

Guide d'évaluation d'un système d'alertes pour les personnes vulnérables à la chaleur et au smog

Direction de la santé environnementale et de la toxicologie

Janvier 2014

AUTEURS

Kaddour Mehiriz, Ph.D
Institut national de la recherche scientifique, Centre Eau Terre Environnement

Pierre Gosselin, MD MPH
Institut national de santé publique du Québec
Institut national de la recherche scientifique, Centre Eau Terre Environnement
Centre de recherche et d'expertise en santé mondiale et environnement

MISE EN PAGES

Julie Colas, agente administrative
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie
Institut national de santé publique du Québec

Ce document est disponible intégralement en format électronique (PDF) sur le site Web de l'Institut national de santé publique du Québec au : <http://www.inspq.qc.ca>.

Les reproductions à des fins d'étude privée ou de recherche sont autorisées en vertu de l'article 29 de la Loi sur le droit d'auteur. Toute autre utilisation doit faire l'objet d'une autorisation du gouvernement du Québec qui détient les droits exclusifs de propriété intellectuelle sur ce document. Cette autorisation peut être obtenue en formulant une demande au guichet central du Service de la gestion des droits d'auteur des Publications du Québec à l'aide d'un formulaire en ligne accessible à l'adresse suivante : <http://www.droitauteur.gouv.qc.ca/autorisation.php>, ou en écrivant un courriel à : droit.auteur@cspq.gouv.qc.ca.

Les données contenues dans le document peuvent être citées, à condition d'en mentionner la source.

DÉPÔT LÉGAL – 1^{er} TRIMESTRE 2014
BIBLIOTHÈQUE ET ARCHIVES NATIONALES DU QUÉBEC
BIBLIOTHÈQUE ET ARCHIVES CANADA
ISBN : 978-2-550-70133-0 (VERSION IMPRIMÉE)
ISBN : 978-2-550-70134-7 (PDF)

©Gouvernement du Québec (2014)

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier le Bureau des changements climatiques et la santé, de Santé Canada, pour leur appui financier et scientifique dans la réalisation de ce guide. Soulignons la contribution d'Abderrahmane Yagouti, Anna Yusa, Christina Daly, Frédéric Valcin, Jaclyn Paterson, Peter Berry de Santé Canada et celle de Sharon Jeffers d'Environnement Canada ainsi que le soutien du projet IRIACC-FACE et de l'INSPQ.

SOMMAIRE

Les systèmes d'alertes météorologiques sont parmi les principaux moyens d'intervention utilisés par les pouvoirs publics pour protéger la population des aléas du climat. Plus particulièrement, les systèmes d'alertes météorologiques sont implantés afin de permettre à l'État de surveiller les conditions météorologiques et d'émettre des alertes lorsque des événements météorologiques extrêmes, tels que des vagues de chaleur, de froid, de pluies abondantes, etc., constituent une menace à la population. Comme c'est le cas de toutes les interventions publiques, il est important d'analyser la performance de ces systèmes, et ce, afin d'évaluer leur contribution à la sécurité et au bien-être de la population.

Dans ce rapport, un guide d'évaluation des systèmes d'alertes pour les personnes vulnérables à la chaleur et au smog est présenté. Il a été rédigé à l'intention des gestionnaires et des spécialistes en évaluation dans le but de leur fournir un cadre d'analyse et des méthodes d'évaluation de la pertinence, de la mise en œuvre et des effets de ces systèmes.

Ainsi, il est proposé dans ce guide que l'analyse de la pertinence doit porter sur la raison d'être des systèmes d'alertes pour les personnes vulnérables à la chaleur et au smog. Plus particulièrement, il s'agit de savoir si la population dans son ensemble ou des groupes sociaux en particulier ont besoin d'un système d'alerte pour être bien informés sur les vagues de chaleur et les épisodes de smog et sur les comportements à adopter pour se protéger de ces aléas.

Il est également proposé que l'analyse de la mise en œuvre mette l'accent sur la capacité du système d'alerte de détecter les vagues de chaleur et les épisodes de smog et d'alerter les personnes qui y sont vulnérables, et ce, au moment opportun. La qualité des messages d'alertes, notamment la fiabilité, l'utilité et la clarté des informations, font aussi partie de l'analyse de la mise en œuvre.

Pour sa part, l'analyse des effets met l'accent sur les effets des messages d'alertes de vagues de chaleur et d'épisodes de smog sur les facteurs suivants :

1. les connaissances relatives aux vagues de chaleur et aux épisodes de smog, aux conséquences de ces aléas sur la santé ainsi qu'aux comportements de protection les plus efficaces;
2. les attitudes à l'égard des comportements recommandés durant les vagues de chaleur et les épisodes de smog;
3. les perceptions des normes sociales relatives aux comportements recommandés durant les vagues de chaleur et les épisodes de smog;
4. les perceptions relatives à la capacité d'adopter les comportements recommandés durant les vagues de chaleur et les épisodes de smog;
5. les intentions d'adopter les comportements recommandés durant les vagues de chaleur et les épisodes de smog;
6. les comportements durant les phases de chaleur et de smog;

7. l'état de santé des personnes vulnérables à la chaleur et au smog.

Le guide propose également 28 indicateurs d'évaluation des systèmes d'alertes de vagues de chaleur et d'épisodes de smog. Cette liste couvre les principales dimensions de l'évaluation, soit l'analyse de la pertinence, l'analyse de la mise en œuvre et l'analyse des effets.

Les méthodes d'évaluation des systèmes d'alertes de vagues de chaleur et d'épisodes de smog font également partie de ce guide. Une attention particulière a été accordée aux principales techniques de mesure des effets, soit les méthodes expérimentales, l'estimateur de la différence des différences, l'appariement sur le score de propension, l'analyse des données de panel, les séries chronologiques et les variables instrumentales. Les forces et les faiblesses de chacune de ces techniques sont exposées.

Finalement, il est souligné dans ce guide que l'évaluation des systèmes d'alertes est une opération complexe qui nécessite des connaissances avancées des méthodes d'évaluation ainsi qu'une capacité élevée d'adaptation de ces méthodes au contexte particulier de chaque système. Des fonds considérables sont également nécessaires pour financer les différentes activités d'évaluations telles que le développement du protocole d'évaluation, la collecte et l'analyse des données et la diffusion des résultats de l'évaluation. La fonction d'évaluation aura en plus besoin du soutien des autorités de santé publique pour réaliser une évaluation exhaustive des systèmes d'alertes météorologiques.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION.....	1
1 APPROCHE D'ÉLABORATION DU GUIDE	3
2 DÉFINITION ET PRINCIPES DE L'ÉVALUATION DE PROGRAMME.....	5
3 CADRE D'ANALYSE DES SYSTÈMES D'ALERTES POUR LES PERSONNES VULNÉRABLES À LA CHALEUR ET AU SMOG	7
3.1 L'analyse de la pertinence des systèmes d'alertes de chaleur et de smog.....	7
3.2 L'analyse de la mise en œuvre des systèmes d'alertes de chaleur et de smog	8
3.2.1 La fiabilité des prévisions météorologiques	8
3.2.2 La pertinence des critères d'admissibilité aux alertes de chaleur et de smog	8
3.2.3 La pertinence des seuils d'alertes de chaleur et de smog	9
3.2.4 La capacité de rejoindre les personnes vulnérables à la chaleur et au smog	9
3.2.5 La qualité des messages d'alertes de chaleur et de smog	10
3.3 L'analyse des effets des systèmes d'alertes de chaleur et de smog.....	10
3.3.1 Le cadre théorique d'analyse des effets	10
3.3.2 Les effets escomptés des alertes de chaleur et de smog.....	12
3.3.3 Les facteurs confondants.....	15
4 MÉTHODES D'ÉVALUATION DES SYSTÈMES D'ALERTES DE CHALEUR ET DE SMOG	17
4.1 Les indicateurs d'évaluation des systèmes d'alertes de chaleur et de smog	17
4.2 Méthodes d'analyse de la pertinence	20
4.3 Méthodes d'analyse de la mise en œuvre	20
4.4 Méthodes d'analyse des effets des SAM.....	21
4.4.1 L'assignation aléatoire	21
4.4.2 L'appariement sur le score de propension.....	22
4.4.3 L'estimateur de la différence des différences	24
4.4.4 Les données de panel	25
4.4.5 Les séries chronologiques	26
4.4.6 Les variables instrumentales	26
4.5 L'évaluation de programmes est l'art du possible.....	27
CONCLUSION	29
RÉFÉRENCES.....	31

INTRODUCTION

La température moyenne de la terre a augmenté au cours du dernier siècle et il est prévu que ce réchauffement soit accompagné par des vagues de chaleur et des épisodes de smog fréquents et de plus en plus intenses (Buset *et al.*, 2008; Das *et al.*, 2012). Comme en témoignent les vagues de chaleur en Europe au début des années 2000, l'exposition à la chaleur extrême et au smog constitue une menace réelle à la santé de la population. Certains groupes sociaux, particulièrement les personnes âgées ou souffrant de maladies respiratoires ou cardiovasculaires, sont plus vulnérables à la chaleur et au smog.

Il existe actuellement plusieurs définitions des vagues de chaleur qui tiennent compte des caractéristiques du climat et des vulnérabilités des pays ou des régions du monde. Environnement Canada définit une vague de chaleur comme étant une période d'au moins 3 jours consécutifs avec des températures supérieures ou égales à 32 °C. Dans les régions chaudes du globe terrestre, la définition des vagues de chaleur retient des seuils de température qui sont plus élevés que le seuil canadien. Ce seuil est établi à 40 °C en Australie et à 45 °C en Inde (Das, 2012).

Les vagues de chaleur sont, dans plusieurs situations, accompagnées par le smog, c'est-à-dire par une concentration élevée de polluants atmosphériques (Gouvernement du Canada, 2012; Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, 2007). Les polluants atmosphériques constituent une menace à la santé de la population étant donné qu'ils sont la cause de plusieurs maladies respiratoires et cardiovasculaires (Organisation mondiale de la Santé (OMS), 2002). Les effets du smog sont accentués lorsqu'il est accompagné par des vagues de chaleur (Buset *et al.*, 2008).

Les systèmes d'alertes météorologiques (SAM) occupent une place de choix dans les mesures d'adaptation aux aléas météorologiques en général et aux vagues de chaleur et aux épisodes de smog en particulier. Un SAM a pour objectif de fournir les informations pertinentes sur les aléas météorologiques afin de permettre aux individus et aux communautés de réagir au moment opportun et de façon appropriée, de manière à atténuer les conséquences négatives de ces aléas sur la santé de la population, les biens et l'environnement (Bacher, 2006; United Nations, 1997). Les SAM sont destinés à remplir les quatre fonctions suivantes (Bacher, 2006; Gosselin et coll., 2012; United Nations, 1997 et 2006) :

1. analyser les risques et les effets de l'exposition à des conditions météorologiques menaçantes;
2. observer, détecter, surveiller, analyser et prévoir les conditions météorologiques menaçantes;
3. diffuser les messages d'alertes en temps opportun, de manière fiable et compréhensible aux autorités et aux publics en danger;
4. planifier localement la réponse aux urgences, préparer et former les populations à une réponse adéquate aux avertissements afin de réduire les impacts liés aux conditions météorologiques menaçantes.

Comme c'est le cas de plusieurs pays développés, le Canada s'est doté depuis longtemps d'un système national d'alertes météorologiques. Environnement Canada est l'organisme national qui est responsable des prévisions météorologiques et, le cas échéant, de l'émission des veilles ou des alertes météorologiques lorsque des événements climatiques extrêmes sont susceptibles de porter atteinte à la sécurité ou aux biens des Canadiens. Depuis le début des années 2000, le Canada a également vu la création de plusieurs SAM à l'échelle des provinces comme c'est le cas du Québec, qui a mis en place un système de surveillance et de prévention des impacts sanitaires des événements météorologiques extrêmes (système SUPREME) (Toutant *et al.*, 2011). Des villes canadiennes, telles que Montréal et Toronto, se sont également dotées de leur propre SAM.

