

CARTOGRAPHIE MULTICRITÈRE DES RISQUES URBAINS INDUITS PAR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Exemple pour le risque de contamination par l'eau potable



Florent Joerin, Salem Chakhar, Christelle Legay,
Annie Lebel, Simon Bernard Bikay Bi Baniny,
Geneviève Cloutier, Manuel Rodriguez, Martial
Labarthe

74^{ième} Rencontre du groupe de travail MCDA
HEIG-VD, Yverdon-les-bains, Suisse

6-7 octobre 2011

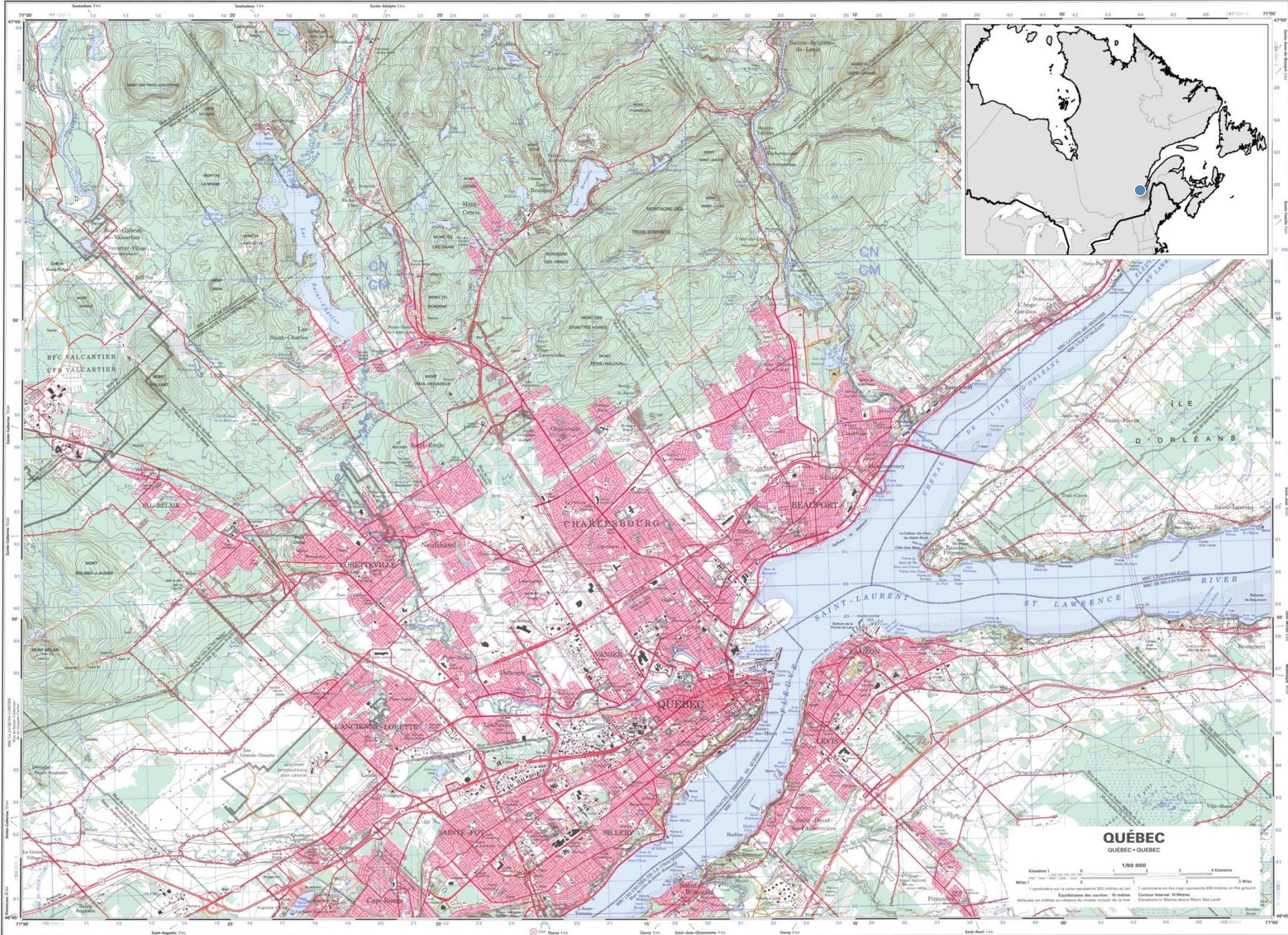
Chaire de Recherche du Canada en
Aide à la Décision Territoriale



Ressources naturelles
Canada

Natural Resources
Canada





Changements climatiques pour Québec

4

- Événements climatiques extrêmes
- Température moyenne $+3^{\circ}\text{C}$ (2050), $+5^{\circ}\text{C}$ (2080)
- Gel tardifs et printemps hâtifs
- $+14$ cm du niveau du fleuve et des rivières
- Précipitations $+10\%$ (2050), $+14\%$ (2080)
- $+$ Périodes de sécheresse

Planifier l'adaptation aux C.C.

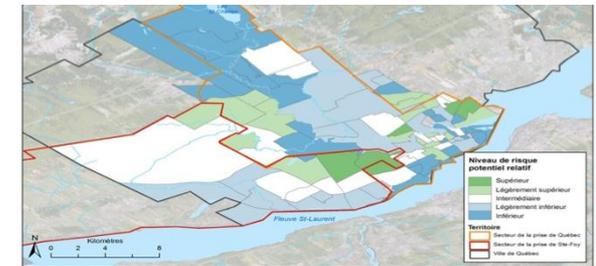
5

- Approche intégrée
 - ▣ Multidisciplinaire
 - Sciences urbaines
(transport, eau, climat urbain, dynamiques sociales)
 - Sciences climatiques
 - ▣ Multiacteurs
 - Expertise scientifique et technique
 - Expertise pratique
(Ville de Québec, associations, secteur privés, etc.)

3 grandes étapes

6

- 1. Diagnostiquer
 - ▣ Les principaux mécanismes de risque
 - ▣ Les priorités d'adaptation
 - ▣ Mobilisation des acteurs
- 2. Evaluer
 - ▣ **Cartographier les risques majeurs**
 - ▣ Croiser avec les dynamiques urbaines
- 3. Adapter
 - ▣ Concevoir des mesures d'adaptation par Design urbain participatif



Risque, aléa et vulnérabilité

7

□ Risque

- ▣ Combinaison (et non le produit) d'un aléa et d'une vulnérabilité (Adger, 2006).

