





# AG RIISQ 2022

Architecture résiliente aux inondations :  
développement d'expertise et transfert de connaissances



ARCHITECTURE  
SANS FRONTIÈRES  
QUÉBEC



## Membres de l'équipe

Isabelle Thomas

Delphine Ducharme

Élène Levasseur

Éloïse Goussard

Pascale Biron

Marylou Filiatrault

# AG RIISQ 2022

Architecture résiliente aux inondations :  
développement d'expertise et transfert de connaissances



# LE PROJET

## OBJECTIFS

Développer une expertise en adaptation des bâtiments aux inondations

Diffuser les meilleures pratiques d'architecture en zone inondable

## RETOMBÉES

Augmentation de la sécurité et du bien-être des personnes

Augmentation de la capacité de résilience des collectivités

Développement de nouvelles manières de cohabiter avec l'eau



# DÉFAILLANCES

## D2 RUPTURE DE DIGUE DE REMBLAIS

inaction | mauvais contexte | mesure défaillante | ?

La digue est un type d'**ouvrage de protection à l'échelle du quartier**. Répandue dans les villes riveraines, elle vise à empêcher les eaux de crues de pénétrer dans les zones habitées. Il s'agit d'une mesure qui peut causer des **dommages très importants lorsque défaillante**.

### CONSÉQUENCES

- ☑ Augmentation du danger des résidents
- ☑ Dommages aux bâtiments
- ☑ Dommages aux biens
- ☑ Dommages aux écosystèmes

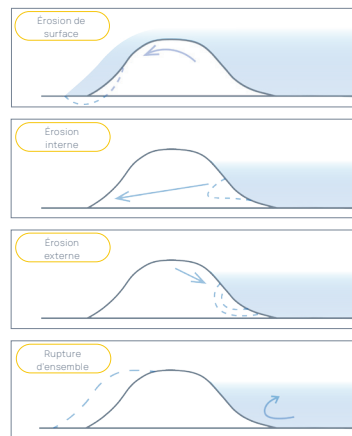
### ÉCHELLE



### DOMMAGES

\$\$\$  
élevé

### TYPES DE RUPTURE



### ENJEUX

- Composition et capacité structurelle variable
- Inspection visuelle ne permettant pas de détecter tous les problèmes potentiels
- Faux sentiment de sécurité pour les résidents derrière les digues
- Inondations plus hautes et plus fréquentes avec les changements climatiques : usure accélérée des digues et augmentation de l'érosion

### PROPOSITIONS

- + Développement d'une cartographie détaillée des digues
- + Contrôle de l'entretien
- + Cartographie des zones inondables ne considérant pas les digues
- + Création de zones tampons
- + Perméabilisation des sols

### DÉFAILLANCE DE LA MESURE

Les systèmes de digues sont très répandus comme mesure de défense contre les inondations au Québec et continuent d'être construits encore aujourd'hui dans les villes riveraines. Leur rupture peut toutefois causer des dommages considérables à l'échelle de la communauté et a été la cause des plus importantes catastrophes liées aux inondations par le passé.

Au Québec, les digues non reliées à un barrage ne sont pas assujetties aux règlements d'entretien et aux mesures d'urgence qui concernent les barrages. Leur entretien n'est donc pas contrôlé et des faiblesses non détectées dans la structure de la digue sont souvent la cause de rupture lors d'inondation.

La rupture des digues de remblais se fait par l'un des processus suivants :

#### Érosion de surface

Dépassement du niveau d'eau prévu et débordement de la digue qui cause une érosion du côté protégé et mène à une rupture.

#### Érosion interne

Hétérogénéité des matériaux, problèmes d'étanchéité ou présence de trous végétaux ou animaux causant la création de galeries dans la digue et donc l'affaissement des matériaux.

#### Érosion externe

Érosion de la digue à sa base du côté eau par la force du courant causant un affaissement des matériaux.

#### Rupture d'ensemble

Rupture causée par de trop grandes pressions ou une trop grande fragilité de l'ouvrage.



### LE BRIS DE DIGUE DE SAINTE-MARTHE-SUR-LE-LAC

- 1 La digue s'est rompue par un processus d'**érosion de surface** par surverse.
- 2 La rupture s'est élargie avec la force de l'eau jusqu'à créer une **ouverture de 50 à 75 pieds de largeur**.
- 3 La brèche a causé l'inondation d'un secteur de **4 km par 1/2 km**.