Ce guide propose un cadre d'analyse et des méthodes d'évaluation des systèmes d'alertes de vague de chaleur et d'épisodes de smog estival au Canada. L'objectif primordial du cadre d'analyse est de proposer les questions et les indicateurs les plus appropriés pour évaluer les systèmes d'alertes de vagues de chaleur et d'épisodes de smog. La méthodologie consiste pour sa part à déterminer, selon les questions d'évaluation, les devis qui seront utilisés, les sources de données ainsi que les moyens de collecte et d'analyse des données.

1 APPROCHE D'ÉLABORATION DU GUIDE

L'approche utilisée pour l'élaboration du guide d'évaluation des SAM pour les personnes vulnérables à la chaleur et au smog estival se compose de trois étapes principales. Dans la première étape, les auteurs ont pris connaissance des écrits scientifiques afin d'approfondir et de mettre à jour la compréhension des risques qui sont associés aux épisodes de chaleur et de smog, les personnes qui en sont les plus vulnérables ainsi que les mesures pour les atténuer. De plus, les écrits sur les modèles théoriques du comportement des individus ont été consultés, et ce, afin de mieux cerner les effets des SAM sur les personnes vulnérables à la chaleur et au smog. La recension des écrits a porté également sur les théories et les méthodes d'évaluation des SAM. Cette recension a permis de prendre connaissance des meilleures pratiques dans le domaine d'évaluation des SAM, plus particulièrement les questions d'évaluation habituellement abordées, les méthodes utilisées ainsi que les indicateurs de mesure des effets.

Dans la deuxième étape, les auteurs ont participé aux comités de deux projets de recherche et de développement de SAM. Il s'agit du projet Vigilance (partenariat entre l'INSPQ, Environnement Canada et le ministère de la Sécurité publique) et du projet d'alertes météorologiques pour les personnes vulnérables à la chaleur et au smog (partenariat entre l'INSPQ, l'Agence de santé et services sociaux de la Montérégie, le CSSS Pierre Boucher et l'agglomération de Longueuil). Des représentants de Santé Canada ont également été consultés afin de bien comprendre les besoins des usagers du guide. La participation régulière aux travaux des comités des projets d'alertes météorologiques ainsi que les consultations qui ont eu lieu avec Santé Canada ont permis d'approfondir la compréhension des objectifs et du fonctionnement des SAM ainsi que des enjeux d'évaluation de ces systèmes.

Enfin, la troisième étape a consisté à valider le contenu du guide par quatre experts de Santé Canada et d'Environnement Canada.

2 DÉFINITION ET PRINCIPES DE L'ÉVALUATION DE PROGRAMME

Cette section présente les définitions ainsi que les principes de l'évaluation de programme sur lesquels les auteurs se sont appuyés pour rédiger ce guide.

L'évaluation de programme est l'utilisation systématique des approches et des méthodes de recherche afin de porter un jugement crédible sur la valeur des interventions publiques (Rossi et *al.*, 1999). Partie intégrante du processus de gestion publique, l'évaluation de programme contribue à la prise de décision par l'analyse de la pertinence, la mise en œuvre et les effets de l'action publique.

L'évaluation de la pertinence a pour objectif d'analyser la raison d'être du programme. On part du principe que les fonds publics sont des ressources rares qui doivent être utilisées à bon escient pour répondre aux besoins réels de la population. L'évaluation de la mise en œuvre met l'accent sur l'implantation et le fonctionnement du programme. Elle porte généralement sur l'analyse de ses ressources, ses processus et ses extrants (p. ex., émission des alertes). L'enjeu principal à ce niveau est de savoir si les biens et les services du programme ont été offerts, tel que prévu initialement aux personnes et aux organisations auxquelles ils étaient destinés, et ce, au moindre coût. Pour sa part, l'évaluation des effets a pour objectif de mesurer les changements intentionnels ou non intentionnels qui sont le résultat du programme (p. ex., réduction de la mortalité due à la chaleur).

L'évaluation doit fournir des informations fiables sur la pertinence, l'efficacité et l'efficience d'un programme. En effet, l'analyse des raisons qui ont amené à la création du programme permet de porter un jugement sur la pertinence de celui-ci. L'efficacité du programme est basée sur la comparaison entre les résultats et les objectifs. À cet égard, l'analyse des effets permet de savoir dans quelle mesure les objectifs du programme ont été atteints. Enfin, la comparaison entre les résultats et les ressources permet de juger de l'efficience de l'intervention. Le principal enjeu à ce niveau consiste à savoir si les fonds qui ont été investis dans le programme ont produit des résultats satisfaisants.

3 CADRE D'ANALYSE DES SYSTÈMES D'ALERTE POUR LES PERSONNES VULNÉRABLES À LA CHALEUR ET AU SMOG

Le présent cadre d'analyse a pour objectif de délimiter la portée et les critères d'évaluation d'un SAM pour les personnes vulnérables à la chaleur et au smog. Ce cadre est articulé autour des trois grandes questions suivantes :

1. Est-ce que le SAM répond à un besoin social bien identifié nécessitant l'intervention de l'État?
2. Est-ce que le SAM fonctionne convenablement?
3. Est-ce que le SAM contribue effectivement à protéger les personnes vulnérables des vagues de chaleur et des épisodes de smog?

En évaluation de programme, ces questions font l'objet, dans l'ordre, de l'analyse de la pertinence, de l'analyse de la mise en œuvre et enfin, de l'analyse des effets.

3.1 L'ANALYSE DE LA PERTINENCE DES SYSTÈMES D'ALERTE DE CHALEUR ET DE SMOG

Les SAM ont pour objectif de fournir les informations nécessaires sur les aléas météorologiques ainsi que sur les moyens d'adaptation afin de protéger la santé et les biens des personnes vulnérables.

L'analyse des besoins met l'accent sur ces deux aspects particuliers des SAM pour les personnes vulnérables à la chaleur et au smog. Plus particulièrement, l'implantation du nouveau système serait basée sur une analyse des besoins qui montre la présence d'un risque d'exposition aux vagues de chaleur et aux épisodes de smog et que la population en général ou des groupes sociaux particuliers ne sont pas bien informés sur l'avènement de ces phénomènes et leurs effets ainsi que sur les mesures de protection à prendre dans de telles circonstances. Le nouveau système vient ainsi combler un besoin d'information qui n'aurait pas pu être satisfait autrement. Cet aspect est très important dans l'évaluation de la pertinence des SAM, car dans de nombreux pays, il y a plusieurs organismes qui surveillent les phénomènes météorologiques et diffusent les informations sur leur évolution, et ce, par une multitude de moyens de communication, comme la radio, la télévision, les journaux, etc. C'est la raison pour laquelle les études montrent que la population est généralement bien informée sur les aléas météorologiques extrêmes (Environnement Canada, 2001 et 2012). Dès lors, il devient important de savoir quelles sont les particularités du nouveau système lui permettant d'avoir une valeur ajoutée aux dispositifs d'alertes existants. Le nouveau système se distingue-t-il par sa capacité supérieure de rejoindre des groupes sociaux vulnérables, de diffuser l'information, d'adapter l'information aux besoins des usagers, etc.?

3.2 L'ANALYSE DE LA MISE EN ŒUVRE DES SYSTÈMES D'ALERTE DE CHALEUR ET DE SMOG

L'analyse de la mise en œuvre met l'accent sur la mission principale d'un SAM, soit la prestation des informations utiles et, au moment opportun, aux personnes vulnérables à la chaleur et au smog. Plus particulièrement, l'analyse doit porter sur la fiabilité des prévisions météorologiques, la pertinence des critères d'admissibilité aux alertes de vagues de chaleur et d'épisodes de smog, la pertinence des seuils d'alertes, la capacité de rejoindre les personnes vulnérables et finalement, la qualité des messages d'alertes. Ces éléments sont présentés dans les paragraphes suivants.

3.2.1 La fiabilité des prévisions météorologiques

Les SAM fournissent des prévisions météorologiques à l'intention des personnes et des organisations afin de les aider à tenir compte de la météo dans la planification de leurs activités. Pour être utiles à la prise de décision, ces prévisions devraient donc être fiables (CRUE, 2008). C'est pour cette raison que la comparaison des prévisions avec les conditions réellement observées est généralement utilisée pour évaluer la qualité des prévisions des SAM (Kovat et Ebi, 2008; CRUE, 2008).

3.2.2 La pertinence des critères d'admissibilité aux alertes de chaleur et de smog

Plusieurs alertes météorologiques sont destinées à des personnes présentant des vulnérabilités sévères aux vagues de chaleur et aux épisodes de smog à cause de leur état de santé, notamment :

1. les personnes âgées de 65 ans et plus;
2. les personnes présentant un problème cardiaque ou pulmonaire;
3. les personnes souffrant d'insuffisance rénale;
4. les personnes souffrant de diabète ou d'une maladie neurologique;
5. les personnes souffrant d'un trouble de santé mentale.

En plus de l'état de santé, des facteurs sociaux, tels que la pauvreté ou le faible niveau d'éducation, rendent les personnes plus vulnérables à la chaleur et au smog (Reid *et al.*, 2009). Certaines caractéristiques du lieu de résidence, notamment l'absence d'espaces verts ou la présence d'îlots de chaleur, peuvent aussi aggraver les effets de ces aléas sur la santé.

Dans certains cas, les organisations responsables des SAM ne disposent pas des connaissances scientifiques nécessaires relatives aux effets de la chaleur et du smog sur la santé, ni les données et l'expertise pour produire cette connaissance. Si tel est le cas, les personnes les plus vulnérables à la chaleur et au smog risquent de ne pas recevoir les messages d'alertes, ce qui ne manque pas d'affaiblir la performance du SAM.

3.2.3 La pertinence des seuils d'alertes de chaleur et de smog

Les messages d'alertes sont généralement diffusés lorsque la température ou la concentration des polluants dans l'air dépassent des niveaux qui sont considérés être dangereux pour la santé publique. L'analyse de la mise en œuvre doit s'attarder sur la pertinence des seuils d'alertes météorologiques, notamment la question de savoir si ces seuils sont établis en fonction d'une analyse rigoureuse de l'effet de la chaleur et du smog sur la santé de la population.

Il faut aussi tenir compte du comportement de la population dans l'établissement des seuils d'alertes de vagues de chaleur et d'épisodes de smog. À cet égard, les autorités responsables des SAM sont confrontées au dilemme suivant. D'une part, l'établissement des seuils d'alertes à un niveau plus bas de température ou de concentration de polluants atmosphériques a pour avantage d'alerter, et possiblement de protéger, les personnes les plus vulnérables de la société. Toutefois, l'abaissement des seuils d'alertes conduit inexorablement à l'augmentation du nombre de celles-ci. Les usagers pourraient dans ce cas ne pas prendre sérieusement en considération les messages d'alertes, car ils les associent à des conditions météorologiques qui, à leurs yeux, ne constituent pas une menace pour leur santé. L'augmentation du nombre de messages peut donc produire l'effet inverse, soit une diminution de leur influence sur le comportement de la population. La détermination du seuil d'alerte optimal est donc un défi pour les responsables des SAM.