□ Aléa

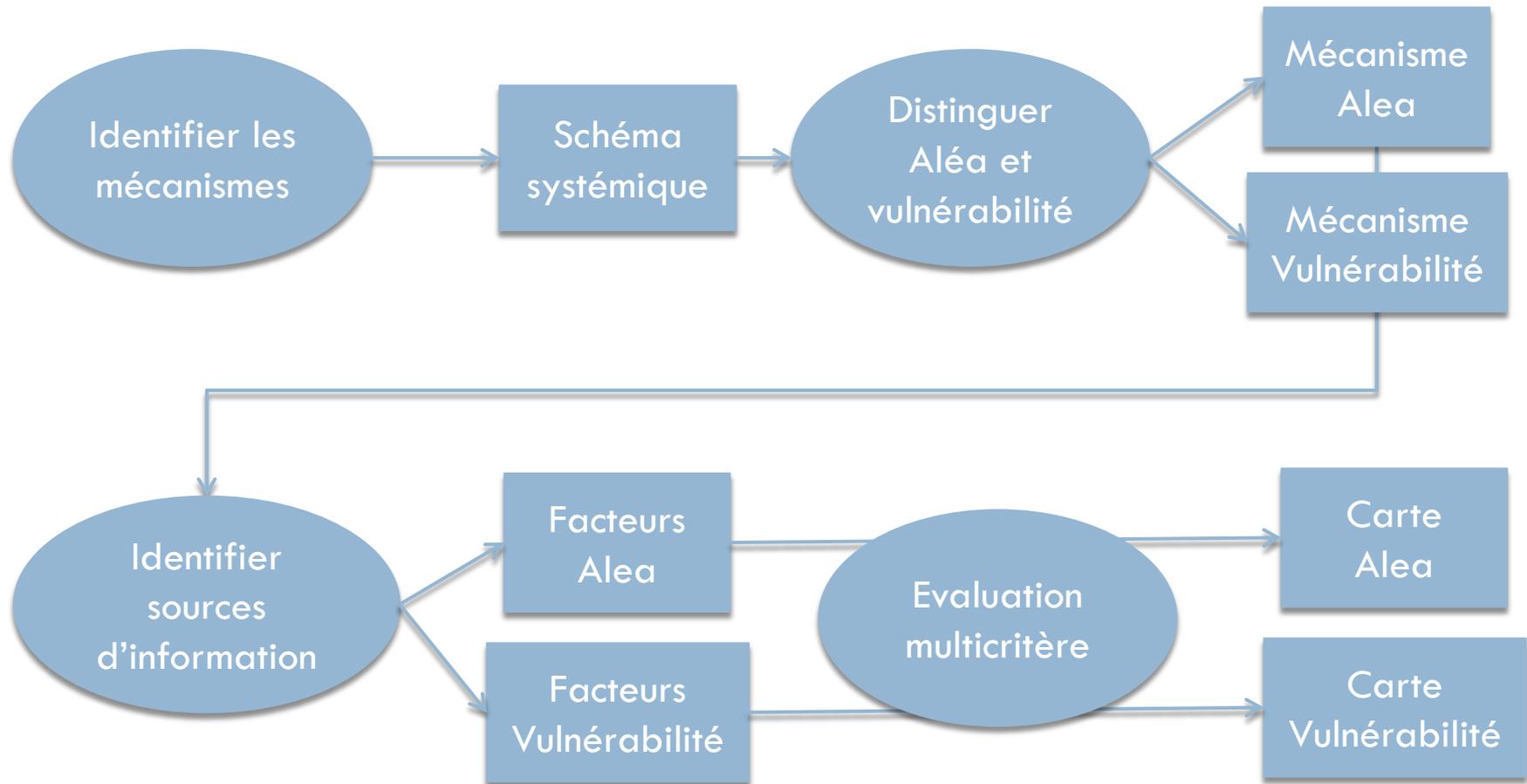
- ▣ Vraisemblance (et non la probabilité) qu'un événement ait lieu.

□ Vulnérabilité

- ▣ Gravité (et non le coût) des conséquences de l'événement.

