



Améliorer la résistance de l'infrastructure des systèmes d'eau potable et les systèmes d'intervention en vue de protéger la santé des humains contre les maladies d'origine hydrique

E. McBean et C. Schuster  
School of Engineering  
Université de Guelph

# Liste des participants et de leur organisation

- R. Rudra, Engrg, U de Guelph
- B. Gharabaghi, Engrg, U de Guelph
- R. Ramirez, Env'tl Design, U de Guelph
- D. Charron, Agence de santé publique du Canada
- D. MacIver, Environnement Canada
- A. Pilt, ministère de la Sécurité communautaire
- P. Busatto, ville de Guelph
- G. Rye et K. Light, ville de Peterborough
- D. Shropshire, Croix-Rouge du Canada
- L. Copps, ville de Goderich
- R. Klimas, ville de Toronto
- M. Girard, Association canadienne de normalisation
- O. Pastinak, MRNO
- D. Boyd, GRCA
- J. Moore, Gestion des situations d'urgence Ontario
- D. Hutton, Services d'urgence
- B. Brazeau, Santé publique et Protection civile Canada

# Participation d'étudiants

- Jeanne Huang, candidate au doctorat
- Khurshid Anwar, candidat au doctorat
- Mijin Lee, candidate à la maîtrise
- Khizar Hayat, candidat à la maîtrise
- Cassie Barker, candidate à la maîtrise
- Nick Marleau, assistant à la recherche

# Objectifs

- Comprendre les sortes de défaillances potentielles et la cascade de conséquences pour l'infrastructure de traitement de l'eau et les systèmes d'intervention visant à protéger la santé des humains
- Déterminer les stratégies d'intervention pour les municipalités canadiennes :
  - Minimiser les risques de détérioration à l'intérieur d'un élément précis de l'infrastructure
  - Améliorer l'effet de cascade à l'intérieur des systèmes de l'infrastructure



# Aperçu

1. Contexte
2. Stratégie et orientation
3. Indications de certaines constatations préliminaires
4. Orientations futures

# 1. Contexte





1.5 inch copper service

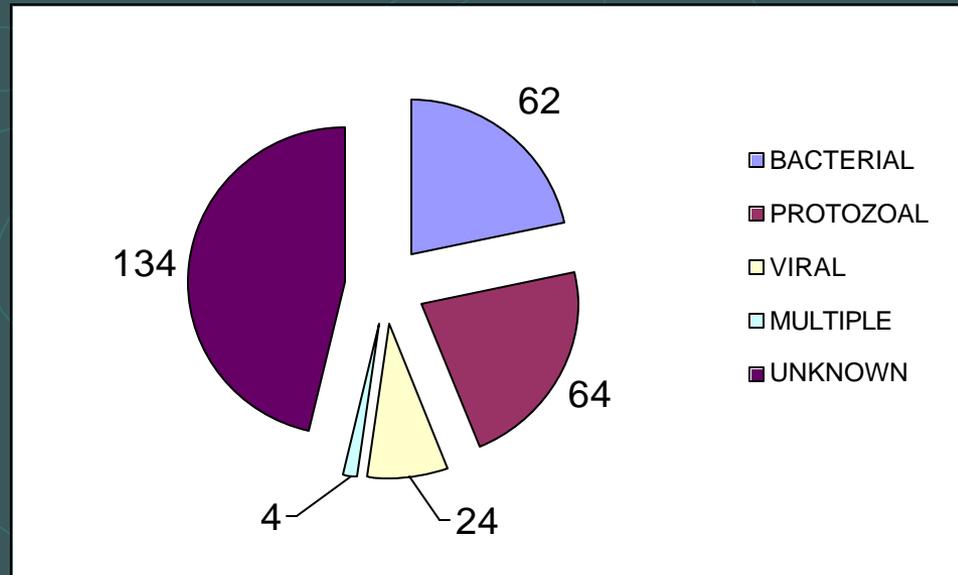
# Exemples d'éclotions de maladies

LIEU	AGENT PATHOGÈNE	RÉSULTAT	RÉFÉRENCES
New York	<i>Salmonella</i> , fumier de volaille	30 cas	Center for Disease Control and Prevention
Milwaukee	<i>Cryptosporidium</i>	100 morts, 400 000 cas	
Ontario (Canada)	<i>E. coli</i> et <i>Campy</i> , fumier de bovins	1346 cas, 7 morts	Santé Canada, 2000
Saskatchewan (Canada)	Déchet d'origine animale ou humaine	1907 cas	Santé Canada, 2001
Pays en voie de développement/ année	Eau polluée ( <i>Crypt</i> , <i>Ecoli</i> , <i>Gardia</i> , etc.)	1,7 million de morts	OMS, rapport daté de 2002