3.2.4 La capacité de rejoindre les personnes vulnérables à la chaleur et au smog

Les messages d'alertes sont généralement destinés à des personnes résidant dans un territoire précis et présentant certaines caractéristiques qui, selon les connaissances disponibles, les rendent vulnérables à la chaleur et au smog. Une fois les critères d'admissibilité établis, l'organisation doit donc avoir les connaissances, la technologie et les ressources nécessaires pour acheminer les messages d'alertes aux personnes vulnérables à la chaleur et au smog. Or, dans plusieurs situations, cette capacité n'est pas suffisante (Abrahamson et Raine, 2009; Maibach *et al.*, 2008; Polivka *et al.*, 2012). À titre d'exemple, les organisations n'auraient pas simplement des listes à jour des personnes vulnérables à la chaleur et au smog. Le SAM peut également ne pas disposer de l'infrastructure technologique ainsi que des ressources humaines lui permettant d'acheminer les messages d'alertes aux personnes vulnérables. Ces problèmes peuvent notamment être rencontrés dans le cas des alertes qui ne sont pas destinées à la population en général, mais à des groupes sociaux en particulier, comme les personnes âgées souffrant des maladies chroniques. Dans ce cas, il faut reconnaître ces personnes et avoir leurs coordonnées afin de pouvoir utiliser des supports adéquats pour les rejoindre, comme les appels téléphoniques, des visites à domicile ou la distribution de brochures (Santé Canada, 2012).

La capacité de rejoindre les personnes vulnérables à la chaleur et au smog demeure une préoccupation, car la performance du SAM en dépend (Bassil et Cole, 2010). L'évaluation doit donc mettre l'accent sur le pourcentage des personnes vulnérables à la chaleur et au smog 1) qui ont effectivement reçu des messages d'alertes et 2) qui ont pris connaissance du contenu de ces messages. Un SAM ne peut avoir d'effets sur le comportement des individus qui n'ont pas reçu et compris les messages d'alertes.

3.2.5 La qualité des messages d'alertes de chaleur et de smog

Les experts des systèmes d'alertes s'entendent pour dire que les messages d'alertes doivent comprendre des informations sur l'avènement d'un événement météorologique menaçant ainsi que des conseils afin d'aider les personnes à adopter des comportements adéquats pour protéger leur santé et leurs biens (United Nations, 2006). De plus, ces informations doivent être communiquées suffisamment en avance afin de permettre aux gens d'avoir assez de temps pour prendre les mesures adéquates.

L'efficacité du message ne dépend pas uniquement de son contenu et du moment de son émission, mais également de la facilité de sa compréhension par les usagers (Kalkstein et Sheridan, 2007). Le message doit donc être clair et adapté aux différents usagers du SAM.

L'évaluation de la mise en œuvre doit donc tenir compte de l'ensemble des dimensions présentées dans la section 3.2.

3.3 L'ANALYSE DES EFFETS DES SYSTÈMES D'ALERTE DE CHALEUR ET DE SMOG

Cette section a pour objectif d'identifier les effets escomptés des alertes sur les personnes vulnérables à la chaleur et au smog. À cet effet, dans un premier temps, les fondements théoriques de la stratégie d'identification sont présentés. Le modèle théorique servira par la suite à établir la liste des effets qui résulteraient de l'émission des alertes de vagues de chaleur et d'épisodes de smog ainsi que des facteurs confondants qui contribuent également à la production de ces effets.

3.3.1 Le cadre théorique d'analyse des effets

Les SAM reposent sur le postulat que les individus n'ont pas les informations suffisantes sur l'occurrence des événements météorologiques menaçants, sur les effets de ces événements ainsi que sur les comportements à adopter pour protéger de façon optimale leur santé et leurs biens. On suppose également que les individus vont adopter les comportements appropriés à la suite de leur exposition aux messages d'alertes et aux informations émis par les services météorologiques (Kalkstein et Sheridan, 2007; United Nations, 2006) et que ce changement de comportement permette à son tour de réduire les effets néfastes des aléas météorologiques sur la santé et le bien-être de la population (Das, 2012).

Des études montrent toutefois que l'exposition aux campagnes de sensibilisation en général et aux messages d'alertes météorologiques en particulier n'entraîne pas toujours un changement de comportement (Kalkstein et Sheridan, 2007; Sheridan, 2007; Snyder, 2007). Plusieurs facteurs peuvent inhiber l'effet du message sur le comportement comme la mauvaise qualité du message lui-même, le coût de l'adoption du comportement recommandé, une attitude non réceptive vis-à-vis de tels messages, etc.

Les messages d'alertes n'agissent pas directement sur le comportement, mais seulement indirectement au moyen de leurs effets sur des facteurs qui déterminent le comportement des individus, comme la perception de la vulnérabilité aux vagues de chaleur et aux épisodes de smog, les attitudes à l'égard des comportements recommandés et la pression sociale pour adopter ces comportements. À cet égard, plusieurs modèles théoriques ont été

développés dans le but de comprendre les facteurs qui expliquent le comportement. Parmi les principaux modèles en santé publique qui sont d'intérêt pour l'évaluation des SAM, citons le modèle de croyances relatives à la santé, le modèle de l'action raisonnée et enfin le modèle de l'action planifiée (Bélanger et Godin, 2003). Des travaux récents se sont penchés sur la synthèse de ces modèles afin d'aboutir à des modèles permettant de rendre compte convenablement des facteurs explicatifs du comportement (Fishbein, 2008; Yzer, 2012). Ces modèles sont également utilisés dans la conception et l'évaluation de programmes de santé publique (Yzer, 2012).

Dans ce guide, il est conseillé d'utiliser le modèle intégré de prédiction du comportement¹ (Fishbein, 2008; Yzer, 2012) pour cerner les effets des SAM pour les personnes vulnérables à la chaleur et au smog. Ce modèle est basé sur l'idée que le comportement des individus est déterminé en grande partie par les intentions de réaliser le comportement en question, comme réduire les activités à l'extérieur lorsqu'il fait très chaud. Fishbein (2008) considère qu'en plus des intentions, il faut également tenir compte des contraintes de l'environnement dans lequel le comportement sera adopté ainsi que de la capacité réelle (et non pas la capacité perçue) de l'adopter. Ainsi, même si un individu a l'intention d'adopter un comportement et pense avoir les moyens pour ce faire, les contraintes réelles de l'environnement, comme la non-disponibilité d'un climatiseur qui pourra être utilisé durant une vague de chaleur, empêchent l'individu d'agir selon ses intentions. Aussi, étant donné que les individus n'ont pas toutes les informations sur leur environnement, ni le temps et les capacités nécessaires pour traiter en profondeur ces informations, les perceptions peuvent sous-estimer ou surestimer les possibilités et les contraintes réelles de l'environnement.

L'intention d'agir dépend des attitudes, de la perception des normes sociales et de la perception du contrôle. Les attitudes désignent un sentiment général qui est soit favorable ou défavorable à l'adoption d'un comportement. La perception des normes fait référence aux effets de la pression du milieu social, telle que perçue par l'individu, sur son comportement. Le modèle suppose que l'individu tient compte dans son comportement du point de vue des gens qui sont les plus significatifs à ses yeux comme les membres de sa famille et ses collègues de travail. Finalement, la perception de contrôle désigne dans quelle mesure l'individu se sent capable d'adopter le comportement. L'idée étant que même si l'individu a une attitude favorable à l'égard d'un comportement et qu'il se sent supporté par son réseau social, il peut rejeter ce comportement s'il considère qu'il n'est pas capable de l'adopter.

Les attitudes, les normes et la perception de contrôle sont à leur tour le produit d'un ensemble de croyances qui trouvent leurs racines dans des facteurs plus profonds comme les caractéristiques socioéconomiques, le genre et la culture des individus.

Le modèle intégré de prédiction du comportement a pour avantage d'être un modèle parcimonieux qui propose un nombre limité de variables qui sont en mesure d'expliquer une bonne partie du comportement des individus. Ce modèle permet également de construire la chaîne causale par laquelle une intervention publique dans le domaine de la santé aurait des effets sur la santé et le bien-être de la population, notamment dans les cas des interventions utilisant les informations comme moyen de changement du comportement, comme c'est le

¹ Traduction libre du titre en anglais : The integrative model of behavioral prediction (voir Yzer, 2012).

cas des systèmes d'alertes météorologiques. D'ailleurs, ce modèle est largement utilisé dans la conception et l'évaluation des programmes (Yzer, 2012; Mattern *et al.*, 2011; Bleakley *et al.*, 2011; Hill *et al.*, 2007).

3.3.2 Les effets escomptés des alertes de chaleur et de smog

Le modèle intégré de prédiction du comportement a été utilisé pour développer le modèle logique du système d'alertes de vagues de chaleur et d'épisodes de smog qui est présenté à la figure 1 ci-après. Le rectangle vert désigne les produits (extrants) du SAM. Les rectangles bleus désignent les effets escomptés des messages d'alertes sur les personnes. Enfin, les rectangles gris désignent les facteurs confondants qui sont corrélés avec les variables de mesure des effets du SAM sur les individus.

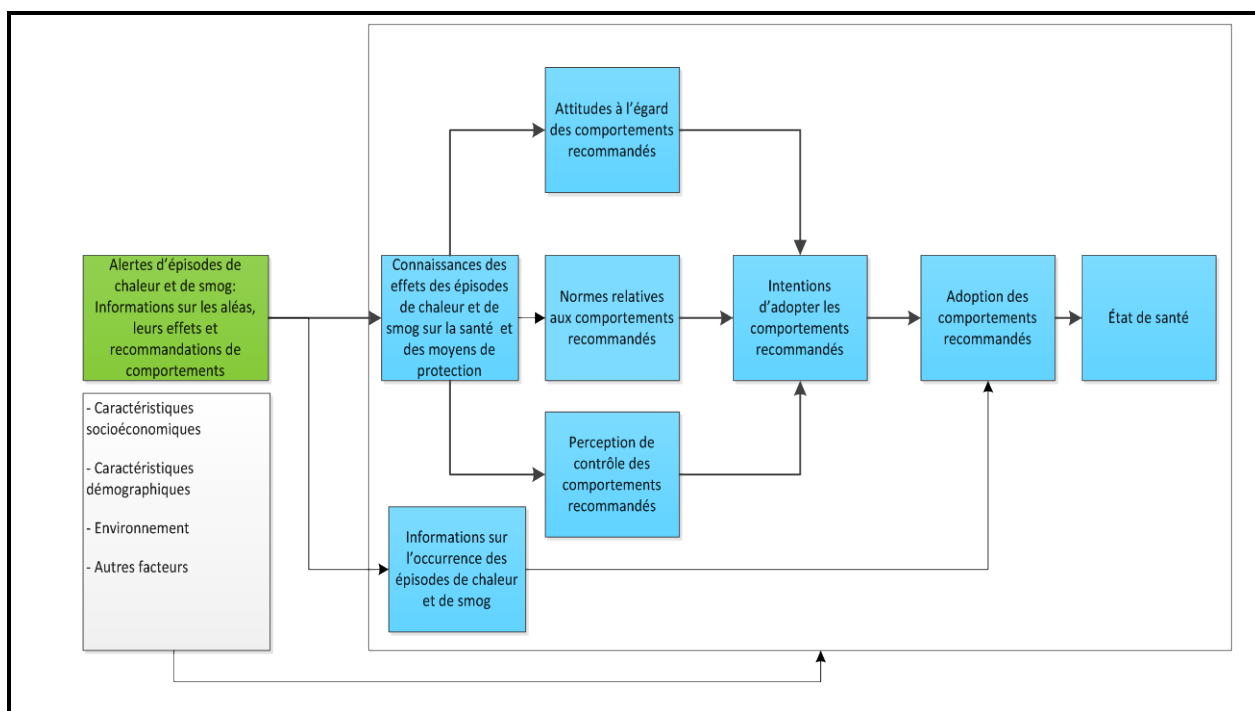


Figure 1 **Modèle logique du système d'alertes de vagues de chaleur et d'épisodes de smog**

Selon ce modèle, les SAM pour les personnes vulnérables à la chaleur et au smog auraient ainsi les sept catégories d'effets suivants :

3.3.2.1 Les effets sur les connaissances

Les SAM ont pour objectif de diffuser des informations sur les conditions météorologiques menaçantes, les risques encourus par certaines sous-populations et de fournir des conseils pour s'en protéger. La diffusion des messages est censée permettre à la population d'être bien informée sur l'avènement des vagues de chaleur et d'épisodes de smog ainsi que sur les comportements qui doivent être adoptés comme boire abondamment et fréquemment de l'eau pour hydrater son corps.

