5	13,90	14,75	154,56	154,60	NUL	NUL
Nelson	2015-08-11 10:45	↔ ↔	10 à 20 mm	17,5	8,0	9,0	4,55	5,05	NUL	NUL
Des Hurons	2015-08-11 10:30	↔ ↔	10 à 20 mm	17,5	12,0	13,00	10,34	11,59	NUL	NUL
St-Charles	2015-08-11 10:30	↔ ↘	10 à 20 mm	17,5	35,0	45,0	39,16	42,16	NUL	FAIBLES
Montmorency	2015-08-11 10:30	↘ ↘	10 à 20 mm	17,5	50,0	53,0	119,06	131,81	NUL	NUL

Légende :	
Risques moyens totaux (mm)	RÉACTIONS PRÉVUES SUR COURS D'EAU
Très faible (< 5 mm)	Aucune problématique anticipée
Faible (5 à 10 mm)	Faibles hautes de niveau et débits anticipés
Moyenne (10 à 15 mm)	Hautes moyennes, fortes crues possibles
Élevée (15 à 20 mm)	Fortes crues et inondations mineures localisées
Très élevée (> 20 mm)	Inondations mineures avec aggrégation possible

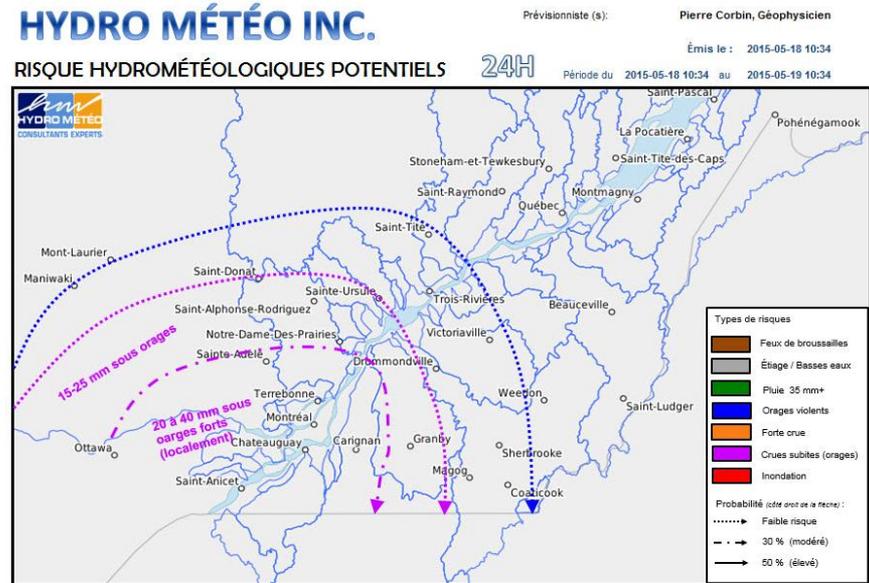
SEUILS

Seuil de forte crue	Seuil de forte crue - environ 40% du maximum historique
Seuil de débordement	Seuil de débordement - début des inondations

Note importante:
Les prévisions ne tiennent pas compte des mouvements de glace, de la formation d'embâcle ou de frazil ainsi que de toutes interventions humaines imprévisibles par nos services tels que l'opération de barrage ou l'ajustement d'effet de glace aux stations de mesures de débit.

Cartographie des risques:

Utilisation de couleurs.



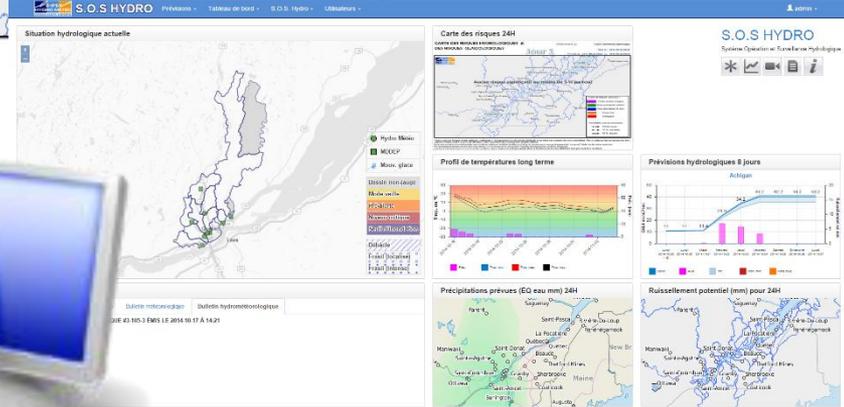
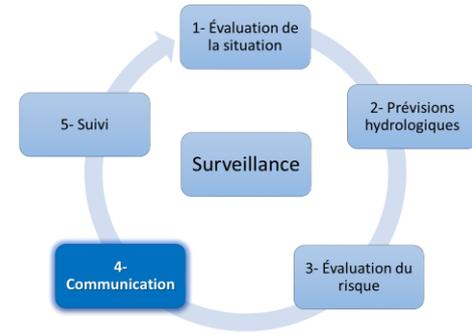
4- COMMUNICATION DU RISQUE

Différencier les types de risques.

