

## Évaluation de l'impact sanitaire environnemental de sources ponctuelles de HAP à Sydney en Nouvelle-Écosse

Résultats et limites de l'épidémiologie :  
alliance possible avec la toxicologie dans  
une perspective bayésienne

*Michel Camus, PhD*

*Santé Canada, Div. Épidémiologie et Biostatistique;*

*Dép. S.E.S.T. de l'Université de Montréal;*

*Chaire d'analyse et de gestion des risques (UdM)*



HAP, UdM, Montréal  
2008/09

Étangs bitumineux  
Sydney, N-E

mc 2

## Contexte - 1

- ◆ 1901-1988 : production acier et coke : apogée ~1960
- ◆ pop. : 34 000 en 1961, diminuée à 24 000 en 1995
- ◆ 1965 : début de déclin économique (moins bon charbon)
- ◆ 1967 : la **Nouvelle-Écosse achète l'aciérie.**
- ◆ 1982 : EC montre contamination de la faune du havre et la pêche au homard est interdite (HAP)
- ◆ 1985 : SC montre excès cancers (H+) : "capitale du cancer?"
- ◆ 1986 : entente fédéral/provincial pour nettoyage
- ◆ **1988 : aciérie → fours-à-arc. La cokerie ferme.**

HAP, UdM, Montréal  
2008/09

Étangs bitumineux  
Sydney, N-E

mc 3

## Contexte - 2

- ◆ 1995 : métaux montrent excès de décès par cancer
- ◆ 1996 : métaux demandent étude de la santé des résidents
- ◆ **1997 : « Joint Action Group (JAG) for the Clean-up of ... »**
- ◆ 1997 : études de nettoyage => Province et Municipalité
- ◆ 1997 : études épidémiologiques => Santé Canada
- ◆ 1998 : suages jaunâtres sur Frederick Street (Whitney Pier)
- ◆ **Sédiments du havre et 22 km<sup>2</sup> de sols lourdement contaminés**
  - ◆ Criques et infiltrations dans le sol transportent rejets de cokerie
  - ◆ 700,000 tonnes de sols imprégnés de HAPs
  - ◆ 45,000 tonnes de sols imprégnés de BPCs
  - ◆ HAPs, BPCs, arsenic, dioxines, métaux lourds ...

HAP, UdM, Montréal  
2008/09

Étangs bitumineux  
Sydney, N-E

mc 4

## Questions de recherche : perspectives divergentes

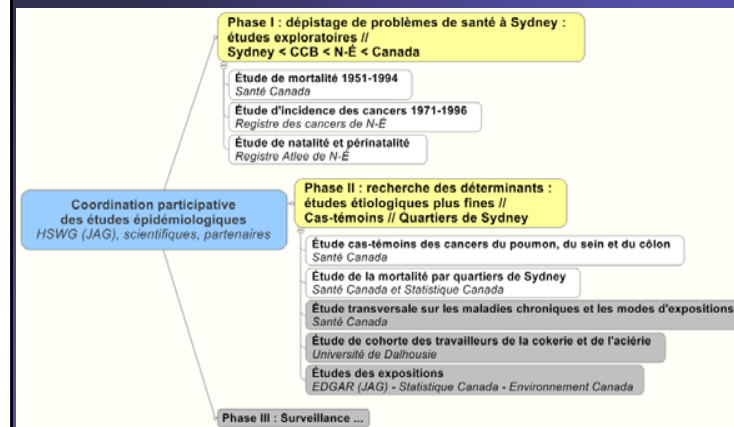
- ◆ **Citoyens (JAG, HSWG et activistes) :**
  - ◆ Y a-t-il plus de mortalité et de « problèmes » de santé dans le Comté du Cap-Breton qu'ailleurs au Canada ?
- ◆ **Épidémiologistes et min. santé**
  - ◆ Y a-t-il gradients de risques spécifiques selon la proximité du site et des niveaux d'expositions? ... en minimisant les facteurs de confusion !
  - ◆ Santé publique provinciale => impacts futurs des expositions actuelles  
Scientifiques fédéraux => estimer et expliquer impacts actuels
- ◆ **Ingénieurs et min. environnement**
  - ◆ étendue et sévérité de contamination des sols à décontaminer
  - ◆ analyser moyens, coûts et risques ... de décontamination