### DESCRIPTION DE L'ÉVÉNEMENT

Les inondations de 2019 sont caractérisées par la défaillance de la digue de protection de la ville de Sainte-Marthe-sur-le-Lac. Le 27 avril, la digue de remblais a rompu à la hauteur de la 27e avenue, inondant le quartier résidentiel se situant derrière ainsi que le tiers de la ville. Cette rupture de digue a marqué l'histoire des inondations du Québec après avoir causé l'évacuation de 2500 résidents soit environ 6000 personnes.

### POUR EN SAVOIR PLUS

- <https://ici.radio-canada.ca/montreal/1186657/rupture-digue-sainte-marthe-lac-evacuation-residents>
- Références à venir

# ÉVÉNEMENTS

## E1 DEUX MONTAGNES - 2017

**Deux-Montagnes** est une ville située à quelques kilomètres à l'Est de Montréal et de Laval. Elle fait partie de la MRC de Deux-Montagnes dans la région des Laurentides. Elle est bordée par la **rivière des Mille Îles** et le **lac des Deux-Montagnes**.

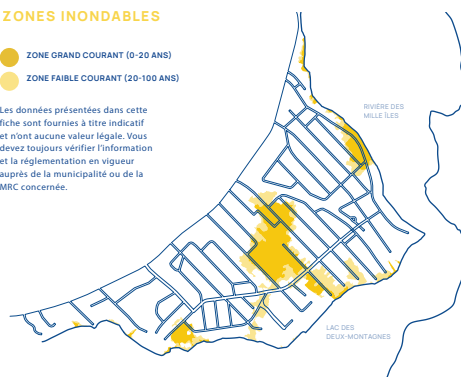
La ville de Deux-Montagnes a subi une inondation marquante en 2017, lorsque l'eau s'est propagée jusqu'à des **zones qui n'avaient jamais été inondées auparavant**.



### ZONES INONDABLES

- ZONE GRAND COURANT (0-20 ANS)
- ZONE FAIBLE COURANT (20-100 ANS)

Les données présentées dans cette fiche sont fournies à titre indicatif et n'ont aucune valeur légale. Vous devez toujours vérifier l'information et la réglementation en vigueur auprès de la municipalité ou de la MRC concernée.



Selon la carte interactive Géo-inondations : <https://geo.inondations.gouv.qc.ca/>

#### Réglementation :

##### Projets de la ville :

En 2019, la ville a procédé à la construction de sections de digues permanentes en complément aux sections existantes.  
En 2020, elle a installé une station télémétrique avec une caméra pour surveiller le niveau de l'eau et ainsi pouvoir prévoir les inondations.

##### Contacts :

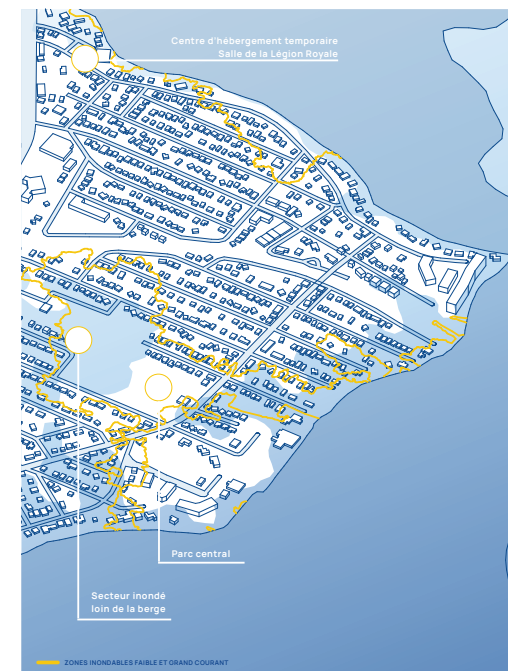
[www.ville.deux-montagnes.qc.ca](http://www.ville.deux-montagnes.qc.ca)  
[info@ville.deux-montagnes.qc.ca](mailto:info@ville.deux-montagnes.qc.ca)  
450-475-2796

Événement	Date	04/05 - 23/05
	Durée de l'inondation	19 jours
	Heure de l'alerte	16 h
	Type d'inondation	Eau libre
Conséquences	Nombre de bâtiments sinistrés	125 résidences sinistrées
	Nombre de citoyens évacués	600 citoyens
	Valeur approximative des dégâts	x \$
Caractéristiques	Condition géographique	Entre deux cours d'eau
	Résidences avec 1-2 mesures	x résidences
	Résidences avec 2+ mesures	x résidences
	Mesures à grande échelle	Sections de digue

**Parc central** : Une grande quantité d'eau s'est retrouvée dans le parc central, situé à près d'un kilomètre de l'eau, plutôt que d'inonder les zones résidentielles.

