

Sensibilisation au risque d'inondation

PAR UNE SÉQUENCE D'ENSEIGNEMENT EN PROBABILITÉS

Je fais partie d'une équipe interdisciplinaire d'un projet de recherche subventionné qui vise à sensibiliser les élèves du premier cycle du secondaire (12-14 ans) au risque d'inondation. Avec une didacticienne de la géographie, deux personnes didacticiennes des sciences et technologie et deux spécialistes de l'hydrologie et de l'hydraulique, nous avons fait ressortir des points d'ancrage à prendre en compte pour concevoir une séquence didactique interdisciplinaire (en mathématiques, sciences et technologie, univers social) sur ce sujet.

Ce projet s'inscrit dans une approche de recherche-développement (Bergeron et Rousseau, 2021), ayant une double finalité de développement (concevoir un produit en réponse aux besoins du milieu de pratique) et de recherche (contribuer à l'avancement des connaissances scientifiques).

MATHIEU THIBAUT

Professeur en didactique des mathématiques (UQO)

mathieu.thibault@uqo.ca

[@ThibaultMat](#)



CET ARTICLE PRÉSENTE :

1. Des informations sur les inondations ainsi que les concepts associés (aléa, exposition, vulnérabilité et risque);
2. Une analyse des programmes de formation de l'école québécoise (PFEQ) en mathématiques au secondaire (Gouvernement du Québec, 2006, 2016a) et de la progression des apprentissages (PDA) au primaire (Gouvernement du Québec, 2009) et au secondaire (Gouvernement du Québec, 2016b) au sujet du risque d'inondation;
3. Les grandes lignes d'une séquence d'enseignement en probabilités visant à sensibiliser les élèves du premier cycle du secondaire au risque d'inondation.



1. Inondations et concepts associés (aléa, exposition, vulnérabilité et risque)

Au Québec, les inondations sont le type de catastrophe naturelle le plus fréquent et causent d'importants dommages et perturbations (Moudrak et Feltmate, 2019). Puisque la majorité de la population québécoise habite à proximité d'un lac, d'une rivière ou du fleuve Saint-Laurent, cela signifie qu'un grand nombre de municipalités sont exposées aux inondations. Il paraît donc essentiel que la population puisse mieux comprendre la nature des risques actuels et futurs liés aux inondations.

Par ailleurs, bien que plusieurs études portent sur une éducation des populations face aux inondations et sur la prévention des risques de catastrophe, les jeunes d'âge scolaire sont rarement pris en compte. Pourtant, de nombreux élèves du secondaire québécois sont susceptibles de vivre une situation d'inondation à un moment ou un autre de leur vie, sachant que leur fréquence pourrait augmenter avec les changements climatiques. Une recension d'écrits scientifiques suggère que les jeunes peuvent être mieux préparés aux catastrophes si des programmes spécifiques d'éducation aux risques sont mis en place (Johnson et al., 2014). De plus, dans cette éducation au risque d'inondation, il nous semble important de prendre en compte le contexte québécois compte tenu de sa complexité et sa singularité, en l'ancrant dans le territoire où vivent les élèves. Parmi les concepts importants pour comprendre les inondations, notons l'aléa, l'exposition, la vulnérabilité et le risque.

Un aléa est un phénomène naturel ou causé par l'être humain qui est plus ou moins prévisible et susceptible d'occasionner des pertes en vies humaines ou des blessures, des dommages aux biens, des perturbations sociales et économiques ou une dégradation de l'environnement. Parmi les aléas possibles, on retrouve évidemment les inondations, mais aussi les tornades, les tremblements de terre, etc. Certaines régions sont plus susceptibles d'être touchées par un type d'aléas que d'autres. Les inondations sont un exemple d'aléa dont les dommages peuvent être différents d'une région à l'autre, d'une part, et peuvent affecter différemment la population et les infrastructures, d'autre part. Il arrive même que des inondations ne produisent aucun dommage, par exemple si elles surviennent dans une région inhabitée.