HAP, Udm, Montréal  
2008/09

Étangs bitumineux  
Sydney, N-É

mc 5

## Plan global d'études épidémiologiques I : + Sensibles -> II : + Spécifiques



HAP, Udm, Montréal  
2008/09

Étangs bitumineux  
Sydney, N-É

mc 6

## Études de Phase I : « identification de risques »

7

99-06-04

## 1ers résultats : excès de décès pour plusieurs maladies !?

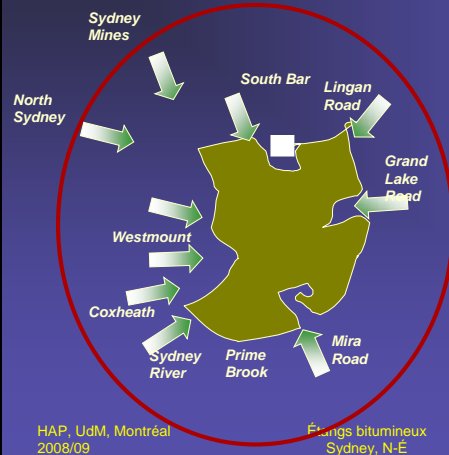
### ... biais d'information résidentielle

en 1991...		Adresse réelle		Total
		SYDNEY	CBC-S	
Municipalité sur certificat de décès	SYDNEY	303	62	365
	CBC-S	2	813	815
Total		305	875	1180

- 365 décès "observés" dans Sydney = 1.20 fois les 305 décès réels
- ⇒ décès Sydney = surestimés : +20% en 1991, +13% de 1951 à 1994
- ⇒ décès CBC-S = sous-estimés : -7% en 1991, -5% de 1951 à 1994

8

## Sydney et sa « couronne » étaient desservies par le bureau de poste de « Sydney »



Les flèches indiquent le sens des erreurs : les résidents de la couronne utilisant « Sydney » comme adresse postale.

HAP, UdM, Montréal  
2008/09

Étangs bitumineux  
Sydney, N-É

mc 9

## Étude de mortalité régionale

Gradients statistiquement **significatifs** :  
Sydney > CBC-S [et Sydney > Canada]

	Biais Résid.		Corrigés	
	H	F	H	F
Toutes causes	↑	↑	↓	↓
Cardio-vasc.	↑	~	↓	↓
Respiratoires	~	~	↓	↓
Tous cancers	↑	↑	~	~
Côlon	↑	↑	↑	↑
Poumon	↑	↑	~	~
Oesoph.	↑	↑	↑	↑
Sein	↑	↑	↑	↑
Diabète	↑	~	↓	↓
Pneumocon.	↑	~	↓	↓
Asthme	↑	↑	~	↑

HAP, UdM,  
2008/09

mc 10

## Mortalité régionale Sydney / C.B.C.

### Enfants

- ◆ Pas d'excès à Sydney, mais excès dans CBC-S

### Adultes

- ◆ Surmortalité vs Canada ou N-É => plusieurs maladies, mais gradients => quelques maladies seulement
- ◆ Suggèrent combinaison de facteurs : environnementaux, comportementaux, socio-économiques, génétiques, etc.
- ◆ Étude exploratoire => descriptive, non explicative
- ◆ Études de suivi nécessaires pour valider et expliquer ...
- ◆ Mesures de surveillance / veille sanitaire proposées

HAP, UdM, Montréal  
2008/09

Étangs bitumineux  
Sydney, N-É

mc 11

## Autres études de la Phase I

- ◆ Étude d'incidence du cancer N-É (Ron Dewar et al.)
  - ◆ Trouvé et corrigé erreurs résidentielles / dossiers médicaux
  - ◆ Résultats semblables à ceux de l'étude de mortalité
  - ◆ Moindre puissance statistique (15 années au lieu de 45)
- ◆ Étude « N.S. Perinatal Atlee Database » (Linda Dodds)
  - ◆ Trouvé et corrigé erreurs résidentielles / dossiers médicaux
  - ◆ Excès de mortinatalité, d'anomalies majeures et neurologiques
  - ◆ Années : 1988-1996
- ◆ Résultats, limites et inférences présentés à HSWG, autorités et citoyens, acceptés par ~tous
- ◆ Étude de cohorte de travailleurs : non réalisée

