

Préambule au rapport du NERAM du Sous-groupe sur la priorisation de la santé

Le présent rapport a été rédigé par Steve McColl, John Hicks, Lorraine Craig et John Shortreed du Network for Environmental Risk Assessment and Management (NERAM) pour le Sous-groupe sur la priorisation de la santé du Cadre national pour la réduction des émissions des raffineries de pétrole (CNRÉRP).

Le CNRÉRP, qui est élaboré dans la cadre d'un processus multisectoriel pour le compte du Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME), établira des principes et des méthodes qui aideront les gouvernements à fixer des plafonds annuels d'émissions pour les polluants atmosphériques courants et toxiques provenant des raffineries de pétrole. La mission du Sous-groupe sur la priorisation de la santé est d'étudier l'état des connaissances sur les effets des émissions des raffineries de pétrole sur la santé et de soumettre au Comité directeur du CNRÉRP des recommandations sur la priorisation et sur la mise en œuvre graduelle des réductions d'émissions.

Le présent rapport contient l'évaluation préliminaire d'une série de méthodes destinées à prioriser les polluants atmosphériques toxiques émis par les raffineries de pétrole en fonction de leur impact relatif sur la santé humaine. Le NERAM a créé un ensemble de formules de classement dont la complexité correspond aux niveaux définis dans la typologie des méthodes de priorisation de Pennington et de ses collaborateurs. Ces formules ont ensuite été intégrées dans un tableur informatique nommé HEIDI (Health Effects Indicator Decision Index – Indice décisionnel basé sur les indicateurs des effets sur la santé). Le programme de classement HEIDI a d'abord été testé avec des données limitées à quelques polluants atmosphériques toxiques et à quelques raffineries dans le but de comparer l'utilité des diverses méthodes de priorisation.

La version de HEIDI décrite dans le présent rapport est considérée comme un prototype principalement conçu pour prouver la validité des concepts. Dans une phase subséquente, les chercheurs du NERAM appliqueront la version recommandée de HEIDI (niveau 4c) à un plus grand nombre de substances atmosphériques toxiques et de polluants atmosphériques courants ainsi qu'à toutes les raffineries du Canada. Les concentrations de fond des polluants atmosphériques toxiques seront également incluses dans la modélisation. Ces travaux devraient produire un certain nombre de données quantitatives qui permettront de prioriser les substances émises par les raffineries de pétrole au Canada en fonction des risques relatifs pour la santé. Ils aideront en outre le Sous-groupe sur la priorisation de la santé à conseiller le Comité directeur du CNRÉRP sur la priorisation des réductions.

**Évaluation de méthodes comparatives de
priorisation fondées sur les risques pour la
santé humaine en vue de la réduction des
émissions des raffineries de pétrole**

Le 26 mai 2003

RAPPORT FINAL

Rédigé par

Steve McColl, John Hicks, Lorraine Craig et John Shortreed



**Network for Environmental Risk
Assessment and Management**

pour

**Le Cadre national pour la réduction des émissions des
raffineries de pétrole du CCME
(CNRÉRP)**

Démenti

Ce rapport contient de l'information préparée à l'intention du Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME), mais n'a pas reçu son approbation. Le CCME exige l'application des normes de recherche les plus élevées qui soient dans ses publications. Comme le CCME ne poursuit aucuns travaux de recherche ni ne signe de rapports, il n'est pas responsable de l'exactitude des données contenues dans ses publications. Il ne se porte pas garant des opinions qui y sont exprimées, pas plus qu'il ne les partage ou ne les soutient nécessairement.

Préface

Le présent rapport contient une évaluation des méthodes comparatives de priorisation fondées sur les risques pour la santé humaine qui a été réalisée par le Network for Environmental Risk Assessment and Management (NERAM) en vertu d'un contrat passé avec le Sous-groupe sur la priorisation de la santé du Cadre national pour la réduction des émissions des raffineries de pétrole (CNRÉRP) du Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME). Le Sous-groupe sur la priorisation de la santé, composé de représentants d'organisations non gouvernementales, de l'industrie pétrolière et des gouvernements provinciaux et fédéral, est l'un des nombreux sous-groupes formés par le CCME en vue de faciliter le développement du Cadre national. Ce Cadre établira les principes et les méthodes qui permettront aux gouvernements de fixer des plafonds d'émissions basés sur la performance pour les principaux contaminants atmosphériques et pour les polluants atmosphériques toxiques provenant des raffineries de pétrole. L'objectif de la présente étude est de fournir une évaluation critique des méthodes de priorisation afin d'aider le Sous-groupe sur la priorisation de la santé à établir des priorités eu égard à la réduction des émissions atmosphériques des raffineries de pétrole.

L'étude a été entreprise en janvier 2003, et un rapport final préliminaire a été soumis à l'examen critique du Sous-groupe en mars 2003. Le NERAM tient à remercier les membres du Sous-groupe sur la priorisation de la santé pour leurs précieux commentaires sur les rapports provisoires et sur le rapport final préliminaire : Randy Angle, Alberta Environment; Howard Carter, L'Impériale; Geoffrey Granville, Shell Canada; Therese Hutchinson, Centre de santé des travailleurs(es) de l'Ontario à Sarnia; Roger Keefe, Imperial Oil; Barbara MacKinnon, International Centre for Air Quality and Health; Kenneth Maybee, Association pulmonaire du Canada; Ron Newhook, Santé Canada; Lynne Patenaude, Environnement Canada; Audrey Smargiassi, Régie Régionale de la Santé (Montréal); Andrew Snider, Environnement Canada; Paul Young, Petro-Canada.