Transmettre la probabilité d'occurrence.

Régionalisation des risques.

Personnalisation de l'information.



Hydro Météo surveillance & prévisions: glaciologiques, météorologique, hydrologiques
 BULLETIN MÉTÉOROLOGIQUE / HYDROLOGIQUE SPÉCIAL
 SYNOPSIS : 2014-08-14 00:32 BULLETIN #É1400064

AVERTISSEMENT DE PLUIE

ESTRIE

Le bassin versant de la rivière Saint-François a reçu des précipitations importantes reliées à un comté dépressionnaire.

A 00h00, les estimés radar montrent des accumulations entre 30 et 50 mm sur le bassin de la rivière 5 à 10 mm de pluie supplémentaires pourraient s'ajouter d'ici demain midi.

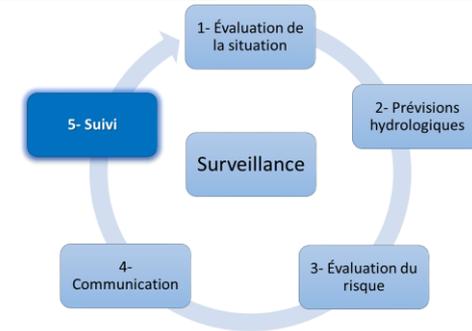
Des hausses de niveau sont possibles cette nuit et demain. Nous ne prévoyons pas de problématique à ces hausses. Les plus petits cours d'eau et les ruisseaux pourraient subir de fortes crues.

Nous suivons la situation de près.



5- SUIVI EN TEMPS RÉEL

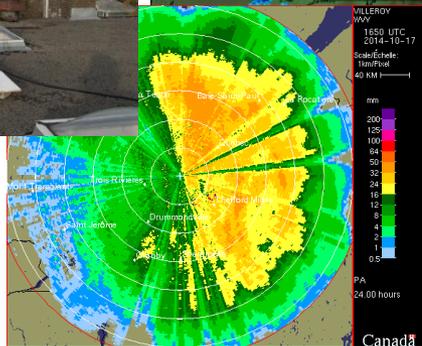
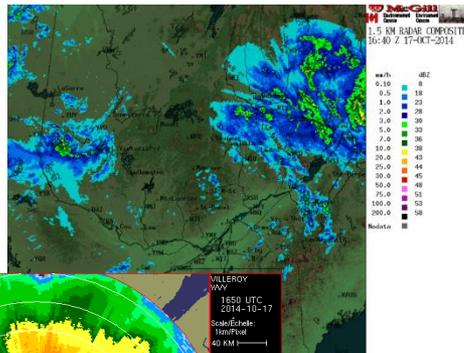
Réévaluation continue de la situation et des risques