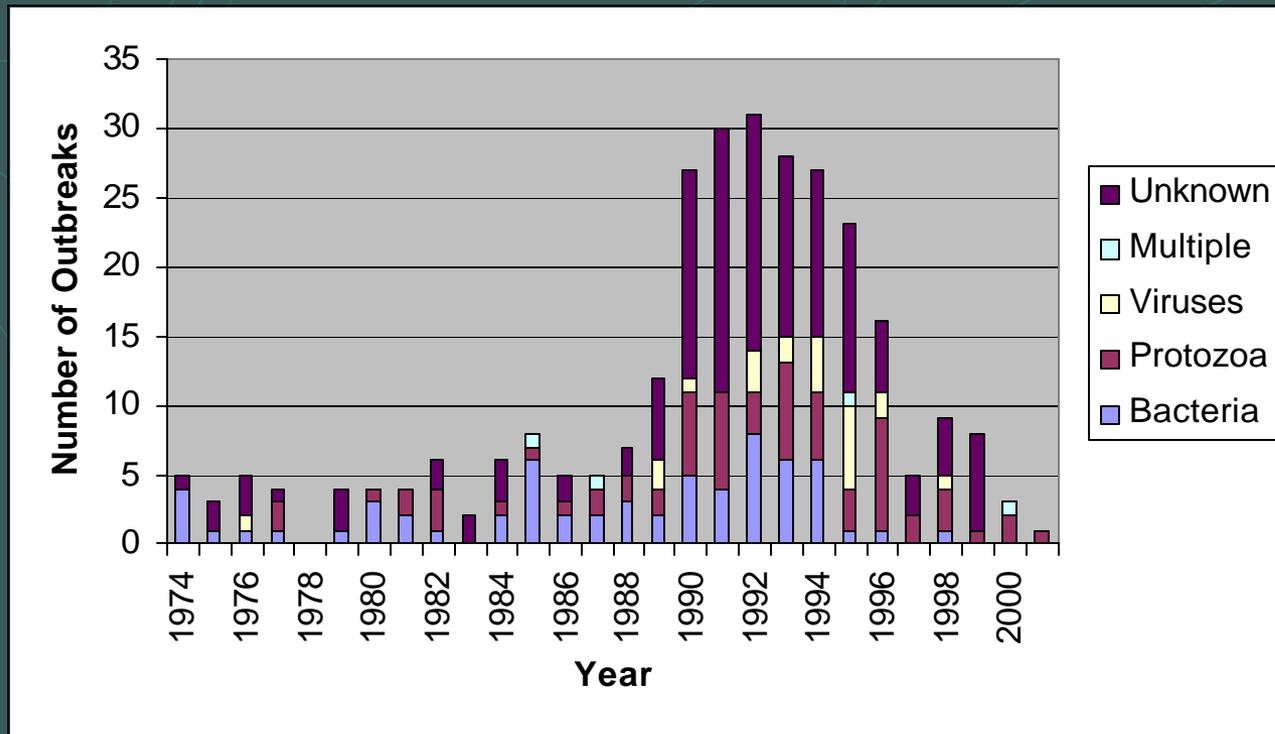


Facteur en cause	Public	Semi-Public	Privé	Total
Événements météorologiques				
Fortes chutes de pluie	6	0	3	9
Sécheresse	1	1	0	2
Inondation	1	0	1	2
Ruissellement printanier	8	1	1	10
Fonte des neiges	1	0	0	1
Problèmes liés au traitement de l'eau	34	11	2	47

# Types d'agents pathogènes identifiés au Canada, 1971-2001



# Éclosions de maladies par année et types d'agents pathogènes





## Exemples de retours d'eau polluée et d'infiltration/contamination

● Bailey, CO (1981)— Antigél d'un système de chauffage solaire dans une école (6 malades)

● Plantation, FL (1987) — Gaz carbonique s'échappant d'une machine distributrice de boissons gazeuses dans un théâtre (49 malades)

● North Dartmouth, MA (1995) — Refoulement dans une machine distributrice de boissons gazeuses dans une salle à manger (7 malades)

● Stratford, ON (2005) – Refoulement dans un lave-autos

## 2. Stratégie et orientation

- Évaluer les éléments en cause lorsqu'on détecte une détérioration de la qualité de l'eau
  - Certains exemples courts pour démontrer les types de problèmes en cause
- Exemples d'interdépendances sur l'infrastructure subséquente
  - p. ex. avertissement destiné au système (quand émettre ou lever un avis de faire bouillir l'eau)



# Exemples d'interdépendances

- Tempête violente →
- Incidence sur le système de traitement de l'eau
- Infrastructure vieillissante →
- Expositions pour la santé humaine →
- Infrastructure de communication →
- Intervention d'urgence

Figure 1 Séquence en cascades - Infrastructures

Infrastructure des prévisions météorologiques et conséquences pour le bioterrorisme

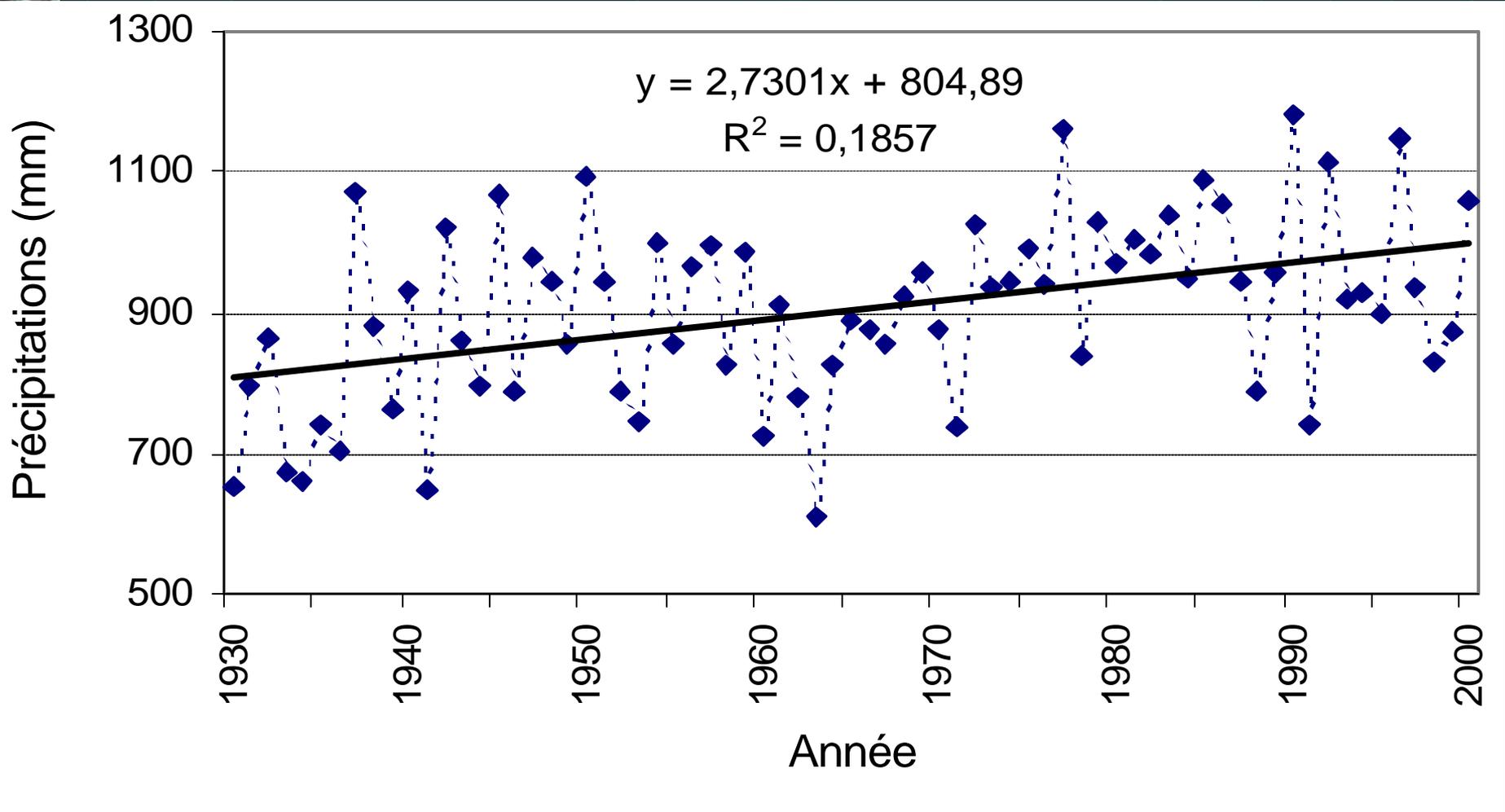
Infrastructure d'approvisionnement en eau et de traitement des eaux usées

