Environnement et Changement climatique Canada | Environment and Climate Change Canada

Canada

# Analyser et prévoir la qualité de l'air : *Comment les outils de modélisation d'Environnement et Changement climatique Canada viennent au service de la santé publique*

**Conférence Santé et qualité de l'air : Enjeu de société majeur**

**Québec**

**Didier Davignon**

**Centre de Prévision Météorologique et Environnementale du Canada**

**2017-10-19**

# Contenu

- Activités et responsabilités d'ECCC en qualité de l'air
- La modélisation numérique en qualité de l'air
- Systèmes et produits de prévision en qualité de l'air du Service Météorologique du Canada
- Analyses de l'impact des émissions de polluants sur la qualité de l'air

# ECCC et la qualité de l'air

- Objectif: La population canadienne est équipée pour prendre des décisions éclairées quant aux conditions changeantes du temps, de l'eau et du climat.
  - Les Canadiens possèdent l'information dont ils ont besoin pour protéger leur santé contre les risques liés à la qualité de l'air et d'autres conditions atmosphériques
    - Ex: prévision de QA et avertissements de smog, indice UV, etc.
- Objectif: Les menaces que représente la pollution pour les Canadiens ainsi que pour leur environnement sont minimisées.
  - Amélioration de la qualité de l'air au Canada
    - Normes canadiennes de qualité de l'air ambiant (NCQAA)
    - Réduction des émissions de polluants atmosphériques provenant des secteurs réglementés ou ciblés

# ECCC et la qualité de l'air (en bref)

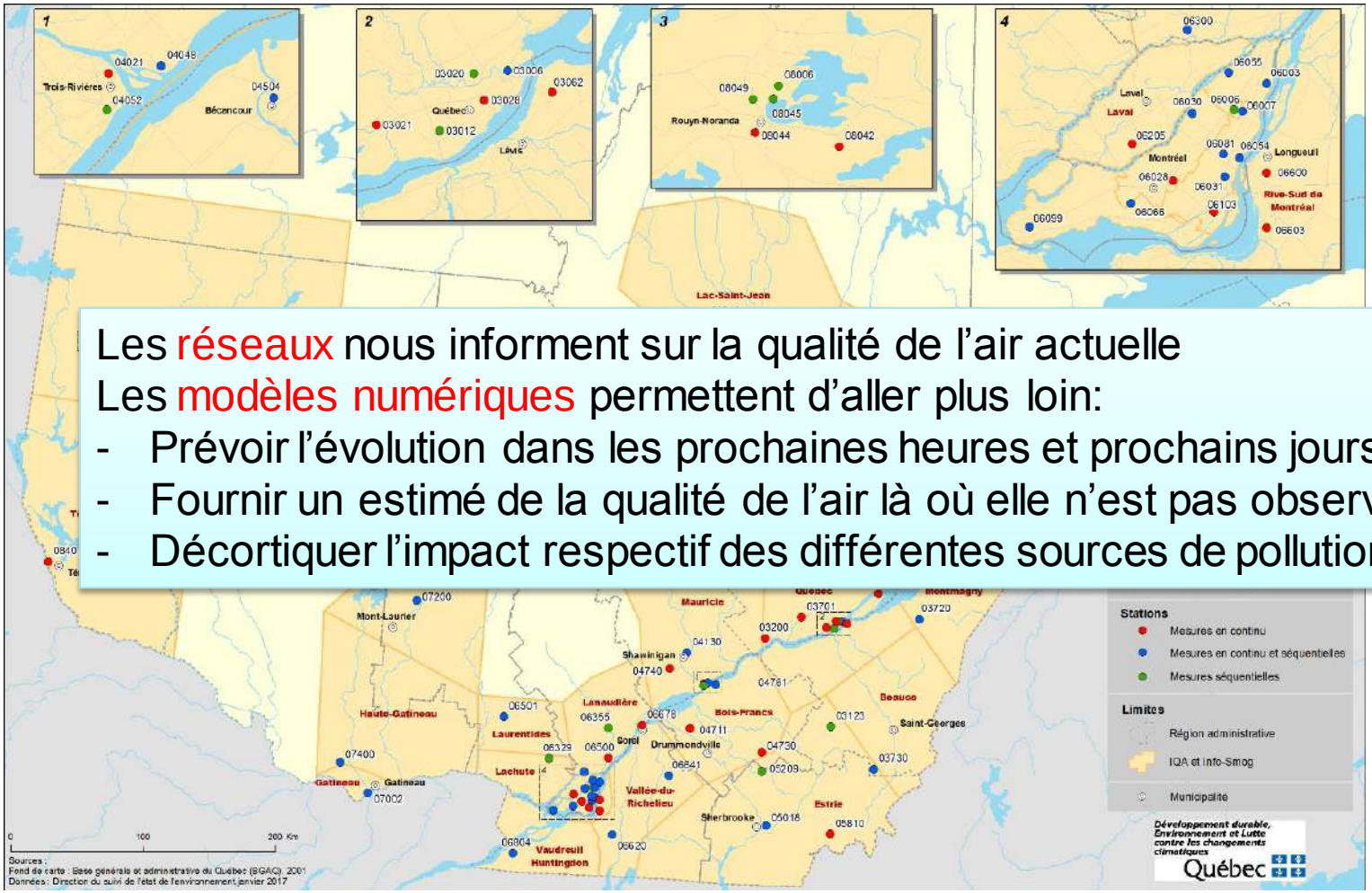
- Cadre règlementaire national et ententes internationales
- Activités de recherche en qualité de l'air
  - Études des processus chimiques dans l'atmosphère et des mécanismes d'émissions des polluants
  - Développement des modèles de qualité de l'air
  - Expertise scientifique en qualité de l'air
- Inventaire national des rejets de polluants
- Service Météorologique du Canada
  - Programme de prévision de la qualité de l'air
  - Services d'analyse en modélisation de la qualité de l'air
- Réseau national de surveillance de la pollution atmosphérique (RNSPA)
- Suivi et application de la loi