Les études ont tendance à montrer que la plupart des personnes sont généralement bien informées des vagues de chaleur et, dans une moindre mesure, du smog. Toutefois, il semble qu'une proportion significative de la population ne change pas son comportement durant ces épisodes à cause, notamment, d'une faible perception du risque ainsi que du manque de connaissances sur les mesures de prévention et des doutes sur l'efficacité de ces mesures (Bassil et Cole, 2010; Wolf *et al.*, 2010). C'est pour cela qu'il est utile de savoir si les messages d'alertes ont permis aux gens d'être mieux informés 1) sur l'avènement des vagues de chaleur et des épisodes de smog, 2) sur les risques pour la santé d'exposition à ces aléas et 3) sur les stratégies d'adaptation requises.

3.3.2.2 Les effets sur les attitudes

L'amélioration des connaissances sur les vagues de chaleur et les épisodes de smog à la suite de l'exposition aux messages d'alertes se traduirait, pour sa part, par des attitudes plus favorables aux comportements recommandés et ultimement, par l'adoption de ces comportements. L'idée étant que les messages d'alertes altèrent les croyances relatives aux dangers des vagues de chaleur et des épisodes de smog ainsi qu'à l'efficacité des comportements recommandés pour les atténuer.

3.3.2.3 Les effets sur la perception des normes

Les normes sont censées avoir une influence sur l'intention d'adopter des mesures de protection des vagues de chaleur et du smog. Wolf *et al.* (2010) indiquent à ce sujet que les réseaux de support des personnes âgées exercent une influence sur les perceptions et les comportements des aînés lors des vagues de chaleur. Les attentes et les normes véhiculées par le personnel médical peuvent aussi avoir une influence sur les comportements des personnes vulnérables à la chaleur et au smog.

3.3.2.4 Les effets sur la perception de contrôle

Les messages d'alertes recommandent généralement aux gens de prendre des mesures qui atténuent les effets de la chaleur et du smog sur la santé, comme boire de l'eau en quantité suffisante (chaleur) ou réduire les activités nécessitant un effort physique intense (chaleur et/ou smog). Ces messages peuvent aussi indiquer aux gens les ressources mises à leur disposition par la communauté lors des épisodes de chaleur ou de smog comme l'accès à des lieux climatisés ou à des piscines publiques. Les connaissances acquises grâce aux alertes météorologiques auraient donc comme effet une amélioration de la perception des personnes quant à leur capacité de se protéger convenablement des vagues de chaleur et des épisodes de smog.

3.3.2.5 Les effets sur les intentions

Selon le modèle intégré de prédiction du comportement, l'effet favorable des messages d'alertes sur les attitudes, les normes et la perception de contrôle renforce l'intention des personnes vulnérables d'adopter des comportements adéquats lors des vagues de chaleur et des épisodes de smog. L'évaluateur doit donc se demander dans quelle mesure l'exposition au message d'alerte a changé l'intention des individus d'adopter les

comportements recommandés. L'importance de documenter cet aspect découle du fait que les intentions sont le principal déterminant du comportement.

3.3.2.6 Les effets sur le comportement

Les individus qui sont bien informés sur l'avènement des vagues de chaleur et des épisodes de smog et qui ont la ferme intention de suivre les conseils des autorités de santé publique ont une plus grande tendance à prendre des mesures les protégeant des effets négatifs de ces aléas.

La procédure généralement utilisée pour évaluer les effets des messages d'alertes sur le comportement des individus consiste à établir une liste de comportements recommandés dans les messages d'alertes et à demander par la suite aux répondants dans quelle mesure ils ont adopté ou non ces comportements (Kalkstein et Sheridan, 2007). La liste de comportements à mesurer doit donc être basée sur un examen attentif des messages d'alertes pour les personnes vulnérables à la chaleur et au smog.

3.3.2.7 Les effets sur la santé

Un système d'alertes performant est susceptible de contribuer à réduire le nombre de cas de morbidité et de mortalité causés par la chaleur et le smog grâce à ses effets sur le comportement des individus.

Les effets sur la morbidité

Les études sur le sujet utilisent généralement le nombre d'hospitalisations et de visites aux urgences comme indicateurs de mesure de l'effet de la chaleur sur l'état de santé de la population (Brunekreef and Holgate, 2002; Knowlton, 2009; Kovat and Ebi, 2006; Mastrangelo, 2007). La relation entre la chaleur et l'état de santé de la population n'est pas toutefois bien établie et les résultats de plusieurs études ne sont pas convergents (Knowlton, 2009). Cette relation pourrait être contingente de plusieurs autres facteurs comme les caractéristiques socioéconomiques de la population, l'état de santé prévalent, l'exposition réelle aux aléas, la disponibilité de climatisation, l'accès à des espaces verts, etc.

Les effets sur la mortalité

Plusieurs études ont analysé l'effet de la chaleur sur le nombre de décès. Les études mettent généralement l'accent sur les personnes âgées de 65 ans et plus qui sont considérées comme étant les plus vulnérables aux vagues de chaleur et aux épisodes de smog (Kovat et Ebi, 2006). Les quelques études publiées semblent montrer que les SAM ont tendance à réduire le nombre de décès ainsi que la morbidité causée par la chaleur (Bassil et Cole, 2010; Chau et Woo, 2009; Das, 2012).

Avant de présenter les facteurs confondants, il faut noter que les effets des messages d'alertes dépendent en grande partie de la nature même de ces messages. Certains messages ciblent par exemple la perception des risques pour la santé des vagues de chaleur et des épisodes de smog (p. ex., message préventif général en début de saison) ou la perception de contrôle. Le changement de ces perceptions exerce à son tour une influence sur les attitudes, les intentions et les comportements des individus. Ils n'ont pas par

contre d'effets sur la perception des normes sociales. Une attention particulière devra donc être accordée au contenu des messages ainsi qu'à leurs intentions lorsque viendra le moment d'établir les indicateurs de mesure des effets des SAM.

3.3.3 Les facteurs confondants

Le modèle suggère qu'en plus de l'exposition aux messages d'alertes, d'autres facteurs ont également une influence sur le comportement des individus ainsi que sur leur état de santé.

3.3.3.1 Les caractéristiques des personnes

Les caractéristiques socioéconomiques et démographiques des personnes, des facteurs culturels, le milieu de vie, etc. exercent une influence sur les connaissances, les attitudes, les normes, les perceptions de contrôle, les comportements et l'état de santé des personnes vulnérables à la chaleur et au smog. Semenza *et al.* (2008) ont trouvé qu'aux États-Unis, les personnes qui ont un faible revenu, un faible niveau d'éducation ou qui ne sont pas de race blanche ont généralement tendance à être mieux informées sur les vagues de chaleur et les épisodes de smog et par conséquent, à adopter les comportements les protégeant de ces aléas.

3.3.3.2 L'environnement

Les contraintes de l'environnement social et naturel sont également parmi les déterminants du comportement. À titre d'exemple, plusieurs messages d'alertes recommandent aux gens de rafraîchir leur domicile en ouvrant les fenêtres le soir ou en faisant fonctionner les systèmes de climatisation. Les personnes âgées à faible revenu peuvent décider de ne suivre aucune de ces recommandations car, d'une part, elles n'ont pas les moyens financiers pour la climatisation et, d'autre part, elles craignent que le fait de laisser les fenêtres ouvertes la nuit augmente les risques d'intrusion des malfaiteurs dans leur domicile.

4 MÉTHODES D'ÉVALUATION DES SYSTÈMES D'ALERTES DE CHALEUR ET DE SMOG

Dans la première partie de ce document, le cadre d'évaluation du SAM pour les personnes vulnérables à la chaleur et au smog a été proposé. Selon ce cadre, l'évaluation repose sur trois principales composantes, soit l'analyse de la pertinence, l'analyse de la mise en œuvre et enfin, l'analyse des effets des SAM. Dans cette partie du guide, les méthodologies ainsi que les indicateurs qui pourront être utilisés dans la réalisation de l'évaluation des SAM sont développés.

4.1 LES INDICATEURS D'ÉVALUATION DES SYSTÈMES D'ALERTES DE CHALEUR ET DE SMOG

En se basant sur le cadre d'analyse de ce guide, il est proposé, dans le tableau 1, une série d'indicateurs génériques qui pourront être utilisés pour évaluer les SAM pour les personnes vulnérables à la chaleur et au smog.

Tableau 1 Indicateurs d'évaluation d'un SAM pour les personnes vulnérables à la chaleur et au smog

	Dimensions de l'évaluation	Indicateurs
Analyse de la pertinence	Risque d'exposition aux vagues de chaleur et aux épisodes de smog	1. Probabilité de l'occurrence des vagues de chaleur et des épisodes de smog 2. Intensité des vagues de chaleur et des épisodes de smog (niveau d'exposition) 3. Durée des vagues de chaleur et des épisodes de smog (jours)
	Effets des vagues de chaleur et des épisodes de smog sur la santé de la population du territoire desservi par le SAM	4. Évidences scientifiques montrant que les vagues de chaleur et les épisodes de smog représentent un danger pour la santé de la population
	Connaissances que la population possède sur les vagues de chaleurs et de smog	5. Besoins d'information de la population qui sont relatifs à l'occurrence des vagues de chaleur et des épisodes de smog, à leurs effets sur la santé ainsi qu'aux comportements qui les protègent de ces aléas
Analyse de la mise en œuvre	Qualité des prévisions météorologiques	6. Pourcentage de fausses alertes (<i>false positive</i>) et d'échecs d'émettre des alertes (<i>false negative</i>) de vagues de chaleur et d'épisodes de smog
	Pertinence des critères d'admissibilité aux alertes de chaleur et de smog	7. Les messages d'alertes sont destinés aux personnes qui, selon les connaissances scientifiques disponibles, sont les plus vulnérables aux vagues de chaleur et aux épisodes de smog

Tableau 1 Indicateurs d'évaluation d'un SAM pour les personnes vulnérables à la chaleur et au smog (suite)

	Dimensions de l'évaluation	Indicateurs
Analyse de la mise en œuvre (suite)	Pertinence des seuils d'alertes	8. Qualité des évidences scientifiques sur lesquelles sont basés les seuils 9. Perception des usagers des SAM sur la pertinence des seuils d'alertes
	Capacité de rejoindre les personnes vulnérables à la chaleur et au smog	10. Pourcentage des personnes admissibles aux messages d'alertes qui ont reçu des d'alertes de vagues de chaleur et d'épisodes de smog 11. Pourcentage de personnes vulnérables à la chaleur qui ont écouté le message d'alertes
	Qualité des messages d'alertes de chaleur et de smog	12. Compréhension des messages 13. Pertinence des informations contenues dans les messages 14. Le temps séparant l'alerte et l'avènement de l'aléa est adéquat 15. Satisfaction de la qualité des messages d'alertes
Analyse des effets	Effets des messages d'alertes sur les connaissances	16. Être au courant des vagues de chaleur et des épisodes de smog 17. Connaissances des effets des vagues de chaleur et des épisodes de smog sur la santé 18. Connaissances des comportements à adopter pour se protéger des vagues de chaleur et des épisodes de smog
	Effets des messages d'alertes sur les attitudes	19. Perception de l'efficacité des comportements recommandés 20. Perception des désagréments associés aux comportements recommandés
	Effet des messages d'alertes sur la perception des normes	21. Perception des attentes du réseau social du répondant (parents, amis, collègues, etc.) relatives à l'adoption des comportements recommandés
	Effets des messages d'alertes sur la perception de contrôle	22. Perception de la capacité d'adopter les comportements recommandés 23. Perception des barrières empêchant l'adoption des comportements recommandés
	Effets des messages d'alertes sur les intentions	24. Intention d'adopter les comportements recommandés lors de prochains vagues de chaleur et épisodes de smog
	Effets des messages d'alertes sur le comportement	25. Adoption des comportements recommandés
	Effets des messages d'alertes sur la santé de la population	26. Nombre de fréquentations des salles d'urgence 27. Nombre d'hospitalisations 28. Nombre de décès

Il faut noter que cette liste n'est pas exhaustive et que des indicateurs adaptés aux caractéristiques de chaque SAM doivent être développés. À titre d'exemple, les comportements recommandés peuvent être différents selon les caractéristiques des personnes auxquelles ils sont destinés. De même, les responsables d'un SAM peuvent retenir des comportements que les responsables d'un autre système considèrent qu'ils sont moins pertinents. L'évaluation pourrait également utiliser une partie seulement de la liste des indicateurs proposés. Si l'évaluation a pour objectif de savoir dans quelle mesure l'implantation d'un SAM a permis d'atténuer les conséquences des vagues de chaleur et des épisodes de smog sur la santé de la population, l'évaluateur aura uniquement besoin des données sur la santé des participants à l'étude, comme le nombre de fréquentations des salles d'urgence et le nombre de décès.