Infrastructure de communication

Infrastructure d'intervention en cas d'urgence

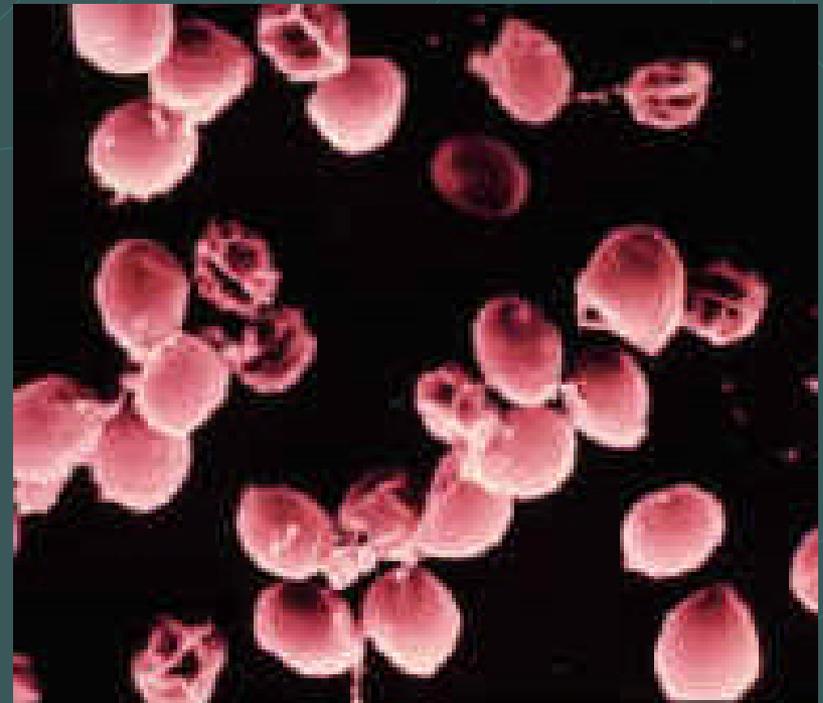
Infrastructure de protection de la santé publique à long terme

# Précipitations dans la région du lac Érié



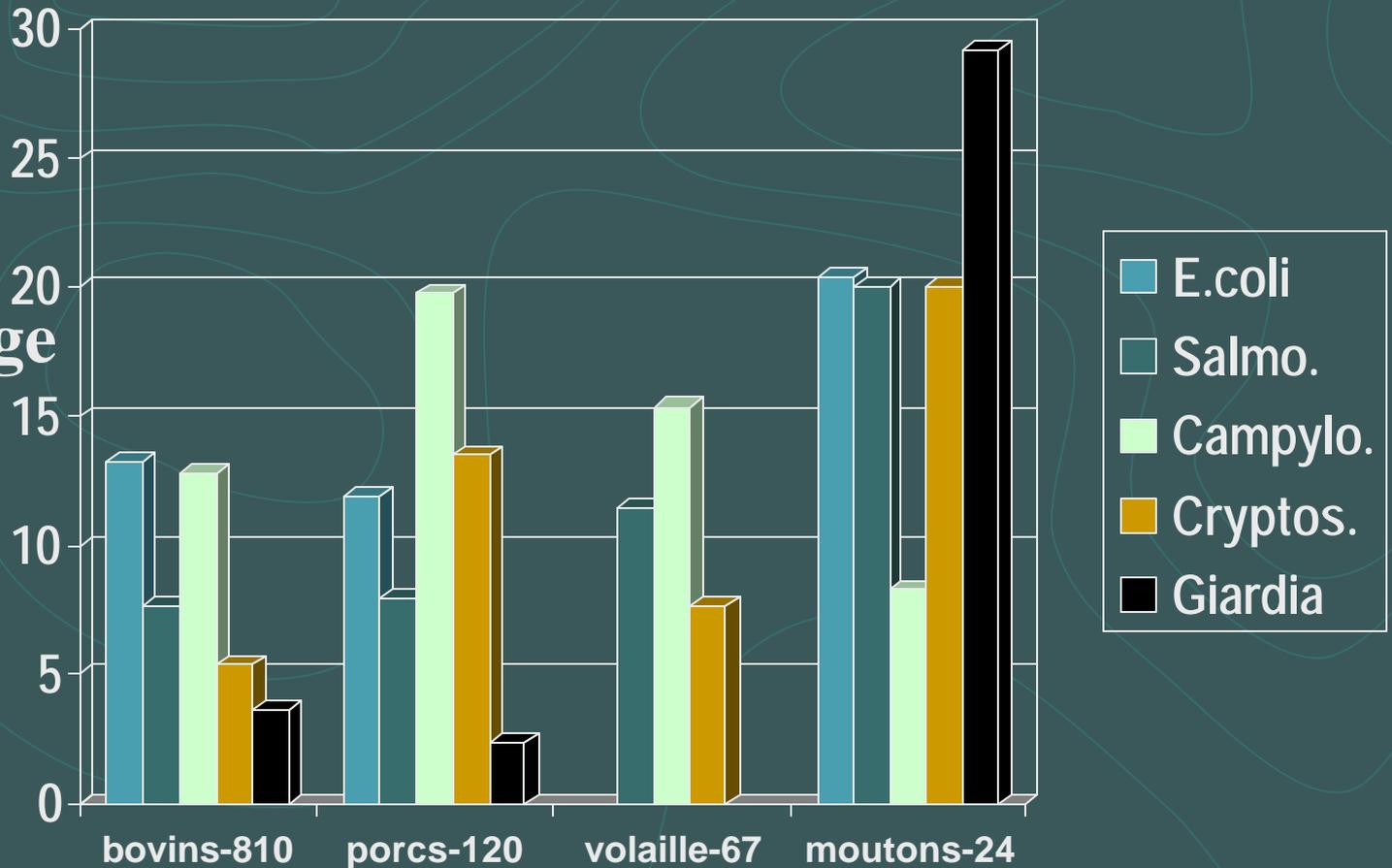
# Cryptosporidium

- 400 000 personnes malades et 100 décès à Milwaukee



# Prévalence des agents pathogènes (Hutchison,

M.L., Walters, L.D., Avery, S.M., Synge, B.A. et Moore, A.2004. Applied Micro. 39 (2), 207-214 )