L'équipe responsable de l'étude a apporté de nombreuses rectifications au présent rapport final pour tenir compte des commentaires et des suggestions des membres du Sous-groupe. Deux membres du Sous-groupe ont jugé qu'une méthode de priorisation regroupant les polluants atmosphériques toxiques et les principaux contaminants atmosphériques était réalisable, alors qu'un autre membre était d'avis contraire, indiquant que la comparaison des polluants atmosphériques toxiques et des principaux contaminants atmosphériques au moyen de critères de santé n'était pas pertinente dans le cas de la priorisation, en raison des différences d'effets et de durées d'exposition qui séparent ces deux classes de polluants. Selon les auteurs de l'étude, la conception d'un modèle unique qui prioriserait à la fois les polluants atmosphériques toxiques et les contaminants de l'air ambiant est fort improbable, surtout dans le cadre de la présente étude, en raison des différences dans les paramètres de santé et des incertitudes scientifiques entourant la quantification des impacts sur la santé humaine des principaux contaminants atmosphériques. Le NERAM recommande de poursuivre la recherche en vue de mettre au point un indicateur universel des effets aigus et chroniques sur la santé, notamment en calculant les pertes en termes d'années-personnes sans invalidité (APSI) ou d'années potentielles de vie perdues (APVP).

Enfin, pour entreprendre l'évaluation des méthodes de priorisation, le NERAM a dû élaborer, hors du cadre du contrat, un prototype d'instrument d'analyse, soit le Health Effects Indicators Decision Index (HEIDI). Le logiciel HEIDI est la propriété du NERAM, est protégé par droit d'auteur et ne fait pas partie des travaux à remettre au CCME en vertu du contrat. Les auteurs du NERAM affirment leur droit moral (non commercial) sur les droits d'auteur du présent rapport final et du logiciel HEIDI.

ACRONYMES et ABRÉVIATIONS

ACA	Analyse coûts-avantages
AQA	Apport quotidien admissible (Santé Canada)
AQR	Analyse quantitative des risques
BPCO	Bronchopneumopathie chronique obstructive
CA	Concentration admissible (Santé Canada)
CCME	Conseil canadien des ministres de l'environnement
CE	Concentration estimée
CdE	Concentration de l'émission
CEH	Concentration équivalente chez l'humain
CNRÉR	Cadre national pour la réduction des émissions des raffineries
COV	Composés organiques volatils
CR	Concentration résiduelle
CRcf	Concentration résiduelle plus concentration de fond
CRf	Concentration de référence
DEn	Dose efficace médiane sur n % d'une population
DEsf	Dose estimée sans concentration de fond
DJA	Dose journalière admissible
DRf	Dose de référence (USEPA)
DSEO	Dose sans effet observé
DSENO	Dose sans effet nocif observé
EI	Élément indicateur
EMTB	Éther méthyltertiobutylique
EPA (USEPA)	U.S. Environmental Protection Agency (Agence américaine pour la protection de l'environnement)
ERf	Exposition de référence
ET	Équivalents de toxicité (pour les dioxines et les furannes)
Fa	Fraction absorbée
FI	Facteur d'incertitude
HAP	Hydrocarbures aromatiques polycycliques
HEAST	Health Effects Assessment Summary Tables (USEPA)

HEIDI	Health Effects Indicators Decision Index
IE	Indicateurs environnementaux
INRP	Inventaire national des rejets de polluants
IRIS	Integrated Risk Information System (USEPA)
ISCLT3	Industrial Source Complex Long Term model (USEPA)
ITER	International Toxicity Estimates for Risk
K _{ae}	Coefficient de partage air-eau
K _{oe}	Coefficient de partage octanol-eau
LCPE	Loi canadienne sur la protection de l'environnement
LSIP1	Première Liste des substances d'intérêt prioritaire
MB	Extrapolation de Mantel-Bryan
ME	Masse d'émission
MEO	Ministère de l'Environnement de l'Ontario
Modèles P-T	Modèles persistance-toxicité
NERAM	Network for Environmental Risk Assessment and Management
NO _x	Oxydes d'azote
OPPT	Office of Pollution Prevention and Technology (USEPA)
PAD	Polluants atmosphériques dangereux
PBT (critères)	Persistance, bioaccumulation et toxicité
PE	Population exposée
PET	Potentiels d'équivalence toxique
PM	Particules (y compris PM ₁₀ et PM _{2,5})
PM _{2,5}	Particules de moins de 2,5 microns de diamètre
PM ₁₀	Particules de moins de 10 microns de diamètre
POP	Polluants organiques persistants
PMP	Paramètre modificateur de la pente
PP	Poids de la preuve
PR	Paramètre de réponse
PT	Facteur de pondération de la toxicité (USEPA)
RGT	Région du Grand Toronto
RSEI	Risk-Screening Environmental Indicators Model (USEPA)
SIG	Système d'information géographique
SNC	Système nerveux central