Quantités de pluie tombées et à venir



Pluvios



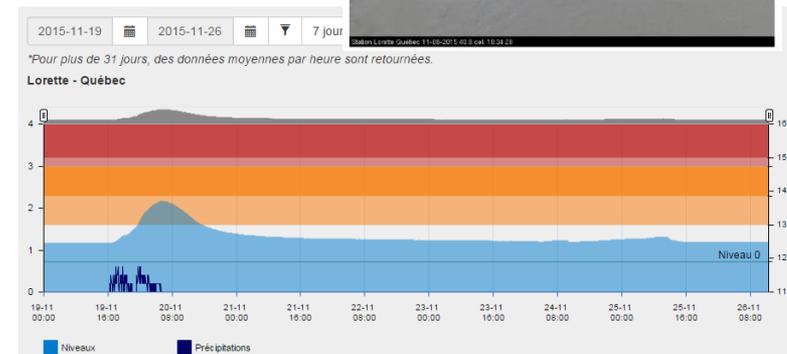
Récapitulatifs Radar

Images Radar – Temps quasi réel

Données hydrométriques

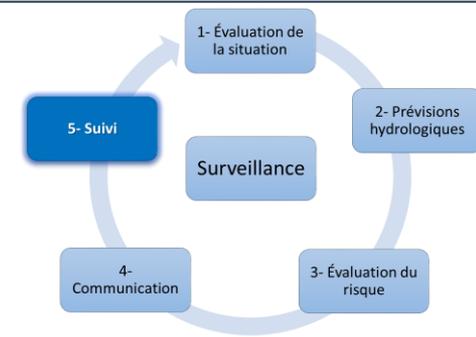


© Hydro Météo 2014



5- SUIVI EN TEMPS RÉEL

Évaluation en continu de la situation et des risques

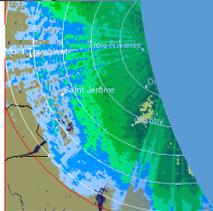


Quantités de pluie tombées et à venir

Données hydrométriques

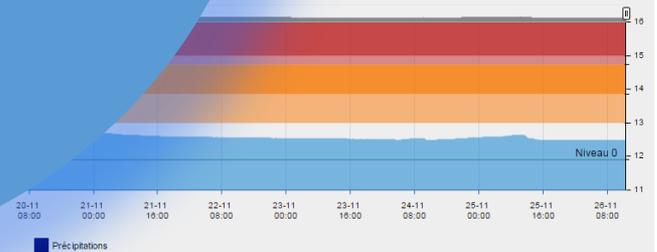
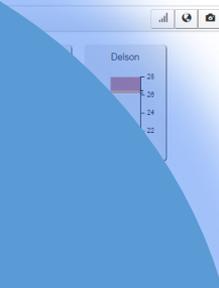


Pluvios



Récapitulatifs

Évaluation en continu de la situation et des risques



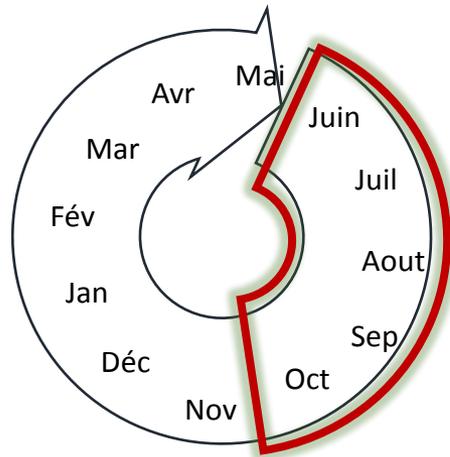
PROBLÉMATIQUES ESTIVALES ET AUTOMNALES

Conditions estivales:

- Orages violents
- Pluies courtes et intenses
- Sol souvent sec: pas ou peu d'infiltration



crues
subites



Conditions automnales:

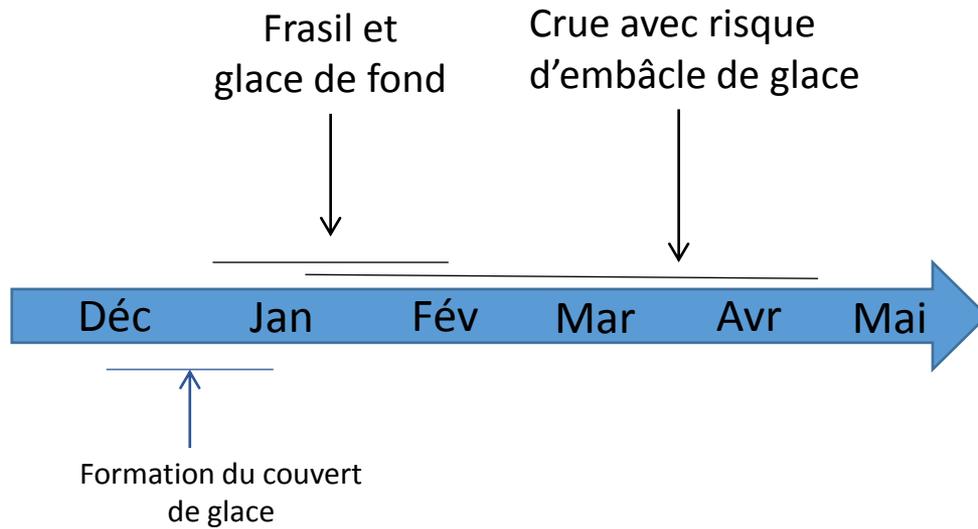
- Pluies parfois longues et intenses
- Sol saturé en eau : pas ou peu d'infiltration
- Niveaux de base plus hauts



