



Gestion du risque et aqueduc

Application des principes de gestion du
risque à la gestion et la conception
d'infrastructures de distribution d'eau potable

Objectifs de la présentation

- Établir les concepts de base;
- Démontrer l'utilité de la gestion du risque;
- Déterminer les besoins pour sa mise en place comme outil d'aide à la décision;

Historique

- L'analyse de risque en eau potable
 - Méthode d'identification et de quantification des dangers
 - HACCP, HAZOP, ETA, FTA... dans l'industrie agroalimentaire, énergétique, etc.
 - Arbres de défaillance (fault tree) :
 - Mercer & Hrudey (1990) *Canada*,
 - Risebro et al. (2007) *Microrisk, UE, IWA*,
 - Beauchamp et al. (2010) *CJCE*
 - QMRA : Quantitative microbial risk assessment
 - LT2ESWTR (USEPA), Giardia et Cryptosporidium
 - Au Québec,
 - Chaire de l'eau Polytechnique, P. Payment
 - Beauchamp et al. (2011) *JWS:RT-AQUA*

Historique

- L'analyse de risque en eau potable
 - Fiabilité des réseaux

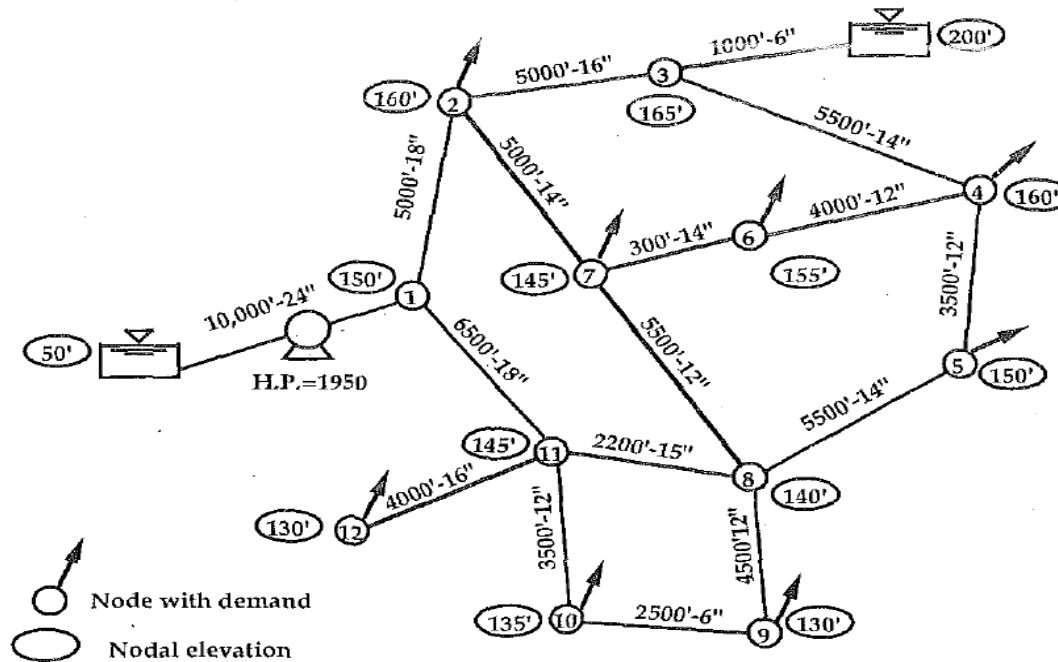


FIG. 3. Example of Pipe Network

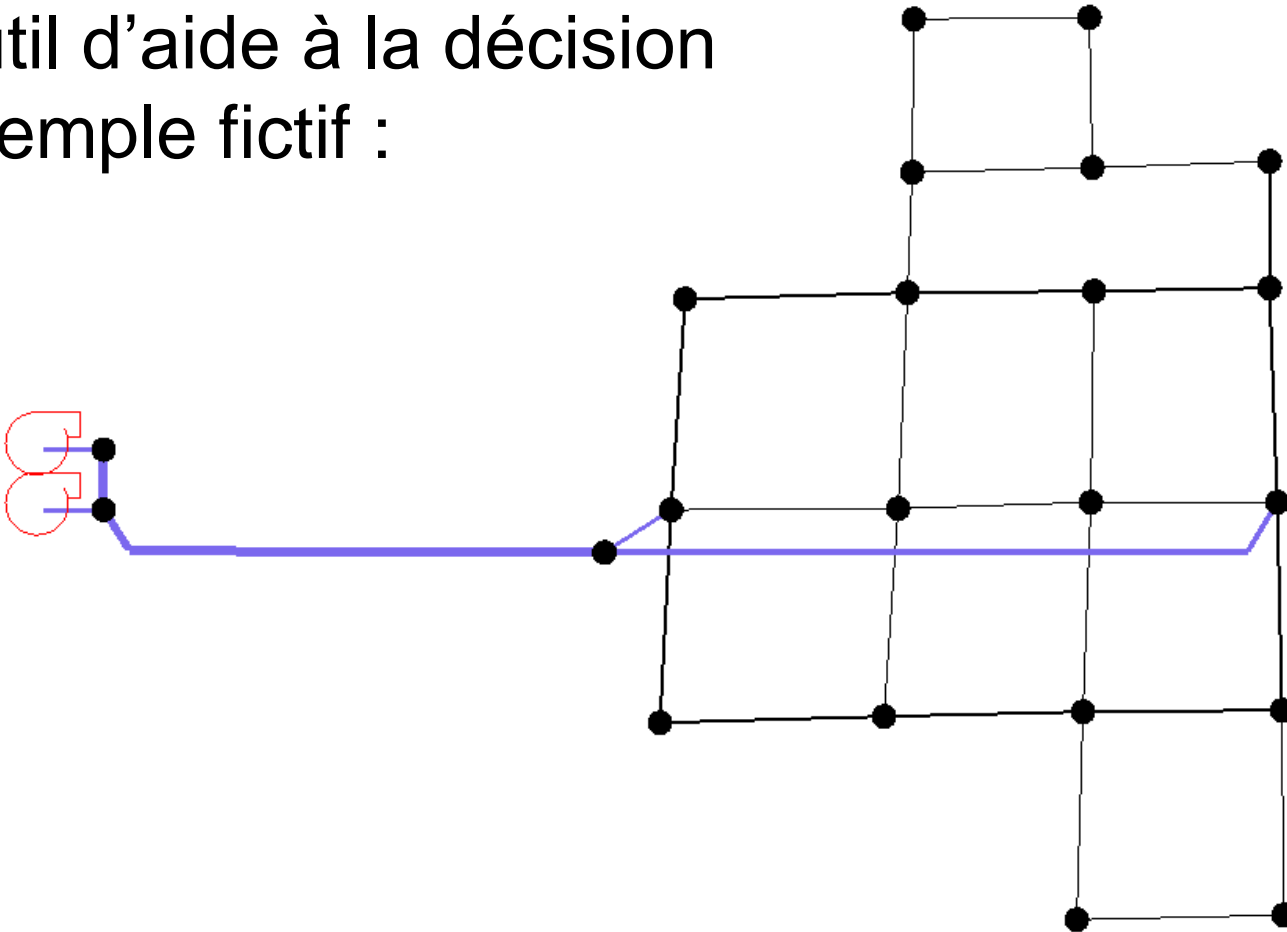
« [...] the probability that the system can provide the demanded flowrate at the required pressure head. »
(Bao et Mays, 1990)

Quelques définitions :