SO _x	Oxydes de soufre (y compris SO ₂ et sulfates)
SP	Standards pancanadiens
Symétrie C x T	Symétrie concentration x temps
T _{1/2}	Demi-vie biologique
TERA	Toxicology Excellence in Risk Assessment
TCDD	Dioxine (tétrachlorodibenzo-p-dioxine)
TRI	Toxic Release Inventory (États-Unis)
VRS	Valeurs de risque pour la santé
WMPT	Waste Minimization Prioritization Tool (USEPA)

GLOSSAIRE

Analyse coûts-bénéfices	Technique économique appliquée à la prise de décision d'intérêt public et visant à quantifier, en dollars, les avantages (bénéfices) et les désavantages (coûts) liés à une possibilité d'action donnée.
Apport quotidien admissible	Quantité quotidienne totale d'une substance absorbée par une personne pendant toute une vie qui, selon les données disponibles, ne pose pas de risque appréciable pour la santé. L'apport quotidien admissible est généralement exprimé en milligrammes de substance chimique par kilogramme de poids corporel par jour (mg/kg/jour). La DRf est calculée d'une manière analogue à l'AQA.
Atténuation	Réduction du volume ou de l'intensité d'émission d'un polluant.
Bioaccumulation	Processus par lequel certaines substances toxiques s'accumulent dans les tissus d'organismes vivants, mettant ainsi la santé humaine ou l'environnement en danger.
Coefficient de partage octanol-eau.	Ratio entre la solubilité d'une substance dans le <i>n</i> -octanol et dans l'eau à l'état d'équilibre, également exprimé par <i>P</i> . Le logarithme de <i>P</i> ou de <i>K</i> (log <i>P</i> ou <i>K</i>) est un indicateur de la tendance d'une substance à s'accumuler dans les organismes aquatiques.
Concentration de référence	Estimation (avec un facteur d'incertitude pouvant atteindre un ordre de grandeur) d'une exposition continue par inhalation susceptible de ne poser aucun risque appréciable d'effets néfastes pour la population humaine (y compris les sous-groupes sensibles) au cours d'une vie. On peut la calculer à partir d'une DSENO, d'une DMENO ou d'une concentration de base, en appliquant des facteurs d'incertitude pour refléter les limites des données employées. L'EPA utilise généralement cette mesure pour les évaluations des effets sur la santé non liés au cancer.
Concentration efficace	Concentration d'une substance causant une réponse d'une magnitude définie dans un système donné. La CE50 est la concentration efficace médiane, qui entraîne 50 % de la réponse maximale.

Concentration équivalente chez l'humain	Concentration d'exposition chez l'humain que l'on a rajustée en fonction des différences de dosimétrie entre l'espèce animale expérimentale et l'humain pour qu'elle soit équivalente à la concentration d'exposition associée aux effets observés chez l'espèce expérimentale. L'exposition en milieu de travail peut également être extrapolée à cette fin; dans ce cas, la concentration équivalente chez l'humain est calculée en rajustant la concentration d'exposition humaine équivalente sur une base permanente.
Concentration résiduelle	Concentration résiduelle d'une substance dans l'air, calculée comme suit : concentration de l'émission x $f(T1/2)$, où $f(T1/2)$ est une fonction de la demi-vie biologique de la substance dans l'air.
Critères PBT	Ensemble de trois critères fondamentaux servant à l'évaluation des propriétés dangereuses potentielles des contaminants environnementaux, soit la persistance, la bioaccumulation et la toxicité inhérente (ou intrinsèque).
Crystal Ball	Programme autonome de simulation de Monte Carlo basé sur Excel et utilisé par les modélisateurs, qui doivent comprendre les risques associés à leurs hypothèses de modélisation.
Demi-vie	Temps requis pour que la concentration d'une substance diminue de moitié, en posant l'hypothèse d'un processus d'élimination de premier ordre ou d'une désintégration nucléaire.
Déplacement de la mortalité	Phénomène où l'exposition à la pollution atmosphérique a pour effet de devancer le décès de quelques jours ou de quelques semaines. Il s'agit d'un facteur qui modifie l'interprétation des coefficients de réponse tirés des études de séries chronologiques sur la mortalité quotidienne.
Dose de référence (DRf)	Estimation (avec un facteur d'incertitude pouvant atteindre un ordre de grandeur) d'une exposition quotidienne par voie orale susceptible de ne poser aucun risque appréciable d'effets néfastes pour la population humaine (y compris les sous-groupes sensibles) au cours d'une vie. On peut la calculer à partir d'une DSENO, d'une DMENO ou d'une concentration de base, en appliquant des facteurs d'incertitude pour refléter les limites des données employées. L'EPA utilise généralement cette mesure

