



Analyse Morphologique Générale Dans La Gestion Des Urgences De Santé Publique : Un Examen Environnemental

Maria Acenas^{*1}, Liam Totten¹, Danylo Kostirko¹, and Benoit Hermant¹

COMBLEMENT DU FOSSÉ
doi.org/10.25071/gz1kfx32

Affiliations des auteurs

¹Unité d'évaluation des
risques et des capacités,
Agence de la santé publique
du Canada

*Correspondance à :

Maria Acenas
mariaacenas@gmail.com

Reçu : 26 juin 2024

Publié : 10 Septembre 2025

Langue reçue : Anglais

© 2025 The Author(s) or
their employer(s). Published
by the Canadian Journal of
Emergency Management.
This is an open access article
distributed under the Crea-
tive Commons Attribution-
Non Commercial 4.0 Interna-
tional License (CC BY-NC
4.0).

Résumé

Contexte : La gestion des urgences de santé publique (GUSP) est caractérisée par une incertitude inhérente, découlant de la nature imprévisible de certaines urgences et de l'interaction entre les menaces pour la santé publique et leurs facteurs déterminants. Les praticiens de la GUSP doivent continuellement développer et adapter des méthodes pour gérer cette incertitude. L'analyse morphologique générale (AMG) est une méthode de modélisation de scénarios assistée par ordinateur qui peut traiter des problèmes complexes et incertains. L'AMG (Analyse Morphologique Générale – General Morphological Analysis) examine les composantes d'un problème complexe et permet aux praticiens d'envisager les liens et résultats potentiels. Grâce à des étapes itératives, l'AMG peut générer de nouvelles connaissances et perspectives dans l'élaboration de scénarios afin de faciliter la prise de décision et la planification dans le cadre de la GUSP.

Méthode : Une analyse environnementale a été conçue afin d'identifier les articles ayant utilisé l'AMG comme l'une des principales méthodologies pour soutenir la gestion des aléas naturels, avec une extrapolation potentielle à la GUSP. Les bases de données académiques comprenaient PubMed et ResearchGate. Une vaste stratégie de recherche a été appliquée pour examiner la littérature grise, y compris Google Scholar.

Résultats : Cette analyse environnementale a permis d'identifier dix exemples d'utilisation de l'AMG présentant une pertinence pour la GUSP, dans plusieurs pays et organisations. Les exemples cités dans la littérature ciblaient soit un risque naturel spécifique, soit, de manière plus générale, l'ensemble des aléas naturels connus. Les résultats peuvent être

regroupés en trois catégories interconnectées : (a) la modélisation de scénarios pour la gestion des catastrophes naturelles, (b) les outils de développement de stratégies et de hiérarchisation des priorités, et (c) les outils d'aide à la décision pour les équipes de gestion des urgences.

Conclusion : L'AMG peut faciliter l'élaboration de scénarios et de stratégies afin d'éclairer la prise de décision quant aux mesures à prendre pour faire face aux incertitudes. Cette méthode de modélisation fait appel à des experts en la matière pour mettre en évidence des liens et des résultats imprévus lors de la gestion de problèmes complexes, comme ceux observés dans le cadre de la GUSP. Les recherches futures pourraient porter sur l'application de l'AMG à la GUSP dans un contexte canadien. Actuellement, l'Agence de la santé publique du Canada applique l'AMG à des événements cycliques (p. ex., feux de forêt, inondations, vagues de chaleur extrême et autres événements météorologiques extrêmes) afin de créer des scénarios selon une perspective GUSP. Les pratiques futures devraient intégrer l'AMG avec d'autres méthodologies de la GUSP afin d'améliorer les stratégies de prévention, de préparation, d'intervention et de rétablissement face aux futures urgences de santé publique.

Mots-clés : AMG, santé publique, gestion des urgences, aléas naturels

1 Introduction

Une gestion efficace des urgences de santé publique (GUSP) est essentielle pour atténuer les effets des aléas naturels, tels que les incendies de forêt, qui peuvent entraîner des conséquences importantes sur la santé publique, notamment une demande accrue de services de santé et un risque de maladies chroniques (Giorgadze et al., 2011 ; Rose et al., 2017). Plus précisément, la GUSP peut

être définie comme l'intégration des connaissances, des techniques et des principes de la santé publique (SP) et de la gestion des urgences (GU) afin de répondre à des situations d'urgence complexes affectant le système de santé et la santé de la population (Rose et al., 2017). De plus, la pandémie de COVID-19 a mis en évidence des lacunes au sein du système de SP en raison de ressources et d'outils insuffisants, entraînant des défis critiques et une vulnérabilité face à de nouvelles menaces émergentes (Agence de la santé publique du Canada, 2021). Ainsi, un besoin a été identifié spécifiquement pour les organisations de GU afin de promouvoir l'amélioration et l'innovation continues pour renforcer la résilience et mieux répondre aux nouvelles menaces (Sécurité publique Canada, 2025).