crues



PROBLÉMATIQUES HIVERNALES ET PRINTANIÈRES



Rivière Saint-François, Lennoxville - 2013



Rivière Yamaska, Granby - 2014



Rivière Châteauguay, Châteauguay - 2004

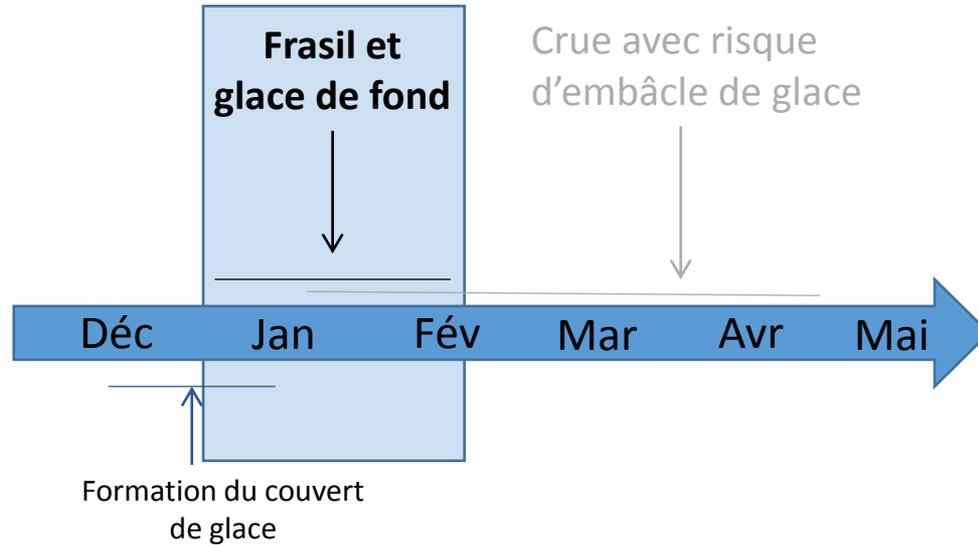


Rivière Des Prairies, Laval - 2015



Rivière Ouareau, Crabtree - 2013

PROBLÉMATIQUES HIVERNALES ET PRINTANIÈRES



FRASIL *Fines aiguilles ou plaquettes de glace en suspension dans l'eau.*

Température de l'eau $< 0^{\circ}\text{C}$ \Rightarrow frasil «actif»
 \rightarrow **fortes propriétés adhérentes**

GLACE DE FOND

Frasil initie la formation de glace de fond lorsqu'il entre en contact avec le fond de la rivière.



Rivière Saint-François, Lennoxville - 2013



Rivière Yamaska, Granby - 2014



Rivière Ouareau, Crabtree - 2013

PROBLÉMATIQUES HIVERNALES ET PRINTANIÈRES

Facteurs aggravants:

Couvert de glace

Températures froides intenses
(formation de frasil et glace de fond)

Modification de
l'écoulement

Obstruction de la
section d'écoulement

Refoulement et
débordement



Rivière Saint-François, Lennoxville - 2013

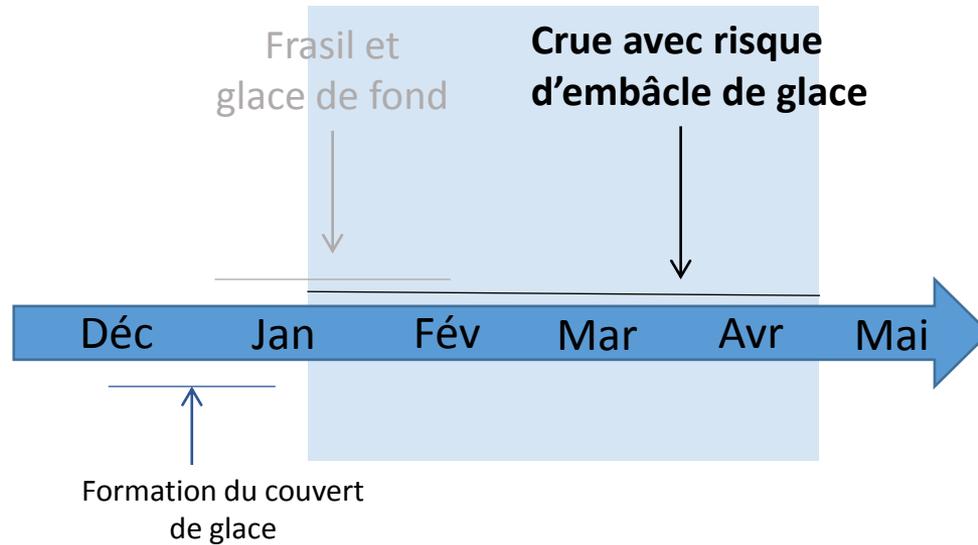


Rivière Yamaska, Granby - 2014



Rivière Ouareau, Crabtree - 2013

PROBLÉMATIQUES HIVERNALES ET PRINTANIÈRES



Crues hivernales ou printanières

- Présence d'un couvert de glace
- Peuvent activer la formation d'embâcle en forçant le couvert de glace à bouger prématurément

Débâcle:

- Hausse rapide du débit et niveau qui déstabilise les glaces
- Chute de pluie, fonte rapide, sol gelé ou saturé: ruissellement optimal



Embâcle, Rivière L'Acadie - 2013



Rivière Chateauguay, Huntingdon - 2014



Crue hivernale, mouvements de glace

PROBLÉMATIQUES HIVERNALES ET PRINTANIÈRES

Facteurs aggravants:

- Couvert de glace
- Redoux: mouvements de glace et potentiellement débâcle
- Précipitations en pluie si redoux
- Neige
- Sol gelé