L'exposition décrit la présence (ou l'absence) d'éléments qui favorisent ou entravent la survenue d'un aléa donné pour une population, un bâtiment (une école, une maison), ou une infrastructure (un pont, une route). Par exemple, une maison située près de la rivière (élément qui favorise l'inondation : la proximité d'un cours d'eau) est plus exposée à l'aléa d'inondation qu'une maison située sur une colline un peu plus loin (éléments qui l'entravent : l'altitude et la distance par rapport au cours d'eau).

La vulnérabilité représente une condition qui prédispose à subir des préjudices ou des dommages importants. Certaines personnes et infrastructures sont plus vulnérables que d'autres. Par exemple, pour deux maisons situées en zone inondable, celle avec un cinéma maison au sous-sol sera plus vulnérable que celle avec rien d'autre au sous-sol qu'une dalle de béton.

Finalement, le risque est défini comme la combinaison de la probabilité d'occurrence d'un aléa et des conséquences que cet aléa peut avoir sur une infrastructure, une communauté ou un écosystème (dommages, pertes de vie, impacts socio-économiques, etc.). Ces conséquences dépendent de leur niveau de vulnérabilité et d'exposition. Par exemple, si un hôpital et une maison se trouvent dans une même zone inondable, la probabilité d'inondation peut être la même, mais le risque est beaucoup plus grand pour l'hôpital en raison des possibles conséquences désastreuses s'il est inondé. Le risque est donc un concept complexe puisqu'il combine des considérations relatives à la probabilité d'occurrence d'un aléa et à ses conséquences.

2. Analyse des documents ministériels en enseignement des mathématiques

À l'aide d'une grille d'analyse, notre équipe a parcouru les programmes de sciences et technologie, de géographie et de mathématiques afin d'identifier l'occurrence des différents concepts liés aux aléas d'inondations. Nous avons donc analysé les programmes de formation de l'école québécoise (PFEQ) en mathématiques au secondaire (Gouvernement du Québec, 2006, 2016a) et la progression des apprentissages (PDA) au secondaire (Gouvernement du Québec, 2016b) au sujet de l'éducation au risque d'inondation. Par cette analyse, nous avons constaté que les termes « inondation », « risque », « aléa » et « vulnérabilité » ne figurent pas dans ces documents ministériels, du moins, pas au sens de cet article.

Mes collègues en didactique des sciences ont déjà amorcé la réflexion dans leur discipline, en suggérant même que les prochaines versions des programmes de sciences et technologie au secondaire intègrent l'éducation au risque, notamment concernant les inondations (Groleau et al., 2023). Une analyse comparative de vingt programmes de sciences et technologie du secondaire en France et au Québec soulève d'ailleurs une difficulté à lier les apprentissages en mathématiques et en sciences et technologie (Barroca-Paccard et al., sous presse), d'où l'importance d'envisager une séquence d'enseignement et d'apprentissage interdisciplinaire.

Lorsqu'on regarde plus spécifiquement les programmes en mathématiques, ce sont les domaines des probabilités et de la statistique qui nous semblent les plus féconds pour établir des liens (implicites) avec l'éducation au risque d'inondation, particulièrement au premier cycle du secondaire. En effet, les probabilités et la statistique occupent une place importante au quotidien (pas seulement chez les mathématiciens et les actuaire !), car elles permettent de donner un sens aux données et d'analyser le risque (Borovcnik et Kapadia, 2018).

Sensibilisation au risque d'inondation

PAR UNE SÉQUENCE D'ENSEIGNEMENT EN PROBABILITÉS



La prise de décisions et la simulation prennent d'ailleurs une place non négligeable dans les documents ministériels au premier cycle du secondaire en mathématiques, où l'élève est amené notamment à « faire des prédictions et [à] prendre des décisions éclairées dans divers types de situations », puis à « réaliser ou simuler des expériences aléatoires avec ou sans outils technologiques » (Gouvernement du Québec, 2016b, p. 21).