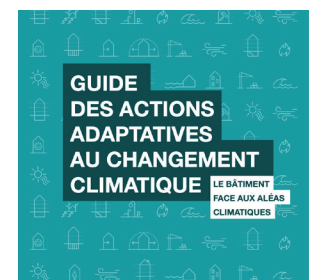
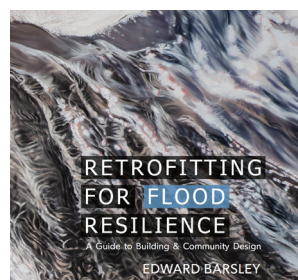
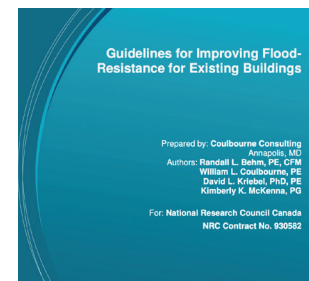
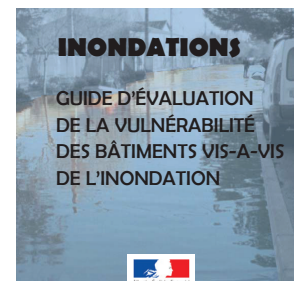
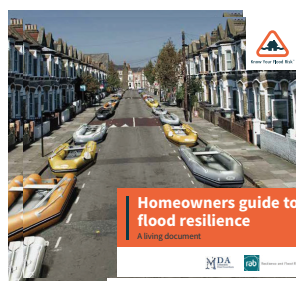
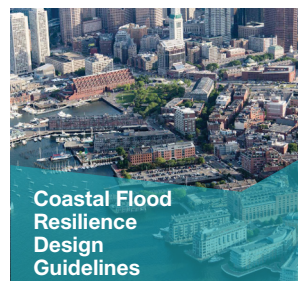
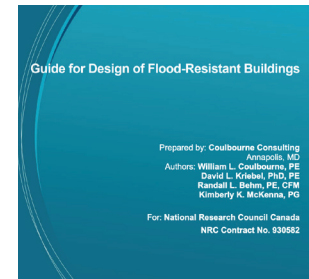
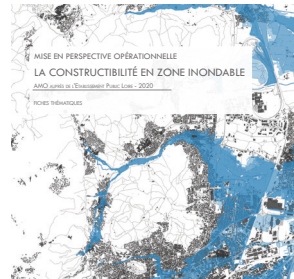
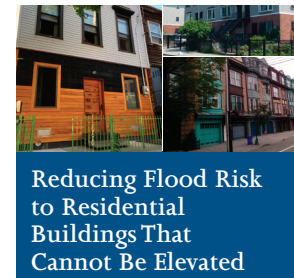
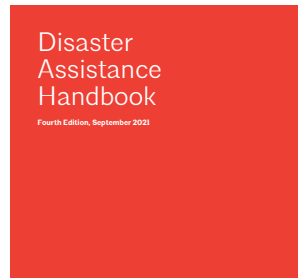
**Topographie** : La topographie de la ville de Deux-Montagnes a fait en sorte que les zones affectées par les inondations n'étaient pas celles situées au bord de l'eau. La distance de ces résidences a procuré un faux sentiment de sécurité et les résidents n'étaient pas préparés à affronter une inondation, résidences a procuré un faux sentiment de sécurité et les résidents

**Densification urbaine** : La ville avait un objectif de densification urbaine depuis 2012, ce qui a fait en sorte que les zones inondables étaient plus denses et davantage de résidences ont été touchées.