La formulation exacte de chaque indicateur doit être adaptée à la méthodologie d'évaluation utilisée. Dans une évaluation des effets des alertes sur le comportement qui utilise un groupe expérimental et un groupe témoin (section 4.4.1), il suffit de demander aux répondants s'ils ont adopté les comportements recommandés ou non. Une échelle de fréquence, allant de rarement à très souvent, par exemple, peut être utilisée à cet effet. On calcule, par la suite, la moyenne de chaque groupe et la différence de moyennes entre les groupes est utilisée pour mesurer les effets des alertes sur le comportement. Dans certaines circonstances, l'évaluateur peut se fier aux effets qui sont rapportés par les personnes qui ont reçu des messages d'alertes. Le pourcentage de personnes qui rapportent que les messages d'alertes ont eu un effet sur leur comportement pourrait dans ce cas être utilisé comme indicateur de mesure des effets. Enfin, ce guide propose plusieurs indicateurs qualitatifs qui semblent utiles dans l'analyse de la pertinence et de la mise en œuvre des SAM.

Les indicateurs du Tableau 1 sont notamment utilisés dans l'étape de la cueillette des données pour obtenir les informations nécessaires à l'évaluation de la pertinence, de la mise en œuvre et des effets des systèmes d'alertes de vagues de chaleur et d'épisodes de smog. Il faut noter à ce propos que l'évaluateur peut adapter ou s'inspirer des outils existants pour développer ses propres outils de cueillette de données. Notons à ce sujet qu'un questionnaire se trouve dans l'annexe de l'étude de Kalkstein et Sheridan (2007). Il a été utilisé par les auteurs pour évaluer les effets des systèmes d'alertes de vagues de chaleur. Environnement Canada a également développé des questionnaires qui sont utilisés pour évaluer ses services météorologiques en général et les services d'alertes en particulier. Ces questionnaires ne sont toutefois pas conçus à partir du modèle intégré de prédiction du comportement. De ce fait, plusieurs effets escomptés des SAM, comme les effets sur les attitudes, les normes, les intentions, etc. ne sont pas mesurés par ces outils. Le lecteur peut aussi consulter les guides conçus pour soutenir les chercheurs utilisant ce modèle ou le modèle de l'action planifiée comme cadre théorique, notamment le guide d'Ajzen (2002) et de Gagné et Godin (1999), tous deux disponibles en ligne.

4.2 MÉTHODES D'ANALYSE DE LA PERTINENCE

L'analyse de la pertinence a pour objectif d'établir s'il existe un besoin pour un système d'alertes de vagues de chaleur et d'épisodes de smog, notamment la question de savoir si :

1. le territoire a fait l'objet dans le passé ou risque de faire l'objet dans le futur de vagues de chaleur et d'épisodes de smog;
2. les vagues de chaleur et les épisodes de smog ont des effets négatifs sur la santé de la population;
3. la population n'est pas bien informée sur les vagues de chaleur et les épisodes de smog, sur leurs effets sur la santé ainsi que sur les comportements à adopter dans de telles situations.

Pour documenter ces aspects, l'analyse porte tout d'abord sur les raisons qui ont amené les autorités de santé publique à mettre en service le système d'alertes de vagues de chaleur et d'épisodes de smog. Une analyse des documents-cadres du projet, dans lesquels les responsables du système exposent la problématique, les options envisagées ainsi que la solution retenue est très utile à cet effet. Des entrevues avec les responsables du système serviront également à collecter des informations sur la raison d'être de celui-ci. L'évaluateur pourrait également approfondir son analyse en cherchant à savoir si le diagnostic des responsables des SAM correspond effectivement aux besoins de la population. Divers outils pourraient être utilisés à cet effet comme des enquêtes auprès des usagers des SAM, la consultation des études sur l'historique des vagues de chaleur et des épisodes de smog dans le territoire et leurs impacts sur la santé, etc.

4.3 MÉTHODES D'ANALYSE DE LA MISE EN ŒUVRE

Ce guide a proposé que l'analyse de la mise en œuvre mette l'accent sur la qualité des prévisions météorologiques, la pertinence des critères d'admissibilité aux alertes météorologiques, lorsque celles-ci ciblent certaines catégories de personnes seulement, la pertinence des seuils d'alertes météorologiques, la capacité de rejoindre les personnes vulnérables et enfin, la qualité des messages d'alertes de chaleur et de smog.

Les archives d'Environnement Canada pourraient contenir des informations permettant de comparer les conditions réelles avec les prévisions météorologiques, et de ce fait, d'obtenir des informations sur la fiabilité des prévisions des vagues de chaleur et des épisodes smog.

L'efficacité des systèmes d'alertes météorologiques dépend de leur capacité d'identifier et de recruter les personnes les plus vulnérables à la chaleur et au smog. Les entrevues avec les concepteurs des SAM fourniront des informations sur le bien-fondé des critères de sélection des personnes qui reçoivent des messages d'alertes. Ces informations peuvent être complétées par la consultation des écrits scientifiques ou par des entrevues avec des intervenants auprès des personnes vulnérables à la chaleur et au smog, des experts du domaine, etc. L'enjeu à ce niveau consiste à savoir si les groupes sociaux qui sont réellement vulnérables aux vagues de chaleur et aux épisodes de smog sont admissibles aux alertes météorologiques.

En ce qui concerne l'atteinte de la clientèle cible et la qualité des messages, la plupart des évaluations réalisent des sondages auprès des personnes vulnérables à la chaleur et au smog pour savoir si elles ont pris connaissance des alertes météorologiques. Des questions qui varient selon le support de diffusion de ces messages sont également posées pour colliger des informations sur la qualité des messages telles que la fiabilité et l'utilité des informations, la facilité de compréhension du message et la diffusion du message en temps utile (Ekos, 2011; Semenza et al., 2008).

4.4 MÉTHODES D'ANALYSE DES EFFETS DES SAM

L'établissement d'un lien de causalité entre l'exposition des personnes aux messages d'alertes de vagues de chaleur et d'épisodes de smog et les changements dans leurs connaissances, leurs comportements, leur état de santé, etc. est l'enjeu fondamental de l'évaluation des effets des SAM. Dans une logique expérimentale, un SAM a pour effet de réduire le nombre de décès, par exemple, si le nombre de décès dans le groupe de personnes qui ont reçu des messages d'alertes est inférieur au nombre de décès qui aurait été constaté si les membres de ce groupe n'avaient pas reçu de messages d'alertes de ce type. Le problème qui se pose à ce niveau est qu'il n'est pas possible d'avoir des données sur la situation avec et la situation sans les messages d'alertes. L'impossibilité d'obtenir ces données est due au fait qu'une personne peut soit recevoir un message d'alertes, soit ne pas en recevoir; elle ne peut donc être dans les deux situations en même temps. L'évaluateur est alors confronté au problème de trouver un contrefactuel valide qui sera utilisé pour estimer l'effet des alertes météorologiques sur les bénéficiaires.

Plusieurs méthodes ont été développées pour surmonter ce problème dont les plus importantes sont l'assignation aléatoire, l'appariement sur le score de propension, l'estimateur de la différence des différences, les données de panel, les séries chronologiques et enfin, les variables instrumentales. Comme il sera constaté dans les paragraphes suivants, ces méthodes, qui ne sont pas mutuellement exclusives, utilisent généralement des informations provenant de deux groupes ou plus, d'un même groupe, mais à des moments différents, ou une combinaison des deux techniques pour mesurer les effets d'une intervention publique. Par ailleurs, les évaluateurs les utilisent de manière complémentaire afin d'améliorer la rigueur de leurs évaluations, notamment pour tester dans quelle mesure les résultats de leurs analyses sont sensibles aux méthodes utilisées.

4.4.1 L'assignation aléatoire

L'assignation aléatoire consiste à constituer de manière aléatoire deux groupes de personnes vulnérables à la chaleur et au smog. Les membres du premier groupe, appelé groupe expérimental, recevront des messages d'alertes de chaleur et de smog alors que les membres du groupe témoin n'en recevront pas. Puisque l'appartenance à l'un ou l'autre groupe est le fruit du hasard, les deux groupes sont, en principe, équivalents et de ce fait, le groupe témoin constitue une base valide pour estimer la situation qui aurait prévalu sans le système d'alertes de vagues de chaleur et d'épisodes de smog.

Lorsque les données relatives aux indicateurs de mesure des effets sont compilées, des analyses statistiques relativement simples, notamment les tests de différence de moyennes entre le groupe expérimental et le groupe témoin et les ANOVA, sont utilisées pour calculer l'effet de l'exposition aux alertes de vagues de chaleur et d'épisodes de smog. Sur la base de ces calculs, on peut ainsi conclure qu'un SAM réduit le nombre de décès causés par la chaleur et le smog lorsque la proportion de personnes du groupe expérimental qui sont décédées lors de ces épisodes est inférieure à celle du groupe témoin.

Il faut noter toutefois que le modèle expérimental n'est pas toujours faisable à cause des considérations pratiques, politiques ou éthiques. Ainsi, ce modèle est difficilement utilisable dans l'évaluation des alertes météorologiques qui sont diffusées par les médias et qui de ce fait, sont accessibles au grand public. Dans ce type d'interventions, l'évaluateur n'a pas de contrôle sur les personnes qui recevront les messages et sur celles qui ne le recevront pas. Les gestionnaires des SAM peuvent être également réticents à l'idée de désigner de manière aléatoire les membres du groupe expérimental et du groupe témoin. Les personnes qui ne reçoivent pas de messages d'alertes (groupe témoin) sont considérées dans ce cas comme étant moins protégées de la chaleur et du smog que les personnes qui reçoivent ces messages (groupe expérimental).