	<p>pour les évaluations des effets sur la santé non liés au cancer.</p>
Dose estimée	<p>À partir de la masse initiale émise, le modèle RSEI de la USEPA modélise le devenir et le transport de chacune des substances chimiques dans l'air et dans l'eau de surface au moyen des propriétés physico-chimiques de chaque substance et des modèles standards d'exposition. Ensuite, le modèle RSEI évalue la dose estimée en posant des hypothèses standards d'exposition. Les concentrations atmosphériques de fond ne sont pas comprises dans l'évaluation de l'exposition.</p>
Dose efficace	<p>Dose d'une substance causant une réponse d'une magnitude définie dans un système donné. La DE50 est la dose efficace médiane, qui entraîne 50 % de la réponse maximale.</p>
Évaluation quantitative des risques	<p>Utilisation de connaissances scientifiques sur les risques et de méthodes analytiques pour caractériser la nature et l'importance des risques pour la santé. L'évaluation des risques se fonde sur des méthodes de mesure et d'estimation des impacts probables sur la santé et d'autres effets délétères résultant de l'émission ou du déversement de quantités déterminées de polluants. Elle se compose généralement des étapes de détection et d'estimation des risques; certains modèles comprennent également une étape d'appréciation des risques.</p>
Excès de risque unitaire	<p>Mesure du risque pour la santé résultant d'une exposition quotidienne continue à une dose déterminée d'une substance toxique, généralement un agent cancérigène. Par exemple, pour un agent cancérigène donné, l'excès de risque unitaire pour une exposition continue de 1 milligramme/kilogramme de poids corporel par jour correspond à un risque à vie de cancer de 5×10^{-5} (soit 5 sur 10 000; 1 sur 20 000).</p>
Excès de risque unitaire par inhalation	<p>Se dit de l'excès maximal de risque unitaire par inhalation au cours d'une vie par suite d'une exposition continue à un agent à une concentration de 1 ug/m^3 dans l'air .</p>
Extrapolation de Mantel-Bryan (MB)	<p>L'extrapolation de Mantel-Bryan est un cas particulier de la fonction log(dose)-probits conventionnelle, qui décrit la relation dose-réponse dans une population d'individus exposés à des agents avec seuil d'effet.</p>

Dans le cas d'une substance avec seuil d'effet, elle est un moyen de calculer la probabilité d'effets accidentels sur la santé associés à un niveau (dose) d'exposition égal ou inférieur au seuil théorique. Étant donné que le seuil théorique est généralement similaire à la DE05 (soit la dose à laquelle moins de 5 % de la population exposée est affectée), l'extrapolation de Mantel-Bryan est associée à la DE05 observée, et on postule prudemment que la pente de la fonction log(dose)-probits est de 1. Une autre pente peut être employée. Si l'on dispose de suffisamment de données dose-réponse sur une substance, la pente dérivée empiriquement peut remplacer la pente par défaut de 1. Dans le modèle HEIDI, l'inclusion d'un paramètre modificateur de la pente différent de 1 ferait passer le niveau d'analyse du sous-groupe 4c au sous-groupe 4d.

Facteur d'incertitude (FI)
(Remplace l'ancien terme
« facteur de sécurité »)

L'un des nombreux facteurs (généralement d'un ordre de grandeur) employés dans le calcul opérationnel de la DRf et de la CRf à partir des données expérimentales. Le rôle du FI est de tenir compte : 1) des variations de sensibilité des individus d'une population humaine, c.-à-d. la variabilité interindividus ou intraspécifique; 2) de l'incertitude résultant de l'extrapolation des données animales aux humains, c.-à-d. la variabilité interspécifique; 3) de l'incertitude résultant de l'extrapolation de données obtenues dans des études d'une durée inférieure à la durée de vie, c.-à-d. l'extrapolation d'expositions sous-chroniques à l'exposition chronique; 4) de l'incertitude résultant de l'extrapolation à partir de la DMENO plutôt que de la DSENO; et 5) de l'incertitude résultant de l'extrapolation de données animales incomplètes.

Facteur de pondération de la toxicité (PT)

Dans la méthode du REIS, étalon des effets sur la santé basé sur le calcul de la dose de référence (DRf) de la USEPA pour les substances avec seuil d'effet, où $PT = 1/DRf$. Il est également utilisé indirectement (aux fins de comparaison) pour calculer un étalon de toxicité correspondant de Santé Canada, basé sur la concentration admissible (CA) de Santé Canada, où $PT = 1/CA$.

Fonction de distribution

Modèle dose-réponse postulant que chaque animal a

log(dose)-probits	une dose seuil spécifique en deçà de laquelle l'exposition à la substance chimique ne provoque aucune réponse, mais au-dessus de laquelle l'exposition provoque une tumeur (ou tout autre effet).
Fraction absorbée	La fraction absorbée (Fa) correspond à la fraction de la masse d'une substance émise dans l'environnement qui, en bout de ligne, est absorbée par un membre de la population par inhalation, ingestion ou pénétration percutanée. La Fa est un indicateur simple, transparent et potentiellement exhaustif de la relation entre les émissions et l'exposition humaine, qui intègre le devenir, le transport, l'exposition et la toxicité.
Hauteur de mélange	Hauteur du parcours décrit par une masse d'air qui s'élève et se mélange à l'air ambiant jusqu'à ce qu'elle rencontre une masse d'air de température égale ou supérieure.
Incertitude de type A	Incertitude résultant de l'imprévisibilité inhérente à la complexité des processus naturels. Aucune cueillette de données ni aucune analyse additionnelles ne peuvent réduire le degré d'incertitude lié à la variabilité des processus naturels.
Incertitude de type B	Incertitude (p. ex. de modélisation, paramétrique ou décisionnelle) que l'on peut réduire en recueillant et en analysant des données scientifiques additionnelles.
Linéarité	Se dit de la relation dose-réponse la plus simple, où un doublement de la dose de départ devrait entraîner un doublement de la réponse et une réduction de 50 % de la dose de départ, une réduction de 50 % de la réponse, ainsi de suite jusqu'à la dose zéro. Elle se manifeste surtout dans le cas des contaminants de l'environnement cancérigènes ou mutagènes.
Paramètre de réponse	Mesure de l'effet basée sur des étalons dose-réponse toxicologiques et/ou des mesures dose-réponse. i) Dans le modèle 4c, la fonction dose-réponse a une pente par défaut de 1; le paramètre de réponse correspond, pour les substances cancérigènes, à l'excès de risque unitaire par inhalation et, pour les substances non cancérigènes, à la concentration équivalente chez l'humain (DE05). ii) Le paramètre de réponse du modèle 4d est modifié par la pente (pour une fonction dose-réponse dont la pente n'est pas