# MODÉLISATION POUR LA PRÉVISION DE QUALITÉ DE L'AIR

# Réseaux de stations d'observation au Québec

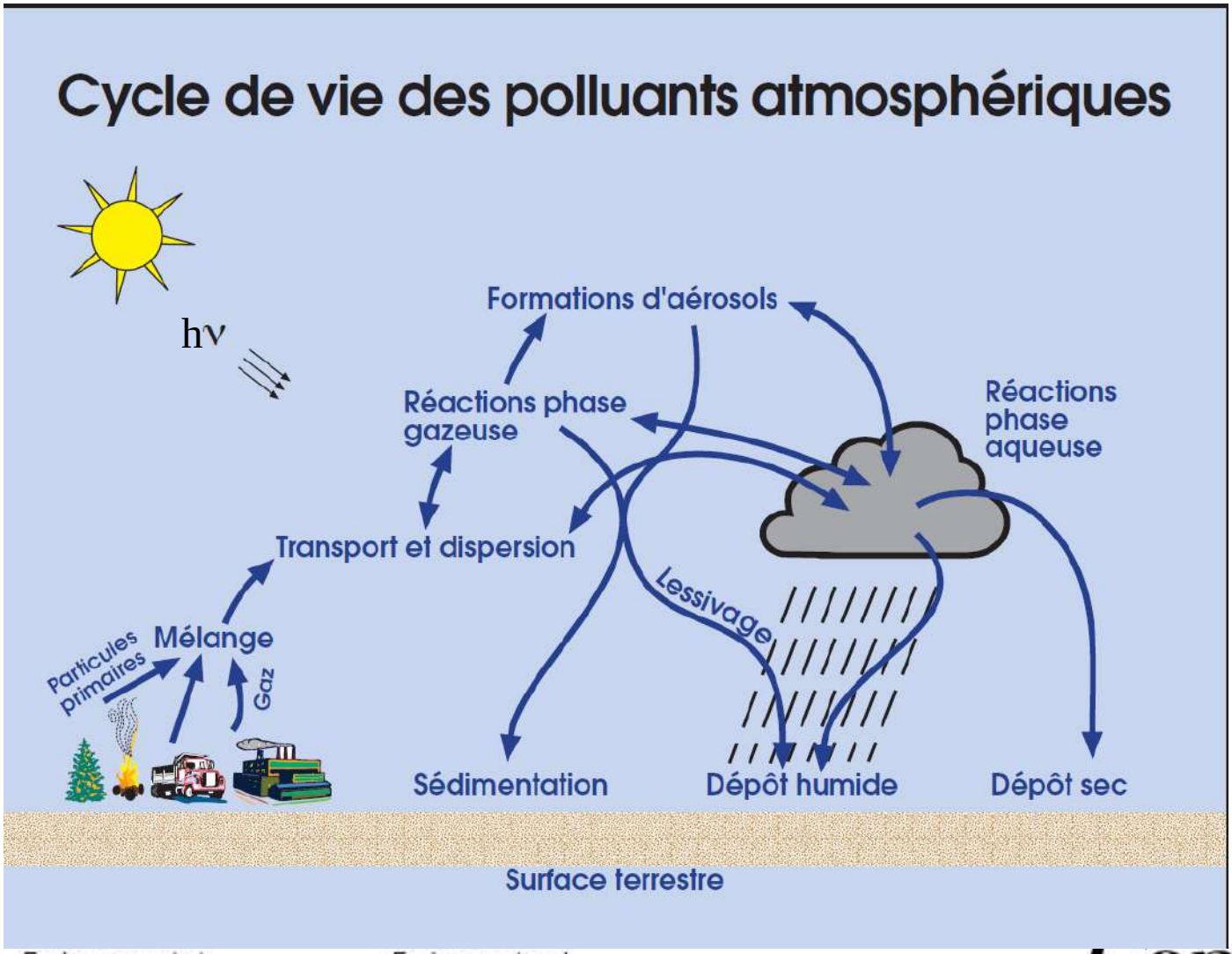
Source : http://www.iqa.mddelcc.gouv.qc.ca/

# Réseaux de stations d'observation au Québec




Source : http://www.iqa.mddelcc.gouv.qc.ca/

# Processus modélisés en qualité de l'air



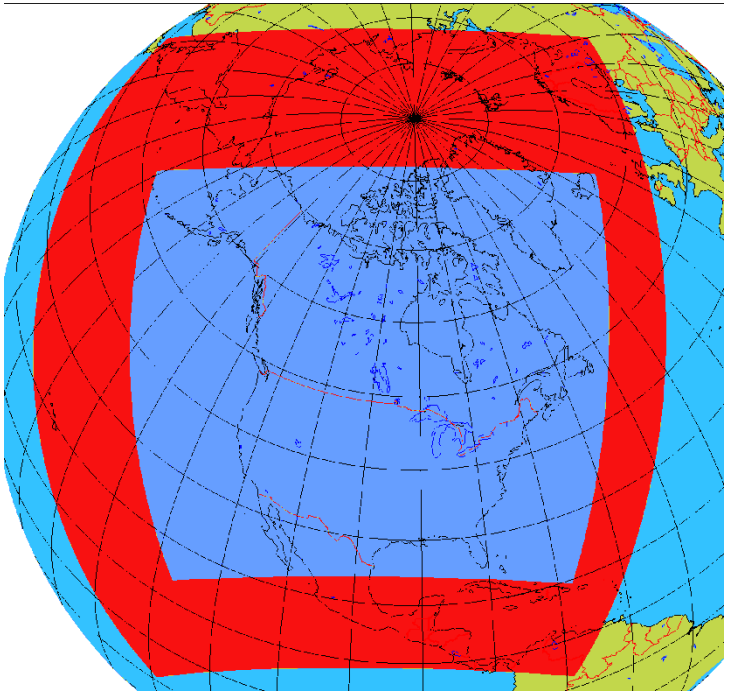
# La modélisation numérique

Processus physiques et chimiques à représenter → Mise sous forme d'équations mathématiques estimant l'évolution dans le temps des concentrations de polluants

Les équations sont solutionnées sur une grille de calcul tridimensionnelle – l'atmosphère est représentée par un ensemble de cubes d'air.

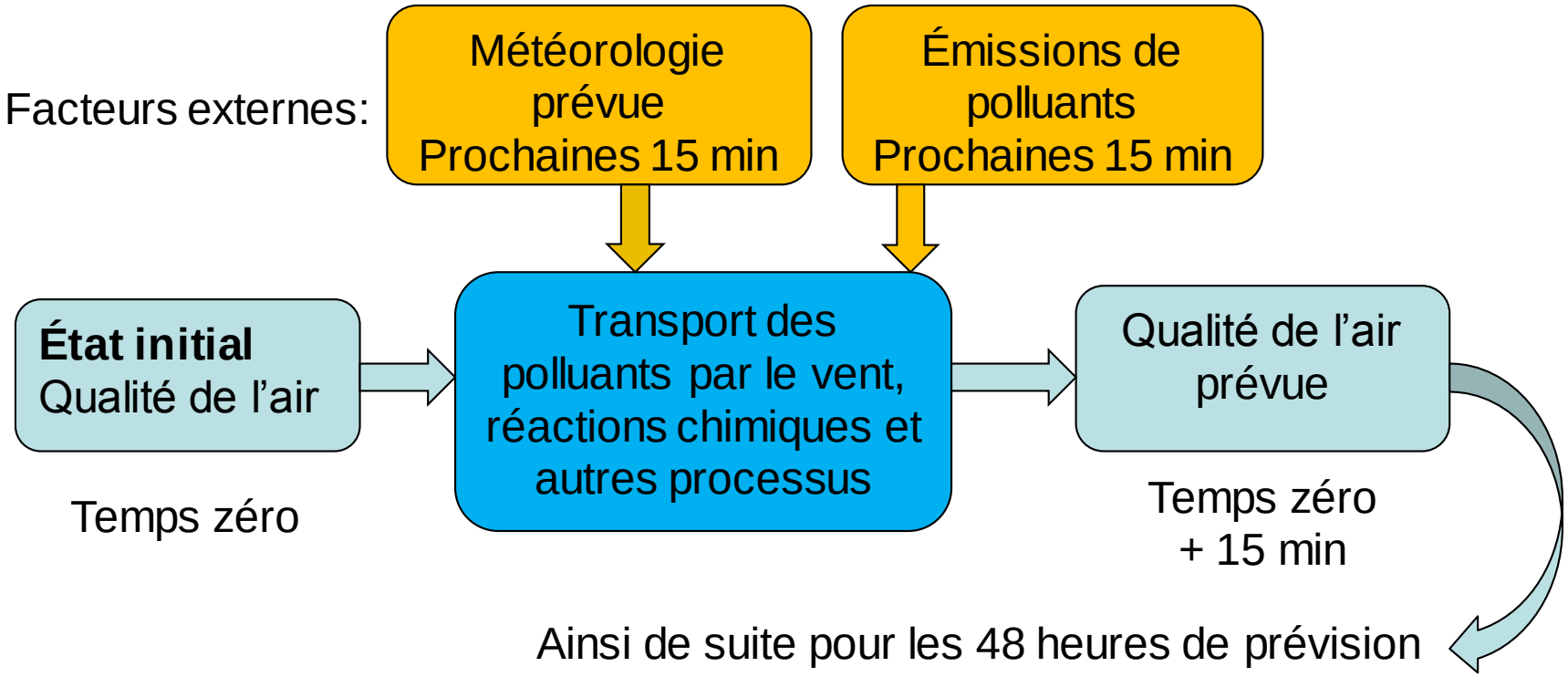
Pour chaque cube on calcule l'évolution des paramètres physiques et chimiques dans le temps