La difficulté d'utiliser le modèle expérimental expose les études d'évaluation des effets au problème du biais de sélection. Le biais de sélection désigne « ... des processus et des événements qui ne sont pas sous le contrôle du chercheur et qui font en sorte que certains membres de la population-cible ont une plus forte probabilité que d'autres de participer au programme évalué (...). Ces différences préexistantes, lorsqu'elles sont corrélées avec les variables de mesure des effets, sont appelées biais de sélection. »². (Rossi *et al.*, 1999 : 241). Le biais de sélection est donc présent lorsque le groupe expérimental n'est pas équivalent au groupe témoin. Il constitue une menace sérieuse à la validité interne de l'estimation des effets des SAM. C'est le cas par exemple lorsque le groupe expérimental est composé de personnes qui sont moins vulnérables à la chaleur que le groupe témoin. La comparaison entre les deux groupes aboutirait dans ce cas à des conclusions erronées à cause de ces différences. Plus particulièrement, l'évaluateur peut constater que la proportion de décès dans le groupe expérimental est inférieure à celle du groupe témoin et attribuer cet écart aux alertes météorologiques alors qu'en réalité, cette différence entre les deux groupes existait avant même la mise en service du SAM. Les méthodes d'évaluation des effets présentées dans les sections suivantes sont utilisées pour atténuer les biais de sélection.

4.4.2 L'appariement sur le score de propension

Les méthodes d'appariement ont pour objet de corriger les biais de sélection qui sont dus à des différences observables entre les participants et les non-participants à un SAM (Dehejia et Wahba, 2002). Par différences observables, il faut entendre les caractéristiques des membres des deux groupes que l'évaluateur est capable de mesurer dans le cadre de l'évaluation d'un SAM, comme l'état de santé et la perception du risque de la chaleur et du smog. L'appariement consiste à former un groupe témoin qui est semblable au groupe

² Traduction libre.

expérimental³, et ce, sur une série de variables qui expliquent l'exposition des personnes aux messages d'alertes de vagues de chaleur et d'épisodes de smog. Un groupe témoin pourrait ainsi être constitué sur la base des critères qui ont été utilisés pour constituer la liste des personnes qui ont reçu des messages d'alertes, comme l'âge des bénéficiaires, la présence de maladies cardiovasculaires et respiratoires, le revenu, etc. Lorsque les critères d'admissibilité ne sont pas bien définis, le groupe témoin pourrait aussi être constitué en tenant compte des facteurs qui déterminent la vulnérabilité à la chaleur et au smog. Le but de cet exercice est de constituer un groupe témoin dont les membres ont la même chance d'être sélectionnés pour recevoir les messages d'alertes que les membres du groupe expérimental.

La difficulté d'apparier chaque bénéficiaire des messages d'alertes à une personne qui n'en a pas bénéficié, mais qui a les mêmes caractéristiques, constitue un grand défi de cette méthode. Cela devient quasiment impossible lorsqu'il y a plusieurs facteurs qui sont utilisés pour recruter les bénéficiaires des systèmes d'alertes de vagues de chaleur et d'épisodes de smog (Becker et Ichino, 2002).

L'appariement sur le score de propension (*Propensity score matching*) permet de résoudre ce problème (Rosenbaum et Rubin, 1983). Le score de propension désigne, ici, la probabilité pour un individu de recevoir des messages d'alertes, compte tenu d'un ensemble de caractéristiques observables (Rosenbaum et Rubin, 1983). Cette technique est de plus en plus utilisée en évaluation de programmes (Fu *et al.*, 2006; Nguyen *et al.*, 2006; Trujillo, Portillo et Vernon, 2005). Elle consiste à appairer les participants et les non-participants au SAM sur la base du score de propension de recevoir des messages d'alertes au lieu de leurs caractéristiques.

L'appariement sur le score de propension est une méthode plus efficace pour constituer un groupe témoin. Elle permet d'apparier les individus en utilisant une seule variable, soit le score de propension, au lieu du vecteur de variables qui a servi à calculer ce score.

Trois étapes sont distinguées dans le processus d'appariement sur le score de propension. La première étape consiste à sélectionner un échantillon de bénéficiaires et de non-bénéficiaires des alertes météorologiques et d'utiliser les techniques de régression logistique ou un probit pour calculer la probabilité de chacun des membres de l'échantillon de bénéficier de ces alertes. L'évaluateur doit, à cet effet, choisir une liste de variables pertinentes, comme les facteurs de risque à la chaleur et au smog ou les critères d'admissibilité, pour prédire la participation au SAM.

Ensuite, il faut idéalement appairer chaque bénéficiaire du SAM avec un non-bénéficiaire qui a le même score de propension. Le but étant de constituer un groupe témoin dont les membres ont les mêmes scores de propension que les membres du groupe expérimental. Toutefois, le score de propension est une variable continue et, de ce fait, il est quasiment

³ Les auteurs sont conscients que l'utilisation des termes groupe expérimental et groupe témoin n'est pas totalement adéquate dans le cas des méthodes non expérimentales. Pour alléger le texte, le terme groupe expérimental est néanmoins utilisé pour désigner les participants à l'étude qui recevront les messages d'alertes et le terme groupe témoin pour désigner les personnes qui participent à l'étude, mais qui ne recevront pas les messages d'alertes.

impossible de trouver deux observations qui ont le même score de propension (Becker et Ichino, 2002). Pour surmonter ce problème, plusieurs méthodes ont été développées dont les plus couramment utilisées sont les suivantes : *Nearest-Neighbor matching method*, *stratification method*, *radius matching method* et *Kernel matching method* (Becker et Ichino, 2002).

La dernière étape consiste à comparer le groupe expérimental et le groupe témoin sur la base des indicateurs de mesure des effets du SAM, comme la proportion de personnes qui sont au courant des vagues de chaleur et des épisodes de smog, la proportion des personnes qui ont été hospitalisées durant ces épisodes, etc.

La méthode d'appariement sur le score de propension est basée sur l'hypothèse que l'appariement sur le score de propension permet de constituer un groupe de contrôle qui est équivalent au groupe de bénéficiaires des SAM. L'idée étant qu'après avoir contrôlé les facteurs observables qui expliquent la participation au SAM, toute différence constatée entre les deux groupes est soit due à l'exposition aux messages d'alertes, soit due au hasard. Cette hypothèse est difficilement défendable à cause de l'existence de différences non observables entre les deux groupes, et ce, même après avoir pris en compte les critères de sélection des bénéficiaires. En effet, dans la plupart des SAM par téléphone, les alertes de vagues de chaleur et d'épisodes de smog sont adressées aux personnes qui, d'une part, remplissent les critères d'admissibilité et, d'autre part, qui consentent à recevoir ces messages. Dès lors, plusieurs facteurs qui motivent la participation des personnes aux systèmes d'alertes téléphoniques ne sont pas accessibles à l'évaluateur, et lorsque ces facteurs sont corrélés avec les variables de mesure des effets, elles constituent une menace à la validité de ces mesures. C'est le cas lorsque parmi les personnes qui sont admissibles à un projet d'alertes de chaleur et de smog, celles qui se considèrent très vulnérables à ces phénomènes s'inscrivent davantage dans le SAM que les autres membres du groupe. Si on ne tient pas compte de cette différence de perception du risque de la chaleur et du smog dans le calcul du score de propension, les effets des messages d'alertes sur le comportement peuvent être surestimés parce que les personnes qui ont reçu ces messages ont naturellement tendance à adopter les comportements recommandés.

4.4.3 L'estimateur de la différence des différences

L'existence des données sur la situation avant la mise en service du SAM permet d'utiliser l'estimateur de la différence des différences pour atténuer les biais de sélection qui ne sont pas observables (Abadie, 2005; Heckman *et al.*, 1997; Khandker *et al.*, 2010). Comme c'est le cas de l'appariement, l'estimateur de la différence des différences exige de former un groupe expérimental et un groupe témoin de personnes vulnérables à la chaleur et au smog. Le premier groupe est composé des personnes qui reçoivent des messages d'alertes et le deuxième groupe des personnes qui n'en reçoivent pas.

Pour calculer l'effet du SAM, il faut tout d'abord calculer au sein de chaque groupe la différence entre la situation avant et après la mise en service du système d'alertes de vagues de chaleur et d'épisodes de smog. Les mesures peuvent porter par exemple sur le degré de respect d'une liste de comportements qui sont recommandés par les autorités de santé publique lors d'une vague de chaleur et de smog. Le résultat obtenu est utilisé dans

une deuxième étape pour comparer les deux groupes, particulièrement pour savoir si les personnes qui ont reçu les messages ont une plus grande tendance à adopter les comportements recommandés que les personnes qui n'ont pas reçu de messages. Toute différence constatée est alors attribuée aux messages d'alertes.

L'estimateur de la différence des différences est basé sur l'hypothèse que les différences entre les deux groupes qui ne sont pas dues au SAM demeurent constantes dans le temps, que ces différences soient observables ou non observables (Abadie, 2005; Heckman *et al.*, 1997). Si on reprend l'exemple précédent, les résultats de ce modèle sont valides lorsque les différences comportementales initiales entre les deux groupes ne changent pas dans le temps. Toutefois, lorsque ces différences s'accroissent ou se réduisent naturellement dans le temps, elles peuvent biaiser l'estimation des effets (Abadie 2005; Heckman *et al.*; 1997).

Il est possible de combiner les techniques d'appariement sur le score de propension et l'estimateur de la différence des différences pour traiter les biais de sélection qui sont causés par des facteurs observables qui varient dans le temps ainsi que les biais de sélection qui sont dus à des facteurs non observables, mais qui sont constants dans le temps (Heckman *et al.*, 1997; Abadie, 2005). De ce fait, cette méthode est plus rigoureuse que l'appariement sur le score de propension ou à l'estimateur de la différence des différences prises séparément (Abadie, 2005; Heckman *et al.*, 1997). Elle ne permet pas toutefois de contrôler les différences non observables entre les deux groupes qui changent dans le temps.

4.4.4 Les données de panel

Les techniques d'analyse des données de panel sont une généralisation de l'estimateur de la différence des différences (Khandker, 2010). Ces techniques peuvent être utilisées lorsqu'une personne ne reçoit pas systématiquement des messages d'alertes lors des vagues de chaleur et des épisodes de smog. Dans ce cas, il est possible de constituer une base de données longitudinale sur la base de sondages auprès des personnes vulnérables lors de l'avènement des vagues de chaleur et des épisodes de smog et des données sur l'état de santé de ces personnes. L'exploitation de cette base de données permet alors de comparer le comportement de la personne avec elle-même, mais aussi avec les autres personnes.

Les techniques d'analyse des données de panel ont pour avantage de contrôler les biais de sélection causés par les facteurs qui varient dans le temps, mais qui sont observables, c'est-à-dire les variables incluses dans la régression, ainsi que les facteurs non observables, mais qui sont constants dans le temps, comme le genre, l'origine ethnique, etc. Elles sont, par conséquent, parmi les devis d'évaluation des effets les plus rigoureux. Cette technique ne permet pas toutefois de contrôler les différences non observables entre les deux groupes qui changent dans le temps.

Un modèle d'analyse de données de panel a été utilisé par Das *et al.* (2012) pour estimer l'effet d'un programme de prévention des effets des vagues de chaleur sur la mortalité dans l'État d'Odisha en Inde. L'auteur a comparé sur 12 ans (1998-2010) le nombre de décès causés par la chaleur des 17 districts qui ont bénéficié du programme avec celui des 13 districts qui n'en ont pas bénéficié, tout en tenant compte des caractéristiques

socioéconomiques et des vagues de chaleur de chaque district. Les résultats de l'étude indiquent que le programme a pour effet de réduire le nombre de décès causés par la chaleur.

4.4.5 Les séries chronologiques

Les séries chronologiques sont généralement utilisées pour estimer l'effet de la chaleur sur la mortalité (Doyon, 2006; Fateh *et al.*, 2012; Fouillet *et al.*, 2007). Elles consistent à suivre sur une longue période la relation entre les vagues de chaleur et le nombre de décès enregistrés sur un territoire donné. Ces techniques sont également utilisées pour évaluer les effets des alertes météorologiques sur la réduction du nombre de décès causés par les vagues de chaleur.