Modification de l'écoulement et/ou mouvements de glace

Obstruction de la section d'écoulement et fort ruissellement

Refoulement et débordement



Embâcle, rivière L'Acadie - 2013



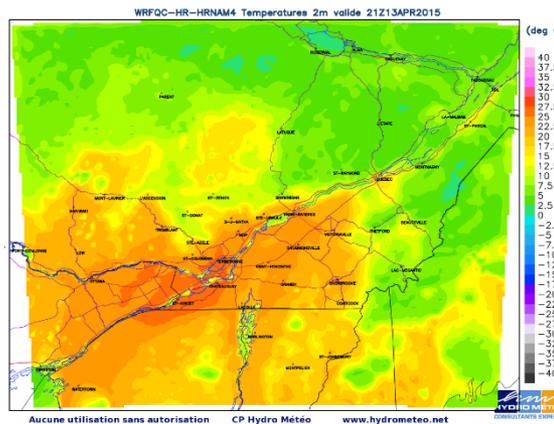
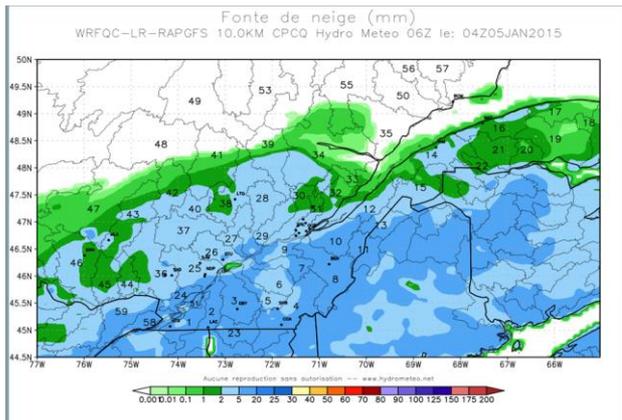
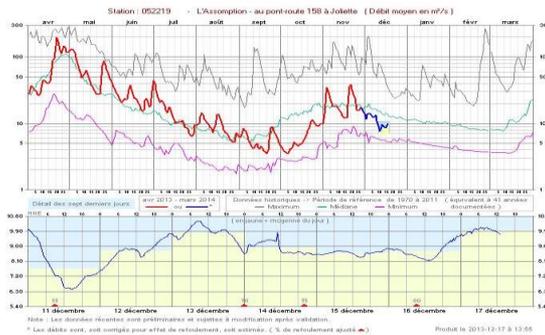
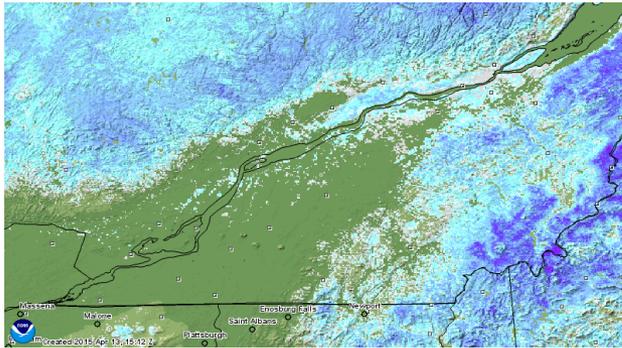
Rivière Chateauguay, Huntingdon - 2014



Crue hivernale, mouvements de glace

PRISE EN COMPTE DE VARIABLES SUPPLÉMENTAIRES EN SAISON HIVERNALE:

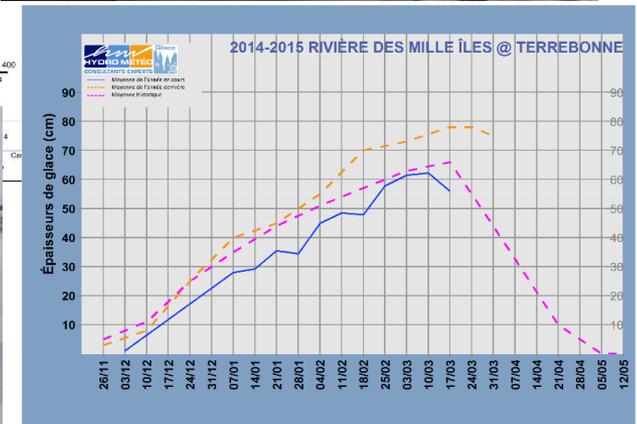
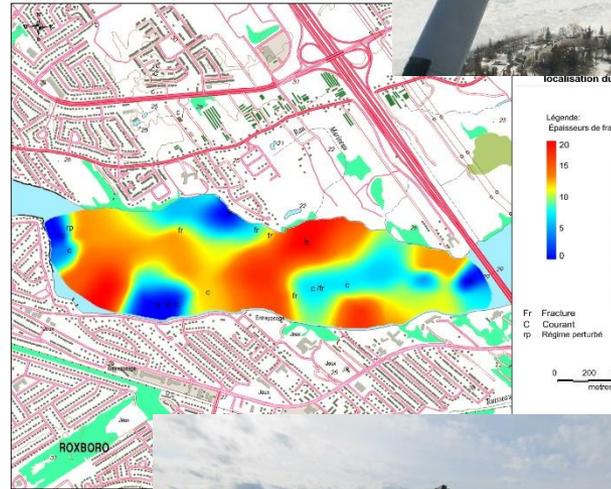
Glace, équivalent en eau de la neige, sol gelé, refoulement, températures, frasil, mouvements de glace...