# ÉVALUATION D'OUTILS EXISTANTS



# PRATIQUES DE COMMUNICATION EXEMPLAIRES

## 'OUR FLOOD RESILIENT HOME'

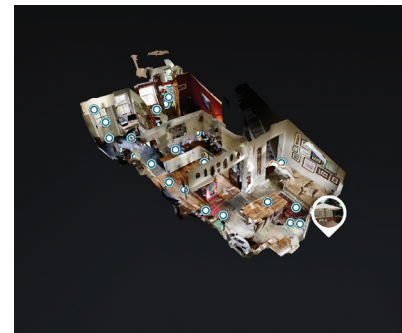
*Stories of ways in which people have adapted their homes to be more flood resilient*



More Episodes Here

## FLOOD FUNDAMENTALS

*Instructional episodes that discuss the impacts of flooding and variety of different strategies for adaptation and resilience to this threat.*



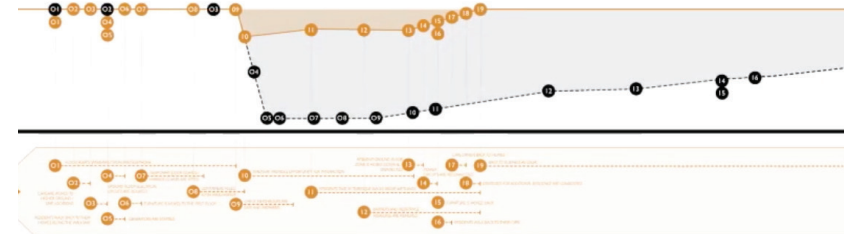
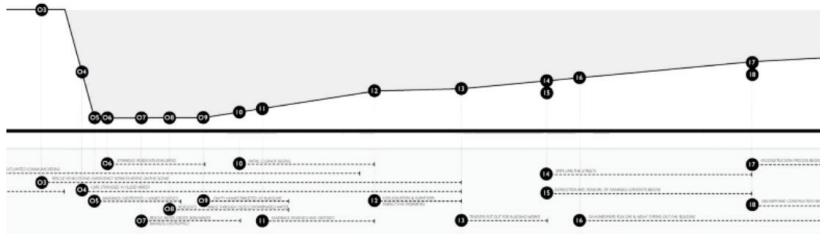
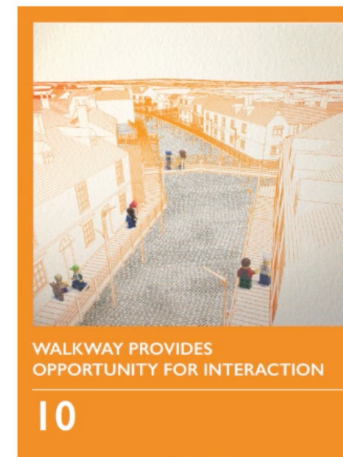
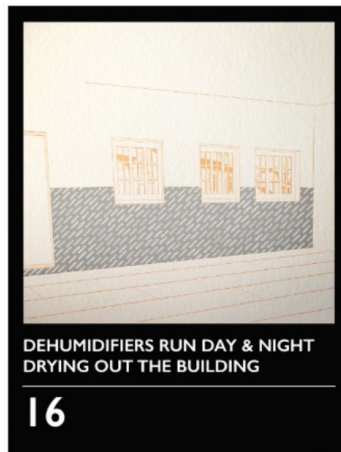
## Hazard and Hope

Edward Barsley, architecte, fondateur et directeur, The Environmental Design Studio [TEDS]

<https://www.hazardandhope.com/>



# PRATIQUES DE COMMUNICATION EXEMPLAIRES



## Paysages sonores

Edward Barsley, architecte, fondateur et directeur, The Environmental Design Studio [TEDS]

<https://www.retrofittingresilience.com/>

# PRATIQUES DE COMMUNICATION EXEMPLAIRES



## Fluctuations

Exposition de l'Institut Culturel d'Architecture Wallonie-Bruxelles (ICA)

[https://www.rtc.be/video/culture/expos/fluctuations-questionne-l-apres-inondations\\_1512582\\_325.html](https://www.rtc.be/video/culture/expos/fluctuations-questionne-l-apres-inondations_1512582_325.html)

<https://ica-wb.be/node/1332>



# L'ARCHITECTURE COMME LEVIER D'INNOVATION



**[Ré]-  
aménager  
la ville  
inondable**

**PUCA**  
plan  
urbanisme  
construction  
aménagement



# L'ARCHITECTURE COMME LEVIER D'INNOVATION



## Maison des Jeunes et de la Culture de Romorantin

Eric Daniel-Lacombe, architecte  
<https://www.edl-architecte.com/>



# L'ARCHITECTURE COMME LEVIER D'INNOVATION



## La Cité Fluviale de Matra, Romorantin

Eric Daniel-Lacombe, architecte  
<https://www.edl-architecte.com/>

L'installation d'événements d'inondation est une stratégie d'accueil qui permet d'égaliser les pressions de part et d'autre des parois en laissant entrer l'eau dans le bâtiment.