Grille actuelle (bleue):
750 x 620 x 80 points



# Modélisation numérique - détail

On découpe aussi le temps en « pas de temps », par exemple 15 minutes



# Utilisation des modèles

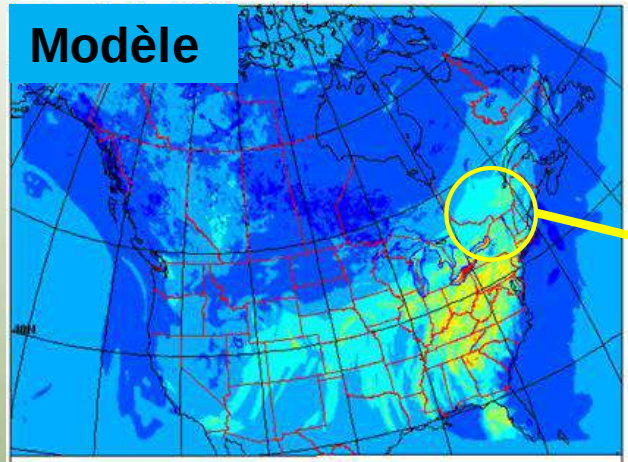
- Prévision de la qualité de l'air à l'échelle régionale
  - Concentrations prévues des gaz (principalement $O_3$ et $NO_2$)
  - Concentrations prévues des aérosols (converties en $PM_{2.5}$ / $PM_{10}$)
  - Requière des inventaires d'émissions de polluants suffisamment précis, complets et à jour
- Prévision de l'impact des feux de forêts sur la qualité de l'air
  - Utilise la détection satellitaire des feux
- Cartes d'analyse: combiner les observations au modèle pour une description de l'état actuel
- Études de cas et scénarios: modéliser une année type et examiner l'impact d'un secteur d'émission

# Analyse de la qualité de l'air actuelle

- En modélisation numérique, le terme « analyse » désigne l'état initial de l'atmosphère
- « Assimilation de données » en météo
  - Produire une représentation 3D de l'atmosphère valide à un temps donné
  - Ajuster l'état modélisé de l'atmosphère le plus près possible des observation, en préservant l'équilibre physique
  - Problème de minimisation qui tient compte des erreurs du modèle et dans les observations
- « Analyse objective » = approche simplifiée
  - Combine une prévision courte du modèle avec les observations
  - Utilisée en qualité de l'air (en attendant le développement de l'assimilation de donnée)

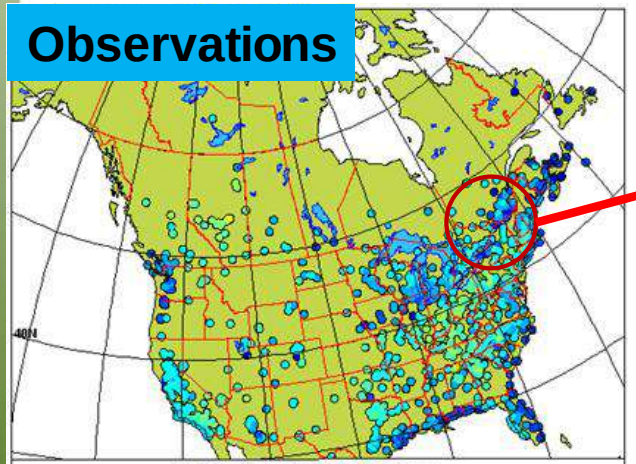
# L’analyse objective

**Modèle**



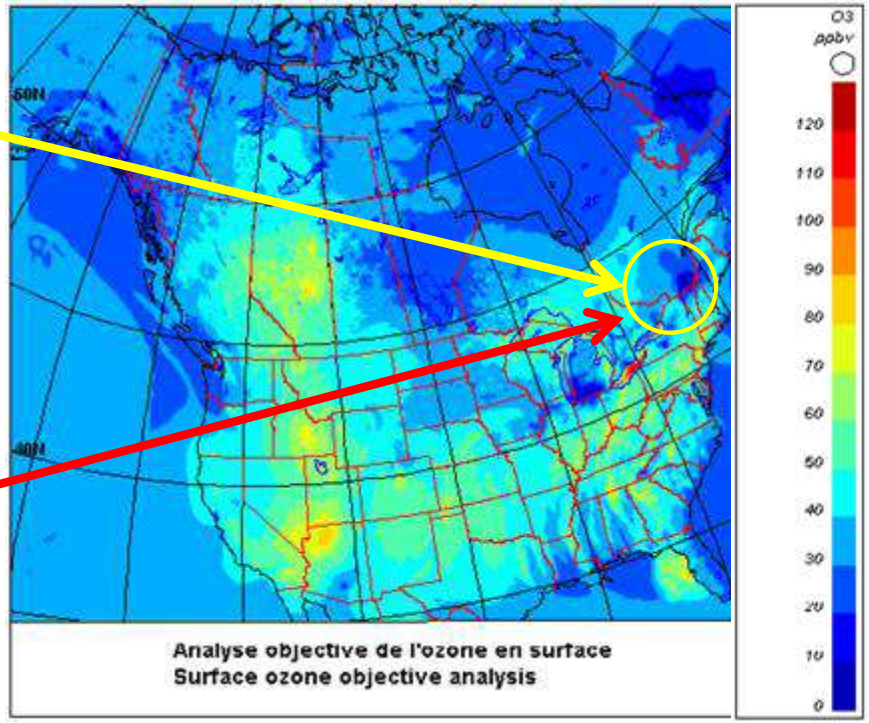
Prévision de l'ozone en surface (modèle GEM-MACH)
Surface ozone forecast (GEM-MACH model)

**Observations**



Observation d'ozone en surface
Surface ozone Observations
1235 stations

Sur cet exemple: Ozone




Analyse objective de l'ozone en surface
Surface ozone objective analysis

Produite pour: $O_3$, $NO_2$, NO, $PM_{2.5}$, $PM_{10}$, $SO_2$

# Systèmes de prévision de la QA

SRPDQA (**S**ystème **R**égional de **P**révision **D**éterministe de la **Q**ualité de l'**A**ir)

- Utilise le modèle numérique canadien GEM-MACH
- Émissions : inventaire canadien dérivé de l'*Inventaire national des rejets de polluants* (*INRP*); inventaire américain de l'EPA
- Post-traitement statistique (UMOS-AQ)
- Produits opérationnels
- Analyse régionale déterministe de qualité de l'air (ARDQA)

# SRPDQA : produits

- Produits de prévision publics rafraîchis 2 fois par jour

http://meteo.gc.ca/mainmenu/airquality_menu_f.html

## Qualité de l'air

Obtenez prévisions et informations les plus récentes sur la qualité locale de l'air

### Cote air santé

- Canada
- Alberta
- Colombie-Britannique
- Île-du-Prince-Édouard
- Manitoba
- Nouveau-Brunswick
- Nouvelle-Écosse
- Ontario
- Québec
- Saskatchewan
- Terre-Neuve-et-Labrador
- Territoires du Nord-Ouest
- Yukon
- Guide des prévisions
- À propos de la cote air santé