Québec 24-12-2014 31.0 cel. 21:27:58

SUIVI HIVERNAL - OBSERVATIONS ET MESURES:

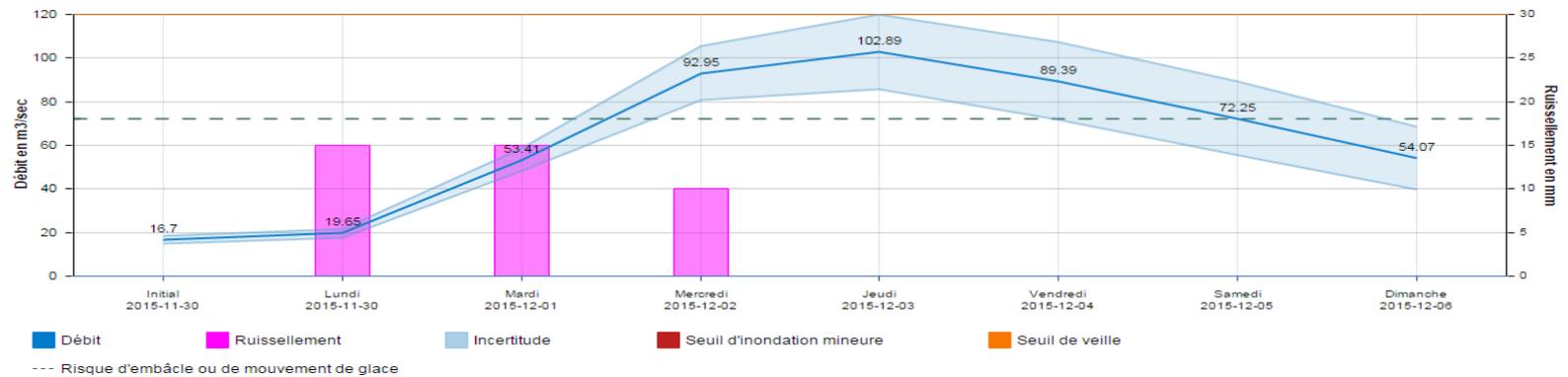
Validation des modèles et suivi de la situation



IMPACT SUR L'ÉVALUATION DES RISQUES D'INONDATION RELIÉS À LA GLACE

Critères :