Finalement, il nous est donc apparu pertinent de faire une séquence sur l'éducation au risque d'inondation dans le cadre de l'enseignement des probabilités au premier cycle du secondaire. Nous sommes conscients que les concepts et processus probabilistes ne sont pas toujours considérés de manière prioritaire. Cependant, le thème des inondations nous donne l'occasion de faire des mathématiques tout en abordant des notions importantes pour préparer les jeunes citoyens à comprendre et à s'adapter à un monde en transformation. Étant donné l'absence de mention explicite à ce contexte précis dans les programmes (que ce soit en géographie, en sciences ou en mathématiques), il a fallu concevoir une séquence en établissant nous-mêmes les liens avec le contenu de formation prescrit.

3. Séquence d'enseignement en probabilités

Sur la base d'une recension d'écrits scientifiques, nous avons fait ressortir des caractéristiques de différents dispositifs didactiques visant l'éducation aux inondations en milieu scolaire. Ces ancrages nous ont permis d'élaborer une séquence d'enseignement qui sera utilisée en 2024 auprès d'élèves du premier cycle du secondaire dans trois disciplines (mathématiques, sciences et géographie). La séquence d'enseignement complète dans les trois disciplines couvre une quinzaine de périodes. Le bloc en mathématiques (probabilités) se développe sur quatre périodes avec trois activités complémentaires. Conformément à la recherche-développement (Bergeron et Rousseau, 2021), nous avons procédé à des mises à l'essai pour valider notre prototype et l'améliorer pour obtenir la séquence d'enseignement actuelle qui sera expérimentée sous peu.

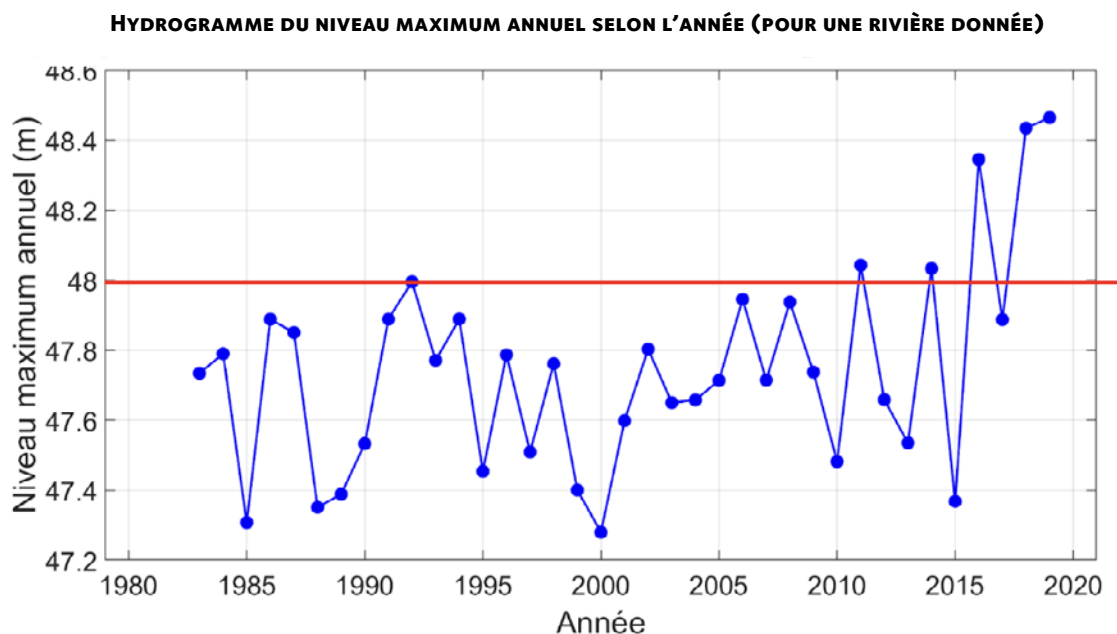
Dans la séquence d'enseignement en probabilités que nous avons élaborée, les idées centrales des trois activités sont :