Au Canada, la GUSP est une responsabilité partagée entre les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux, qui ont pour mandat de coordonner les interventions visant à atténuer, à se préparer, à intervenir et à surmonter un large éventail de menaces pour la santé publique (Sécurité publique Canada, 2017). Dans le cadre de cet effort coordonné, la planification de scénarios constitue un cadre organisationnel essentiel, soutenant des activités telles que la planification basée sur les capacités, l'allocation des ressources et d'autres activités de préparation (Hales & Chouinard, 2011 ; Hoerger et al., 2022 ; Neiner et al., 2004). La planification de scénarios offre une approche prospective en développant et en analysant des scénarios hypothétiques possibles afin d'éclairer la prise de décision face à l'incertitude (Bin Nafisah, 2021).

L'incertitude est un aspect inhérent à la GUSP en raison de la nature imprévisible des situations d'urgence et de l'interaction complexe entre les différents facteurs en jeu (Haut-Commissariat des Nations Unies pour les réfugiés, 2023/ United Nations High Commissioner for Refugees, 2023). Elle survient lorsqu'on tente de prédire la probabilité, l'impact, l'exposition et la vulnérabilité d'une menace pour la santé publique en raison de la multitude et de la complexité des facteurs

de risque, compliquant ainsi les processus de prise de décision et de planification (Handmer, 2008 ; Reisinger et al., 2020). Face à ces défis, il est indispensable que les agences de santé publique adoptent en permanence des méthodes robustes capables de gérer efficacement ces incertitudes (Handmer, 2008 ; Reisinger et al., 2020). Cependant, les pratiques actuelles de planification de scénarios au sein de la GUSP s'appuient souvent sur des formats narratifs, moins exploratoires, limitant l'élaboration à un nombre restreint de scénarios. (Beach, 2021 ; Gaßner & Steinmüller, 2018 ; Kosow & Gaßner, 2008). Cela restreint la capacité à explorer systématiquement les éléments clés et les résultats divers. L'introduction de biais et la restriction de la prise en compte de scénarios alternatifs peuvent nuire à l'efficacité des interventions d'urgence (Beach, 2021 ; Gaßner & Steinmüller, 2018 ; Kosow & Gaßner, 2008).

L'analyse morphologique générale (AMG) est une méthode structurée et adaptable qui peut être utilisée comme outil pour l'élaboration de scénarios au sein de la GUSP (Lantada et al., 2020 ; Ritchey, 2022). L'AMG facilite la déconstruction de problèmes complexes en leurs composants fondamentaux, permettant ainsi l'exploration de divers scénarios possibles et de leurs interconnexions (Lantada et al., 2020 ; Ritchey, 2022). Contrairement aux approches narratives traditionnelles, qui se concentrent sur un nombre limité de scénarios et d'éléments clés, l'AMG conduit à la génération d'un grand nombre de scénarios pouvant être comparés entre eux. Elle permet également de prendre en compte un large éventail de composantes essentielles. Ainsi, en tant qu'outil innovant de planification de scénarios, l'AMG peut potentiellement aider les agences de santé publique à mieux gérer les incertitudes et à améliorer leurs efforts de planification stratégique pour diverses situations d'urgence (Garvey, 2017 ; Lantada et al., 2020 ; Neiner et al., 2004 ; Ritchey, 2022).

Cette analyse environnementale explorera l'application de l'AMG en tant qu'outil prospectif via l'élaboration de scénarios afin d'ai-

der à la prise de décision et à la planification en matière de GUSP. Cet article examine les aléas naturels, en reconnaissant l'exposition du Canada à divers aléas naturels associés à des conséquences complexes en matière de la santé publique (SP) (Giorgadze et al., 2011). De plus, puisque la pratique et les principes de la gestion des urgences (GU) reposent sur une approche « tous risques », les résultats de cet article—bien qu'ils soient centrés sur les aléas naturels—sont largement applicables à différents secteurs. Cette applicabilité transversale implique que les outils utilisés pour gérer les catastrophes naturelles peuvent être adaptés pour répondre à un éventail d'autres menaces dans le cadre de la GUSP. Les résultats de cet article seront illustrés par des exemples de contributions de l'AMG à travers des études de cas provenant de différents pays et organisations. Ces études de cas sont présentées plus loin dans cet article afin d'illustrer l'impact pratique et l'adaptabilité de l'AMG dans divers contextes pertinents pour la GUSP. En examinant la pertinence de l'AMG pour la santé publique, cette étude vise à adapter ces connaissances afin de renforcer la planification de scénarios dans le contexte canadien.

2 Méthodes

Une analyse environnementale est une méthode de recherche, de collecte, d'interprétation et d'utilisation d'informations provenant de nombreuses sources (par exemple, la littérature grise et les articles de revues) permettant de fournir des données fondées sur des preuves pour soutenir la prise de décision stratégique (Charlton et al., 2019 ; Graham et al., 2008). Un avantage principal de l'analyse environnementale est que l'information peut être exploitée à partir de divers domaines sociaux, culturels, politiques et technologiques, ce qui permet à l'auteur de remédier aux limites et d'identifier les biais (Charlton et al., 2019 ; Graham et al., 2008). Bien qu'il n'existe pas de méthodologie formelle pour mener une analyse environnementale, l'objec-

tif principal de cette approche est d'acquérir de nouvelles connaissances qui guident l'établissement d'objectifs réalisables pour une organisation (Rowel et al., 2005).