### Textes des bulletins

- Alberta
- Colombie-Britannique
- Île-du-Prince-Édouard
- Manitoba
- Nouveau-Brunswick
- Nouvelle-Écosse
- Ontario
- Québec
- Saskatchewan
- Terre-Neuve-et-Labrador
- Territoires du Nord-Ouest
- Yukon

### L'indice de ventilation

- Alberta
- Manitoba
- Nunavut
- Saskatchewan
- Territoires du Nord-Ouest

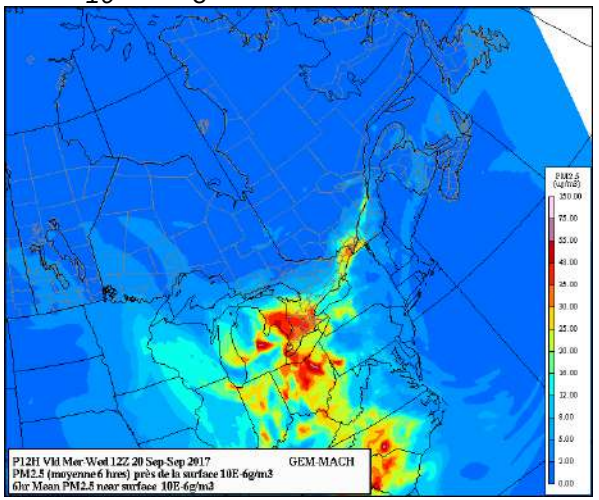
### Cartes

- Prévisions du modèle de la qualité de l'air
- Système de prévision de la fumée des feux de forêt pour le Canada : FireWork (début avril jusqu'à la fin octobre)

### L'indice de qualité de l'air

- Québec INFO-SMOG

*Cartes produites pour $PM_{2.5}$, $PM_{10}$ et $O_3$*

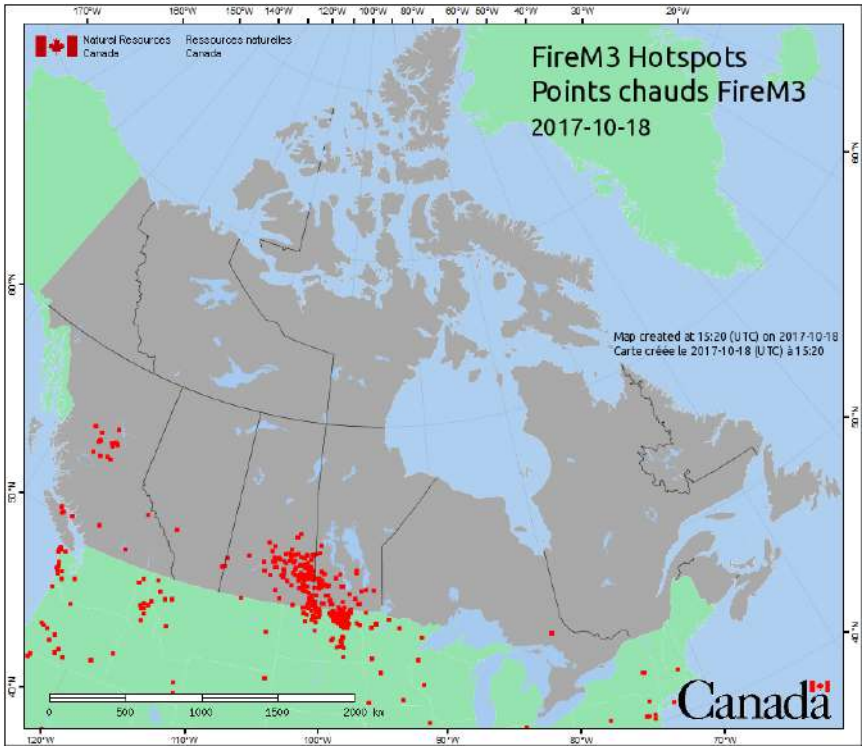


# MODÉLISATION DE L'IMPACT DES FEUX DE FORÊT

# Inclusion des feux de forêt

- Version modifiée du SRPDQA = Firework
- Données des feux obtenues auprès du Service canadien des forêts tous les jours
- Émissions atmosphériques de polluants insérées dans le modèle pour les 48 heures de prévision

**Système canadien d'information sur les feux de végétation (SCIFV)**



# Système de prévision de la QA avec feux de forêts

« FireWork »

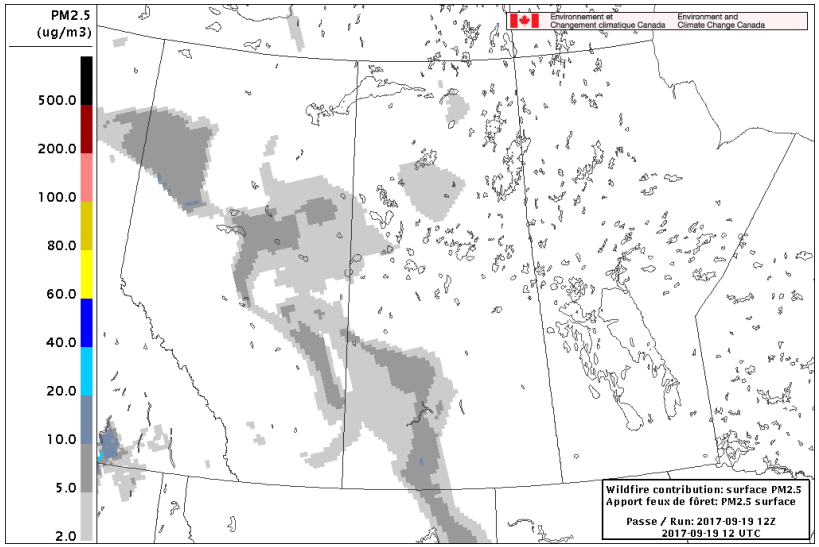
- Petit frère du SRPDQA
- Feux détectés par satellite (produits MODIS, AVHRR, VIRRS)
- Émissions de polluants estimées en fonction de:
  - Type de végétation
  - État de la végétation et du sol (humidité/sécheresse)
- Cartes et animations pour le public et produits spéciaux distribués aux intervenants
- Analyse régionale déterministe de qualité de l'air *avec* FireWork: (ARDQA-FW)

# FireWork: produits

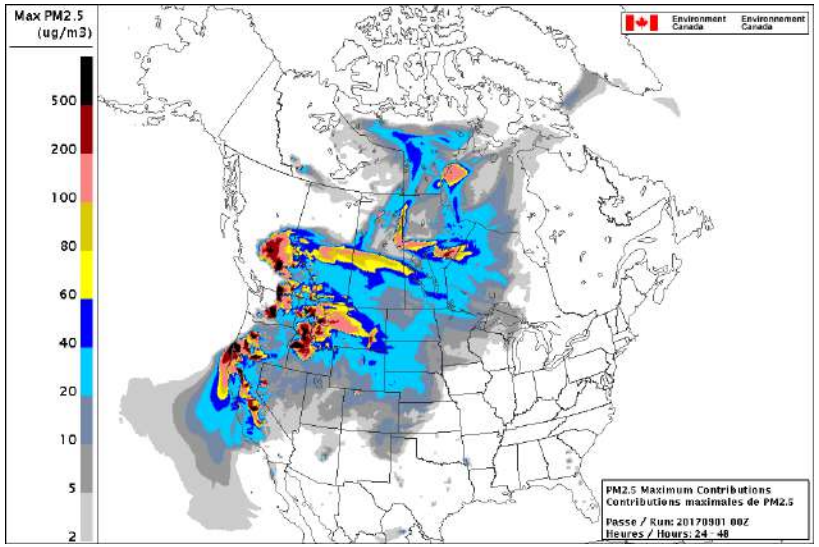
- Produits de prévision publics rafraîchis 2 fois par jour

http://meteo.gc.ca/firework/index_f.html

*Concentrations horaires, maximales et moyennes de PM2.5 dues aux feux, pour l'Amérique du Nord ou sur des sous-domaines canadiens*