Pour bien illustrer l'utilisation des séries chronologiques, prenons le cas d'un pays qui a mis en service un SAM en 2010 et qui veut estimer l'effet de ce système sur le nombre de décès causés par les vagues de chaleur. La procédure consiste à estimer l'excès de mortalité causé par cet aléa en utilisant les données des 20 ou des 30 années qui précèdent 2010. Cette estimation est utilisée comme contrefactuel, c'est-à-dire comme mesure du nombre d'excès de mortalité qui aurait été enregistré en l'absence des SAM durant les années 2010 à 2013. On estime par la suite l'excès de mortalité des vagues de chaleur pour les années 2010-2013, période durant laquelle le SAM était mis en service. La comparaison entre les 2 estimations permet de calculer l'effet du SAM sur la réduction des décès causés par les vagues de chaleur (Fouillet *et al.*, 2008; Kalkstein *et al.*, 2011).

Cette méthode présente deux problèmes essentiels. Le premier a trait à la validité de l'estimation de l'excès de la mortalité causé par la chaleur. La technique utilisée à ce niveau consiste à comparer le nombre de décès lors des vagues de chaleur avec le nombre de décès dans les périodes normales. Étant donné que les vagues de chaleur et les périodes de température normale ne surviennent pas en même temps, nous sommes confrontés au problème de trouver un contrefactuel valide pour estimer l'effet des vagues de chaleur sur le nombre de décès. Le deuxième problème a trait à la validité d'utiliser les données du passé comme base de référence pour comparer l'excès de mortalité des périodes futures. La vulnérabilité à la chaleur et au smog a tendance à diminuer en fonction de l'évolution de la technologie, de l'amélioration du niveau de vie ainsi que du développement des connaissances relatives aux effets de ces aléas sur la santé et aux moyens de les atténuer. L'écart entre les deux périodes peut ne pas être dû à l'implantation du SAM, mais plutôt à l'amélioration des capacités d'adaptation des individus et de la société dans son ensemble, comme l'amélioration des services d'urgence ou des soins infirmiers.

4.4.6 Les variables instrumentales

Les techniques des variables instrumentales ont pour objectif de minimiser les biais causés par des facteurs non observables. Le principe qui sous-tend cette technique consiste à utiliser comme instruments des variables qui remplissent les deux conditions suivantes. Premièrement, les variables instrumentales doivent avoir une bonne capacité de prédiction de la participation aux systèmes d'alertes météorologiques. Deuxièmement, ces variables ne doivent pas avoir une influence sur les variables de mesure des effets des alertes

météorologiques, mais uniquement au moyen de leur influence sur la participation aux SAM. En l'absence du SAM, les variables instrumentales ne sont pas censées être corrélées avec les variables d'effets. À titre d'exemple, bien que l'âge prédise bien les personnes qui recevront des messages d'alertes (condition 1), il ne peut être pris comme instrument. La raison tient au fait que l'âge figure aussi parmi les facteurs qui expliquent la mortalité causée par les vagues de chaleur (violation de la condition 2). La difficulté de trouver des variables qui remplissent ces deux conditions constitue la principale limite de cette technique (Trujillo et autres, 2005).

4.5 L'ÉVALUATION DE PROGRAMMES EST L'ART DU POSSIBLE

Dans les sections précédentes, plusieurs méthodes d'évaluation des effets des SAM sur la réduction des effets néfastes de la chaleur et du smog sur la santé de la population ont été présentées. Il faut noter toutefois que la capacité d'utiliser ces méthodes dépend du contexte particulier de chaque évaluation. Ainsi, il est possible d'utiliser l'assignation aléatoire pour évaluer les projets pilotes d'alertes météorologiques. Les décideurs peuvent choisir au hasard des sites dans lesquels des SAM vont être expérimentés ou au sein d'un site en particulier, les personnes qui bénéficieront des messages d'alertes. Le choix des méthodes d'évaluation est, par contre, très restreint dans le cas des SAM qui sont déjà en place. La constitution de groupes témoins est possible lorsque le SAM ne couvre qu'une partie des personnes ou des territoires qui sont vulnérables à la chaleur et au smog. C'est le cas par exemple lorsqu'un établissement de santé décide de sa propre volonté de mettre en place un système d'alertes à la chaleur et au smog. Dans ces conditions, il est possible de comparer le comportement des personnes qui ont reçu des messages d'alertes avec le comportement d'un groupe témoin constitué de la population desservie par un établissement qui n'a pas mis en place un système d'alertes. Puisque l'assignation n'est pas aléatoire, il est fort probable que la simple comparaison entre les deux groupes produise des résultats qui ne sont pas valides. Il faut, dans ce cas, utiliser d'autres méthodes pour contrôler le biais de sélection, comme la prise des mesures avant et après la mise en service du SAM et la constitution du groupe témoin selon les critères de sélection des bénéficiaires du SAM. Pour certaines variables de mesure des effets, des archives sont disponibles qui permettent d'obtenir des mesures de la situation avant et après la mise en service du système même si ces informations n'ont pas été collectées spécifiquement pour l'évaluation. C'est le cas des archives relatives au nombre d'hospitalisations et de décès et aux vagues de chaleur qui sont habituellement utilisées dans les études longitudinales visant à estimer l'effet de la chaleur sur la santé de la population.

Dans certaines circonstances, aucune des méthodes proposées ici n'est faisable. Dans ce cas, on peut recourir à des devis qui sont moins rigoureux, mais tout en étant conscient de leurs faiblesses. Ainsi, plusieurs évaluations se limitent à réaliser des sondages auprès des personnes qui ont reçu des messages d'alertes dans les jours qui suivent une vague de chaleur ou de smog (Sheridan, 2007; Kalkstein et Sheridan, 2007). Il est notamment demandé aux répondants d'indiquer dans quelle mesure leur comportement a été influencé par les messages d'alertes. Ces méthodes sont basées implicitement sur le postulat que les individus sont en mesure d'établir un lien de causalité entre l'exposition aux messages et leur comportement. Plus précisément, on part du principe que 1) les gens sont capables de déterminer correctement le comportement qu'ils auraient adopté sans les messages

d'alertes, 2) de le comparer au comportement réel et 3) de rapporter fidèlement les résultats de cette comparaison. Or, les limites cognitives des individus peuvent donner lieu à des estimations moins précises des effets des alertes météorologiques. Des personnes qui sont soucieuses de la survie du SAM peuvent également être tentées de surestimer sciemment les effets positifs et à sous-estimer les effets négatifs (comportement stratégique).

Devant l'impossibilité de constituer un groupe témoin, l'évaluateur peut également comparer la situation avant et après la mise en service d'un SAM. La différence constatée peut être attribuée dans ce cas aux alertes de vagues de chaleur et d'épisodes de smog. Mais, il faut être conscient que cette méthode est basée sur le postulat qu'en l'absence du SAM, le comportement des individus demeure le même. Or, le comportement change dans le temps. Plus particulièrement, le vieillissement peut avoir comme effet une prise de conscience accrue de la vulnérabilité à la chaleur et au smog et par conséquent, une plus grande disposition à adopter les comportements qui protègent de leurs effets négatifs sur la santé.

Il faut noter enfin que les autorités de la santé publique doivent posséder une bonne capacité d'évaluation afin de pouvoir utiliser correctement les méthodes mentionnées plus haut dans l'évaluation de leurs SAM. Cela inclut le recrutement du personnel possédant de l'expertise dans les méthodes d'évaluation, notamment les méthodes de recherche qualitatives et quantitatives, et la communication des résultats des évaluations. Les autorités de la santé publique doivent également consacrer des budgets importants aux activités d'évaluation. Par ailleurs, le soutien de la haute direction est un important levier qui permet d'exploiter efficacement les capacités d'évaluation disponibles pour produire des informations fiables sur la pertinence, la mise en œuvre et les effets du SAM. Lorsque les capacités d'évaluation ne sont pas disponibles à l'interne, les autorités de la santé publique peuvent confier l'évaluation de leur SAM aux organisations possédant l'expertise nécessaire comme les universités et les bureaux d'études spécialisés dans l'évaluation de programmes et l'analyse des politiques publiques.

CONCLUSION

Le réchauffement climatique s'accompagne par des vagues de chaleur et des épisodes de smog plus intenses et plus fréquents qu'auparavant. Les études indiquent que ces phénomènes sont la cause d'un excès de mortalité, notamment parmi les personnes âgées, souffrant de maladies chroniques et provenant des milieux défavorisés. La mortalité causée par la chaleur et la dégradation de la qualité de l'air est devenue, au fil du temps, un problème de santé publique nécessitant l'intervention de l'État. À cet égard, plusieurs autorités de santé publique, tant à l'échelle nationale que locale, ont implanté des SAM comme éléments de leur stratégie d'adaptation aux changements climatiques. Devant l'utilisation accrue des SAM, il devient important de se doter de cadres d'analyse et de méthodes pour évaluer leur contribution à la protection de la population des effets néfastes de la chaleur et du smog.

Dans ce document, un guide d'évaluation des systèmes d'alertes pour les personnes vulnérables à la chaleur et au smog a été présenté. Plus précisément, il a été proposé dans ce guide un cadre d'analyse qui servirait de base pour déterminer les dimensions ainsi que les indicateurs d'évaluation des SAM. Les principales méthodes d'évaluation ont également été exposées et pourront être utilisées à cet effet. Comme il a été mentionné plus haut, les indicateurs et les méthodes utilisées doivent être adaptés au contexte particulier de chaque évaluation. Selon les SAM, des indicateurs peuvent s'avérer moins pertinents alors que certaines méthodes ne peuvent pas être utilisées. Il revient alors à l'évaluateur la tâche difficile de choisir les meilleures méthodes parmi la liste de celles qui sont faisables, étant donné les possibilités et les contraintes du contexte du système d'alerte à évaluer.

RÉFÉRENCES

- Abadie, A. (2005) Semiparametric difference-in-difference estimators. *The Review of Economic Studies*. 72 : 1-19.
- Abrahamson, V. et Raine, R. (2009) Health and social care responses to the Department of Health Heatwave plan. *Journal of Public Health*. 31 (4) : 478-489.
- Ajzen, I. (1985) From intentions to actions : A theory of planned behavior. In J. Kuhl & J. Beckmann (Eds.). *Action-control : From cognition to behavior. Heidelberg, Germany, Springer*: 11-39.
- Ajzen, I. (2002) *Constructing a TpB Questionnaire: Conceptual and Methodological Considerations*. Accessible au : <http://www.unibielefeld.de/ikg/zick/ajzen%20construction%20a%20tpb%20questionnaire.pdf>. Consulté le 25 avril 2013.
- Ajzen, I. (2011) Job satisfaction, effort, and performance: A Reasoned action perspective. *Contemporary Economics*. 25 (4): 32-43.
- Armitage, C. et Conner, M. (2001) Efficacy of the theory of planned behaviour: A meta-analytic review. *British Journal of Social Psychology*. 40: 471-499.
- Basher, R. (2006) Global early warning systems for natural hazards: systematic and people-centered. *Philosophical Transactions of the Royal Society*. 364: 2167-2182.
- Bassil, K.L. et Cole, C.D. (2010) Effectiveness of public health interventions in reducing morbidity and mortality during heat episodes: a structured review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 7: 991-1001.
- Basu, R., Dominici, F. et Samet, J.M. (2005) Temperature and mortality among the elderly in the United States: A comparison of epidemiologic methods. *Epidemiology*. 16 (1): 58-66.
- Becker, S. et Ichino, A. (2002) Estimation of average treatment effects based on propensity scores. *The Stata Journal*. 2 (4) : 358-377.
- Bélanger, D. et collaborateurs (2006) *Vagues de chaleur au Québec méridional : adaptations actuelles et suggestions d'adaptations futures*. INSPQ.
- Bélanger, D. et Godin, G. (2003) La psychologie sociale au service de la santé publique et de l'environnement. Dans Michel Guérin et collaborateurs : *Environnement et santé publique : Fondements et pratiques*. Edisem : 277-290.
- Bleakley, A., Hennessy, M., Fishbein, M. et Jordan, A. (2011) Using the Integrative Model to Explain How Exposure to Sexual Media Content Influences Adolescent sexual behavior. *Health Education Behavior*. 38 (5): 530-540.
- Brunekreef, B. and Holgate, S. (2002) Air pollution and health. *Lancet*. 360: 1233-42.