Une analyse environnementale a été choisie pour cet article, car les informations sur l'application de l'AMG dans le domaine de la GUSP ne se limitent pas à la littérature académique, mais font également l'objet de discussions approfondies dans la littérature grise. De plus, les analyses environnementales permettent de collecter rapidement des données sur les tendances au sein d'une population ciblée à partir de multiples sources, y compris des données recueillies lors d'entretiens avec des informateurs clés. (Rowel et al., 2005). Lors de notre recherche initiale, nous avons constaté que l'AMG est déjà reconnue comme une pratique exemplaire pour l'élaboration de scénarios dans des secteurs autres que celui de la santé publique (Álvarez & Ritchey, 2015; Ritchey, 2009b, 2022). Compte tenu de notre objectif d'améliorer les méthodes d'élaboration de scénarios, nous avons choisi l'analyse environnementale comme approche la plus appropriée, car elle permet de révéler l'applicabilité de cette méthode dans des domaines similaires. Nous anticipons que les enseignements tirés de ces applications pourront éclairer l'élaboration de scénarios dans le cadre de la GUSP.

Afin de déterminer les articles pertinents pour cette analyse environnementale, les critères d'inclusion et d'exclusion suivants ont été appliqués :

- Inclusion :
 - Rapports sur l'utilisation de l'AMG en tant que principale méthodologie pour différents aléas naturels.
 - Présente un intérêt pour la GUSP, c'est-à-dire qui tient explicitement compte des impacts potentiels des risques sur la santé humaine ou prend en considération les systèmes de santé qui, dans le

contexte d'une situation d'urgence, pourraient affecter ou influencer le bilan de l'état de santé de la population.

- Exclusion :
 - Rapports non publiés en anglais.
 - Aucune mention de l'AMG comme l'une des principales méthodes.
 - Études dont le champ d'application ne concerne pas les aléas naturels.
 - Sans pertinence pour la GUSP.

Les bases de données et sources suivantes ont été utilisées pour cette analyse environnementale :

- Bases de données et moteurs de recherche principaux :
 - PubMed/NCBI, ResearchGate et Google Scholar.
- Mots-clés :
 - AMG, analyse morphologique, aléas naturels, outil d'aide à la décision, réduction des risques, préparation aux catastrophes, gestion des urgences, analyse/développement/planification/modélisation de scénarios, et gestion/stratégies des risques de catastrophe.
- Sources :
 - Articles universitaires évalués par des pairs, rapports gouvernementaux, littérature grise/internet, et la Swedish Morphological Society.

3 Analyse morphologique générale

3.1 Définition

L'AMG (Analyse Morphologique Générale) est un outil assisté par ordinateur qui facilite l'exploration des différentes connexions

entre les divers composants d'un problème complexe (Ritchey, 2022). Ces composants sont représentés par des paramètres, qui sont ensuite décomposés en conditions. Ces conditions peuvent ensuite être combinées de multiples façons afin d'identifier des connexions et des solutions possibles. L'identification et l'étude de ces composants nécessitent la participation d'experts en la matière (SME – Subject Matter Experts). Par exemple, lors de l'élaboration de scénarios pour une pandémie dans le contexte de la GUSP, le processus d'AMG peut aider à identifier des paramètres tels que les taux de transmission de l'infection et la capacité du système de santé. Chaque paramètre peut comporter plusieurs conditions, telles qu'élevée, moyenne ou faible. Ces conditions peuvent ensuite être combinées de différentes manières pour examiner les liens et les résultats possibles, conduisant à la création d'un modèle à multiples applications (par exemple, un outil d'élaboration de scénarios). L'AMG peut ainsi fournir aux agences de santé publique un outil de soutien à l'élaboration de scénarios, en permettant une analyse approfondie et une intégration de nombreuses variables clés afin de générer des scénarios (Ritchey, 2022).

Le processus d'AMG se compose de deux étapes itératives, représentées par des cycles de phases d'analyse et de synthèse (Ritchey, 2022). La figure 1 illustre une vue d'ensemble du processus d'AMG. Dans un premier temps, le problème est décomposé en ses différentes composantes (c'est-à-dire en paramètres et conditions), puis ces composantes sont combinées de différentes manières à l'aide de l'AMG. Comme le montre la figure 1, le logiciel AMG permet de créer un modèle qui présente plusieurs combinaisons de chaque composante, ce qui permet aux praticiens d'envisager différentes connexions et d'obtenir ainsi plusieurs résultats (par exemple, divers scénarios) pour un problème complexe (Ritchey, 2022).

Par exemple, si l'AMG est appliquée à la planification d'un scénario de pandémie, on peut intégrer de multiples variables pour envi-

sager ce qui pourrait se produire si la maladie se propage à un rythme élevé et pour évaluer si les hôpitaux et les infrastructures existantes ont la capacité d'y répondre ou non. Ainsi, la capacité de l'AMG à faciliter une compréhension globale de scénarios complexes démontre qu'il s'agit d'un outil polyvalent, qui peut être appliqué dans divers secteurs pour relever des défis complexes (Ritchey, 2022).