	égale à 1).
Paramètre modificateur de la pente	Paramètre numérique qui modifie la valeur par défaut de la pente de la fonction dose-réponse, c'est-à-dire de la fonction de risque unitaire pour les agents sans seuil d'effet ou de la fonction log(dose)-réponse (extrapolation de Mantel-Bryan) pour les agents avec seuil d'effet. Le paramètre modificateur de la pente (PP) n'a aucun effet sur la pente de la fonction dose-réponse lorsque sa valeur par défaut est de 1. Lorsque sa valeur est supérieure à 1, la pente de la fonction dose-réponse est plus élevée (la plage de réponses de la population est plus étroite); lorsqu'elle est inférieure à 1, la pente est plus faible (plage de réponses plus large). Par définition, le sous-groupe utilisé lorsque le PP est différent de 1 est le sous-groupe 4d. L'emploi d'une telle valeur de PP doit toujours être justifié par des données expérimentales fiables issues d'études dose-réponse valides.
Polluants atmosphériques toxiques	Les polluants atmosphériques toxiques, également nommés polluants atmosphériques dangereux, causent ou peuvent causer le cancer ou d'autres effets graves sur la santé (notamment des troubles de la reproduction et des malformations congénitales) ou encore des effets néfastes sur l'environnement.
Population exposée	La distribution de la densité de la population dans cinq zones d'exposition (A à E) est incluse dans les analyses des groupes 4 et 5 sur la base de données hypothétiques équivalant approximativement à une grande région métropolitaine comme le Grand Toronto.
Principaux contaminants atmosphériques	Polluants atmosphériques pour lesquels il est possible d'établir des niveaux d'exposition admissibles et pour lesquels il existe une norme de qualité de l'air ambiant. À titre d'exemples, mentionnons l'ozone, le monoxyde de carbone, le dioxyde d'azote, le dioxyde de soufre et les particules.
Propriétés physico-chimiques	Paramètres, telles la demi-vie atmosphérique et non atmosphérique et la fraction absorbée, permettant d'estimer la vitesse de dégradation atmosphérique des polluants atmosphériques toxiques dans les analyses du groupe 3.
Vitesse de dégradation	Mesure du devenir et de l'exposition (par des

atmosphérique	paramètres physico-chimiques et la fraction absorbée) introduite dans le groupe d'analyse 3.
Toxicité à seuil d'effet	Catégorie de mécanismes de toxicité où un trouble apparaît lorsque la perturbation biologique sous-jacente excède un seuil critique d'endommagement cellulaire ou de dysfonctionnement physiologique. Se dit généralement des substances considérées comme agissant par des mécanismes non cancérogènes et non mutagènes.
Toxicité sans seuil d'effet	Catégorie de mécanismes de toxicité où des dommages biologiques sont réputés survenir à n'importe quelle dose d'exposition non nulle, souvent selon une relation dose-réponse linéaire.
Poids de la preuve	Éléments à prendre en considération pour évaluer la fiabilité de l'information sur les dangers et évaluer la qualité de ce qui suit : les méthodes d'essai; la portée et la pertinence de l'étude; la concordance des résultats entre les études; la plausibilité biologique des relations exposition-réponse et des associations statistiques.

Sources

McColl, S., Hicks, J., Craig, L. et Shortreed, J. 2000. Environmental Health Risk Management. A Primer for Canadians. NERAM Report No 4.
<http://www.neram.ca/Pages/research/primer.htm>

Risk Assessment Information System. Glossary of Useful Terms Found In Risk Assessment, EMBAM, Health Physics, and Waste Management Reports.
<http://risk.lsd.ornl.gov/homepage/glossary.shtml#U>

Société royale du Canada. 2001. Rapport du Groupe d'experts : « Examen des modèles socio-économiques et des composantes connexes qui sous-tendent l'élaboration des normes pancanadiennes relatives aux particules et à l'ozone ». <http://www.rsc.ca/francais/>

Society for Risk Analysis. Glossary of Risk Analysis terms.
<http://www.sra.org/glossary.htm#index>

USEPA. Glossary of IRIS terms <http://www.epa.gov/iris/gloss8.htm>

RÉSUMÉ

Une évaluation des méthodes comparatives de priorisation fondées sur les risques pour la santé humaine en vue de la réduction des émissions des raffineries de pétrole au Canada a été entreprise par le Network for Environmental Risk Assessment and Management (NERAM) pour le compte du Sous-groupe sur la priorisation de la santé du Cadre national pour la réduction des émissions des raffineries de pétrole (CNRÉRP) du CCME. L'objectif général du projet était de « mener une évaluation des méthodes de priorisation fondées sur les risques pour la santé humaine susceptibles de faciliter la priorisation de la réduction des émissions provenant des raffineries ». À l'issue d'une étude documentaire, 14 points importants ont été relevés pour examen dans le cadre de l'évaluation des nouvelles méthodes de priorisation. Ces points portent sur ce qui suit : les incertitudes en ce qui concerne les liens entre les émissions et l'exposition humaine (par diverses voies de transport); le manque de connaissances scientifiques sur les effets à court et à long terme de l'exposition aiguë et chronique; le manque de données sur les concentrations de fond; la nécessité de se doter de méthodes qui tiennent compte des substances avec ou sans seuil d'effet, des polluants atmosphériques toxiques et des principaux contaminants atmosphériques; les données et les ressources nécessaires à l'établissement et à la validation des méthodes de priorisation.