- Danger (*hazard*) : Un état ou une situation indésirable (e.g. perte d'alimentation), résultat d'un événement ou d'une suite d'événements « anormaux » (e.g. bris, panne électrique).
- Sévérité (*expected loss, severity*) : Mesure de la conséquence d'un danger (e.g. durée d'une coupure d'eau).
- Probabilité (*probability*) : Niveau de confiance en la réalisation d'un événement, entre 0 et 1.
- Risque (*risk*) : Produit de la probabilité et de la sévérité d'un danger.
 - Risque = Sévérité x Probabilité
- Fiabilité (*reliability*) : Capacité d'un système à ne pas induire de situation anormale, généralement évaluée par une probabilité.
- Gestion du risque (*risk management*) : Processus complet d'identification des dangers, d'évaluation des risques, de priorisation des interventions, et de rétroaction, applicable à un système (e.g. un réseau de distribution d'eau).
- Analyse de risque (*risk analysis/assessment*) : Détermination quantitative ou qualitative du risque associé à un danger.
 - Il s'agit de l'étape « mathématique » de la gestion du risque.

Pourquoi la gestion du risque?

- Outil d'aide à la décision
- Exemple fictif :



Pourquoi la gestion du risque?

- Outil d'aide à la décision
- Exemple fictif :
 - Station de pompage de 2 pompes à vitesse variable (1 en fonction, 1 redondance)
 - $Q_{\text{max,pompe}} : 10\ 000\ \text{m}^3/\text{j}$
 - Temps d'entretien de chaque pompe : 1 mois/an (8,3% du temps)
 - La consommation est plus élevée que $Q_{\text{conception}}$ depuis quelques années.
 - $P(\text{Consommation} > 10\ 000\ \text{m}^3/\text{j}) = 0,1$ (10% du temps)
 - A-t-on besoin d'une 3e pompe?