3.2 Principes et concepts de l'AMG

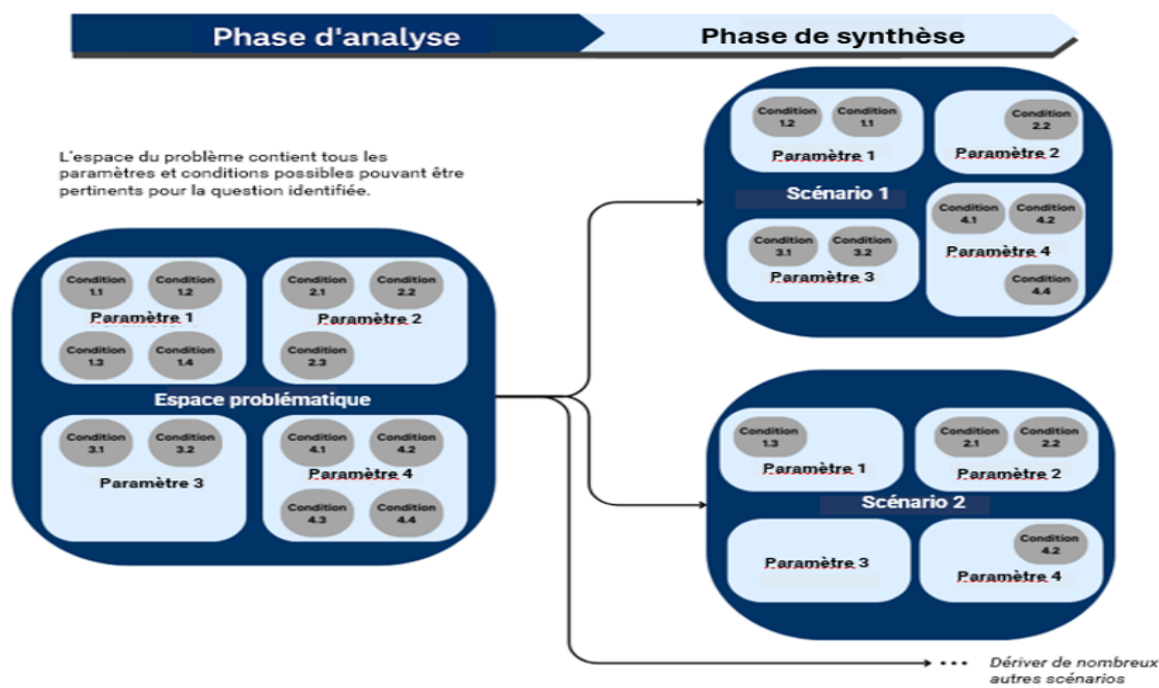
Le principe de base de l'AMG consiste à prendre un problème complexe et à le décomposer en ses composantes fondamentales (Ritchey, 2022). Par exemple, un scénario lié à une maladie infectieuse peut être décomposé en composantes clés telles que la virulence et le mode de transmission. Ces composantes peuvent ensuite être recombinaées de manière systématique et structurée, permettant d'explorer de nouvelles connexions et solutions qui n'étaient pas apparentes au départ (Ritchey, 2022). Grâce à son approche structurée, l'AMG permet d'identifier les composantes critiques qui définissent un problème et explore systématiquement toutes les configurations possibles, ceci garantit qu'aucun aspect essentiel du problème ne soit négligé, offrant ainsi un processus complet pour l'élaboration de scénarios complexes (Ritchey, 2022). Par conséquent, l'AMG s'avère adaptée en tant qu'outil de planification de scénarios pour relever les défis multiformes rencontrés dans le domaine de la GUSP.

3.3 Processus AMG

L'AMG est un processus itératif qui comprend deux phases et qui est généralement mené par un groupe d'experts en la matière (SME) possédant l'expertise nécessaire (par exemple, un épidémiologiste pour un scénario de maladie infectieuse) en lien avec le problème identifié (Lantada et al., 2020) :

1. Phase de définition et d'analyse du problème

FIGURE 1.1 : Aperçu général de l'analyse morphologique



Note : Représentation schématique de l'AMG, avec l'espace du problème contenant les paramètres et conditions, donnant lieu à de multiples scénarios.

2. Phase de synthèse

Étape 1 : Phase de définition et d'analyse du problème

La phase de définition du problème consiste à identifier une question qui sera traitée au moyen de l'AMG (Lantada et al., 2020). Il n'existe pas de méthode spécifique pour définir un problème, mais ce experts pertinents. Il peut commencer par la détermination d'un enjeu spécifique tout en tenant compte du contexte plus large du sujet. Par exemple, un sujet d'intérêt pourrait être un risque naturel tel que les inondations. L'analyse est circonscrite afin de se concentrer sur un défi ou une incertitude clé dans ce contexte afin de formuler une question. Ce processus est souvent guidé par des objectifs prédéfinis, tels que l'amélioration des interventions d'urgence ou l'atténuation des risques pour la santé publique, afin de garantir que le problème choisi corresponde aux résultats souhaités de l'analyse. Cette étape sert de feuille de route pour

les experts dans les phases suivantes, au cours desquelles ils identifieront et exploreront les divers éléments liés au problème (Lantada et al., 2020).