Après l'étude documentaire et l'évaluation des méthodes de priorisation existantes, le NERAM a conclu que, pour poursuivre l'étude, il devait créer son propre prototype d'instrument d'analyse (le tableur HEIDI – Health Effects Indicators Decision Index) hors du cadre du contrat. HEIDI offre de nombreuses fonctions qui n'existaient pas dans les instruments de priorisation précédents : i) la capacité d'inclure des paramètres physico-chimiques et toxicologiques (dose-réponse), des fonctions de densité de population et des concentrations atmosphériques de fond pour de nombreux polluants atmosphériques toxiques; ii) la capacité d'évaluer des méthodes de priorisation de complexité variable et d'estimer la sensibilité de divers paramètres de base; iii) la capacité d'élargir l'analyse des priorités de réduction à toutes les raffineries du Canada et à toutes les émissions de l'INRP; iv) la capacité de valider le modèle et de le tester sur le terrain.

L'étude s'est principalement inspirée de la typologie des méthodes de priorisation mise au point par Pennington et Bare (2001). Cinq niveaux de classement ont été établis, selon l'exhaustivité des données entrées dans le modèle et la complexité croissante de l'analyse.

- Groupe d'analyse 1 : Classement des émissions par masse totale seulement (somme directe des données).
- Groupe d'analyse 2 : Classement des émissions par masse avec pondération en fonction de la toxicité (normalisation de l'effet).
- Groupe d'analyse 3 : Classement des émissions par masse avec pondération en fonction de la toxicité et des propriétés physico-chimiques (score et classement basés sur des critères).

Groupe d'analyse 4 : Classement des émissions par masse, pondération en fonction de la toxicité, propriétés physico-chimiques et population exposée (modélisations).

Groupe d'analyse 5 : Évaluation de l'exposition à l'aide d'un modèle et évaluation dose-réponse quantitative (évaluation exhaustive des risques).

Selon les cadres conventionnels d'évaluation des risques, les trois premiers niveaux d'analyse devraient être considérés comme une évaluation des dangers, puisque les paramètres d'entrée portent exclusivement sur les propriétés inhérentes des agents chimiques et ne contiennent pas d'information propre à l'emplacement, notamment la distribution de la population exposée. Les niveaux 4 et 5 sont considérés comme des modèles quantitatifs d'évaluation des risques car ils estiment, au moyen d'une fonction dose-réponse connue, l'incidence probable des effets sur la santé dans des populations humaines exposées.

Les concepts de base des groupes d'analyse 1 à 4 (le groupe 5 ne pouvant être modélisé au moyen de formules génériques de classement) ont été opérationnalisés au moyen de formules algébriques réunies dans un prototype de tableur informatique (programme HEIDI) afin de comparer l'ordre de priorité issu de chacun des quatre groupes d'analyse et des sous-groupes plus détaillés. Le tableur comprend des ensembles de données standardisées qui fournissent aux formules de classement les paramètres physico-chimiques et toxicologiques de chaque polluant atmosphérique toxique ainsi que les données de l'INRP sur les émissions annuelles de diverses raffineries de pétrole au Canada.

En sa qualité de prototype, le système de classement par priorités HEIDI repose sur un certain nombre d'hypothèses de paramétrage et de modélisation simplificatrices.

- Modélisation de la dispersion atmosphérique : Le modèle postule que la population exposée se trouve à l'intérieur de zones cylindriques concentriques (zone A à zone E), centrées sur un seul rejet de source ponctuelle de l'inventaire des émissions des raffineries de l'INRP à l'étude. Les rayons extérieurs des zones concentriques A à E, à partir du point d'émission, sont respectivement de 1, 2,5, 5, 10 et 25 km. Pour tous les groupes d'analyse (sauf le sous-groupe 4a), le calcul de la concentration des substances dans l'air postule que la dispersion de l'air suit le modèle classique d'un « milieu aux composants bien mélangés ».
- Indépendance dose-réponse à l'intérieur d'une catégorie : Le modèle postule l'absence d'interaction entre les agents ayant des propriétés chimiques ou toxicologiques similaires à l'intérieur d'une catégorie. L'évaluation de la fonction dose-réponse des six polluants atmosphériques toxiques est relativement simple, car ils ont volontairement été choisis dans diverses catégories de substances toxiques possédant des mécanismes d'action différents. Dans le cas des agents avec seuil d'effet, il est souvent jugé inapproprié d'évaluer les fonctions dose-réponse de substances toxiques similaires comme si elles étaient totalement indépendantes.
- Extrapolation de faibles doses : Pour l'estimation des taux d'incidence dans les analyses du groupe 4, le modèle postule qu'une fonction d'extrapolation de faibles

doses peut modéliser fidèlement les impacts prévus sur la santé en utilisant une fonction dose-réponse monotone.