Evaluer les risques urbains

8



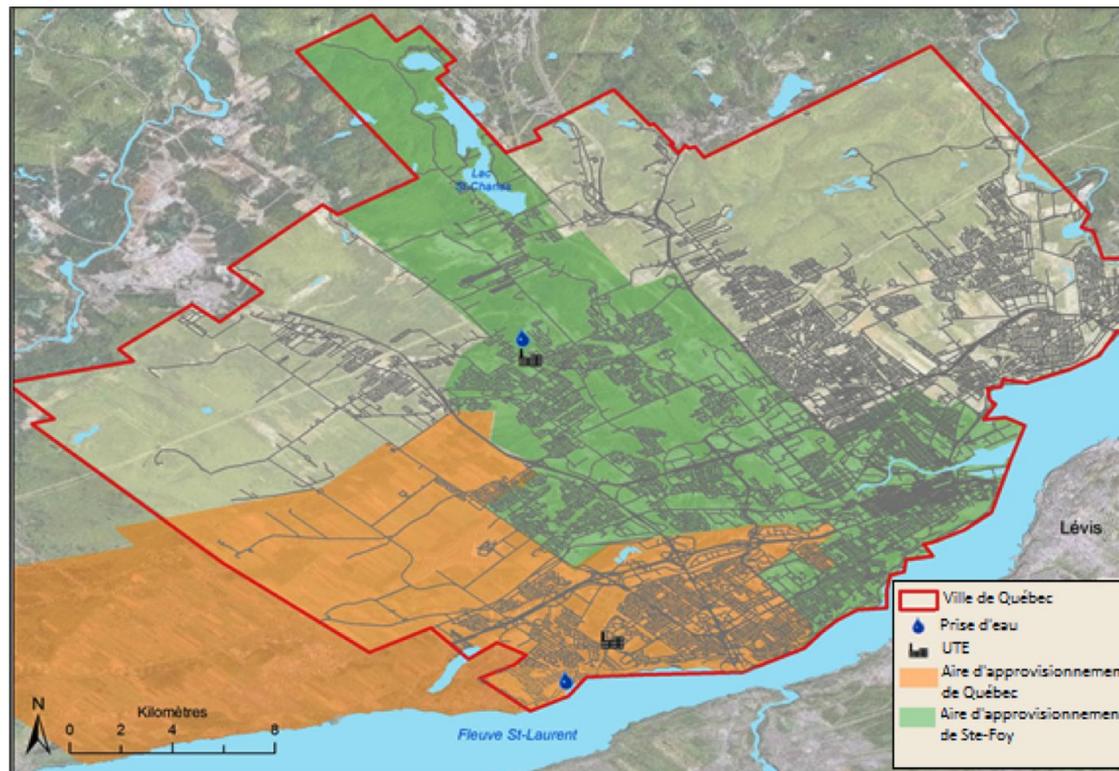
Evaluation multicritère de risques

| Réf. | Type de risque | Méthode multicritère | SIG | Plusieurs décideurs | Incertitude | Région/Pays |
|----------------------------|---|-------------------------------|------------------|---------------------|-------------|--|
| Giupponi et al. (1999) | Pollution agricole | Non précisée | Oui | Non | Non | La région de Venise en Italie |
| Torrieri et al. (2002) | Risque volcanique | NAIADE, Regime | Non | Oui | Oui | Région volcanique de Vesuvio en Italie |
| Mancini et al. (2009) | Extraction du sel | Pairwise Comparaison Approach | Oui | Non | Non | La ville de Tuzla (Bosnie et Herzégovi) |
| Fattal et al. (2010) | Pollution côtière et maritime par des hydrocarbures | Somme pondérée | Non | Non | Non | L'île Noirmoutier |
| Filho et al. (2010) | géotechnique et environnemental des oléoducs | ELECTRE (non précisée) | Oui | Non | Non | Nord-est de l'état de Sao Paulo (Brésil) |
| Lahr et al. (2010) | vulnérabilité de la faune | Non précisée | Oui, non discuté | Oui | Non | Danemark |
| Mercat-Rommens et al. 2010 | Risque nucléaire | ELECTRE TRI | Oui | Implicite | Non | Sud-Est de France |
| Chakhar et al. (2011) | Risque nucléaire | DRSA | Oui | Non | Non | Sud-Est de France |
| Chakhar et Saad (2011) | Risque nucléaire | DRSA décision de groupe | Oui | Oui | Non | Sud-Est de la France |
| Saidi et al. (2011) | activités et nappes phréatiques | DRASTIC (somme pondérée) | Oui | Non | Non | Région de Souassi dans le Sahel Tunisien |
| Tilio et al. (2011) | Risque sismique | AHP | Oui non discuté | Non | Non | Marsicovetere (Italie) |

Application

10

- Risque de contamination par une pollution microbologique de l'eau potable

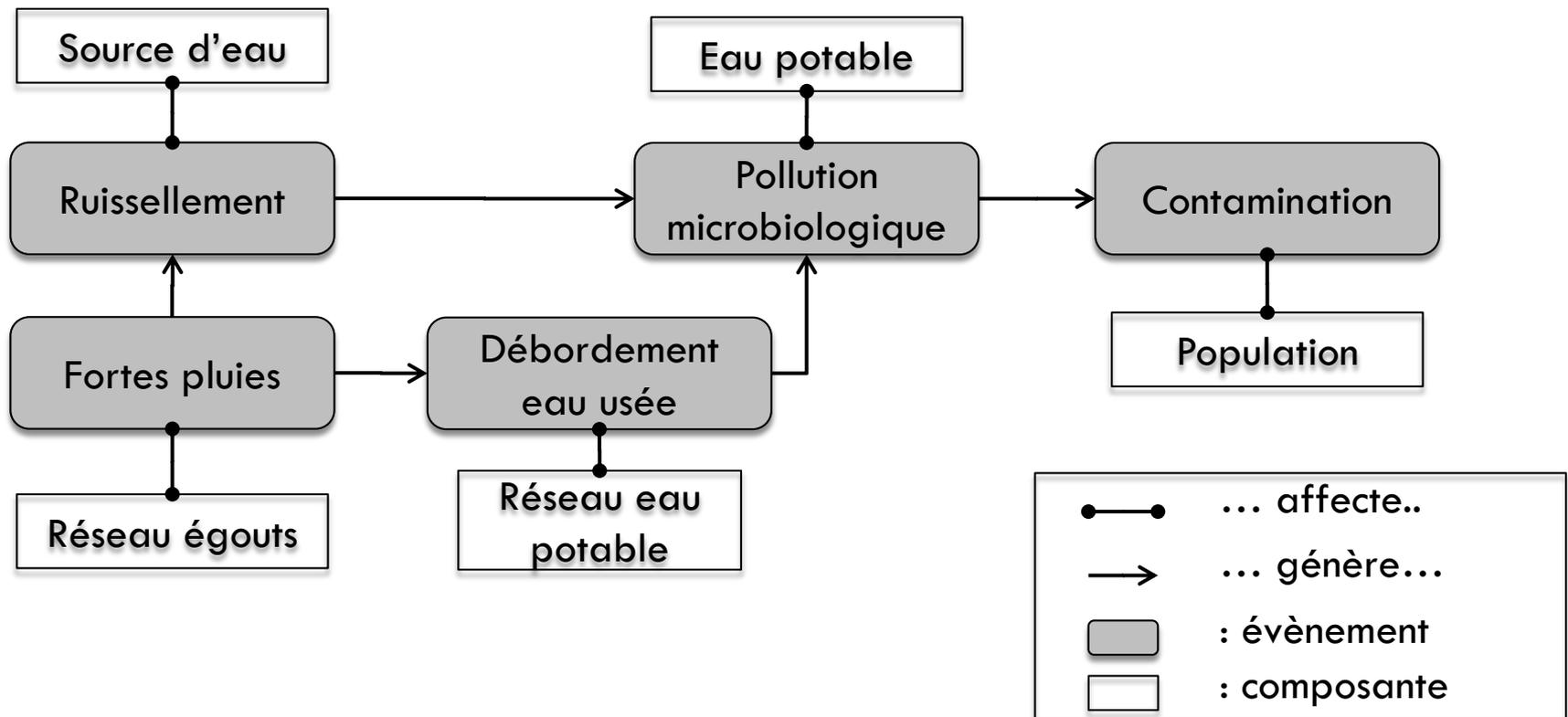


Carte 1 : Localisation des aires d'approvisionnement en eau potable de Québec et de Ste-Foy (Source : Dominique Dupont, ESAD, Université Laval, 2011)