Une fois le problème défini, une discussion facilitée avec les experts en la matière (SME) guidera la phase d'analyse en décomposant le problème en paramètres et en leur attribuant des conditions (Lantada et al., 2020). Au cours de la phase d'analyse, un tableau structuré ou un champ morphologique est créé afin de représenter les différents composants du problème à travers des paramètres et des conditions (Figure 2) (Lantada et al., 2020). Par exemple, pour approfondir le scénario de maladie infectieuse mentionné ci-dessus, les paramètres de virulence et de transmission peuvent être décomposés davantage. La virulence peut inclure des conditions telles qu'une infectiosité élevée, une infectiosité moyenne et une infectiosité faible. La transmission peut inclure des conditions telles que la transmission aérienne, par gouttelettes, par

contact et par vecteur. Ce tableau facilite une analyse complète en offrant une approche structurée pour identifier et comprendre comment ces conditions interagissent entre elles (Lantada et al., 2020). Ces paires conditionnelles peuvent révéler des connexions et des solutions potentielles dans le tableau, qui seront ensuite examinées plus en détail par les experts lors de la phase suivante (Lantada et al., 2020).

Étape 2 : Phase de synthèse

La phase de synthèse consiste à saisir dans le logiciel d'AMG les paramètres et conditions identifiés dans le tableau structuré lors de la phase d'analyse (Lantada et al., 2020; Ritchey, 2022). Une fois ces éléments saisis, le logiciel transforme le tableau en une matrice de cohérence croisée (Figure 3). Cette matrice soutient les discussions en permettant aux experts (SME) de comparer systématiquement des paires de conditions afin de déterminer si les éléments de chaque paire conditionnelle peuvent fonctionner ensemble. Au cours de ces discussions, les experts identifient et éliminent les conditions contradictoires. Les experts sont amenés à réfléchir à la possibilité que les paires conditionnelles puissent se produire simultanément et s'intégrer dans le contexte du problème.

Pour ce faire, les experts utilisent l'une des trois clés d'évaluation (X, —, ou K) ainsi que des critères précis pour noter chaque paire de conditions. Ces clés d'évaluation seront saisies dans le logiciel d'AMG pour chaque paire (Lantada et al., 2020; Ritchey, 2022) :

1. X = Paire contradictoire ou impossible/incompatible.
2. "—" (tiret ou trait d'union) = Entièrement cohérente; paire bonne ou optimale.
3. K = Incertaine ou conditionnellement possible, avec des critères spécifiques, par exemple :
 - Relations possibles mais peu probable ou sans grand intérêt.

- Informations supplémentaires nécessaires pour formuler une évaluation solide.

Par exemple, dans un scénario de pandémie lié à la GUSP (Figure 3), les experts (SME) peuvent examiner si la fièvre (dans la catégorie des impacts directs sur la santé) et la forte infectiosité (dans la catégorie de la virulence) peuvent coexister pendant une situation d'urgence. Étant donné que la fièvre est un symptôme courant d'une infection à forte infectiosité, cette paire de conditions serait marquée comme entièrement cohérente et recevrait la mention « — » dans le logiciel.

Une fois ce processus terminé, le logiciel analysera toutes les clés d'évaluation possibles, en supprimant toutes les paires marquées d'un « X » (Lantada et al., 2020; Ritchey, 2022). Cela crée un modèle d'inférence, ou modèle hypothétique « et si », dans lequel une ou plusieurs conditions peuvent être sélectionnées comme entrées, et une sortie est fournie avec plusieurs résultats et connexions, comme indiqué dans les cases bleu foncé (Figure 4).

L'AMG comprend des étapes itératives permettant un examen continu du modèle d'inférence afin d'ajuster les paramètres et conditions précédemment établis, dans le but d'affiner davantage le modèle (Lantada et al., 2020; Ritchey, 2022).

3.4 Applications de l'Analyse Morphologique Générale (AMG)

L'AMG, comme outil d'aide à la décision, a été appliquée dans divers domaines liés à la gestion des urgences, notamment la gestion de crise nationale et la gestion des risques de catastrophes naturelles, ainsi que le développement de scénarios dans le cadre d'une crise sismique (Hosseinikhah & Zarrabi, 2021; Lantada et al., 2020; Ritchey et al., 2004). Les trois exemples présentés ci-dessous illustrent la manière dont l'AMG a été mise en œuvre dans différents pays et contextes.

FIGURE 1.2 : Champ morphologique du scénario de maladie infectieuse

Paramètre A	Paramètre B	Paramètre C	Paramètre D
Condition A1	Condition B1	Condition C1	Condition D1
Condition A2	Condition B2	Condition C2	Condition D2
Condition A3	Condition B3	Condition C3	Condition D3
Condition A4	Condition B4	Condition C4	
Condition A5			



Transmission	Virulence	Populations à risque	Impacts directs sur la santé
Aérienne	Forte infectiosité	Jeunes enfants	Fièvre
Gouttelettes	Infectiosité moyenne	Personnes âgées (65+)	Douleurs musculaires
Contact	Faible infectiosité	Peuples autochtones	Déshydratation
Vectorielle		Personnes immunodéprimées	

Note. Tableau structuré à cinq paramètres ou champ morphologique pour un scénario de maladie infectieuse.