- Effets de débit de dose : Le modèle postule que les risques chroniques peuvent être évalués indépendamment de tout effet de débit de dose et de pics d'exposition à court terme. Cette hypothèse ne serait probablement PAS valide dans le cas de plusieurs contaminants atmosphériques aux effets aigus, tels l'ozone ou les PM_{2,5}.
- Population homogène : Le modèle postule que la population exposée est relativement homogène en termes de susceptibilité des individus à contracter des problèmes médicaux chroniques dus à une exposition aux polluants atmosphériques toxiques. Une distribution de la population exposée se rapprochant de celle du Grand Toronto est postulée pour les trois raffineries étudiées et pour la raffinerie hypothétique correspondant au pire cas.

Pour valider le modèle en comparant les forces et les faiblesses de chacun des groupes d'analyse, six substances ont été choisies en fonction de leur importance et de leur représentativité des diverses catégories de substances toxiques (substances cancérigènes, métaux, COV, etc.) et soumises ensuite à une analyse de classement par priorité. Les six polluants atmosphériques toxiques évalués sont le benzène, le MTBE, le mercure, le n-hexane, le toluène et l'éthylbenzène. Des ensembles de données sur les émissions de l'INRP ont été testés pour les raffineries Scotford de Shell à Fort Saskatchewan (Alberta), Chevron à Burnaby (C.-B.) et Irving Oil à Saint John (N.-B.); une raffinerie hypothétique correspondant au pire cas a également été testée.

Les résultats de l'analyse ont permis de tirer les conclusions suivantes.

- Dans l'ensemble, l'ordre de priorité des six polluants atmosphériques toxiques varie peu voire pas du tout entre les sous-groupes d'analyse pour les trois raffineries étudiées. Dans le cas de la raffinerie hypothétique, cependant, l'ordre de priorité a varié beaucoup plus. Ce résultat donne à penser que la faible variabilité dans l'ordre des priorités pourrait être attribuable à la prédominance des émissions massives de quelques substances particulières à chaque raffinerie. La stabilité relative de l'ordre des priorités dans les sous-groupes pourrait être due au petit nombre de polluants atmosphériques toxiques évalués ou à l'absence de données sur les concentrations atmosphériques de fond propres aux emplacements pour (analyse du groupe 4).
- L'ordre de priorité des trois premiers types de classements tend à varier davantage que celui des classements inférieurs. Les tendances observées dans la variation de l'ordre des priorités entre les sous-groupes d'analyse semblent indiquer que les données de base et les formules de classement doivent faire l'objet d'une étude plus approfondie.
- L'analyse des quatre méthodes de priorisation indique que le meilleur modèle de base pour déterminer un rang aux fins de la priorisation des émissions des raffineries de l'INRP fondée sur les risques pour la santé est le sous-groupe d'analyse 4c. Cette méthode tient compte des concentrations de fond de chaque substance et repose sur deux formules dose-réponse qui sont toutes deux une fonction continue de l'exposition (dose) applicable à toutes les concentrations d'exposition possibles – à tous les niveaux d'exposition pour les agents sans seuil d'effet; et à des expositions

inférieures, égales ou supérieures au seuil pour les agents avec seuil d'effet. Les fonctions linéaires continues pour les agents avec ou sans seuil d'effet assurent que l'estimation de l'incidence des effets sur la santé de la population est fondée sur de solides principes théoriques de toxicologie.

- Le sous-groupe d'analyse 4d, version développée à partir du sous-groupe 4c dans laquelle il est possible d'inclure des paramètres modificateurs de la pente de la fonction dose-réponse, doit être considéré pour l'instant comme une version améliorée du groupe 4c que l'on pourrait envisager d'utiliser dans l'avenir. Les auteurs ignorent s'il existe suffisamment de données à l'heure actuelle pour définir adéquatement la relation exposition-réponse dans des conditions particulières.

Par ailleurs, on a évalué une analyse des priorités de réduction des émissions des principaux contaminants provenant des raffineries; pour ce faire, un modèle qui tient compte de l'emplacement (groupes d'analyse 4 et 5) a été appliqué à la raffinerie hypothétique correspondant au pire cas. Comme le développement de HEIDI en est encore au stade de la validation de principe, l'évaluation de la capacité d'un modèle à prioriser à la fois des polluants atmosphériques toxiques et les principaux contaminants atmosphériques dépasse le cadre du présent projet. La perspective de prioriser à la fois les polluants atmosphériques toxiques et les contaminants de l'air ambiant dans un seul modèle comme HEIDI est attrayante mais très improbable, compte tenu de l'état présent des connaissances. Les polluants atmosphériques toxiques sont définis en fonction d'effets chroniques (365 jours) sur la santé (souvent irréversibles, comme le cancer), alors que les contaminants de l'air ambiant sont définis principalement en fonction d'effets aigus et réversibles sur la santé (p. ex. 1, 8 ou 24 heures). La création d'un modèle de classement commun pour des paramètres de santé différents risque d'être un exercice inutile dans le contexte de la priorisation.