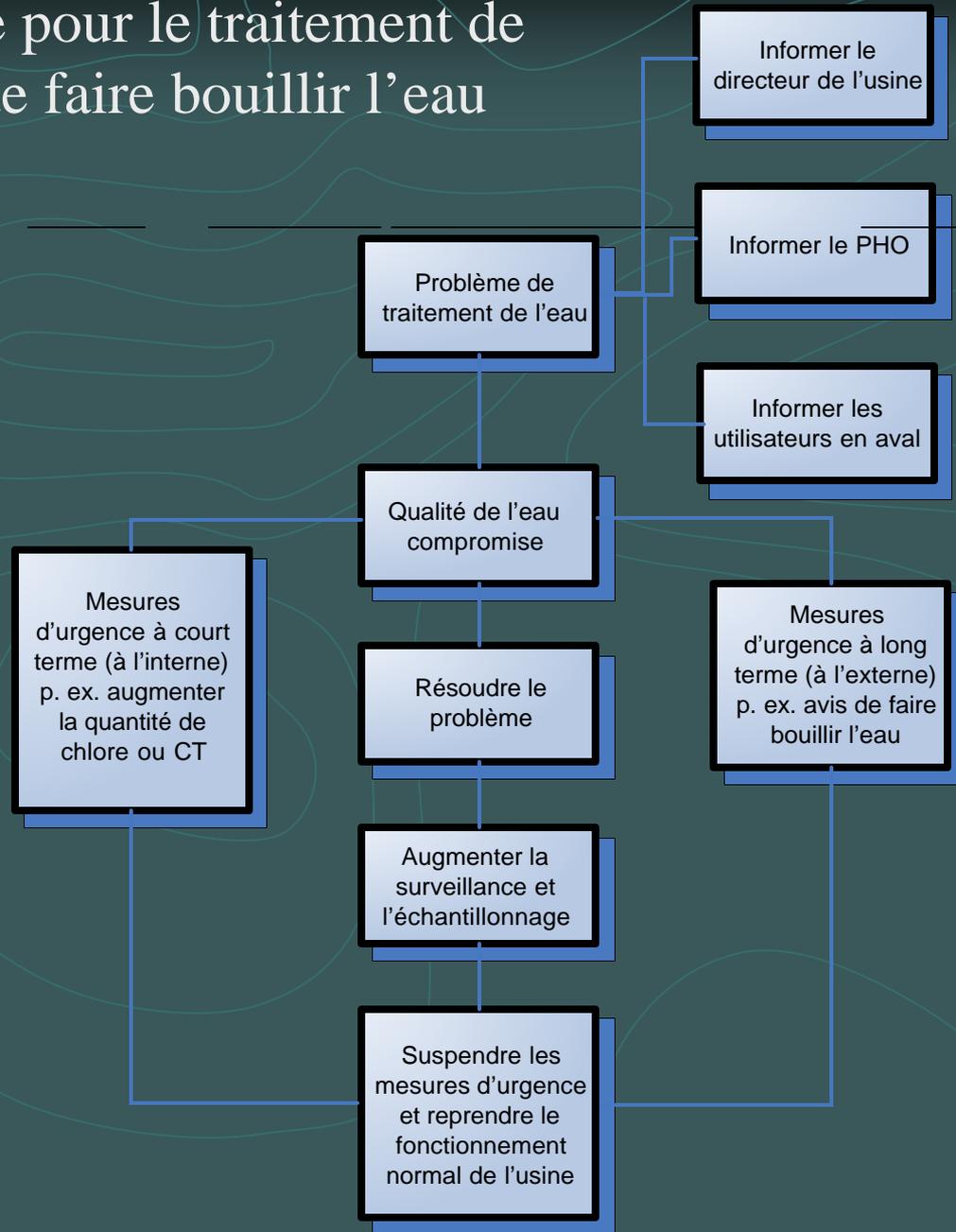
Pourcentage positif

# Exemple de cas préoccupant

## ● Cryptosporidium

- ubiquiste dans les eaux de surface
- 4-6  $\mu\text{m}$ , la filtration n'est donc pas efficace
- résistant au chlore
- aucun système de traitement d'eau potable n'est efficace à 100 %
- une ingestion de 10 oocystes suffit pour qu'il y ait infection

# Infrastructure pour le traitement de l'eau – avis de faire bouillir l'eau



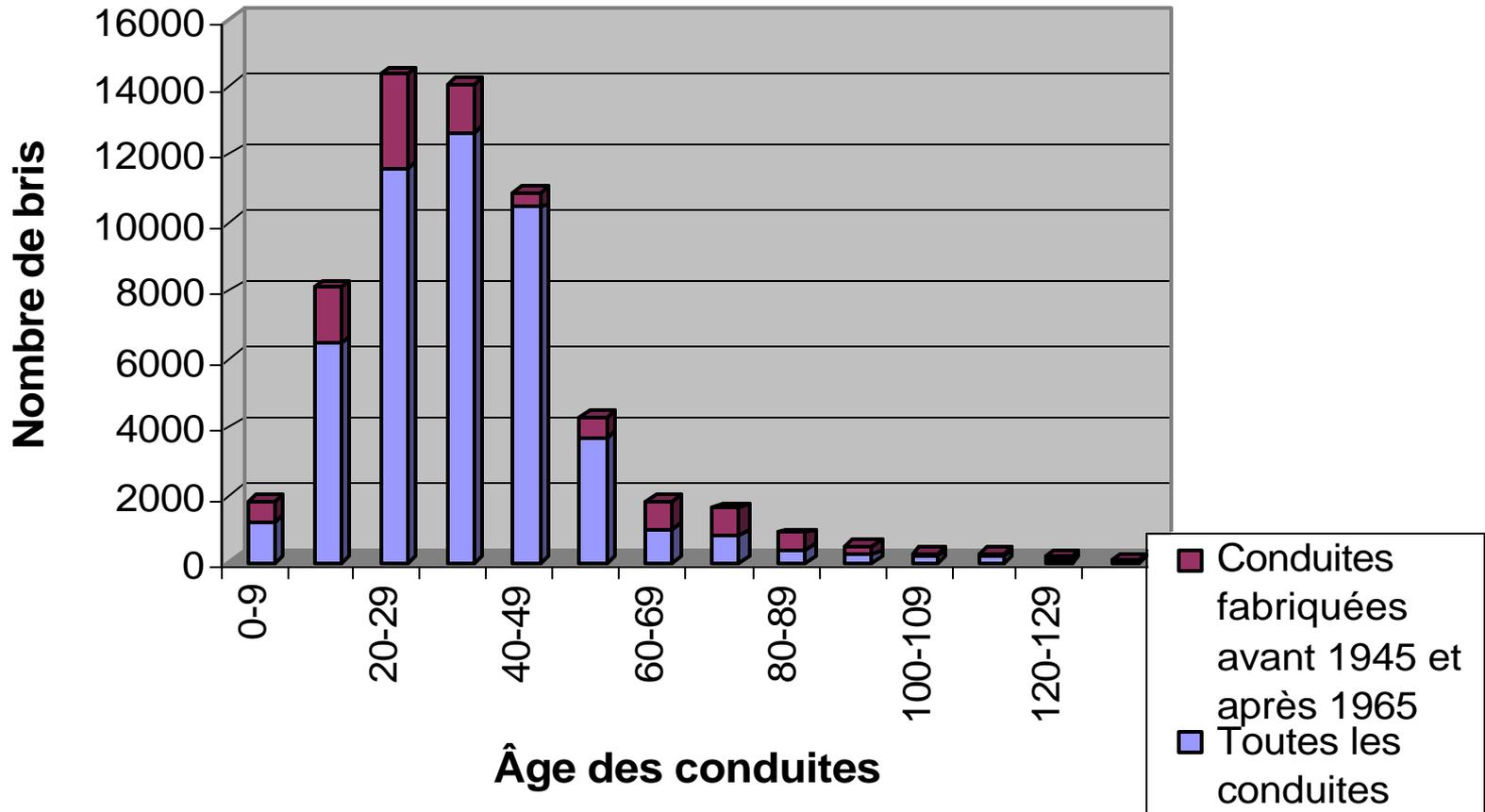
## Conduites principales – notre dernière barrière pour éviter la contamination