Exemple 1 : Suède – Modèle générique de base pour la gestion nationale des crises

L'Agence suédoise de gestion des urgences et l'Agence suédoise de recherche sur la défense ont créé un prototype de modèle générique de base de conception (Generic Design Basis - GBD) en utilisant l'AMG (Figure 5) (Ritchey et al., 2004). Le modèle GBD peut soutenir la prise de décision stratégique et la planification de scénarios en utilisant trois causes hypothétiques, soit naturelles, technologiques et antagonistes, susceptibles d'entraîner des conséquences néfastes pour la société.

Plus précisément, le modèle GBD permet de détecter des événements sociétaux extraordinaires, d'identifier les meilleures mesures de gestion de crise et d'établir une stratégie nationale de sécurité. Bien qu'il soit encore au stade de prototype, ce modèle a été testé à la fois au niveau des administrations locales

et régionales. Il a montré son utilité pour améliorer les évaluations des risques et des vulnérabilités au sein de diverses agences, fournir un cadre pour la gestion des crises et améliorer la communication entre les différents secteurs (Ritchey et al., 2004).

Exemple 2 : Venezuela – Outil d'atténuation des risques de catastrophe

En utilisant deux modèles d'AMG, les auteurs ont créé un outil d'aide à la décision pour la gestion des risques de catastrophes liées aux aléas naturels dans les zones urbaines (Figure 6) (Lantada et al., 2020). Cet outil permet de prioriser les stratégies de réduction des risques les plus efficaces pour soutenir les zones urbaines en cas d'urgence. L'AMG a été utilisée pour examiner les stratégies visant à réduire les dommages physiques et à renforcer la vulnérabilité et la résilience. Ces stratégies incluent l'identification des risques, la réduction des risques

FIGURE 1.3 : Matrice de cohérence croisée

		Virulence			Transmission			
		Fort infectiosité	Infectiosité moyenne	Faible infectiosité	Aérienne	Gouttelettes	Contact	Vectorielle
Transmission	Aérienne							
	Gouttelettes							
	Contact							
	Vectorielle							
Impacts directs sur la santé	Fièvre							
	Douleurs musculaires							
	Déshydratation							
Populations à risque	Jeunes enfants							
	Personnes âgées (65+)							
	Peuples autochtones							
	Personnes immunodéprimées							

Note. Extrait d'une matrice de cohérence croisée pour un champ morphologique à cinq paramètres.

et la gouvernance. Chaque stratégie a été classée en fonction de son influence, allant de favorable à aucune influence. Les auteurs ont souligné que cet outil permettait de prioriser les stratégies les plus efficaces lors d'une situation d'urgence, améliorant ainsi le processus de prise de décision (Lantada et al., 2020).

Exemple 3 : Iran – Élaboration de scénarios dans le cadre d'une crise sismique

La planification de scénarios à l'aide de l'AMG a été utilisée dans la gestion des catastrophes sismiques afin d'identifier les facteurs influençant la gravité et l'impact financier d'un séisme dans les zones rurales et urbaines (Figure 7) (Hosseinihah & Zarrabi, 2021). Plusieurs scénarios ont été développés en fonction des facteurs les plus pertinents et probables identifiés. L'influence de chaque facteur a été évaluée sur une échelle de 0% (aucun impact) à 100% (impact élevé), facilitant l'identification des scénarios optimaux.

Les facteurs les plus influents qui ont permis de réduire les pertes humaines et financières comprenaient les documents de crise au niveau municipal, l'amélioration des systèmes d'alerte et les codes de construction antisismiques. De plus, certaines villes et certains villages ont été identifiés comme vulnérables aux séismes grâce à l'AMG. Les auteurs ont souligné que le modèle a permis d'identifier des stratégies d'atténuation essentielles pour renforcer la résilience des villes et des villages exposés aux séismes (Hosseinihah & Zarrabi, 2021).

Les exemples présentés ci-dessus, tirés de la littérature sur la gestion des urgences, utilisent différentes versions de logiciels informatiques spécialisés dans l'AMG. Les exemples ci-dessus ne couvrent pas toute la gamme des applications variées de l'AMG, qui s'étendent à de nombreux domaines d'études (Álvarez & Ritchey, 2015). Bien que les applications de l'AMG dans le domaine de la GUSP soient rares, l'utilisation de l'AMG dans d'autres

FIGURE 1.4 : Champ morphologique ou modèle hypothétique « et si »

Paramètre A	Paramètre B	Paramètre C	Paramètre D	Paramètre E
Condition A1	Condition B1	Condition C1	Condition D1	Condition E1
Condition A2	Condition B2	Condition C2	Condition D2	Condition E2
Condition A3	Condition B3	Condition C3		Condition E3
Condition A4		Condition C4		Condition E4
		Condition C5		Condition E5

Note. Champ morphologique à cinq paramètres ou modèle d'inférence hypothétique « et si », avec plusieurs configurations (Ritchey, 2009b)..

domaines peut être adaptée pour développer cette méthodologie dans ce contexte. Plus précisément, l'élaboration de scénarios via l'AMG constitue un outil précieux pouvant aider à faire face à l'incertitude omniprésente entourant de nombreuses questions liées à la santé publique aujourd'hui (Neiner et al., 2004).