HAP, UdM, Montréal  
2008/09

Étangs bitumineux  
Sydney, N-É

mc 12

## Études de Phase II : recherche de déterminants

13

99-06-04

## Étude cas-témoins de cancers du côlon, du poumon et du sein

- ◆ 1999 -2002
- ◆ Histoires résidentielle et occupationnelle
- ◆ Histoires / alimentation, tabagisme et alcool
- ◆ Bassin de la population : C.B.C.
- ◆ 3 témoins par cas (~mêmes pour 3 cancers)
- ◆ Questionnaire auto-administré + aide ...
- ◆ Faible participation → étude avortée :
  - ◆ 89 côlons, 48 poumons, 117 seins, 720 témoins
  - ◆ nombres visés atteints sauf pour poumon
  - ◆ faible participation = 48%, 26%, 54%, 60%

HAP, Udm, Montréal  
2008/09

Étangs bitumineux  
Sydney, N-E

mc 14

## Résultats étude cas-témoins ...

- ◆ Pas de différences quant à l'histoire de travail (cokerie-acière)
- ◆ Cancers du poumon fumaient bien plus...
- ◆ Pas de différences quant à l'histoire résidentielle
- ◆ Faible participation → puissance↓ et validité↓
- ◆ Peu ou prou de valeur informative

HAP, Udm, Montréal  
2008/09

Étangs bitumineux  
Sydney, N-E

mc 15

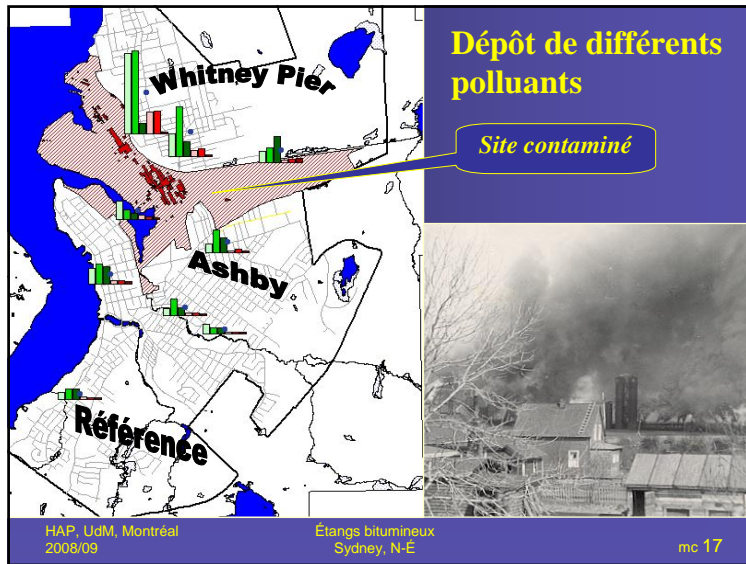
## Mortalité *dans* Sydney par 3 zones- quartiers d'exposition, 1961-1988

- ◆ Mortalité, diverses causes
- ◆ Cofacteurs : recensement + étude cas-témoins
- ◆ Quelques mesures de déposition et simulation de dispersion d'aérosols
- ◆ Géocodage SIG précis des adresses sur les certificats de décès