Données sur les bris des conduites principales (*Canada, 1992-1993*)

Type de tuyau	Taux de bris (bris/100 km/année)
Fonte	35,9
Fonte ductile	9,5
Amiante-ciment	5,8
En béton, sous pression	0,65
PVC	0,7

### 3. Indications de certaines constatations préliminaires

### Vieillesse de l'infrastructure

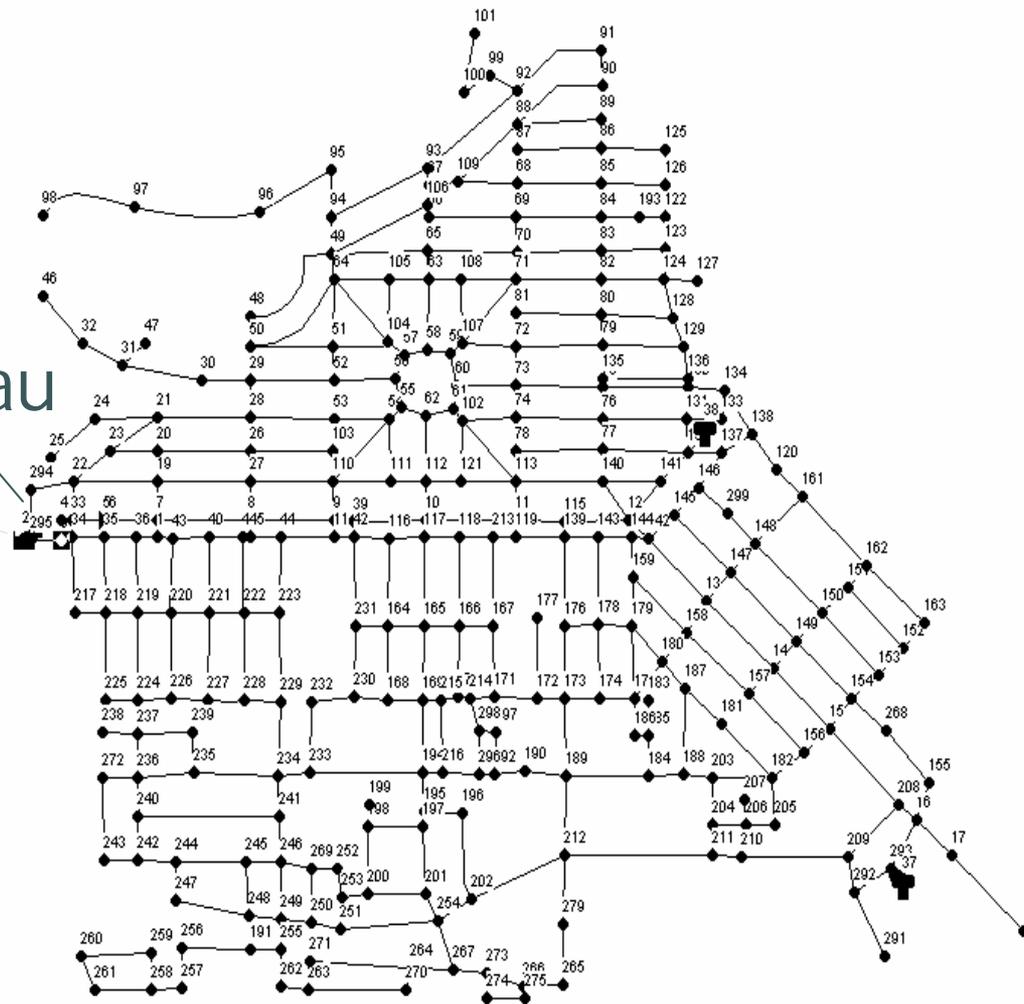




# Exemple – Décroissance du chlore - Caractérisation dans le système de distribution de l'eau

- Des échantillons sur le terrain ont été prélevés à Goderich (Ontario) en août 2005
- Un modèle du système de distribution de l'eau (pour le système de Goderich) a été élaboré pour cette étude