- Seuils critiques de niveau
- **Seuils critiques de mouvements de glaces**



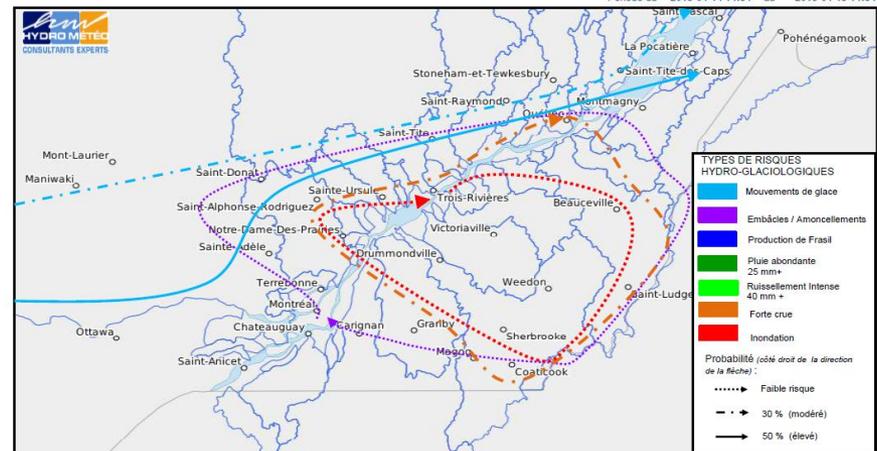
CARTE DES RISQUES HYDROLOGIQUES & GLACIOLOGIQUES

Jour 1

Prévisionniste (s) : Annie Lagadec, Hydrogéomorphologue

Émis le : 2015-04-14 14:54

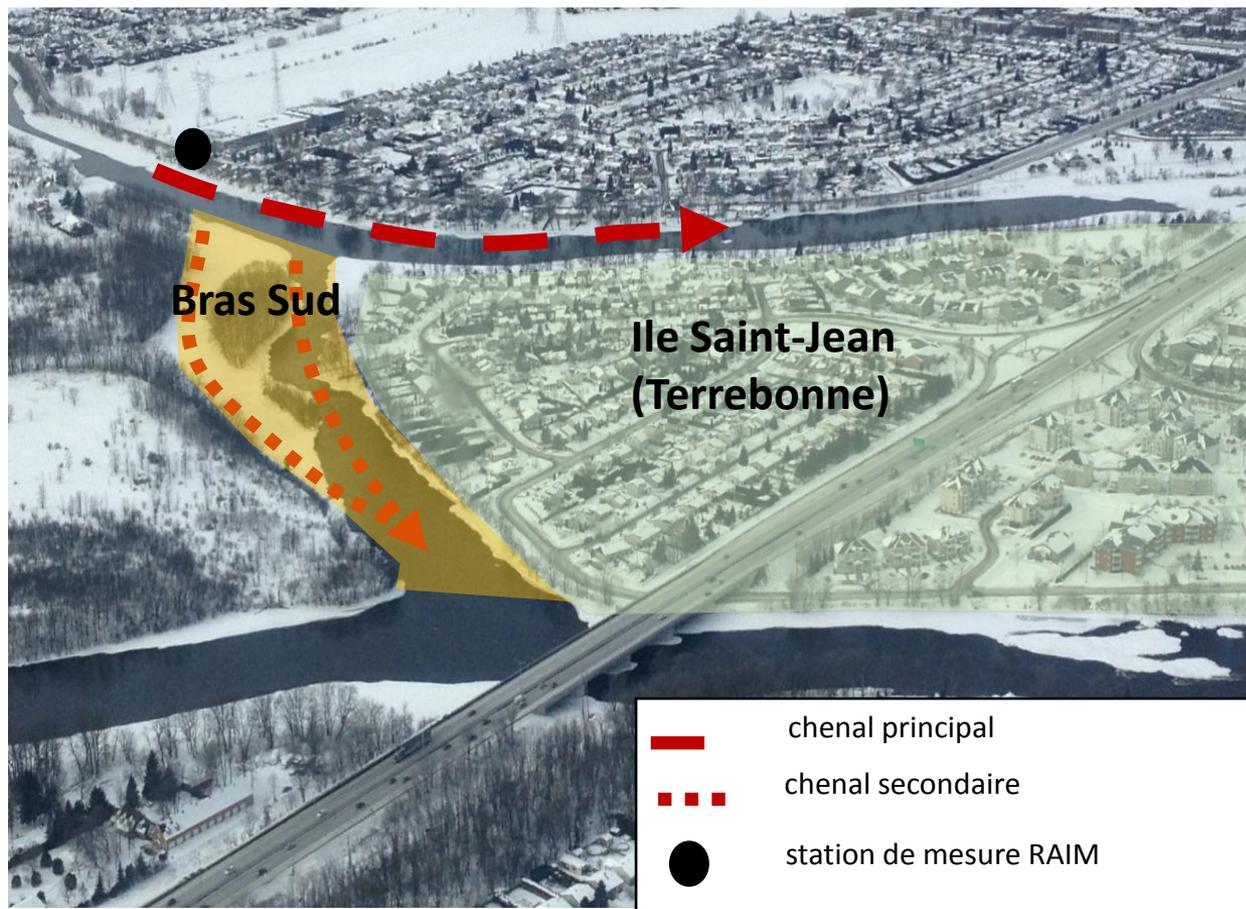
Période du 2015-04-14 14:54 au 2015-04-15 14:54



LE CAS DE TERREBONNE

RISQUE D'INONDATION PAR REFOULEMENT : ÎLE SAINT-JEAN (QC)

Problématique = accumulation de frasil et glace de fond → blocage de l'écoulement et refoulement



LE CAS DE TERREBONNE

RISQUE D'INONDATION PAR REFOULEMENT : ÎLE SAINT-JEAN (QC)

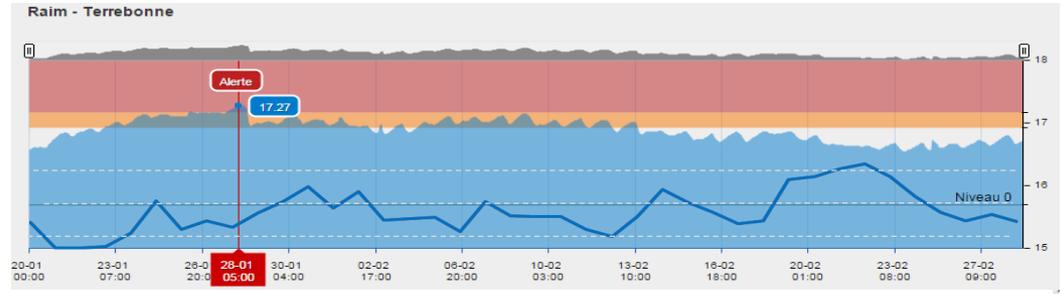
Début surveillance dès janvier

Indicateurs:

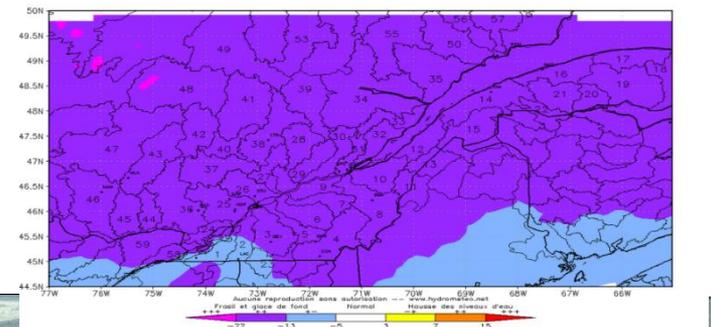
Données hydrométriques

Prévisions météorologiques (neige, frasil, températures)