Mécanismes de risque

11

- Contamination par une pollution microbologique de l'eau potable



Aléa et vulnérabilité

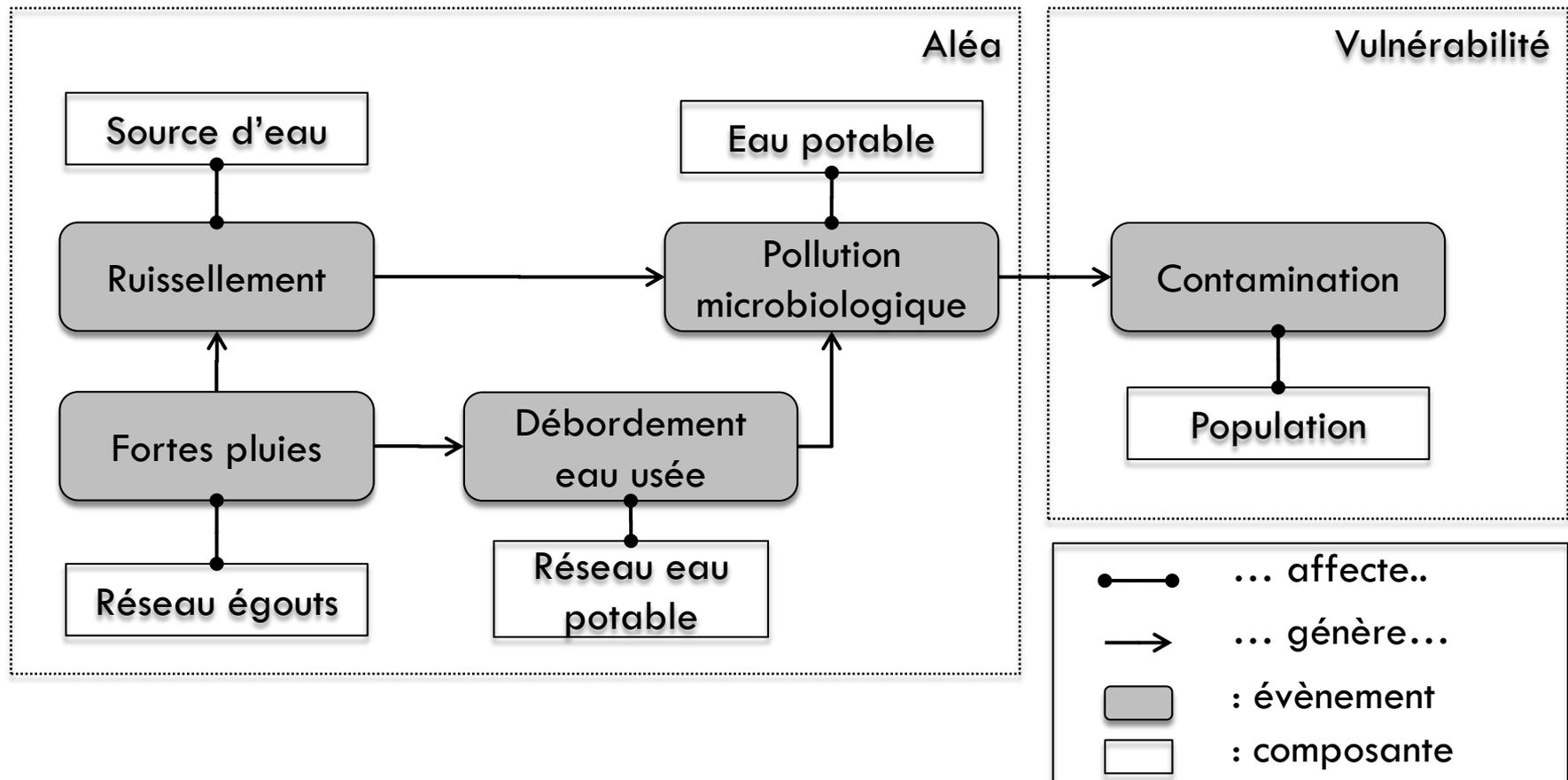
12

- Contamination par une pollution microbologique de l'eau potable

Aléa et vulnérabilité

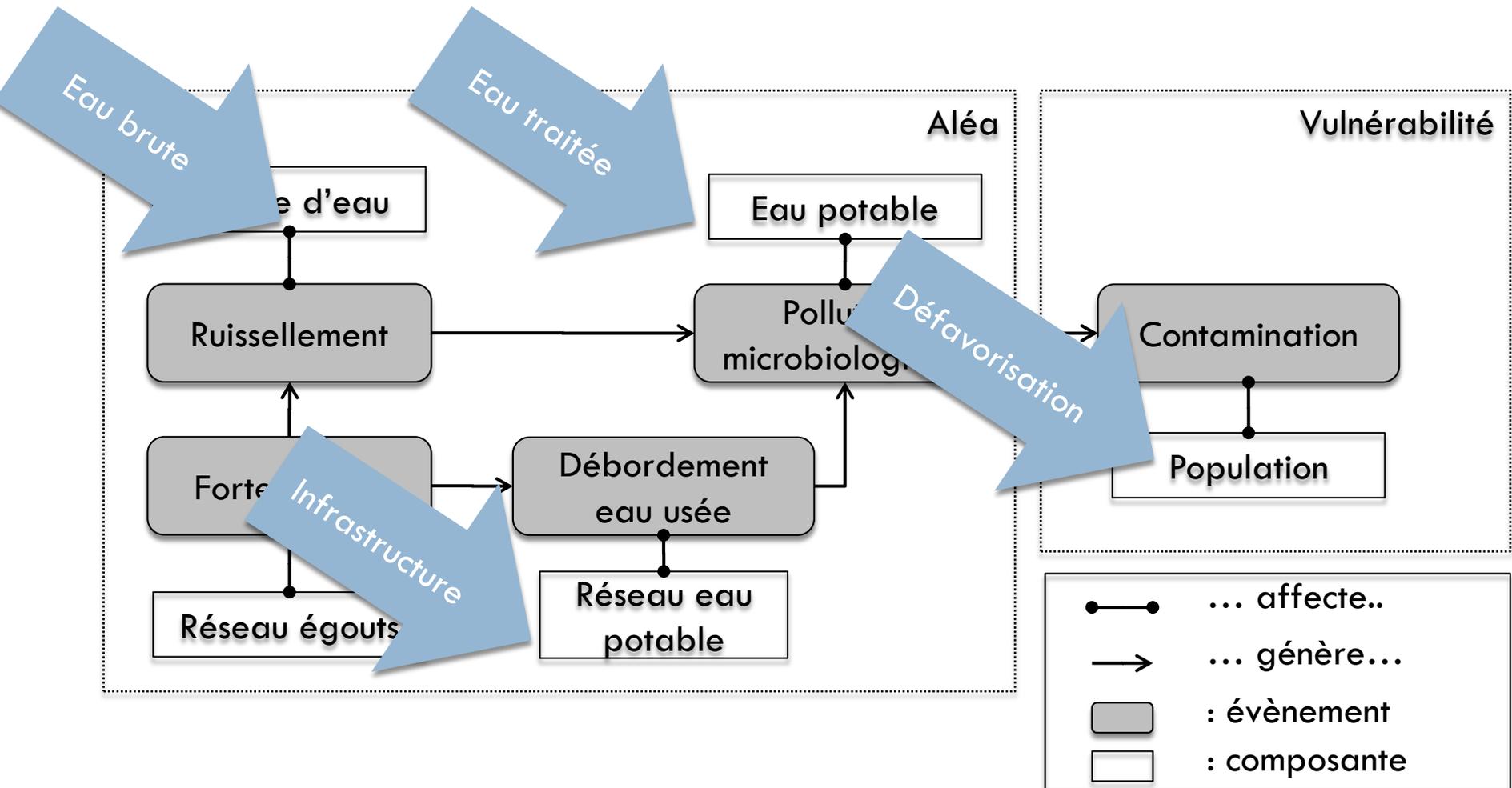
13

- Contamination par une pollution microbologique de l'eau potable

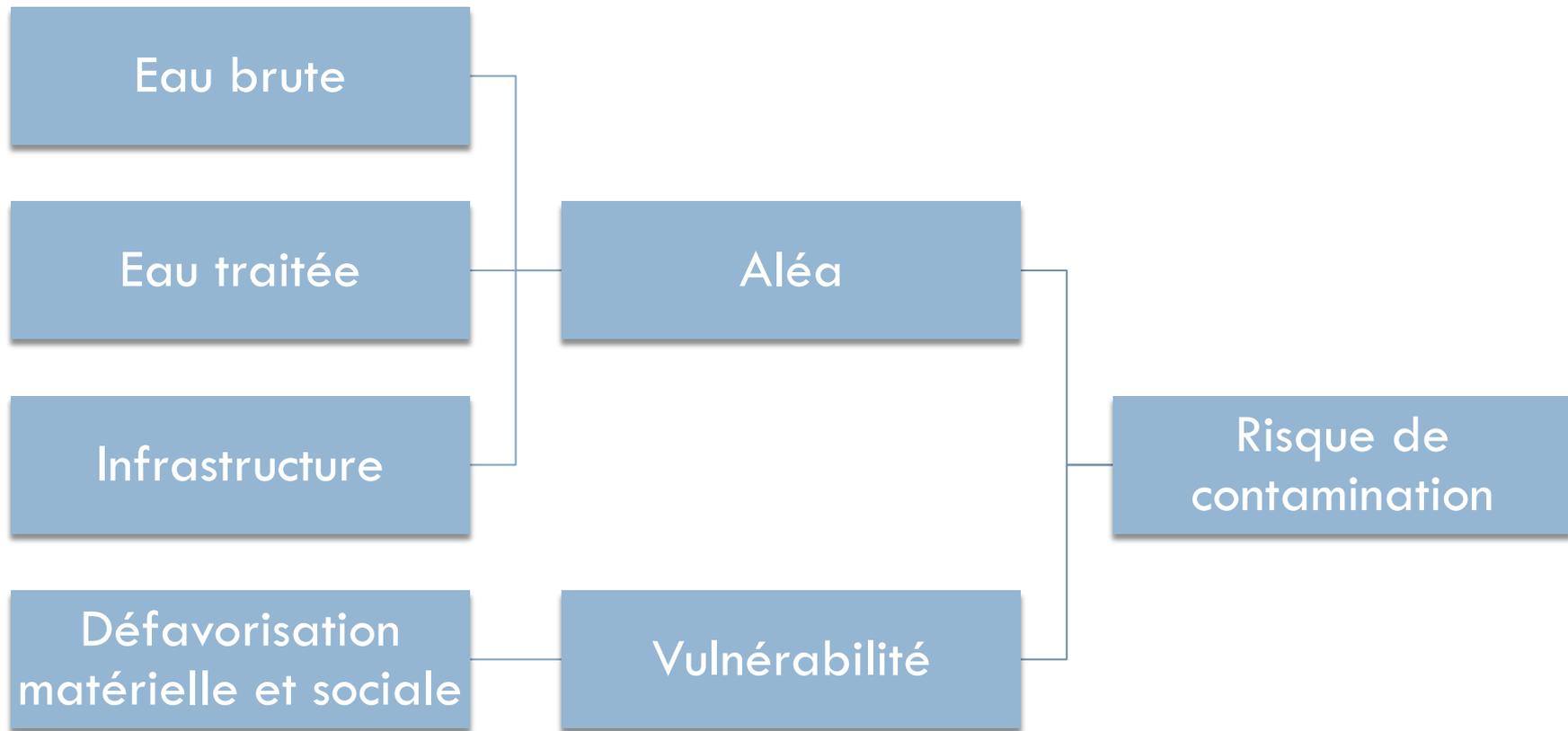


Facteurs d'aléa et vulnérabilité

14



Evaluation multicritère



Facteurs d'aléa

16

| Qualité de l'eau brute | |
|--|------------|
| A ₁ : Coliformes fécaux (UFC/ 100 ml) | moyenne |
| A ₂ : Coliformes fécaux (UFC/ 100 ml) | écart-type |
| A ₃ : Turbidité (UNT) | moyenne |
| A ₄ : Turbidité (UNT) | écart-type |

| Qualité du traitement | |
|---|------------|
| B ₁ : BHAA (UFC / ml) : bactéries hétérotrophes aérobies et anaérobies | moyenne |
| B ₂ : Chlore résiduel (mg/l) | moyenne |
| B ₃ : Chlore résiduel (mg/l) | écart-type |

| Qualité de l'infrastructure |
|-------------------------------------|
| C ₁ : Âge de l'usine |
| C ₂ : Âge des réseaux |
| C ₃ : # maisons + 50 ans |

Méthode multicritère

17

- Moyenne pondérée – prudente
 - ▣ Seuils de satisfaction nulle
 - ▣ Seuils de satisfaction complète
 - ▣ Pondération facultative
- Validation du système de préférences
 - ▣ Ecart-équivalents
 - Similaire à des taux de change
- Calcul de la note