3.5 Avantages et limites de l'AMG

Avantages

L'analyse environnementale a montré que l'AMG a été appliquée avec succès en combinaison avec d'autres techniques de modélisation, démontrant ainsi sa compatibilité avec d'autres méthodes (Ritchey, 2009b). L'AMG peut être intégrée à d'autres méthodes en tant que première étape ou complément à d'autres techniques de modélisation. Par exemple, la carte mentale (le mind mapping) permet d'identifier des paramètres et des conditions

qui peuvent ensuite être examinés et reliés par le biais de l'AMG afin d'identifier des scénarios ou des stratégies (Ritchey, 2009b). De plus, l'AMG peut relier deux modèles entre eux (par exemple, des modèles de scénarios et de stratégies), où un modèle est utilisé comme conditions d'entrée et l'autre comme ensemble de conditions de sortie (Ritchey, 2011). Cela est considéré comme un modèle duplex, où deux modèles sont évalués simultanément afin de déterminer comment ils s'influencent mutuellement (par exemple, en établissant les stratégies les plus efficaces pour différents types de scénarios) (Ritchey, 2011).

L'AMG permet également aux décideurs de découvrir des solutions novatrices en tenant compte des multiples connexions et les résultats possibles des paires conditionnelles, surtout lorsqu'il s'agit de problèmes complexes dépendant de l'interconnectivité avec d'autres secteurs (Garvey, 2017; Swanich, 2014). Un autre avantage de l'AMG est

FIGURE 1.5 : Modèle de scénario

Exemples analytiques génériques : exprimés en niveaux de menace	Lieu	Nombre de décès	Nombre de blessés graves	Conséquences pour l'environnement	Conséquences pour le capital et les biens	Nombre de personnes nécessitant une aide sociale
Menace pour l'existence de la société	Loin de la Suède	> 1 million de décès	Millions	Portée géographique importante / dommages permanents	> 1000 milliards \$	Millions
Menace de dommages permanents majeurs	Près de la Suède	100 000 - 1 million de décès	Certaines de milliers	Portée géographique limitée / dommages permanents	> 100 milliards \$	Certaines de milliers
Dommages sociétaux majeurs (récupération partielle seulement)	Partiellement en Suède	> 10 000 - 100 000 décès	Dizaines de milliers	Portée géographique importante / récupération lente	> 10 milliards \$	Dizaines de milliers
Dommages sociétaux majeurs (récupération complète possible)	Uniquement en Suède	> 1000 - 10 000 décès	Milliers	Portée géographique limitée / récupération lente	> 1 milliard \$	Milliers
Accident majeur		100 - 1000 décès	Certaines	Récupération rapide	> 100 millions \$	Certaines
Accident quotidien		10 - 100 décès / milliers blessés	10 - 100	Pas de dommages substantiels	< 10 millions \$	Moins de cent

Note. Champ morphologique à sept paramètres dans lequel des scénarios peuvent être générés. Les conditions surlignées en bleu correspondent à un scénario de rupture de barrage en Suède (Ritchey et al., 2004).

qu'elle améliore la transmission des connaissances scientifiques grâce à des modèles visuels et qu'elle favorise l'engagement des partenaires et des parties prenantes par le biais d'efforts collaboratifs visant à déterminer des concepts et à évaluer la cohérence interne (Ritchey, 2009b). Enfin, l'AMG laisse une piste d'audit : les conclusions tirées de l'AMG sont documentées dans le logiciel, ce qui augmente la traçabilité et la reproductibilité des données (Ritchey, 2009b).

Limites

Bien que l'AMG présente plusieurs avantages, la littérature a relevé certains défis liés à son application dans le cadre de la GUSP. L'AMG est un processus long et exigeant, principalement parce que la qualité des résultats dépend fortement des contributions des experts en la matière (SME) (Johansen, 2018 ; Ritchey, 2009b ; Swanich, 2014). Ce processus

peut nécessiter plusieurs séances pour traiter le problème, ce qui implique que les participants doivent être très engagés et assez compétents afin de fournir des données de qualité. Cela est particulièrement important au début du processus, compte tenu de la possibilité que le modèle ne produise pas immédiatement des résultats pertinents. En outre, l'utilisation d'un logiciel dédié (par exemple, MA/CARMA) est nécessaire pour mener correctement l'AMG, ce qui requiert un engagement financier et des ressources techniques spécifiques.