Observations terrain



Carte des risques hydro-glaciologiques
WRFQC-LR-GFS 10.0KM CPCQ Hydro Météo 00Z Jour 1

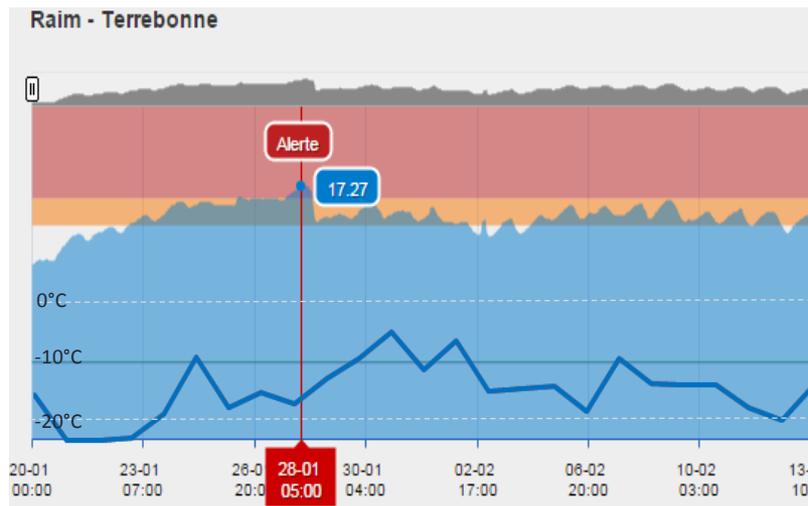


11/01/2014



29/01/2014





Survol, 13/01/2014



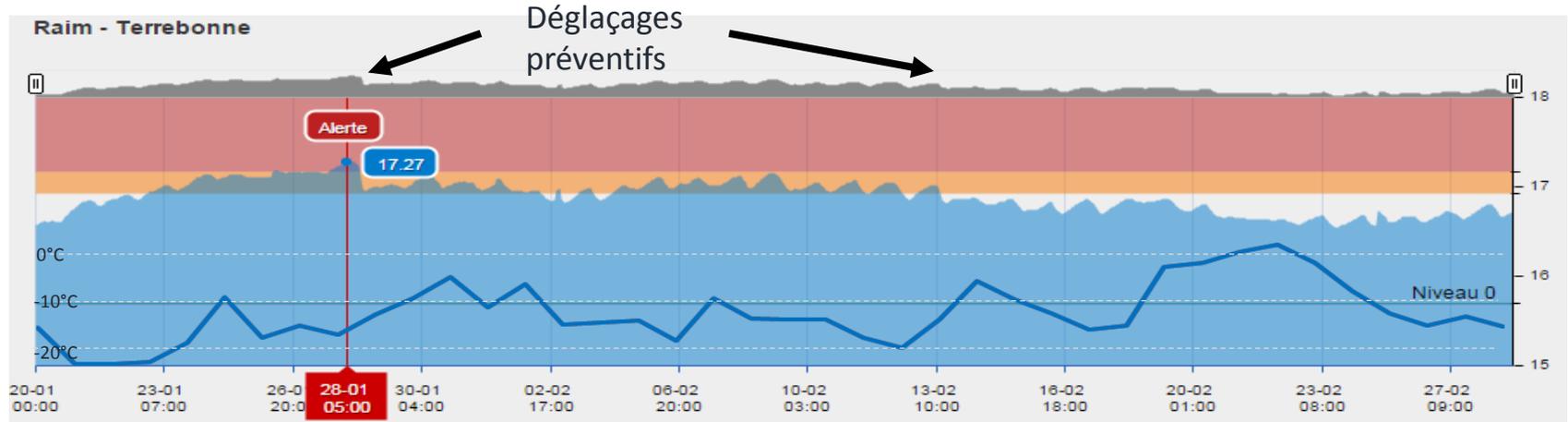
Traces de refoulement /eau sur la glace 06/02/2014



État de la situation: le blocage du bras sud par la glace et le frasil engendre un fort refoulement vers l'amont.

Le risque de débordement devient important

Mise en place de mesures préventives:



ANNEXES

LES AMONCELLEMENTS ET LES EMBÂCLES

Accumulation de glaces de rivière, brisées et immobiles en raison de restrictions physiques. Cette accumulation résiste à la pression. (*Environnement Canada*)

On parle d'amoncellement (relief moins important que dans le cas d'embâcle), lorsque l'accumulation ne gêne pas l'écoulement de la rivière.



Rivière des Mille-Isles, 2014

Relief < 60 cm



Rivière Nicolet, 2013

Relief > 60 cm,
Souvent de 1,5 à 2,5 m.