Moyenne pondérée prudente

18

| | |
|---|---|
| <p>Calcul des écarts-équivalents</p> $E_j = \frac{k(sc_j - sn_j)}{w_j}$ | <p>k : constante en %. (ex : $k=10\%$ ou 20%, etc.) E_j : Ecart-équivalent sur le critère j sc_j : seuil de satisfaction complète sur l'indicateur j sn_j : seuil de satisfaction nulle sur l'indicateur j w_j : Poids de l'indicateur j [0 ;1]</p> |
| <p>Calcul d'une note de satisfaction partielle</p> <p>Si $N_j \leq sn_j$ $s_j = 0$</p> <p>Si $sn_j < N_j < sc_j$ $s_j = \frac{N_j - sn_j}{sc_j - sn_j}$</p> <p>Si $sc_j \leq N_j$ $s_j = 1$</p> | <p>s_j : note de satisfaction du secteur sur l'indicateur j N_j : Note sur l'indicateur j sn_j : seuil de satisfaction nulle sur l'indicateur j sc_j : seuil de satisfaction complète sur l'indicateur j</p> |
| <p>Calcul d'une note de satisfaction globale</p> $S = \sum_{j=1}^J s_j \cdot w_j$ | <p>S : Note de satisfaction globale du secteur w_j : Poids de l'indicateur j [0 ;1]</p> |