HAP, Udm, Montréal  
2008/09

Étangs bitumineux  
Sydney, N-E

mc 16



### Taux et excès d'incidence du cancer du poumon par zone d'exposition à Sydney, 1961-1988

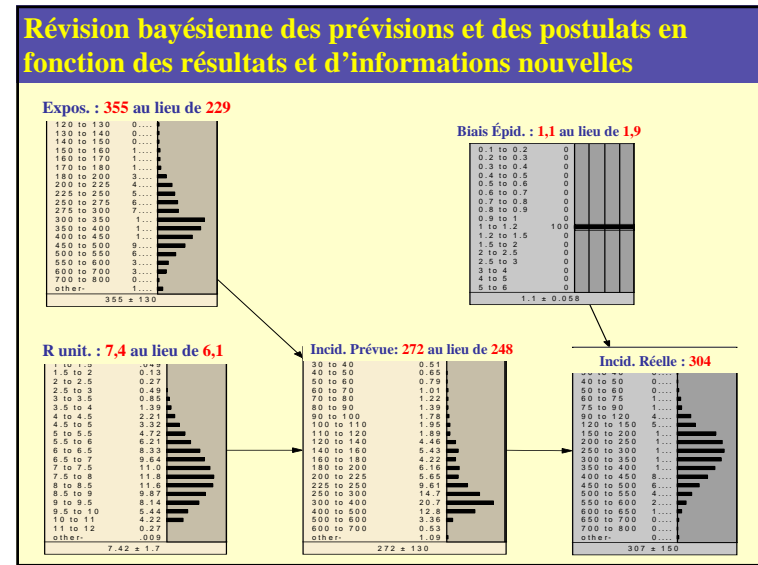
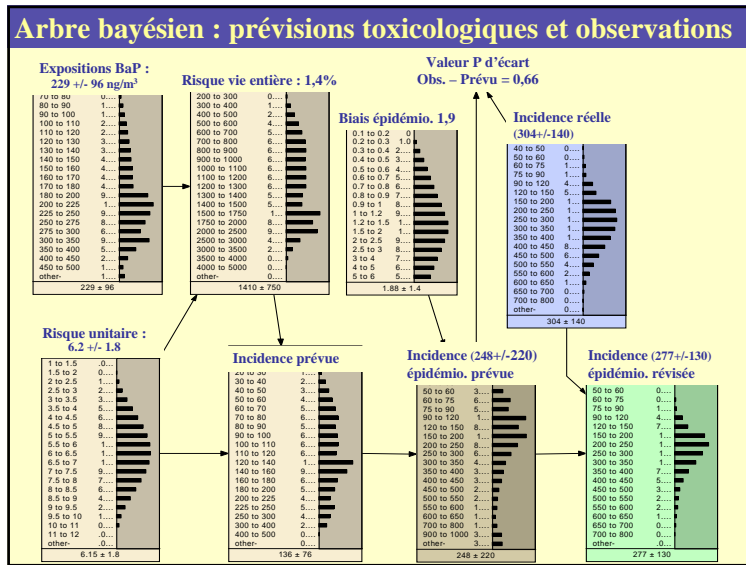
	Hommes				Femmes			
	Obs.	PA	I	Excès	Obs.	PA	I	Excès
<b>Whitney</b> (IC 95%)	76	38 880	<b>195</b>	<b>48</b>	24	39 820	<b>60</b>	<b>30</b>
			(154-245)	(-8~+104)			(39-90)	(+3~+38)
<b>Ashby</b> (IC 95%)	141	82 830	<b>170</b>	<b>22</b>	43	95 580	<b>45</b>	<b>15</b>
			(143-201)	(-21~+67)			(33-61)	(-4~+34)
<b>Référence</b> (IC 95%)	70	47 320	<b>148</b>	---	19	63 720	<b>30</b>	---
			(115-187)				(18-47)	
<b>Canada</b>			<b>146</b>				<b>36</b>	

- PA = personnes-années (population X années d'observation)
- Incidence exprimée en nombre de cas par 100 000 PA
- Excès = I - I<sub>0</sub> = différence en un quartier et la zone de référence
- \* : résultats statistiquement significatifs (valeur P bilatérale ≤ 5%)

HAP, UdM, Montréal 2008/09

Étangs bitumineux Sydney, N-E

mc 18



## Conclusions

- ◆ L'étude épidémiologique a montré un risque croissant avec le niveau de pollution du «quartier».
- ◆ Les différences *socio-économiques et comportementales* (tabagisme) jettent des doutes sur la signification statistique des résultats d'un point de vue traditionnel (test de «l'hypothèse nulle»).
- ◆ L'arbre bayésien fait ressortir la «cohérence» entre les observations épidémiologiques (même biaisées) et les prévisions toxicologiques de risques. Cela renforce la vraisemblance d'un impact sanitaire sérieux.
- ◆ Les observations épidémiologiques, même limitées, corroborent l'analyse des risques toxicologique.
- ◆ L'arbre étiologique bayésien guide une logique d'interprétation plus cohérente, moins dépendante d'une  $H_0$  injustifiable ici.
- ◆ Nos calculs sont illustratifs et incertains, faute de données valables sur les expositions passées, qui ont dû être *pifométrées* par un épidémiologiste et non par un groupe d'experts aux pifs galonnés ... !!