## ASPECTS VISÉS



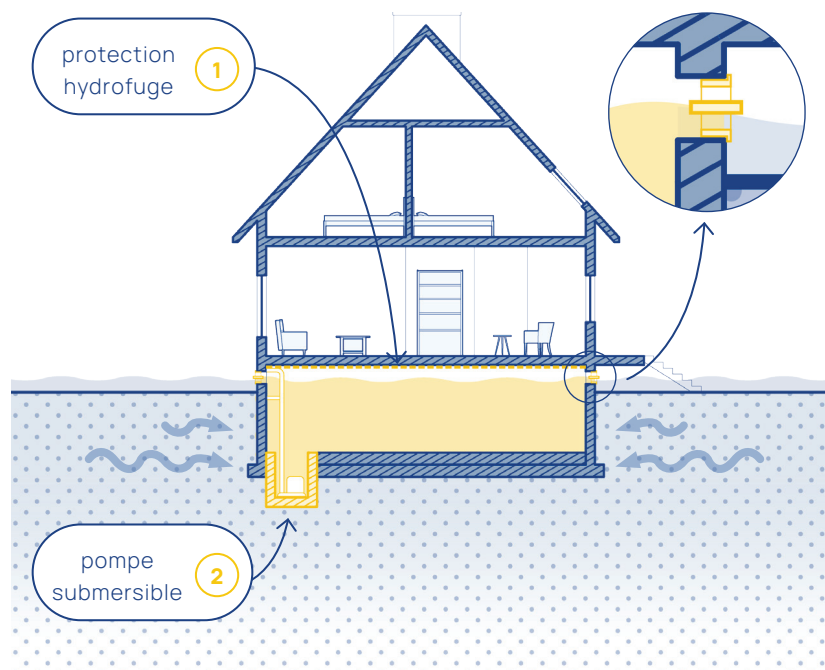
enveloppe



sous-sol et rez-de-chaussée

## OBJECTIFS

- ☐ Augmenter la sécurité des occupants
- ☐ Réduire le délai de rétablissement et de réoccupation
- ☐ Réduire les dommages aux biens et matériaux
- ☒ **Réduire les dommages à la structure**



## MESURES ADDITIONNELLES

Prévoir **une protection hydrofuge** au plafond du sous-sol. ①

Prévoir **une pompe submersible** pour évacuer l'eau après l'inondation. ②

## MISE EN OEUVRE

Il doit y avoir au moins **2 événements sur 2 murs différents** pour chaque pièce fermée sous le niveau de la crue pour permettre le passage de l'eau.

### Installation type

- Créer une ouverture brute, dont les dimensions sont spécifiées par le fabricant, entre deux montants ou dans la fondation (consulter un professionnel). Le bas de chaque événement d'inondation doit être **à moins de 0,3 m au-dessus du sol extérieur le plus élevé**.
- **Placer le cadre de l'événement** dans cette ouverture et le fixer selon les recommandations du fabricant.
- **Installer la partie mobile (un élément pivotant) de l'événement** dans le cadre.

## AVANTAGES

- + Travaux **rapides et peu coûteux**
- + Amélioration de la **ventilation naturelle** en phase de rétablissement
- + **Transparence hydraulique** (ne fait pas obstacle aux mouvements des eaux)
- + **Réduction de la pression hydrostatique** induite par la force des eaux sur les murs de fondation

## ENJEUX

- Bâtiment, biens et occupants **exposés à l'aléa d'inondation**
- **Exposition du bâtiment** aux impacts des débris ou des vagues (**forces hydrodynamiques**)
- Stratégie efficace en **combinaison avec d'autres mesures** : B5, M1, S1, S2
- Doit être combinée à une **mesure d'évacuation de l'eau**

## POUR EN SAVOIR PLUS

Le rehaussement du plancher du rez-de-chaussée au-delà de la hauteur d'eau potentielle est une stratégie **d'évitement**.