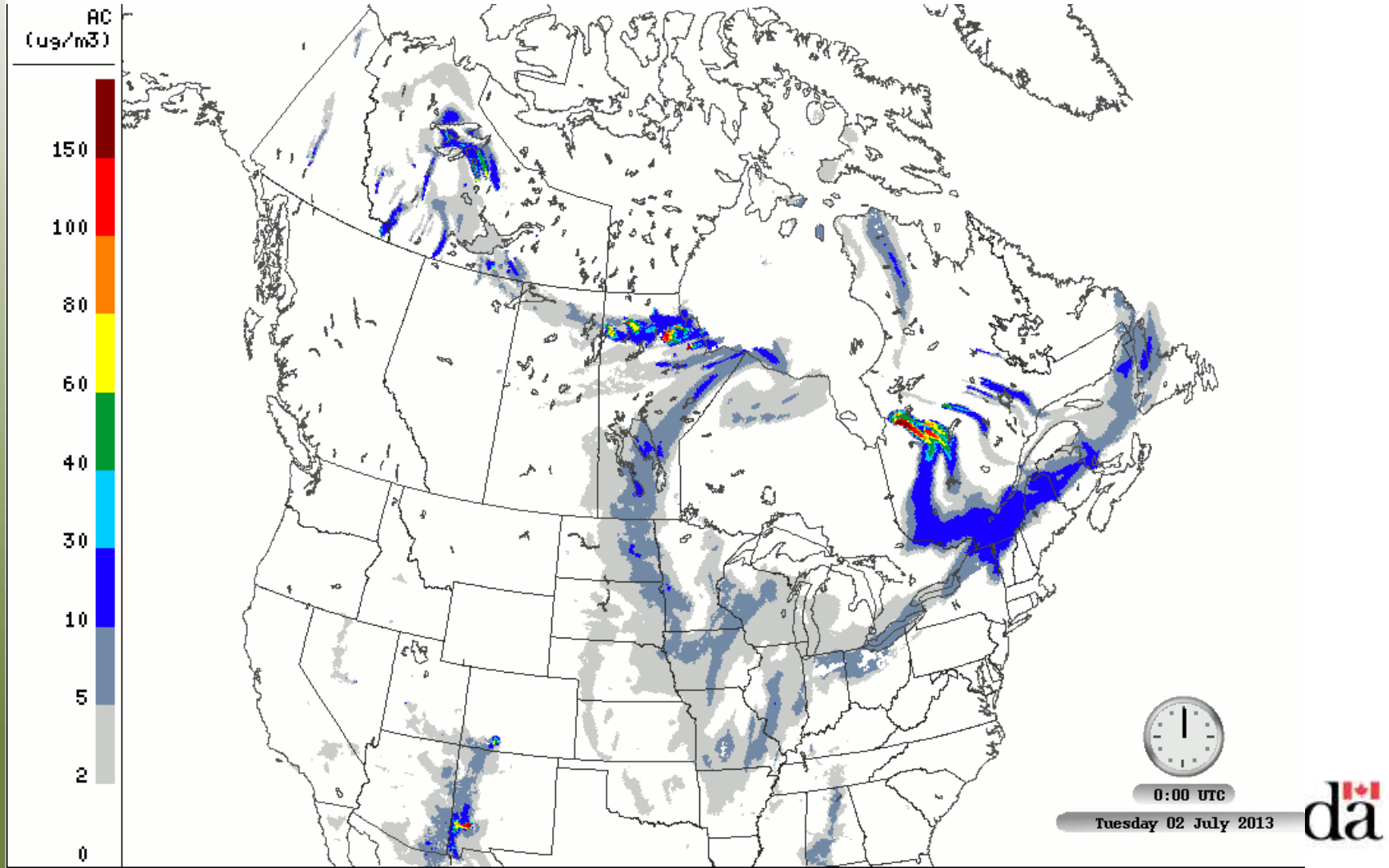



*Exemple: Concentration maximale de $PM_{2.5}$ ($\mu g/m^3$), période du 2 septembre, 00-24UTC*



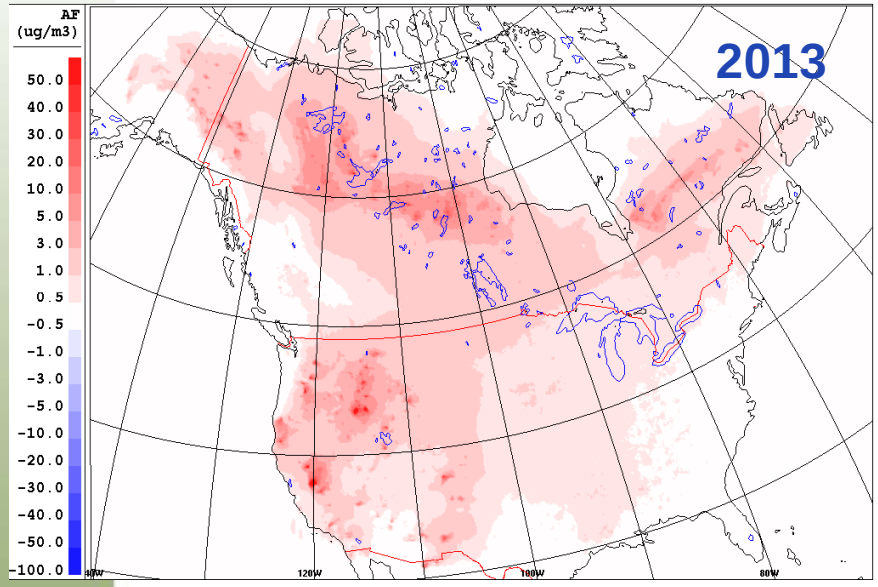
# Feux de forêts (2013-07-02)

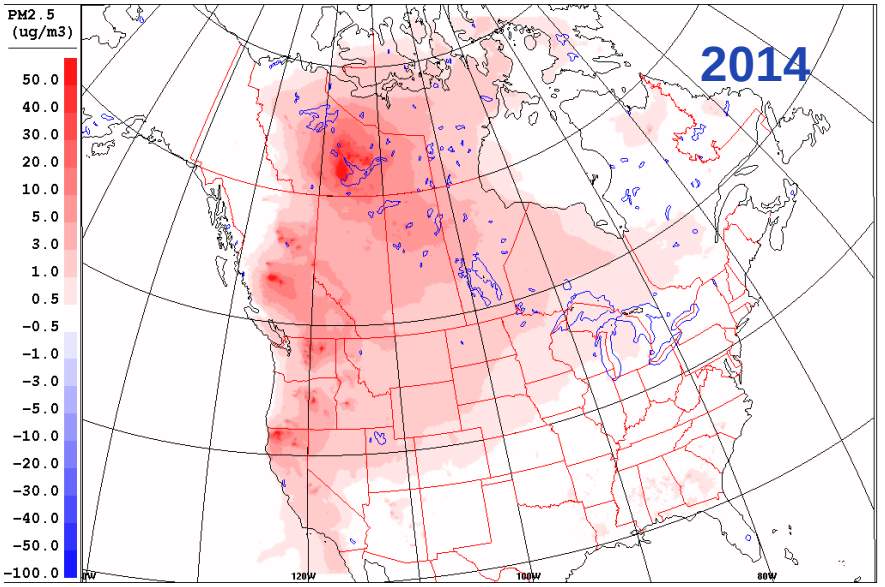
$PM_{2.5}$ animations : FireWork - Operational