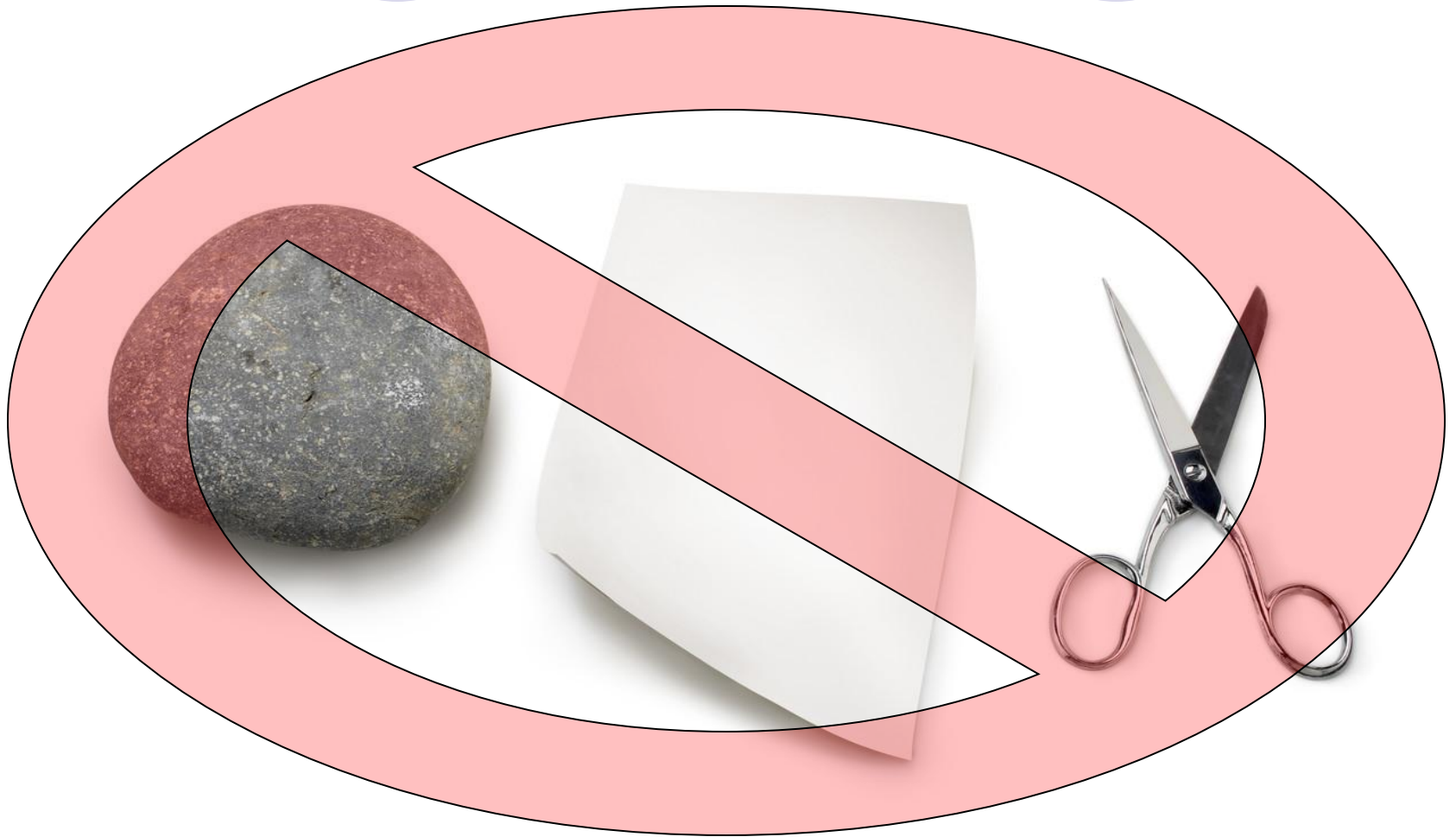
**PRISE DE
DÉCISION**

Pourquoi la gestion du risque?

- Outil d'aide à la décision

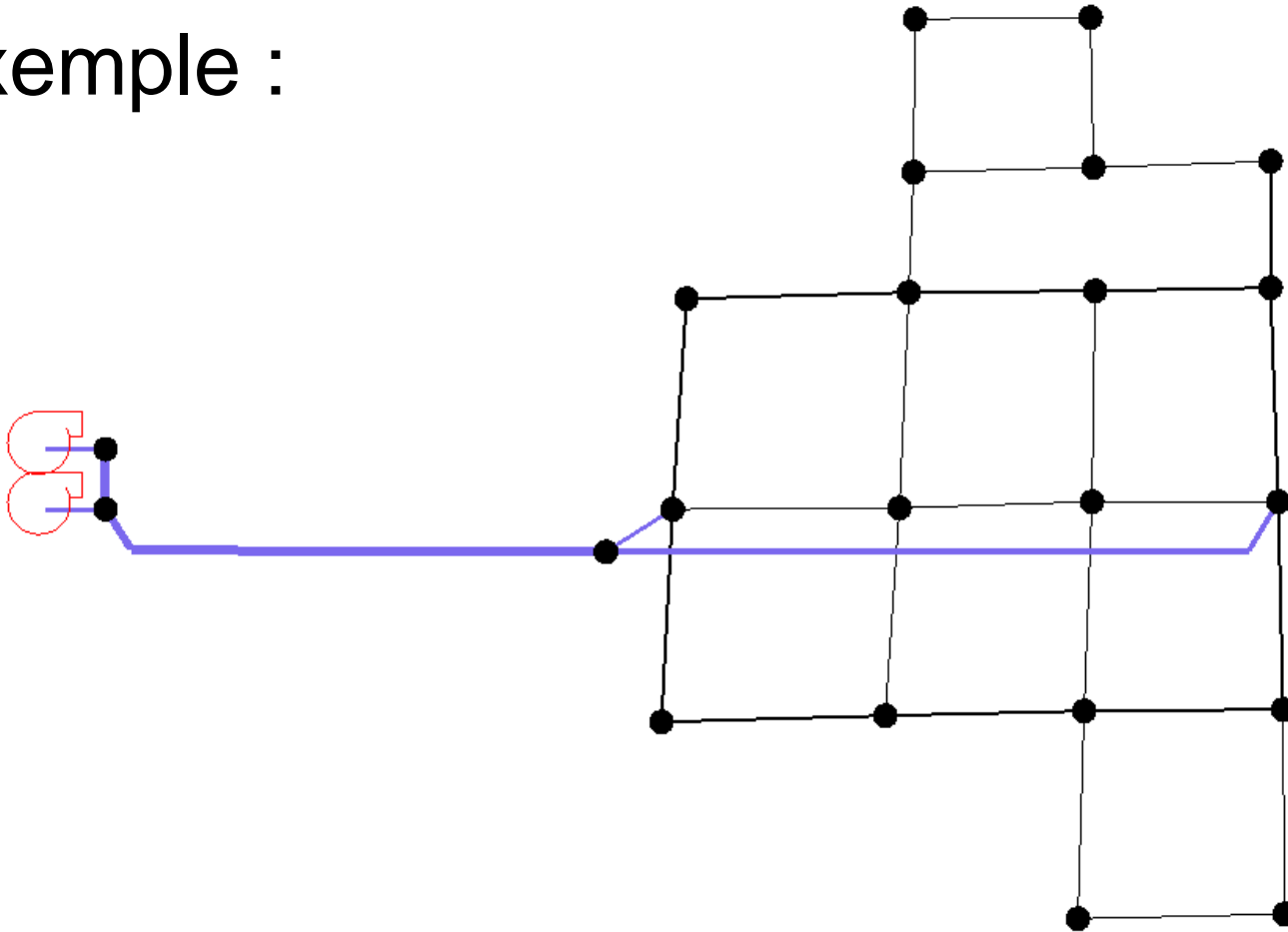
- « Choice of a design value [...] is not a deterministic decision and implies acceptance of a probability of the network being unable to perform to specifications. What has been missing in network analysis to date is an explicit recognition of the probabilistic process. »
(Goulter *et al.* 1999)