- 1) de rappeler que les inondations ne font pas appel à des connaissances déterministes, car elles sont incertaines ;
- 2) de comprendre le concept de période de retour d'une zone inondable ;
- 3) d'apprendre à se servir des connaissances probabilistes pour prendre une décision éclairée, à partir de l'articulation des trois approches probabilistes (théorique, fréquentielle et subjective). Pour bien appuyer ces idées centrales, nous avons aussi développé du matériel complémentaire pour assister les personnes enseignantes qui souhaitent expérimenter la séquence d'enseignement. Dans ce matériel complémentaire, on retrouve notamment des capsules vidéo sur les inondations qui appuient les concepts probabilistes à développer : aléas, risque, exposition, vulnérabilité (dont il a été question dans la première section de cet article), période de retour et zone inondable.

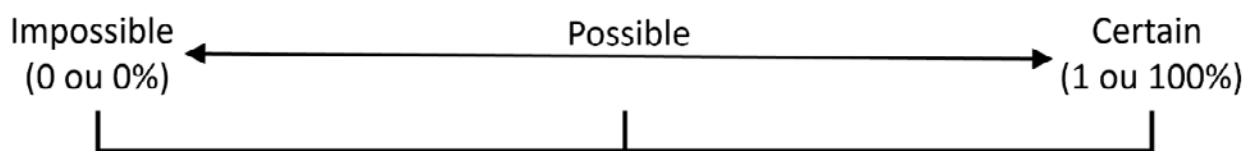
Tel que décrit dans le document de consignes pour les personnes enseignantes (monurl.ca/consignesprobs), les concepts et processus probabilistes devront être enseignés en parallèle aux trois activités de la séquence (ou avoir été enseignés préalablement). En ce sens, les questions prévues dans les activités peuvent soulever des discussions et nécessiter des explications supplémentaires sur le plan des notions probabilistes. Au début de la séquence, il serait intéressant d'amorcer des discussions avec les élèves pour réactiver les concepts et processus probabilistes travaillés dans les années précédentes pour que les élèves comprennent bien ce qu'est une probabilité ainsi que les trois approches probabilistes.

La première activité intitulée « Émettre une prédiction... en se méfiant de l'eau qui dort ! » (monurl.ca/probsprediction) vise à amener les élèves à émettre une prédiction de manière qualitative (droite des probabilités) et quantitative, à reconnaître qu'une probabilité se situe entre 0 et 1, puis à mobiliser le vocabulaire probabiliste. Un autre concept important lié au risque d'inondation est l'interprétation d'un hydrogramme qui sera travaillé avec les élèves même si ce concept n'est pas à l'étude dans les documents ministériels. En rapport avec cette activité d'environ une heure, voici un exemple de question (**Figure 1**) qui amène les élèves à émettre une prédiction par l'approche subjective, à l'aide de données quantitatives.

Consulte le diagramme suivant (qu'on appelle un hydrogramme) qui regroupe les données d'inondations d'une rivière au cours des dernières décennies.



On considère qu'il y a une inondation quand le niveau maximum annuel dépasse un seuil critique. Dans cet exemple, il est de 48 m, représenté par la ligne rouge. En t'appuyant sur ces informations, estime la probabilité qu'il y ait une inondation dans cette région au cours des 10 prochaines années. Situe cette probabilité à l'aide d'un X sur la droite qualitative des probabilités.



Explique ta réponse par des données quantitatives.