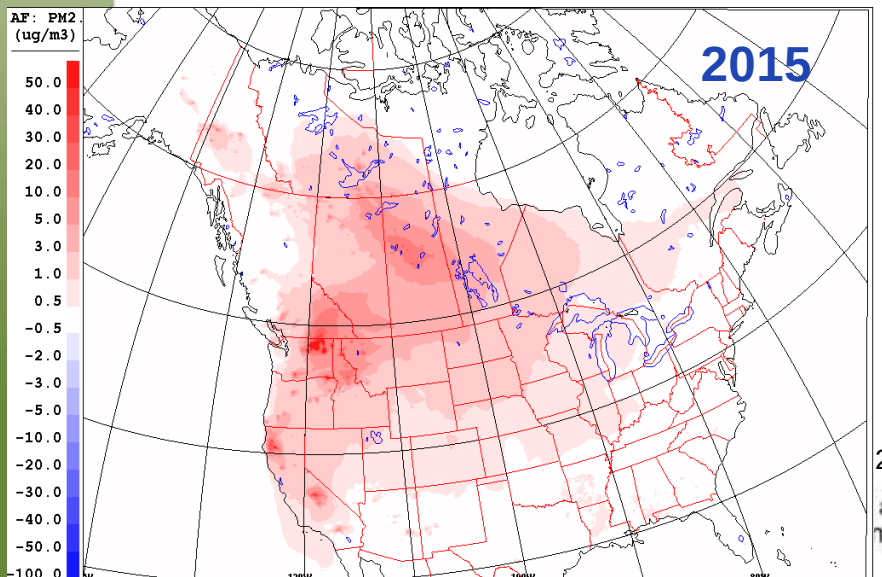


# Importance des feux de forêt pour la QA

Contribution des feux de forêt à la **concentration moyenne estivale de $PM_{2.5}$**



Contributions estimées par FireWork



and
nge Canada

Canada

# FireWork: étude récente

atmosphere

MDPI

Article

## Multi-Year (2013–2016) $PM_{2.5}$ Wildfire Pollution Exposure over North America as Determined from Operational Air Quality Forecasts

Rodrigo Munoz-Alpizar [1,*], Radenko Pavlovic [1], Michael D. Moran [2], Jack Chen [2], Sylvie Gravel [2], Sarah B. Henderson [3], Sylvain Ménard [1], Jacinthe Racine [1], Annie Duhamel [1], Samuel Gilbert [1], Paul-André Beaulieu [1], Hugo Landry [1], Didier Davignon [1], Sophie Cousineau [1] and Véronique Bouchet [1]

1 Canadian Meteorological Centre Operations, Environment and Climate Change Canada, 2121 Rte Transcanadienne, Montreal, QC H9P 1J3, Canada; radenko.pavlovic@canada.ca (R.P.); sylvain.menard@canada.ca (S.M.); jacinthe.racine@canada.ca (J.R.); annie.duhamel@canada.ca (A.D.); samuel.gilbert@canada.ca (S.G.); paul-andre.beaulieu@canada.ca (P.-A.B.); hugo.landry@canada.ca (H.L.); didier.davignon@canada.ca (D.D.); sophie.cousineau@cafnada.ca (S.C.); veronique.bouchet@canada.ca (V.B.)

2 Air Quality Research Division, Environment and Climate Change Canada, Toronto, ON M3H 5T4, Canada; mike.moran@canada.ca (M.D.M.); jack.chen@canada.ca (J.C.); sylvie.gravel@canada.ca (S.G.)

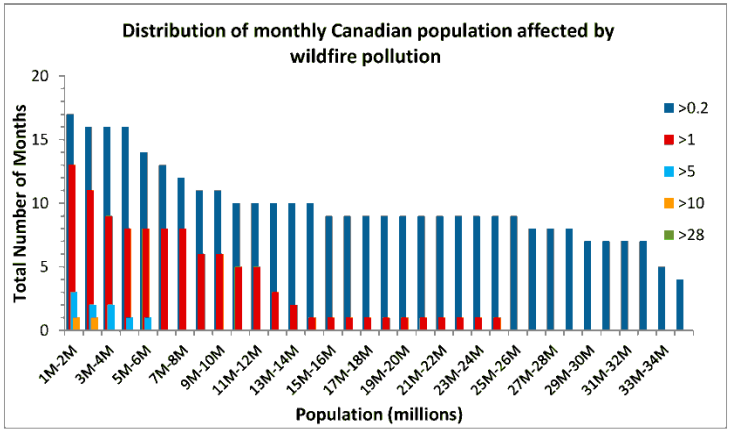
3 Environmental Health Services, British Columbia Centre for Disease Control, Vancouver, BC V5Z 4R4, Canada; sarah.henderson@bccdc.ca

* Correspondence: rodrigo.munoz-alpizar@canada.ca; Tel.: +1-514-421-7266

Received: 30 June 2017; Accepted: 14 September 2017; Published: 19 September 2017

**Abstract:** FireWork is an on-line, one-way coupled meteorology–chemistry model based on near-real-time wildfire emissions. It was developed by Environment and Climate Change Canada to deliver operational real-time forecasts of biomass-burning pollutants, in particular fine particulate matter ($PM_{2.5}$), over North America. Such forecasts provide guidance for early air quality alerts that could reduce air pollution exposure and protect human health. A multi-year (2013–2016) analysis of FireWork forecasts over a five-month period (May to September) was conducted. This work used an archive of FireWork outputs to quantify wildfire contributions to total $PM_{2.5}$ surface concentrations across North America. Different concentration thresholds (0.2 to 28 $\mu g/m^3$) and averaging periods (24 h to five months) were considered. Analysis suggested that, on average over the fire season, 76% of Canadians and 69% of Americans were affected by seasonal wildfire-related $PM_{2.5}$ concentrations above 0.2 $\mu g/m^3$. These effects were particularly pronounced in July and August. Futhermore, the analysis showed that fire emissions contributed more than 1 $\mu g/m^3$ of daily average $PM_{2.5}$ concentrations on more than 30% of days in the western USA and northwestern Canada during the fire season.