Pourquoi la gestion du risque?



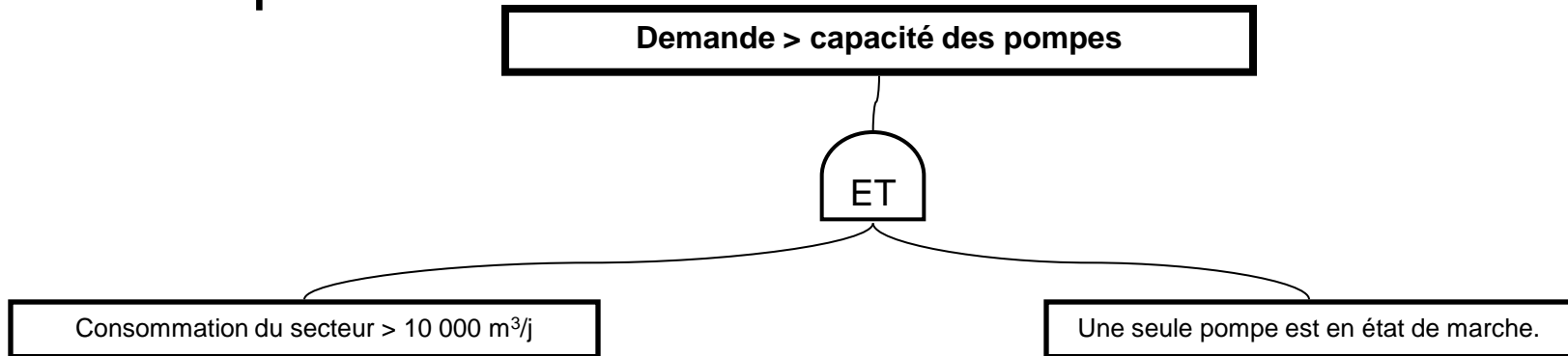
Comment?

- Exemple :



Comment?

- Exemple :



- Hypothèses :

- Il y a toujours au moins une pompe en marche.
- Le débit ne peut pas dépasser 20 000 m³/j.

Comment?