FIGURE 1. EXEMPLE DE QUESTION DE LA PREMIÈRE ACTIVITÉ

La deuxième activité, intitulée « Réaliser des essais dans des conditions similaires comme deux gouttes d'eau » (monurl.ca/probsessais), vise à amener les élèves à réaliser des essais, puis à constater les particularités du phénomène aléatoire. C'est alors l'occasion de mettre à l'épreuve leur prédiction, de simuler des expériences aléatoires avec du matériel (dés), puis avec des outils technologiques, de reconnaître la variabilité des résultats possibles (incertitude), de comparer les résultats d'une expérience aléatoire aux probabilités théoriques, etc. En ce qui concerne les outils technologiques, les élèves auront recours à l'approche fréquentielle à l'aide de simulateurs, soit une roulette (monurl.ca/rouletteinondations), un dé (monurl.ca/simulateurde)

et une série de roulettes (monurl.ca/roulettesinondations), ainsi qu'un tableau collaboratif (monurl.ca/resultatsroulette) pour noter leurs résultats. C'est aussi dans cette activité que les élèves apprendront à interpréter la période de retour, qui n'est pas à l'étude en mathématiques au secondaire, mais qui sera abordée considérant qu'il s'agit d'un concept important pour s'approprier le concept de risque d'inondation. Pour cette activité d'environ deux heures, voici un exemple de question (**Figure 2**) qui amène les élèves à réaliser des simulations d'essais par l'approche fréquentielle à l'aide d'un simulateur sur Polypad (monurl.ca/roulettesinondations).

Sensibilisation au risque d'inondation

PAR UNE SÉQUENCE D'ENSEIGNEMENT EN PROBABILITÉS



Avec Polypad, réalise des simulations de 25 essais (en sélectionnant les 25 roulettes et en appuyant sur « Tourner »). Chaque roulette représente la probabilité qu'une maison située dans une zone inondable soit inondée lors d'une année donnée. Alors, les 25 roulettes indiquent le nombre d'années où la maison serait inondée pendant une période de 25 ans.

Calcule la fréquence de chaque événement pour 3 simulations.

Évènement	Période de retour	Fréquence simulation #1	Fréquence simulation #2	Fréquence simulation #3
Aucune inondation	moins de 2 ans			
Inondation mineure	2 à 5 ans			
Inondation significative	5 à 20 ans			
Inondation majeure	20 à 100 ans			
Inondation historique	plus de 100 ans			

FIGURE 2. EXEMPLE DE QUESTION DE LA DEUXIÈME ACTIVITÉ

En ce qui concerne la troisième activité, intitulée « Prise de décision... se jeter à l'eau ! » (monurl.ca/probsdecision), elle vise à amener les élèves à calculer des probabilités, puis à prendre une décision en exerçant un jugement critique. Il faudra notamment dénombrer les résultats possibles d'une expérience aléatoire et les représenter à l'aide d'un diagramme en arbre. Pour cette activité d'environ une heure, voici un exemple de question (**Figure 3**) qui amène les élèves à articuler l'approche théorique (calculs et diagramme en arbre) et l'approche subjective (prise de décision).

La météorologie est inquiétante dans ton secteur en raison des fortes pluies. Dans les prochains jours, on estime que la probabilité qu'une inondation survienne dans ton secteur est de $\frac{3}{5}$. Par mesure préventive, la ville distribue des sacs de sable afin que les citoyens puissent protéger les résidences. Suite à la distribution des sacs de sable, on estime que 90% des résidences seront adéquatement protégées par les digues formées de sacs de sable, que les eaux ne les atteindront pas et qu'il n'y aura aucun dommage causé à ces résidences. Sinon, une inondation causerait des dégâts. Représente cette situation à l'aide d'un diagramme en arbre, puis identifie l'univers des résultats possibles.

FIGURE 3. EXEMPLE DE QUESTION DE LA TROISIÈME ACTIVITÉ

Pour chacune des trois activités, un guide d'enseignement est en cours de développement et sera accessible via monurl.ca/consignesprobs, pour suggérer des manières possibles de piloter les activités selon les intentions ciblées.