**Keywords:** air quality modeling; wildfire smoke; fine particulate matter; wildfire pollution exposure




Multi-Year (2013–2016) $PM_{2.5}$ Wildfire Pollution Exposure over North America as Determined from Operational Air Quality Forecasts

e 2017

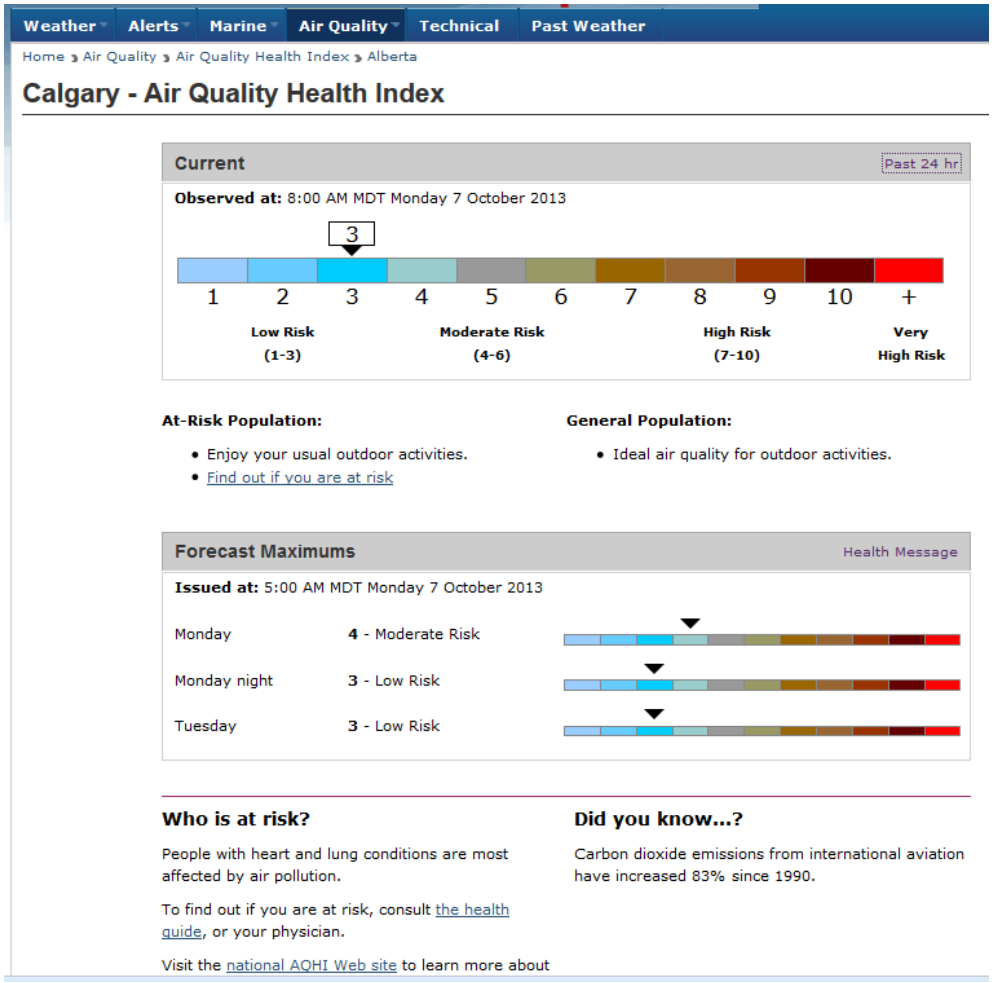
Canada

# Produits: Cote Air Santé

Utilisée pour la prévision publique

- Multi-polluants
- Seuils/Avertissements

$$AQHI_{2.5} = \frac{10}{10.4} * \left[100 * \left(\left(e^{0.000871 * NO_2} - 1\right) + \left(e^{0.000537 * O_3} - 1\right) + \left(e^{0.000487 * PM\,2.5} - 1\right)\right)\right]$$



# Approche québécoise: programme Info-Smog

- Prévoir la qualité de l'air au quotidien pour la population en général afin qu'elle puisse planifier ses activités;
- Sensibiliser la population aux impacts de la qualité de l'air sur la santé et l'environnement;
- Conseiller la population lorsque les concentrations de polluants atteignent des niveaux dommageables pour la santé et l'environnement;
- Suggérer des changements de comportements afin de:
  - Minimiser les impacts sur la santé;
  - Minimiser les impacts des activités humaines sur la qualité de l'air (environnement);
  - S'applique seulement lors d'avertissement de smog

# Partenaires du programme Info-Smog

- Environnement Canada
  - Prévisions de la qualité de l'air et avertissements de smog;
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
  - Réseau de stations au Québec;
- Ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec
  - Sensibilisation, messages santé;
- Ville de Montréal
  - Réseau de stations sur l'Ile de Montréal;
- Direction de santé publique de l'Agence de la santé et des services sociaux de Montréal
  - Sensibilisation, messages santé.

# L'indice de qualité de l'air

- Un sous-indice IQA est calculé à toutes les heures pour chacun des 5 polluants suivants: $O_3$, $PM_{2,5}$, $NO_2$, $SO_2$ et CO;

  Sous-indice IQA = (mesure/valeur de référence) x 50

- L'IQA final est la valeur la plus élevée des sous-indices d'une station ou d'une région
- Au Québec, les valeurs de référence sont:

| Polluant | Type de mesure | Valeur de référence |
|---|---|---|
| Ozone ($O_3$) | Moyenne horaire | 82 ppb |
| Particules fines ($PM_{2,5}$) | Moyenne sur 3 heures | 35 µg/m$^3$ |
| Dioxyde de soufre ($SO_2$) | Maximum sur 4 minutes [1] | 200 ppb |
| Dioxyde d'azote ($NO_2$) | Moyenne horaire | 213 ppb |
| Monoxyde de carbone (CO) | Moyenne horaire | 30 ppm |

Source du tableau : MDDELCC

# Classes de qualité de l'air au Québec

| Ozone (ppb) | $PM_{2,5}$ (µg/$m^3$) | IQA | Classe |
|---|---|---|---|
| $[O_3] < 41$ | $[PM_{2,5}] < 17,5$ | IQA < 25 | Bonne |
| $41 \leq [O_3] < 82$ | $17,5 \leq [PM_{2,5}] < 35$ | $25 \leq$ IQA < 50 | Acceptable |
| $[O_3] \geq 82$ | $[PM_{2,5}] \geq 35$ | IQA ≥ 50 | Mauvaise |

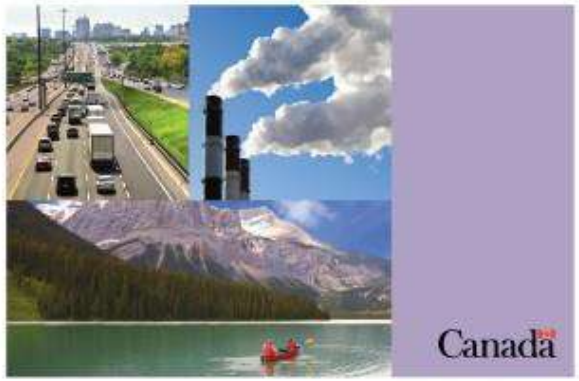
# ANALYSE DE L'IMPACT DES ÉMISSIONS DE POLLUANTS SUR LA QUALITÉ DE L'AIR

# Soutien au développement réglementaire canadien

Études pour soutenir la décision:

- Normes nationales de qualité de l'air ambiant
- Système de Gestion de la Qualité de l'Air (Cadre pancanadien)
- Règlements limitant la pollution sectorielle
- Études sectorielles prospectives

**Évaluation des risques à la santé humaine liés à la production, distribution et utilisation de biodiesel au Canada**




Vol. 148, No. 23
Canada Gazette
Gazette du Canada
Vol. 148, n° 23
*Canada Gazette Part I June 7, 2014*
*Gazette du Canada Partie I Le 7 juin 2014* 1321

**Multi-sector Air Pollutants Regulations**

*Statutory authority*
*Canadian Environmental Protection Act, 1999*

*Sponsoring departments*
Department of the Environment and Department of Health

**REGULATORY IMPACT ANALYSIS STATEMENT**

*(This statement is not part of the Regulations.)*

**Executive summary**

**Issues:** Air pollutants negatively affect human health, place a serious burden on the health care system, degrade the environment and have an adverse impact on the economy. While progress has been made in reducing some air pollutant emissions, air quality remains an ongoing issue in Canada.