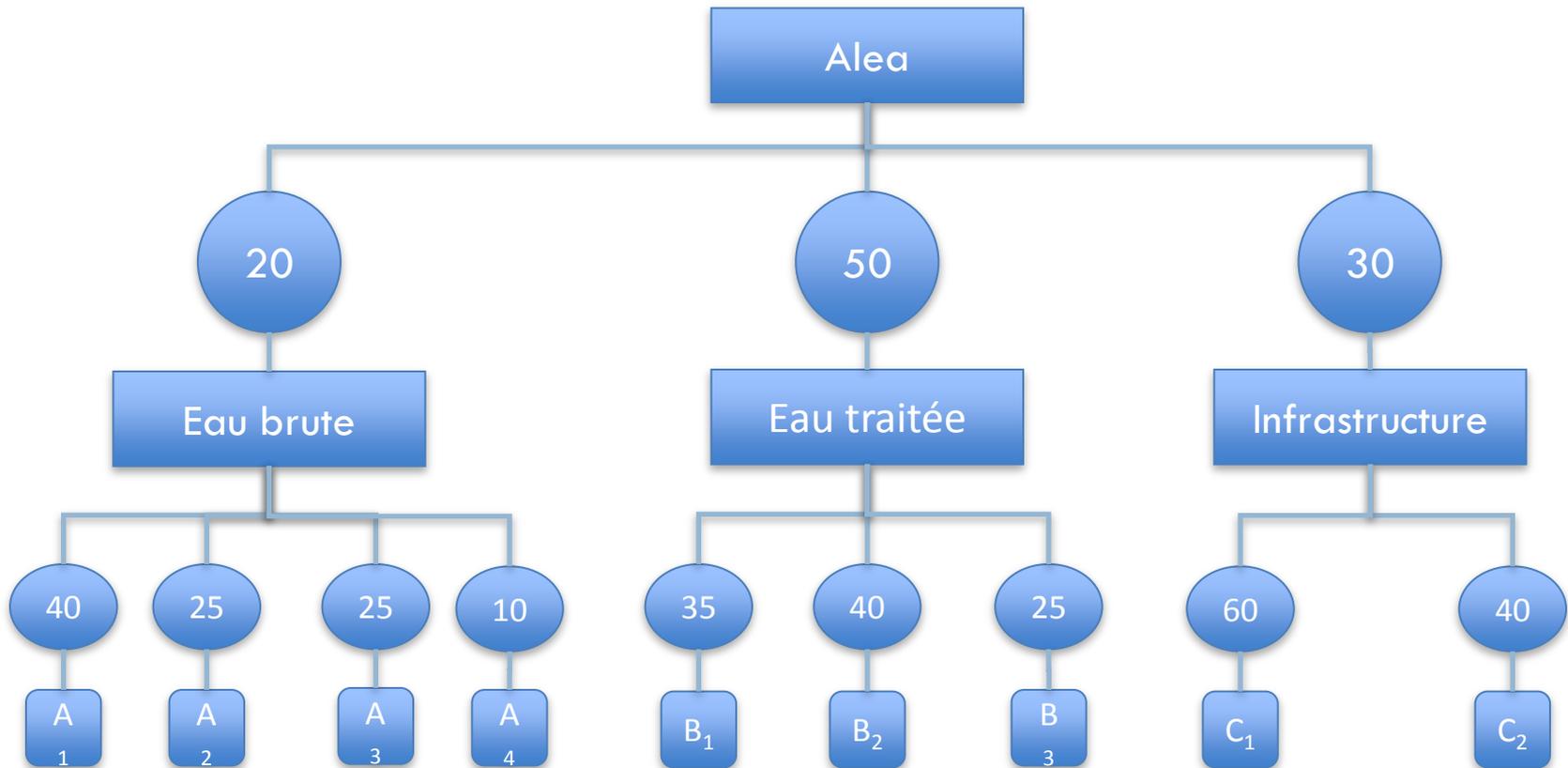
Exemple de préférences

19

- Consultation de 3 experts de l'eau potable
 - ▣ Qualité de l'eau brute

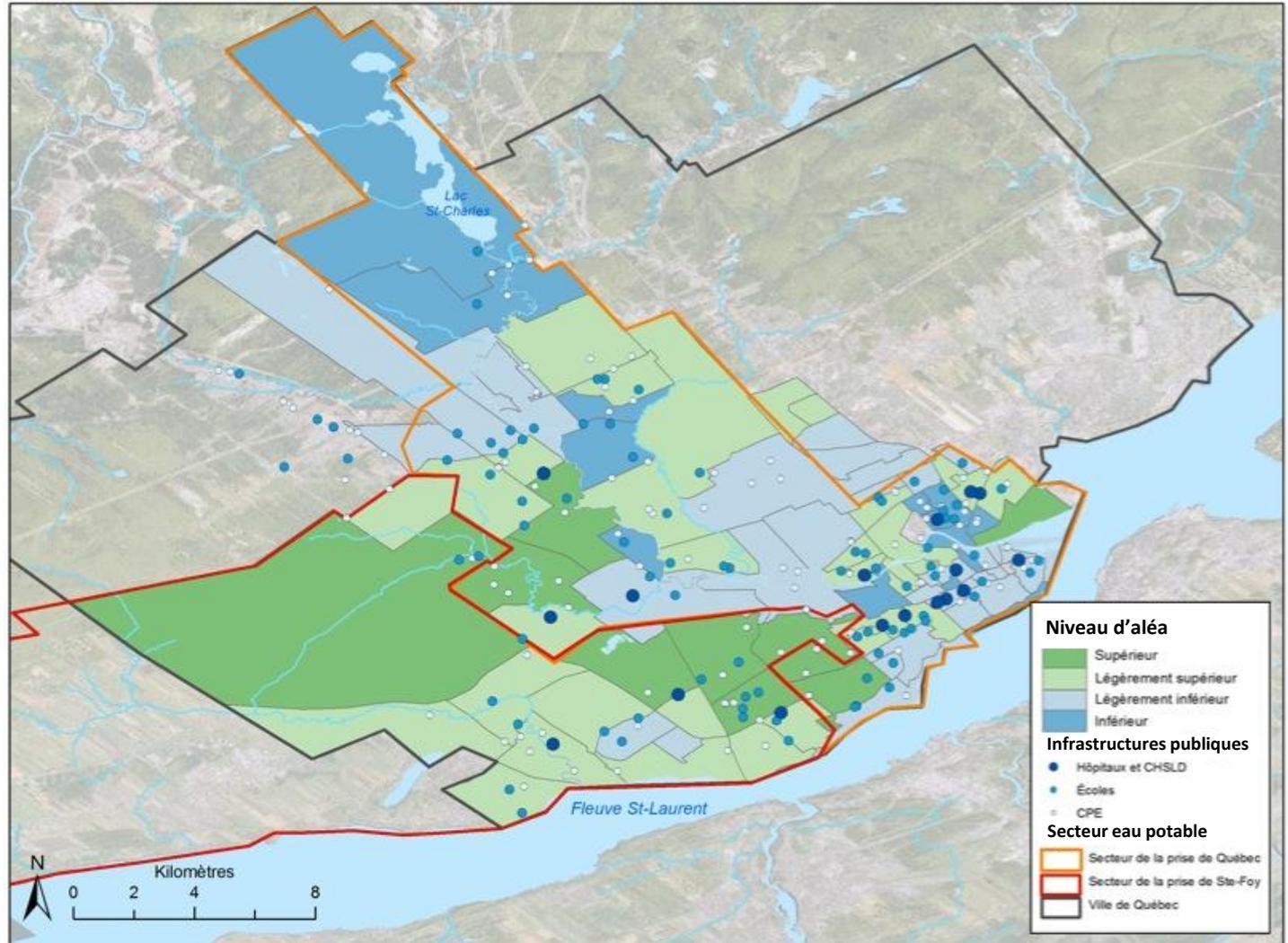
| | Moyenne coliformes fécaux (UFC/100 ml) | Écart-type Coliformes fécaux (UFC/100 ml) | Moyenne Turbidité (UNT) | Écart-type Turbidité (UNT) |
|-----------------------|--|---|-------------------------------|----------------------------------|
| Poids en % | 40% | 25% | 25% | 10% |
| S minimale : | | | | |
| Alea plausible | 175 | 130 | 7,23 | 5,68 |
| S complète : | | | | |
| Alea non plausible | 77 | 140 | 2,00 | 1,35 |
| Ecart équivalent 10 % | 123 | 19 | 10 | 25 |

Pondération des facteurs d'aléa



Aléa de pollution microbiologique

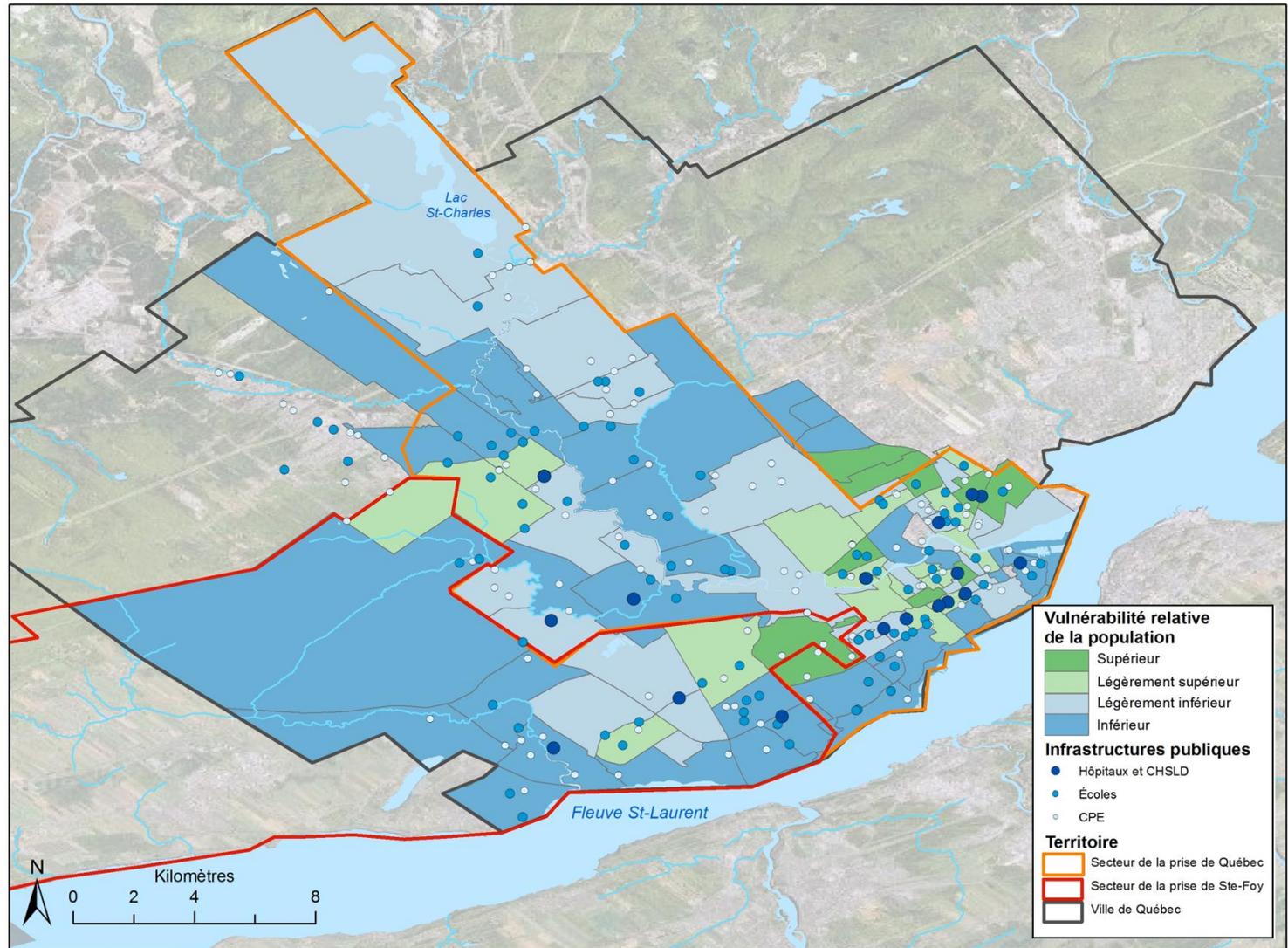
21



Carte 2: Scénario 1 (fortes pluies) : Variabilité spatiale de l'aléa de pollution microbiologique.
Dominique Dupont / ESAD, Université Laval / Source fond de carte : Google Map 2011.