## ASPECTS VISÉS



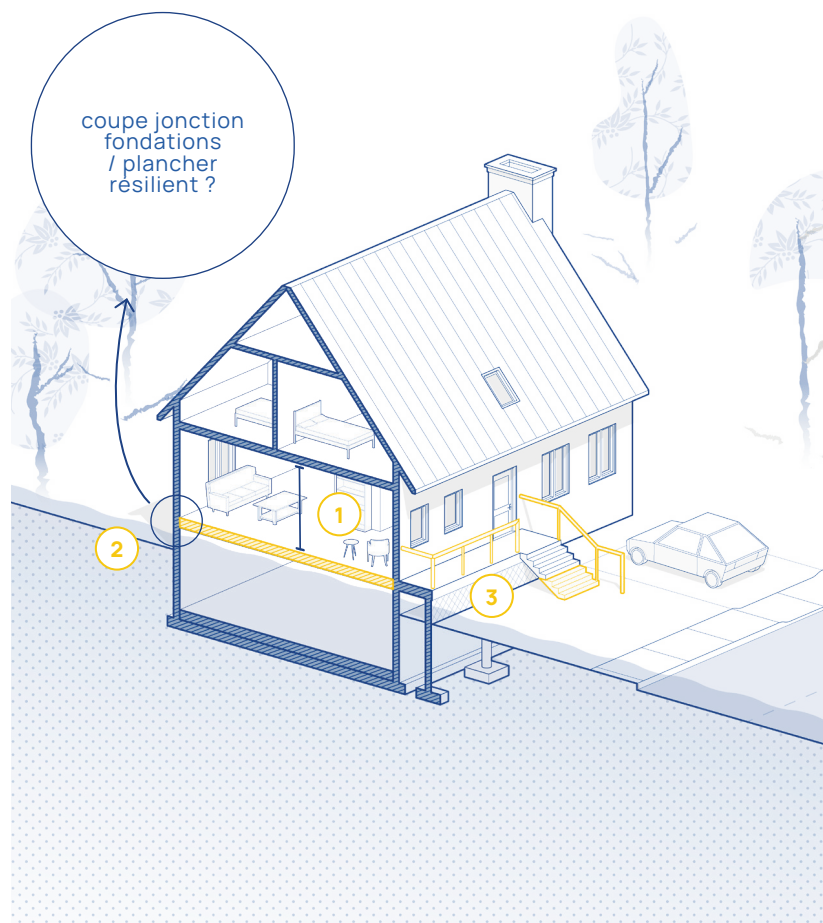
fondations



extérieur

## OBJECTIFS

- ☒ Augmenter la sécurité des occupants
- ☒ Réduire le délai de rétablissement et de réoccupation
- ☒ Réduire les dommages aux biens et matériaux
- ☐ Réduire les dommages à la structure



## MISE EN OEUVRE

Avant d'effectuer un rehaussement du plancher, il faut :

- Évaluer la performance structurale du bâtiment afin de déterminer s'il peut résister aux **charges d'une inondation et aux charges d'un nouveau plancher**.
- Si le bâtiment n'est pas suffisamment performant, il est possible d'effectuer un **renforcement structurel**.
- Déterminer si la hauteur existante sous plafond permet le rehaussement du plancher - **la hauteur résiduelle doit être au minimum 2.4 m.** ①
- Concevoir un **plancher résilient aux inondations** (fiche M1.a). ②

## MESURES ADDITIONNELLES

- **Prévoir une stratégie d'adaptation aux inondations pour les espaces en sous-sol.** Par exemple, l'installation d'une pompe submersible au point le plus bas du sous-sol.
- **Prévoir un nouvel aménagement extérieur** permettant l'accès au bâtiment. Si la hauteur de l'accès à l'entrée dépasse 0,60 mètre, un garde corps devra être installé. ③

## POUR EN SAVOIR PLUS

FEMA. (2015). Reducing Flood Risk to Residential Buildings That Cannot Be Elevated. [https://www.fema.gov/sites/default/files/2020-07/fema\\_P1037\\_reducing\\_flood\\_risk\\_residential\\_buildings\\_cannot\\_be\\_elevated\\_2015.pdf](https://www.fema.gov/sites/default/files/2020-07/fema_P1037_reducing_flood_risk_residential_buildings_cannot_be_elevated_2015.pdf)



## Contacts

[elevasseur@asf-quebec.org](mailto:elevasseur@asf-quebec.org)

[delphine.ducharme@umontreal.ca](mailto:delphine.ducharme@umontreal.ca)