- Exemple : Avec 2 pompes

- $P(\text{Pompe OFF} \ \& \ Q > 10\ 000 \text{ m}^3/\text{j}) = 0,083 * 2 * 0,1 = 0,0167$

- À chaque année, il y a 1,67% des chances que la 2^e pompe ne soit pas disponible pour fournir le débit, et 98,33% des chances de ne pas avoir de problème.

- Durée de vie restante des infrastructures : 25 ans. Quel est la probabilité de manquer d'eau sur cette période?

- $P = 1 - 0,9833^{25} = 0,34 = \text{plus de 1 chance sur 3!}$

Acceptable?

Comment?

- Exemple : Avec 3 pompes

- $P(2 \text{ pompes OFF \& } Q > 10\,000 \text{ m}^3/\text{j}) = 0,083^2 * 3 * 0,1 = 0,00208$

- À chaque année, il y a 0,208 % des chances que 2 pompes sur 3 ne soient pas disponible simultanément, et 99,79 % des chances de ne pas avoir de problème.

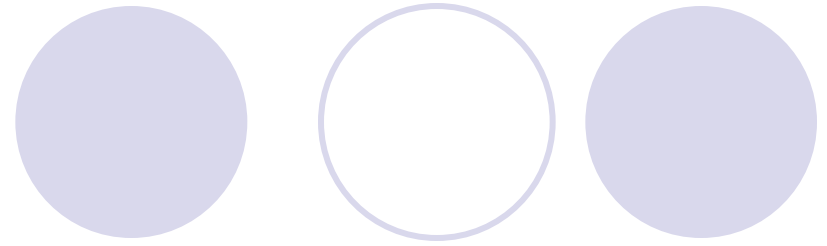
- Durée de vie restante des infrastructures : 25 ans. Quel est la probabilité de manquer d'eau sur cette période?

- $P = 1 - 0,9979^{25} = 0,05 = 5 \%$

Acceptable?

- Décision ? **3^e pompe?**

Comment?



- Exemple :
- Avec 2 pompes
 - $P = 34 \%$
 - Fiabilité = 66 %
- Avec 3 pompes
 - $P = 5 \%$
 - Fiabilité = 95 %

Comment? Risque = Sévérité x Prob.

- Exemple : Quelle mesure de sévérité?
- Et l'argent dans tout ça?
 - En cas d'insuffisance de la station de pompage, la Ville devra payer 300 000 \$ (intervention d'urgence, dédommagement, etc.)
 - Option 1 : Statu quo (2 pompes) : Coût total espéré
 - $P(0)*0 + P(1)*300\ 000 + P(2)*600\ 000 \dots = 125\ 000\ \$$
 - Option 2 : Ajout d'une 3^e pompe :
 - Coût initial pompe + génie civil = 100 000 \$
 - Coût d'entretien supplémentaire = 2 000 \$/an
 - Coût de dédommagement espéré = 15 500 \$
 - Coût total espéré : $100\ 000 + 2\ 000 * 25 + 15\ 500 = 165\ 500\ \$$
 - Décision?

Option 1?

Les besoins à la Ville de Montréal

- Définir les dangers
- Choisir les mesures de sévérité
- Définir les scénarios à étudier et les probabilités d'occurrence
- Choisir le niveau de risque acceptable

Conclusion



- La gestion du risque :
 - Reconnaissance de l'aspect probabiliste des choix de conception;
 - Informations nouvelles et concrètes pour les décideurs;
 - Permet une prise de risque consciente et uniforme sur tout le système.
- Pour mettre en place cette approche :
 - Définition des dangers et des mesures de sévérité associées à chacun;
 - Détermination des probabilités d'occurrence des événements (variable en fonction du temps) -> collecte des données disponibles;
 - Atteinte d'un consensus sur le « risque acceptable », que l'on peut baser sur les pratiques actuelles.

Comment :

- Exemple 2 :

- Alimentation d'un secteur par une conduite unique.
- Perte d'alimentation si on ferme la conduite. Qu'est-ce qu'on fait?