Actions to manage industrial emissions currently vary across Canada, creating an uneven playing field for Canadian enterprises. Canada lacks a nationally consistent approach to reducing industrial air pollutant emissions, and it is unlikely that a base level of performance standards can be established across Canada in the absence of federal action.

**Description:** The *Multi-sector Air Pollutants Regulations* ("proposed Regulations") would impose mandatory national performance standards on specific sector/equipment groups, in order to establish a nationally consistent emissions "floor."

**Règlement multisectoriel sur les polluants atmosphériques**

*Fondement législatif*
*Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)*

*Ministères responsables*
Ministère de l'Environnement et ministère de la Santé

**RÉSUMÉ DE L'ÉTUDE D'IMPACT DE LA RÉGLEMENTATION**

*(Ce résumé ne fait pas partie du Règlement.)*

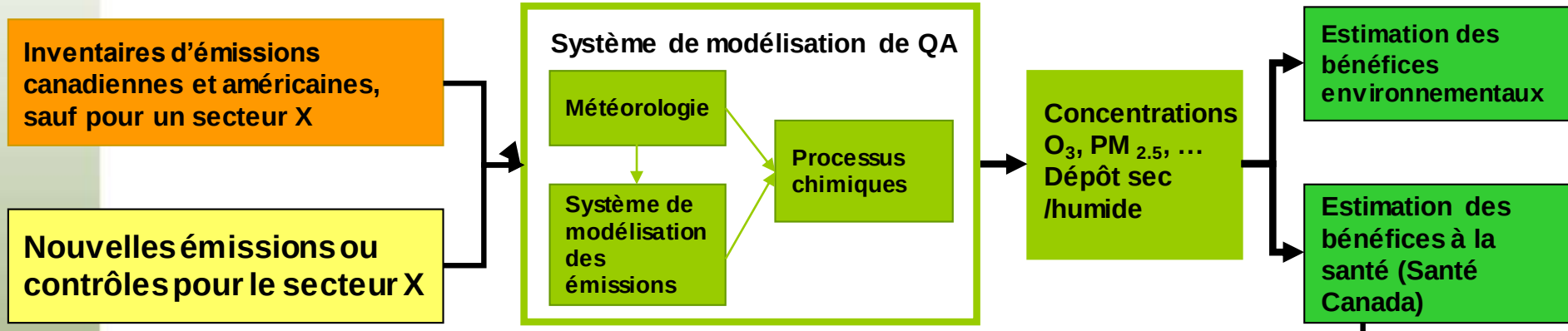
**Résumé**

**Enjeux :** Les polluants atmosphériques ont des répercussions négatives sur la santé humaine, représentent un lourd fardeau pour le système de soins de santé, nuisent à l'environnement et ont des impacts négatifs sur l'économie. Même si des progrès ont été accomplis dans la réduction des émissions de polluants atmosphériques, la qualité de l'air est toujours un problème d'actualité au Canada.

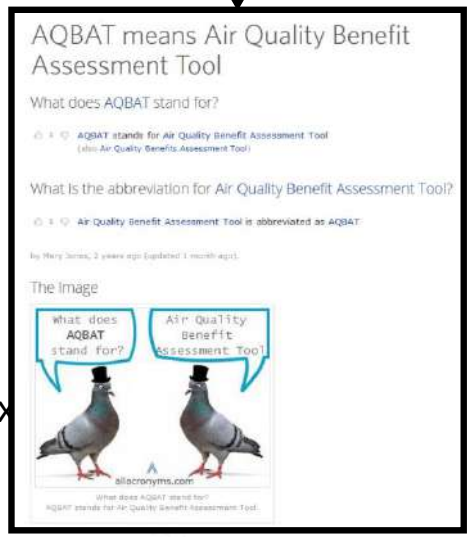
Actuellement, les mesures mises en place pour gérer les émissions industrielles varient au Canada, ce qui fait que les règles du jeu ne sont pas les mêmes pour toutes les entreprises canadiennes. Le Canada n'a pas d'approche nationale uniforme concernant la réduction des émissions industrielles de polluants atmosphériques et il semble peu probable qu'un niveau de rendement de base puisse être établi dans l'ensemble du pays en l'absence de mesure fédérale.

**Description :** Le *Règlement multisectoriel sur les polluants atmosphériques* (soit le projet de règlement) imposerait des normes nationales de rendement obligatoires propres à des secteurs ou des groupes d'équipement spécifiques, afin

# Soutien réglementaire: scénarios de qualité de l'air & évaluation des bénéfices

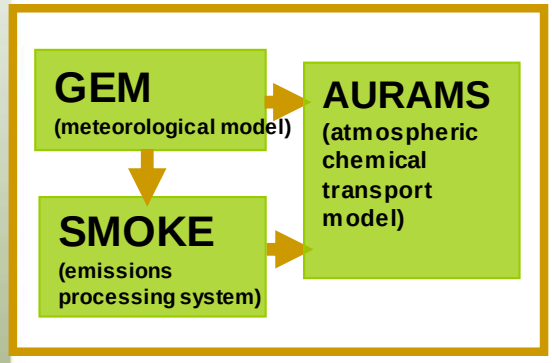



- **Le système de modélisation de la QA permet d'examiner différents scénarios d'émissions: questions « et si? »**
  - Préparer une simulation de référence, avec les niveaux d'émissions de référence
  - Produire des simulations utilisant des émissions modifiées, reflétant les mesures de contrôle envisagées
- **Information produite:**
  - Estimés de l'intensité et de l'étendue des changements aux concentrations découlant du changement aux émissions
  - Permet une évaluation des bénéfices santé et environnementaux et leur comparaison avec les coûts prévus des mesures




Canada

# Système de modélisation pour les scénarios de QA




- Composantes du système:
  - AURAMS : modèle photochimie & aérosols “offline”
  - GEM modèle météorologique
  - SMOKE : système de traitement des émissions
- AURAMS: Modèle régional de QA – “ancêtre” de GEM-MACH
  - Gaz: $O_3$, $NO_x$, $SO_2$, VOCs, $NH_3$…
  - Aérosols: $PM_{2.5}$, $PM_{10}$, p-$SO_4$, p-$NO_3$,…, 12 tailles représentées
  - Dépôt sec et humide des polluants (dépôt acide)
  - Visibilité (dérivée des concentrations en PM)
- Modèle similaire aux systèmes CMAQ et CAMX de l’EPA CAMX, utilisés aux États-Unis pour guider le développement réglementaire

**Types d’enjeux étudiés:**

- Comprendre le smog et les dépôts acides au Canada
- Fournir des conseils pour la gestion des enjeux nationaux et transfrontaliers/interprovinciaux
- Évaluer l’effet de la pollution globale sur les enjeux régionaux
  - Impact du transport intercontinental sur les objectifs canadiens en qualité de l’air
- Évaluer les effets des changements climatiques sur la qualité de l’air
  - Impacts des changements climatiques sur les stratégies réglementaires canadiennes en qualité de l’air
- Étudier l’impact du mercure atmosphérique aux échelles globale et régionale

# En résumé

- ECCC développe et opère des systèmes de modélisation de la qualité de l'air pour:
  - Prévoir la qualité de l'air à venir et émettre des avertissements
  - Mieux caractériser la qualité de l'air actuelle
  - Prévoir l'impact des feux de forêt sur la qualité de l'air
  - Étudier et comprendre les enjeux de qualité de l'air en les simulant
  - Mieux planifier la réglementation en évaluant les bénéfices attendus pour la santé des canadiens

# QUESTIONS?