Le but des modèles qui tient compte de l'emplacement est de déterminer la nature des émissions de contaminants atmosphériques les plus préoccupantes pour la santé humaine lorsque la dispersion, la dégradation photochimique, la perte par gravité et la distribution géographique de la population sont incluses dans l'évaluation. Le modèle réglementaire de la USEPA (Industrial Source Complex Short Term model [ISCST3]), qui a été abondamment utilisé pour modéliser les émissions atmosphériques de sources ponctuelles, régionales et de grand volume en terrain généralement plat, est jugé applicable à toutes les raffineries canadiennes, dans la mesure où les effets sur le terrain et la majeure partie de la population se trouvent sur un terrain normal, à quelques kilomètres tout au plus de la raffinerie.

Dans l'analyse du pire cas hypothétique, les pics d'émissions de monoxyde de carbone, d'oxydes d'azote, d'oxydes de soufre, de PM_{2,5}, de PM₁₀ et de COV ont été tirés de données fournies par Environnement Canada. L'ozone n'a pas été inclus parce qu'il est considéré comme un polluant d'origine secondaire. On a postulé que la raffinerie se trouvait à l'emplacement réel d'une raffinerie dans le Sud de l'Ontario et que les émissions étaient émises à un taux constant à partir d'une source ponctuelle au centre du terrain de la raffinerie pendant une période d'un an. Un ensemble de données météorologiques réelles, recueillies à un aéroport américain près de la frontière du Sud de l'Ontario, a été utilisé. Le modèle de dispersion a été configuré de manière à produire des

moyennes sur trois intervalles : 1 heure, 24 heures et 1 an. Dans l'analyse propre à l'emplacement géographique, la population et l'aménagement résidentiel des environs de la raffinerie ont été estimés.

Les estimations du modèle indiquent de nombreuses possibilités de dépassements des normes canadiennes et ontariennes de qualité de l'air. Les concentrations de dioxyde de soufre excèdent les critères du MEO dans un rayon de plusieurs kilomètres autour de la raffinerie hypothétique. Les concentrations de dioxyde d'azote excèdent les critères du MEO dans un rayon d'environ un kilomètre autour de la raffinerie. Les concentrations de $PM_{2,5}$ (émissions primaires) excèdent les standards pancanadiens du CCME dans un rayon d'un kilomètre autour de la raffinerie. Fait important, les concentrations de fond ne sont pas incluses dans les estimations du modèle. Selon les mesures du MEO, les concentrations de fond relevées à l'emplacement étendu de la raffinerie hypothétique seraient comparables aux émissions estimées de la raffinerie et pourraient représenter un risque significatif. Les plafonds estimatifs de formation de particules secondaires à partir de particules primaires, de dioxyde de soufre et de dioxyde d'azote suggèrent que, dans les pires conditions, la raffinerie hypothétique pourrait ajouter une charge significative de particules secondaires au bassin atmosphérique.

Les auteurs recommandent d'appliquer l'instrument de priorisation HEIDI à toutes les substances de l'INRP et à toutes les raffineries du Canada. Il est important de souligner que le résultat de la priorisation repose en grande partie sur des jugements de valeur et sur les hypothèses sous-jacentes aux modèles. Ces décisions doivent être prises par le Sous-groupe sur la priorisation de la santé du CNRÉRP. Les auteurs recommandent que le Sous-groupe sur la priorisation de la santé du CNRÉRP examine l'impact des valeurs (p. ex. le choix des facteurs d'incertitude) et des hypothèses (p. ex. les différentes manières d'intégrer les concentrations de fond) sur les résultats du classement. Certaines améliorations peuvent être apportées à l'instrument de priorisation, notamment : i) le calcul de la réduction estimée du risque pour une réduction d'émission donnée; ii) une analyse de l'incertitude associée à des variables clés au moyen d'une simulation de Monte Carlo; iii) un perfectionnement du modèle orienté vers les données, en utilisant des ensembles de données canadiennes de modélisation du milieu atmosphérique; l'inclusion de profils réels de distribution de la population, de concentrations de fond de polluants particuliers à des emplacements déterminés, des effets des vents et des variations climatiques saisonnières, des modèles atmosphériques ISC pour la modélisation du transport et du devenir et d'un paramètre modificateur de la pente; iv) une comparaison entre les prédictions du modèle HEIDI et des évaluations quantitatives des risques propres à un emplacement; v) la réalisation de recherches supplémentaires sur des questions méthodologiques fondamentales telles que les suivantes : l'évaluation d'expositions multiples; l'élaboration d'un système de classement pour les précurseurs des principaux contaminants atmosphériques secondaires; la mise sur pied de mesures universelles des risques pour les polluants atmosphériques toxiques et les principaux contaminants atmosphériques, telles la perte d'années-personnes sans invalidité (APSI) ou les années potentielles de vie perdues (APVP); et une amélioration de l'étalonnage de la DE05 basée sur les données dose-réponse pour les substances avec seuil d'effet. Enfin, parmi les questions stratégiques à aborder pour que les méthodes de priorisation soient acceptées et mises en œuvre avec succès, mentionnons l'emploi de processus consensuels

(intervenants et examen par des pairs) pour la sélection du sous-groupe d'analyse le plus approprié; l'évaluation des conséquences en termes de coûts et de concurrence pour le secteur des raffineries au Canada; et l'élaboration de méthodes d'analyse économique pour les nouvelles stratégies de contrôle du risque.