Prise d'eau  
Prise d'eau

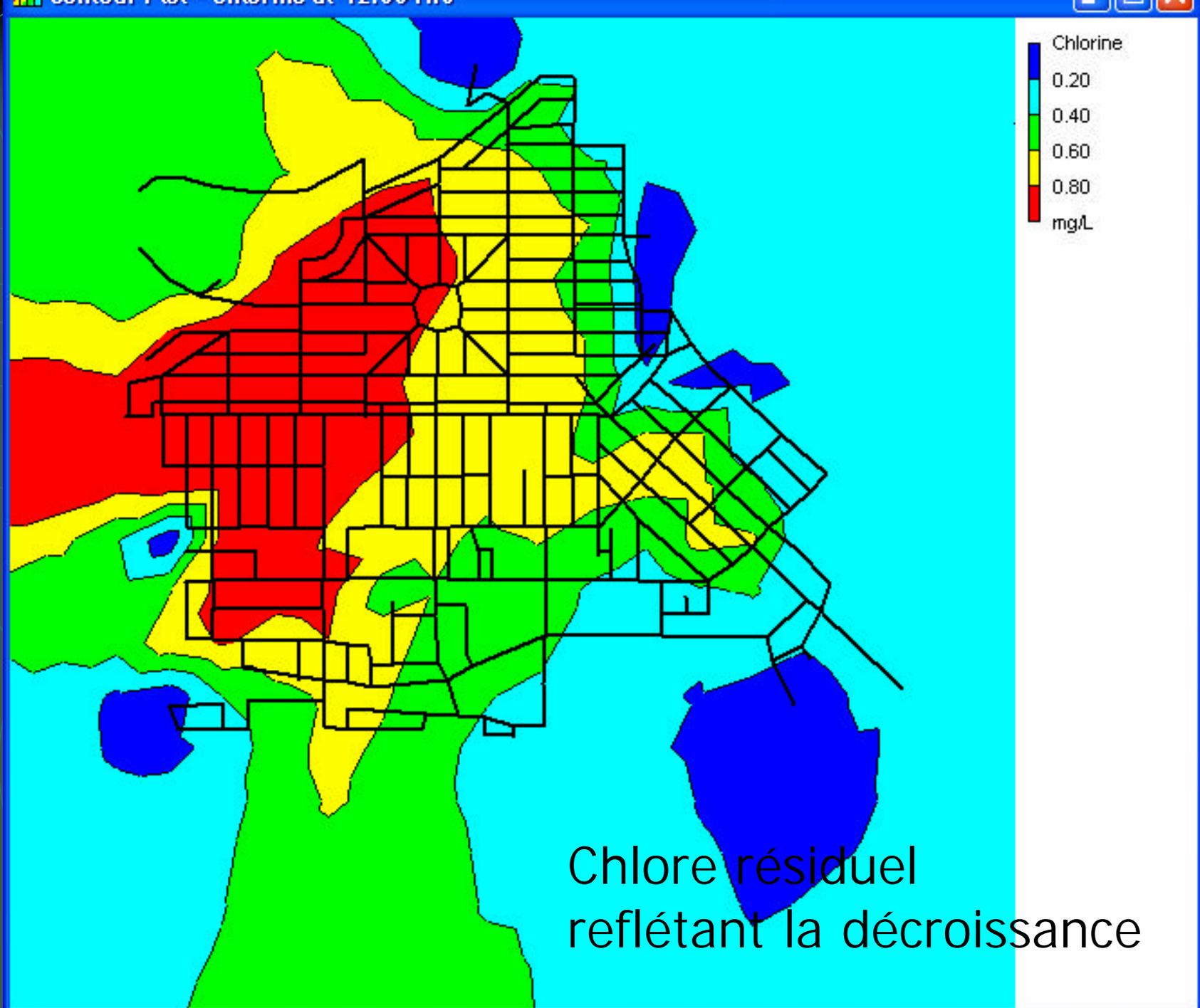


Systeme de distribution d'eau, ville de Goderich

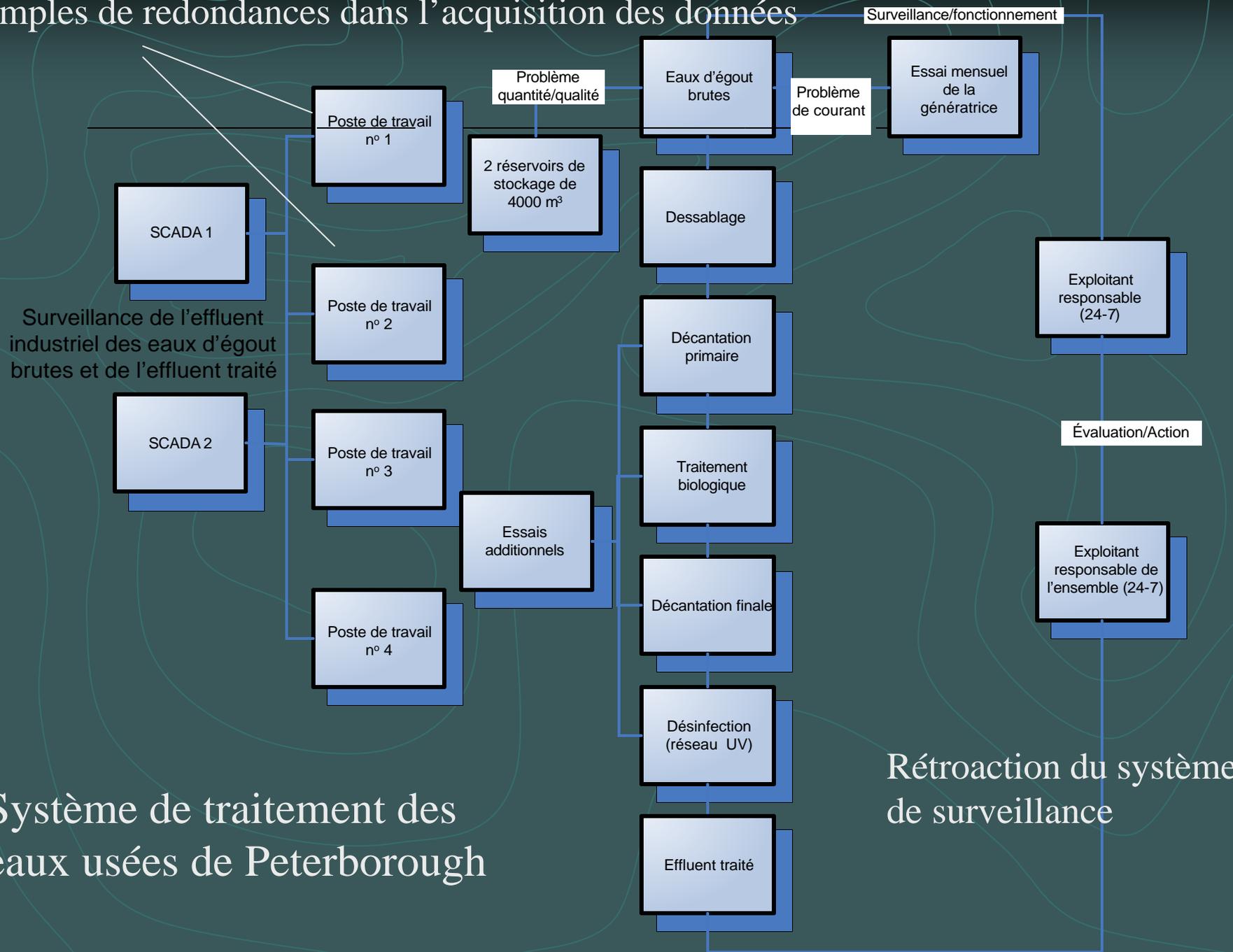
Systeme de distribution d'eau de Goderich