Vulnérabilité à la contamination

22



Carte 3: Vulnérabilité socio-économique relative de la population à partir de l'indice de Pampalon (2010). Dominique Dupont / ESAD, Université Laval / Source du fond de carte: Google Map 2011.

Evaluation du risque

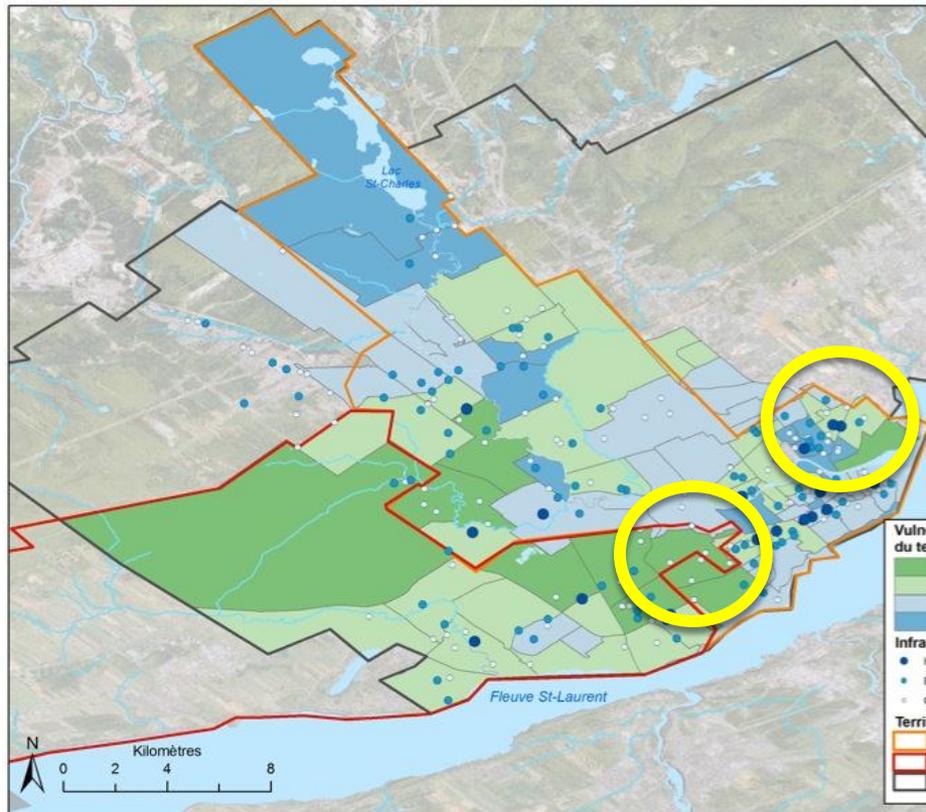
23

- Aléa de pollution microbiologique
 - ▣ Indice multicritère
 - ▣ Expertise technique en eau potable
- Vulnérabilité
 - ▣ Indice de défavorisation matérielle et sociale
 - ▣ Expertise en science sociale et santé public
- Aléa + Vulnérabilité = Risque ?
 - ▣ Quelle compétence ?
 - ▣ Superposition dans un SIG sans opérateur mathématique

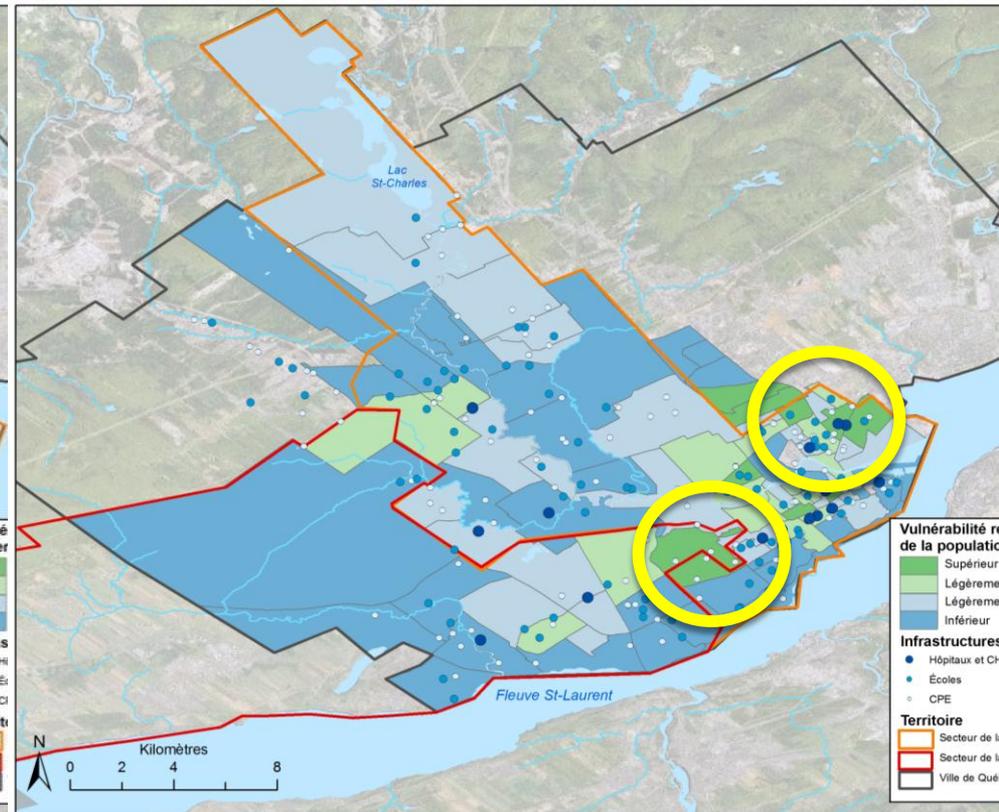
Risque de contamination

24

Aléa de pollution microbiologique



Vulnérabilité à la contamination



Conclusion

25

- Méthode d'évaluation « classique »
- Analyse multicritère sommaire
 - ▣ DRSA, ELECTRE Tri, MacBeth
- Défis importants et ressources (très) limitées
 - ▣ Diversité des risques
 - Diversité d'expertises
 - ▣ Peu de certitudes
 - ▣ Peu ou pas d'expériences
- Mise en œuvre d'un processus d'apprentissage

Processus de planification

26