Conclusion

***** MISE EN GARDE *****
Jeux de mots douteux qui
pourraient *tomber à l'eau*

En guise de conclusion, notre équipe espère que les ressources développées dans ce projet vous mettent *l'eau à la bouche* et que vous irez les consulter de manière plus détaillée pour les intégrer dans votre milieu scolaire, si vous jugez qu'elles sont *claires comme de l'eau de roche*. Plus de détails sur ce projet peuvent être consultés ici : monurl.ca/inondations. L'expérimentation de cette séquence d'enseignement (en probabilités, mais aussi en géographie et en sciences et technologie) nous permettra aussi d'en apprendre davantage sur les connaissances et perceptions des élèves du secondaire quant à l'aléa d'inondation. Peut-être qu'un jour les élèves navigueront *comme des poissons dans l'eau* avec ces informations liées aux inondations et qu'une éventuelle prise de décision à ce sujet sera éclairée et *coulera de source*.

Remerciements

Je tiens à remercier le Réseau Inondations InterSectoriel du Québec (RIISQ) et Ouranos pour leur contribution financière au projet « Développer l'éducation à la spatialisation des aléas d'inondations dans les écoles secondaires au Québec », duquel découle cet article et les ressources associées. Je remercie aussi mes collègues pour leur contribution à ce projet : Chantal Déry (didacticienne en géographie à l'Université du Québec en Outaouais), Audrey Groleau (didacticienne en sciences et technologie à l'Université du Québec à Trois-Rivières), Marco Barroca-Paccard (didacticien en sciences et technologie à la Haute école pédagogique du canton de Vaud), Alain Mailhot (professeur en hydrologie urbaine à l'Institut national de la recherche scientifique), Jacob Stolle (professeur en hydrodynamique côtière et fluviale à l'Institut national de la recherche scientifique) et Irvings Julien (postdoctorant en sciences et technologie à l'Université du Québec à Trois-Rivières). [1]

Références

- BARROCA-PACCARD, M., THIBAUT, M., ET CHALAK, H. (sous presse). Les contenus liés aux statistiques et probabilités en enseignement des sciences : analyse comparative France-Québec des programmes de niveau secondaire en sciences et technologies. Dans Y. Buyck, M. Sudriès, F. Ligozat et C. Marlot (Eds.), *Les didactiques face à l'évolution des curriculums. Savoir(s) et pratiques pour entrer dans la complexité du monde. Actes du 6^e colloque international de l'ARCD*. <http://hdl.handle.net/20.500.12162/7290>
- BERGERON, L. ET ROUSSEAU, N. (2021). *La recherche-développement en contextes éducatifs : une méthodologie alliant le développement de produits et la production de connaissances scientifiques*. Presses de l'Université du Québec.
- BOROVCHNIK, M. ET KAPADIA, R. (2018). Reasoning with risk: Teaching probability and risk as twin concepts. In C. Batanero et E.J. Chernoff (Éds.) *Teaching and Learning Stochastics* (pp. 3-22). Springer, Cham.
- GOVERNEMENT DU QUÉBEC. (2006). *Programme de formation de l'école québécoise : enseignement secondaire, premier cycle*. Québec : ministère de l'Éducation.
- GOVERNEMENT DU QUÉBEC. (2016a) *Programme de formation de l'école québécoise : enseignement secondaire, deuxième cycle*. Québec : ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport.
- GOVERNEMENT DU QUÉBEC. (2016b) *Progression des apprentissages au secondaire : Mathématique*. Québec : ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport.
- GROLEAU, A., JULIEN, I. ET BARROCA-PACCARD, M. (2023). Pour des programmes de sciences et technologie qui prennent mieux en compte la notion de risque : L'exemple du risque d'inondation. *Spectre*, 53(1), novembre 2023. En ligne <https://www.aestq.org/fr/la-notion-de>
- JOHNSON, V. A., RONAN, K. R., JOHNSTON, D. M. ET PEACE, R. (2014). Evaluations of disaster education programs for children: a methodological review. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 9, 107-123.
- MOUDRAK, N. ET FELTMATE, B. (2019). *Faire face aux inondations : orientations pour renforcer la résilience des immeubles commerciaux au Canada, Centre Intact d'adaptation au climat*. Université de Waterloo. <https://www.centreintactadaptationclimat.ca/wp-content/uploads/2019/10/Faire-face-aux-inondations-1.pdf>