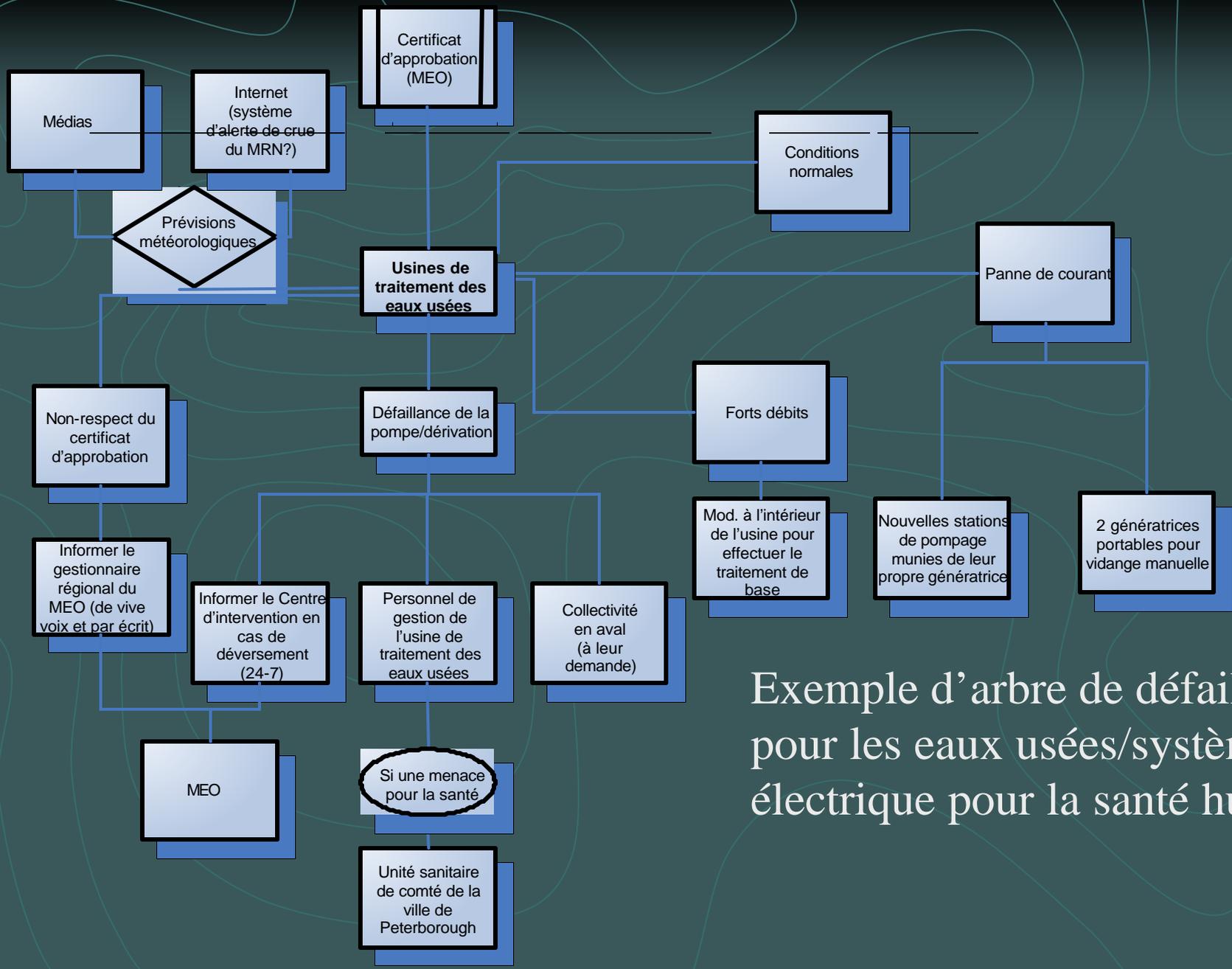
Chlore résiduel, seulement  
avec la composante advection



# Exemples de redondances dans l'acquisition des données



Systeme de traitement des eaux usées de Peterborough



Exemple d'arbre de défaillance pour les eaux usées/système électrique pour la santé humaine



6pFXULW SXEOTXH  
HVRMFWIRQ  
RYCH

6DQW & DQDGD

&RPSpWCFHpGqUDBI  
UqJOIPHCsURYCfDO

pHQVHCdVRCDBI

\$IDLUMCGHGQHV  
HQX1 RUG& DQDGD  
\$ UHQWIRUPDVIHQ

8LRL 5RXJH  
&DQDGD

\$VRFLDVIRQ  
FDQDGLHQGH  
QRUPDQDVIHQ

\$JHQFH GHVQW  
SXEOLTXHG  
&DQDGD

6RXV FRFLW 37  
VQDX SRMDEI  
1RUPHVSRXQDX  
SRMDEI UQH  
GLHFVWIFV  
QLDVMYGHQ  
VRXUFHX URELQHV

UULSWED  
JpQUDDCHG VDCW  
GHV 3 UHP LqUV  
QDWRQVHQHV  
QWLV

HVIRQGFV  
VLDVIRQV  
QWLUHQFH  
2 QMUR

5pVHDXFDQDGLHQ  
QWLRUPDVIHQXID  
VDCW

8HQWGH  
PHXUHVW  
QWLRUPDVIHQ  
QWLUHQFH

JpGpUDVIRQ  
FDQDGLHQGHV  
PXQLSDQWV

8HQWGHV  
RSLDVIRQV  
QWLUHQFH

(0\$)

\$VVHPEQH  
QJLVQDWH  
SURYLQDCH

0 LQLVWJHG  
SHVVRXUFHV  
1DVWCHV

\$VRFLDVIRQ  
FDQDGLHQGHV  
HDX SRMDEOHVW  
XVGHV

0 LQLVWJHG  
QWLUHQFH HQV

7 RLVUQDX  
SRMDEOHVQDGHX  
&DQDGD

0 LQLVWJHG  
QWLUHQFHVW  
GHQW QW HQMVRQ

8HQWGH  
QWLUHQFHVW  
FDVGH  
GpYHUMPHQV

211LFHV GH  
SURMFWIRQGHQ  
QDMLH

\$2(

3KUPDLHQV

/DERUDVILHV

2 QMURQ XQIFSDQ  
: DMU  
\$VRFLDVIRQ

QGHFLQV

\$VRFLDVIRQGHV  
PXQLSDQWV GH  
QWLUHQFH

67( 67(8  
SXEOTXHV

0 LQLVWJHG  
6DQW

6DQWLUHQFH

QWLUHQFH

67( 67(8 SURPH

8 QWGHVDCW  
SXEOLTXH

+{S\DO

## 4. Exemples d'orientations futures





# Exemples d'interdépendances

- Tempête violente →
  - Incidence sur le système de traitement de l'eau →
  - Infrastructure vieillissante →
  - Expositions pour la santé humaine →
  - Infrastructure de communication →
  - Intervention d'urgence
- 
- Il faut bien comprendre les vulnérabilités et la structure des liens pour ensuite élaborer un algorithme génétique flou afin de lier ensemble la séquence des infrastructures et celle des interventions.