- Buset, C. et collaborateurs (2008) Qualité de l'air, changements climatiques et santé. Dans Séguin, J. *Santé et changements climatiques : Évaluation des vulnérabilités et de la capacité d'adaptation au Canada*. Ottawa, Santé Canada : 129-192.
- Bustanza, R., Toutant, S., Gosselin, P. et Bélanger, D. (2011) *Système intégré des données de vigie et surveillance des aléas hydrométéorologiques et géologiques (SIDVS-AHG)*. Évaluation de l'utilisation du volet chaleur au cours de l'été 2010. INSPQ.
- Chau, P.H., Chan, K.C. et Woo, J. (2009) Hot weather warning might help to reduce elderly mortality in Hong Kong. *International Journal of Biometeorology*. 53: 461-468.
- Chebana, F., Martel, B., Gosselin, P., Giroux, J. et Ouarda, T. (2012) A general and flexible methodology to define thresholds for heat health watch and warning systems, applied to the province of Québec (Canada). *International Journal of Biometeorology*. DOI 10.1007/s00484-012-0590-2.
- CRUE (2008) *Effectiveness, efficiency and early warning system for flash-floods. Research report n1-5*. Accessible au : http://www.crue-eranet.net/images/EWASE_factsheet.pdf. Consulté le 24 avril 2013.
- Das, S. et Smith, S. (2012) Awareness as an adaptation strategy for reducing mortality from heat waves: Evidence from a disaster risk management program in India. *Climate Change Economics*. 3 (2): 1-29.
- Dehejia, R. et Wahba, S. (2002) Propensity score-matching methods for non-experimental causal studies. *The Review of Economics and Statistics*. 84 (1) : 151-161.
- Doyon, B., Bélanger, D. et Gosselin, P. (2006) *Effets du climat sur la mortalité au Québec méridional de 1981 à 1999 et simulations pour des scénarios climatiques futurs*. Québec, Institut National de santé publique.
- Ebi, K., Teisberg, T., Kalkstein, L., Robinson, L. et Weiherheat, R. (2004) Watch/Warning systems save lives. Estimated costs and benefits for Philadelphia 1995-98. *American Meteorological Society* : 1067-1073.
- Environnement Canada (2001) *Opinion publique sur les avertissements météorologiques*. Rapport final.
- Environnement Canada (2011) *Sondage de 2011 sur la qualité du service rendu par les Services météorologiques et environnementaux*. Rapport final.
- Environnement Canada (2012) *Sondage national de 2012 sur les services météorologiques et environnementaux*. Rapport final.
- Fassiatou, O., Bélanger, D. et Gosselin, P. (2010) *Proposition d'indicateurs aux fins de vigie et de surveillance des troubles de la santé liés à la chaleur*. INSPQ.
- Fishbein, M. (2008) A Reasoned Action Approach to Health Promotion. *Medical Decision Making*, Nov-Dec: 834-844.
- Fishbein, M. et Ajzen, I. (1975) Belief, attitude, intention, and behavior: An introduction to theory and research. Reading, MA, Addison-Wesley.

- Fouillet et collaborateurs (2008) Has the impact of heat waves on mortality changed in France since the European heat wave of summer 2003? A study of the 2006 heat wave. *International Journal of Epidemiology*. 37: 309-317.
- Fu, A., William, H. et Gordon, G. (2006) Propensity score and difference-in-difference methods: A study of second-generation antidepressant use in patients with bipolar disorder. *Health Services Outcomes Research Methods*. 7 (1-2): 23-38.
- Gagné, C. et Godin, G. (1999) *Les théories sociales cognitives : Guide pour la mesure des variables et le développement de questionnaire*. Accessible au : http://www.godin.fsi.ulaval.ca/Fichiers/Rapp/Guide_mesure_variables.pdf. Consulté le 25 avril 2013.
- Giguère, M. et Gosselin, P. (2006) *Événements climatiques extrêmes et santé. Examen des initiatives actuelles d'adaptation aux changements climatiques au Québec*. INSPQ.
- Gosselin, P. et collaborateurs (2012) *Vigilance météorologique santé*. Description du projet conjoint Environnement Canada-INSPQ.
- Government of Canada (2013) *Canadian Smog Science Assessment – Highlights and Key Messages*. Library and Archives Canada cataloguing in publication. ISBN 978-1-100-19064-8
- Gouvernement du Canada (2009) *Politique sur l'évaluation*. Accessible au : <http://www.tbs-sct.gc.ca/pol/doc-fra.aspx?id=15024>. Consulté le 25 avril 2013.
- Hajat, S. et Kosatsky, T. (2010) Heat-related mortality: a review and exploration of heterogeneity. *Journal of Epidemiology and Community Health*. 64: 753-760.
- Heckman, J., Ichimura, H. et Todd, P.E. (1997) Matching as an econometric evaluation estimator: Evidence from evaluating a Job Training Program. *The Review of Economic Studies*, 64: 605-654.
- Hill, C., Abraham, C. et Wright, D.B. (2007) Can theory-based messages in combination with cognitive prompts promote exercise in classroom settings? *Social Science & Medicine*. 65: 1049-1058.
- Huppé, V.; Nguon, S. and Courteau, M. (2013) *Service automatisé d'alertes téléphoniques de la Côte air santé : étude de l'observance des recommandations de santé transmises chez un groupe de patients vulnérables à la qualité de l'air*. Institut national de santé publique. Accessible au : http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/1646_CoteAirSante_ObservRecommSante.pdf. Consulté le 30 septembre 2013.
- Kalkstein, A.J. et Sheridan, S.C. (2007) The social impacts of the heat–health watch/warning system in Phoenix, Arizona: assessing the perceived risk and response of the public. *International Journal of Biometeorology*. 52: 43-55.
- Kalkstein, L.S., Scott, G., Mills, D.M. et Samenow, J. (2011) An evaluation of the progress in reducing heat-related human mortality in major U.S. cities. *Natural Hazard*. 56: 113-129.

- Khandker, S., Koolwal, G. et Samad, H. (2010) Handbook on impact evaluation. Quantitative methods and practices. Washington, *The World Bank*.
- Knowlton et collaborateurs (2009) The 2006 California heat wave: Impacts on hospitalizations and emergency department visits. *Environmental Health Perspectives*. 117 (1): 61-67.
- Kovats, S.R. et Ebi, K.L. (2006) Heatwaves and public health in Europe. *European Journal of Public Health*. 16 (6): 592-599.
- Kysely J. et Kříž, B. (2008) Decreased impacts of the 2003 heat waves on mortality in the Czech Republic: an improved response? *International Journal of Biometeorology*. 52: 733-745.
- Maibach, E.W. et collaborateurs (2008) Climate change and local public health in the United States: Preparedness, programs and perceptions of local public health department directors. *Climate Change & Public Health*. 3 (7): 1-8.
- Mastrangelo, G., Fedeli, U., Visentin, C., Milan, G., Fadda, E. et Spolaore, P. (2007) Pattern and determinants of hospitalization during heat waves: an ecologic study. *BMC Public Health*. 7: 1-8.
- Matterne, U., Diepgen, T.L. et Weisshaar, E. (2012) A longitudinal application of three health behaviour models in the context of skin protection behaviour in individuals with occupational skin disease. *Psychology and Health*. 26 (9): 1188-1207.
- Ministère de la Santé des Services sociaux (2013) *Projet pilote de la Côte air santé au Québec*. Accessible au : <http://www.coteairsante.qc.ca/>. Consulté le 23 avril 2013.
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (2007) L'origine du smog. *Info Smog*. Accessible au : <http://www.mddep.gouv.qc.ca/air/info-smog/fiche-form.pdf>. Consulté le 24 avril 2013.
- Nguyen, A., Taylor, J. et Bradley, S. (2006) The Estimate effect of catholic schooling on educational outcomes using propensity score matching. *Bulletin of Economic Research*. 58 (4) : 285-307.
- Organisation Mondiale de la Santé (2002) *Quantification de certains risques majeurs pour la santé*. Accessible au : <http://www.who.int/whr/2002/en/chapter4fr.pdf>. Consulté le 24 avril 2013.
- Polivka, B.J., Chaudry, R.V. et Crawford, J.M. (2012) Public health nurses' knowledge and attitudes regarding climate change. *Environmental Health Perspectives*, 120 (3): 321-325.
- Reid, C. et collaborateurs (2009) Mapping community determinants of heat vulnerability. *Environmental Health Perspectives*. 117 (11): 1730-1736.
- Rosenbaum, P. et Rubin, D. (1983) The central role of the propensity score in observational studies for causal effects. *Biometrika*. 70 (1): 41-55.
- Rossi, P., Freeman, H. et Lipsey, M. (1999) Evaluation – A Systematic Approach. *Thousand Oaks, Sage Publication*.

- Santé Canada (2012) Élaboration de systèmes d'avertissement et d'intervention en cas de chaleur afin de protéger la santé. *Guide des pratiques exemplaires*.
- Semenza et collaborateurs (2008) Public perception and behavior change in relationship to hot weather and air pollution. *Environmental Research*. 107: 401-411.
- Sheridan S.C. (2007) A survey of public perception and response to heat warnings across four North American cities: an evaluation of municipal effectiveness. *International Journal of Biometeorology*. 52: 3-15.
- Smoyer-Tomic, K. et Rainham, D. (2001) Beating the heat: Development and evaluation of a Canadian Hot Weather Health-Response Plan. *Environmental Health Perspectives*. 109 (12): 1241-1248.
- Snyder, L.B. (2007) Health communication campaigns and their impact on Behavior. *Journal of Nutrition Education and Behavior*. 39:S32-S40
- Toutant, S., Gosselin, P., Bélanger, D. et Rivest, S. (2011) An open source web application for the surveillance and prevention of the impacts on public health of extreme meteorological events: The SUPREME system. *International Journal of Health Geographics*. 10 (39): 1-11.
- Trujillo, A., Portillo, J. et Vernon, J. (2005) The Impact of subsidized health insurance for the poor : Evaluating the Colombian experience using propensity score matching. *International Journal of Health Care Finance and Economics*. 5 : 211-239.
- United Nations (1997) *Report on early warning for hydrometeorological hazards including drought*.
- United Nations (2006) *Developing early warning system: A check list*. The third international conference on early warning system.
- United Nations (2012) *Early warning systems: A State of the art analysis and future directions*. ISBN : 978-92-807-3263-4. Accessible au : http://www.crue-eranet.net/images/EWASE_factsheet.pdf. Consulté le 24 avril 2013.
- Wilson, L; Giles, A. (2013) A new index for the verification of accuracy and timeliness of weather warnings. *Meteorological applications*. 20: 206–216.
- Wolff, K., Nordin, K., Brun, W., Berglund, G. et Kvale, G. (2011) Affective and cognitive attitudes, uncertainty avoidance and intention to obtain genetic testing: An extension of the Theory of Planned Behaviour. *Psychology and Health*. 26 (9): 1143-1155.
- World Meteorological Organization (2008) *Capacity assessment of national meteorological and hydrological services in support of disaster risk reduction*.
- Yzer, M. (2012) The Integrative Model of Behavioral Prediction as a tool for designing health messages. Dans Hyunyi Cho, *Health communication message design. Theory and practice*. Sage Publication: 21-40.