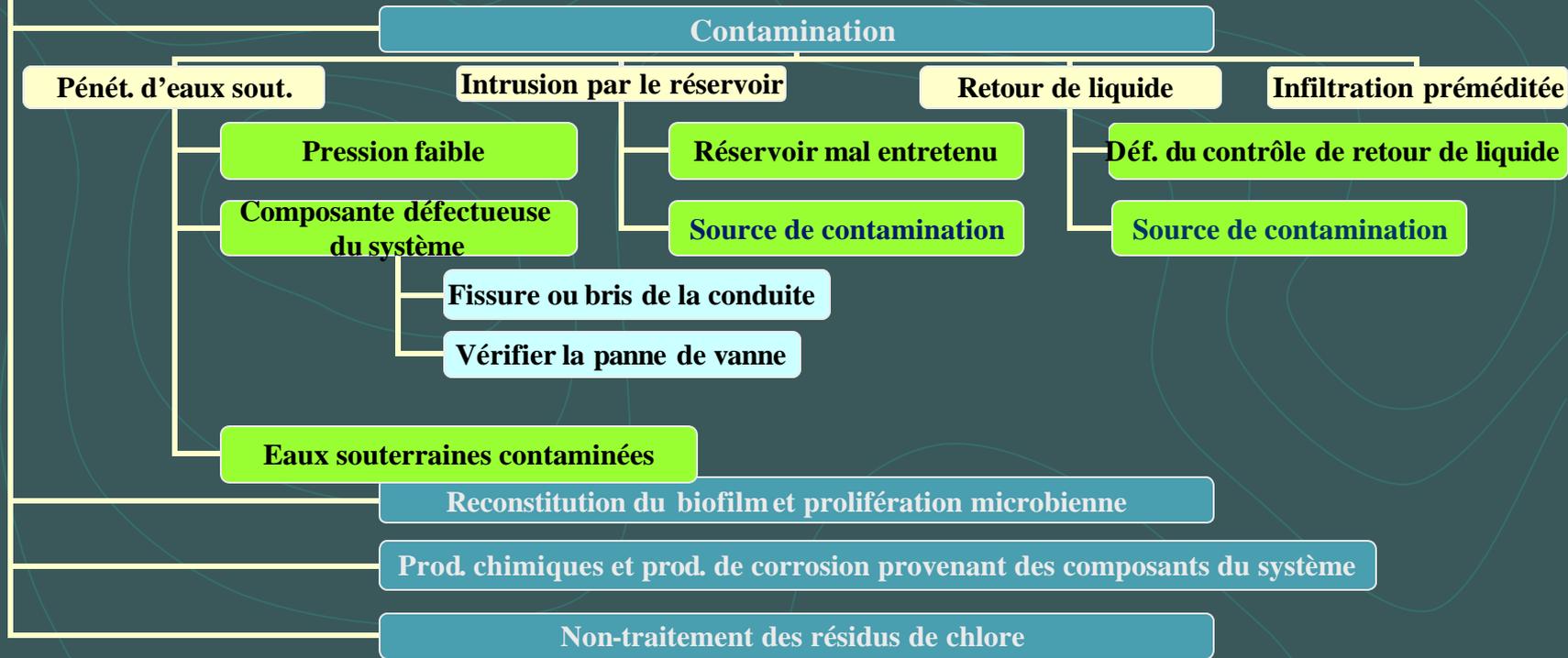


# Améliorer notre compréhension des liens : entretiens semi-dirigés et observations des participants

- Les entretiens visant à nous renseigner davantage incluent les éléments suivants :
  - la perception qu'ont les personnes de leur rôle
  - leur ministère/organisation et ses fonctions
  - les risques et faiblesses identifiés dans leur système et la façon dont ils sont communiqués aux autres intervenants du réseau
  - la façon actuelle dont les personnes et les organisations collaborent et s'instruisent sur la gestion des risques

# Détérioration de la qualité de l'eau dans le système de distribution

Détérioration de la qualité de l'eau





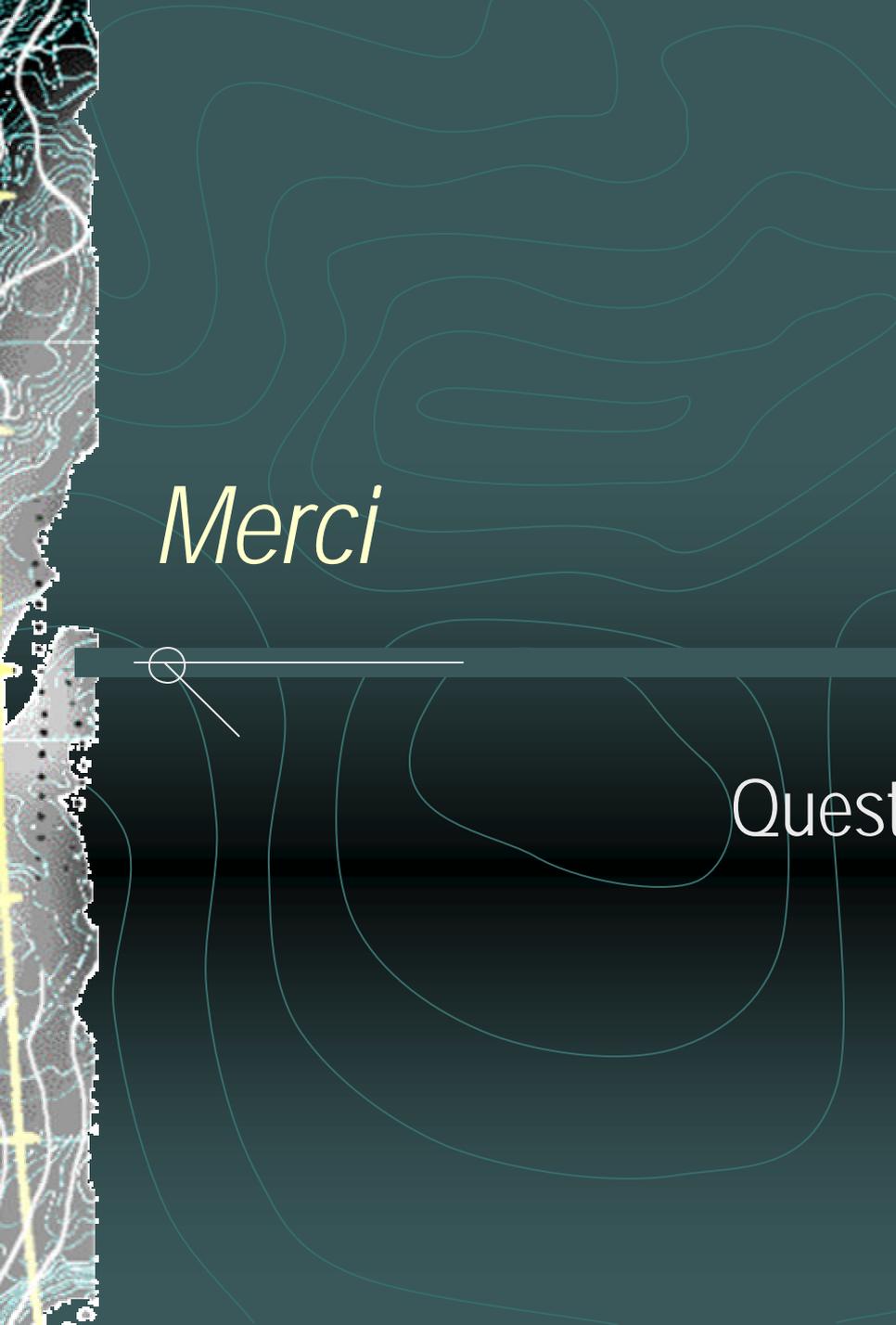
# Exemples d'assemblage de données sur la séquence de l'intervention

- Décider de la structure concernant les personnes/organisations à informer
- Établir une infrastructure d'intervention en cas d'urgence
- Tenir compte des pannes d'électricité dans la planification de l'intervention



La surveillance de la santé de la population est insensible, et probablement inconsciente, de l'écllosion des maladies, sauf les plus importantes

- Comprendre les interdépendances suivantes :
  - Infrastructure hydraulique / communications / intervention en cas d'urgence / santé à long terme
  - Il faut faire la promotion de leurs défis et limites, et assurer un suivi.
  - Les problèmes sont potentiellement précédés de changements.



*Merci*

Questions?