De plus, l'AMG ne dispose pas d'un moyen universel pour évaluer l'efficacité des résultats (c'est-à-dire en utilisant un outil spécifique), car elle repose fortement sur les experts en la matière (SME) tout au long du processus. Compte tenu de la complexité de la GUSP, le nombre de configurations peut croître de manière exponentielle. Cela en-

FIGURE 1.6 : Modèle stratégique

DESCRIPTEURS des DOMMAGES PHYSIQUES			STRATÉGIES						
			Identification des risques		Réduction des risques		Gestion des catastrophes		Protection financière et gouvernance
X _{RPh1}	Pourcentage de zone détruite	RI1	Inventaire systématique des catastrophes et des pertes	RR1	Prise en compte des risques dans l'aménagement du territoire et la planification urbaine	DM1	Organisation et coordination des opérations d'urgence	FP1	Organisation interinstitutionnelle, multisectorielle et décentralisée
X _{RPh2}	Personnes décédées	RI2	Surveillance et prévision des dangers	RR2	Intervention dans le bassin hydrographique et protection environnementale	DM2	Réponse d'urgence et mise en œuvre des systèmes d'alerte	FP2	Fonds de réserve pour le renforcement institutionnel
X _{RPh3}	Personnes blessées	RI3	Évaluation et cartographie des dangers	RR3	Mise en œuvre du contrôle des événements dangereux et des techniques de protection	DM3	Dotation en équipement, outils et infrastructures	FP3	Allocation et mobilisation budgétaire
X _{RPh4}	Sans-abri	RI4	Évaluation de la vulnérabilité et des risques	RR4	Amélioration du logement et réinstallation des populations des zones à risque	DM4	Simulation, mise à jour et test de la réponse institutionnelle	FP4	Mise en œuvre des filets de sécurité sociale et réponse aux fonds
X _{RPh5}	Dommages potentiels au système d'eau potable	RI5	Information publique et participation communautaire	RR5	Mise à jour et application des normes de sécurité et des codes de construction	DM5	Préparation et formation communautaire	FP5	Couverture d'assurance et stratégies de transfert des risques publics
X _{RPh6}	Dommages au réseau routier	RI6	Formation et éducation sur la gestion des risques	RR6	Renforcement et réhabilitation des actifs publics et privés	DM6	Réhabilitation et planification de la reconstruction	FP6	Couverture d'assurance pour le secteur privé et réassurance

Note. Champ morphologique à cinq paramètres analysant les stratégies de réduction des dommages physiques dans les zones urbaines (Lantada et al., 2020).

gendre plusieurs défis, notamment l'incapacité à analyser toutes les connexions et tous les résultats possibles en raison des contraintes de ressources. Enfin, bien que l'AMG soit une méthode complète, les contributions des experts peuvent ne pas être exhaustives, car il est intrinsèquement difficile pour ces derniers d'identifier l'ensemble des paramètres et conditions possibles au cours des discussions facilitées. Par conséquent, tous les composants potentiels peuvent ne pas être identifiés dans le modèle (Johansen, 2018 ; Ritchey, 2009b ; Swanich, 2014). Cela dit, l'intelligence artificielle (IA) pourrait contribuer à atténuer la plupart de ces limites. À une époque où l'IA connaît une expansion majeure grâce à l'adoption généralisée des grands modèles de langage (GML), il existe une réelle opportunité d'intégrer des approches standardisées comme l'AMG avec de nouveaux outils basés sur l'IA.

4 Principales conclusions de l'analyse environnementale

4.1 Contributions et avancées notables dans l'utilisation de l'AMG

L'AMG est, en fin de compte, un outil générique et flexible de gestion des urgences qui soutient les processus décisionnels en organisant des informations complexes de manière structurée. La force de l'AMG réside dans sa capacité à rassembler divers types d'informations, à les organiser de manière systématique, et à permettre aux utilisateurs de considérer toutes les options et possibilités avant de prendre des décisions. Puisque l'AMG facilite tout simplement une réflexion structurée, elle peut être adaptée à d'autres secteurs de la gestion des urgences (GU) au-delà de la gestion des catastrophes naturelles, notamment dans le domaine de la GUSP. Bien que la ma-

FIGURE 1.7 : Modèle de scénario et d'outil d'aide à la décision

Facteurs	Hypothèse			
	H1	H2	H3	H4
Document complet sur la crise sismique	Compilation d'un document complet sur la crise sismique (76%)	Injection des principes de gestion de crise sismique dans tous les projets (15%)	Incapacité à formuler un document complet sur la crise sismique (5%)	Suivi de la tendance actuelle (4%)
Systèmes d'alerte sismique	Conception et construction de systèmes d'alerte sismique (40%)	Achat de systèmes d'alerte sismique (50%)	Manque d'attention à l'achat et à la conception des systèmes d'alerte sismique (5%)	Maintien de la stratégie actuelle des systèmes d'alerte sismique
Renforcement des bâtiments	Augmentation du renforcement des bâtiments (63%)	Démolition des bâtiments instables (17%)	Manque d'attention au renforcement des bâtiments (10%)	Maintien du statu quo (10%)
Construction à proximité des failles	Prévention de la construction sur les failles (80%)	Prévention de la construction dans les zones sismiques (14%)	Relocalisation et intégration des centres de population à risque sismique (6%)	Poursuite de la construction selon le statu quo (0%)
Télécommunications	Développement d'infrastructures modernes de télécommunications entre la population et le gouvernement (60%)	Développement d'infrastructures de télécommunications parmi la population (16%)	Développement d'infrastructures de télécommunications parmi les agences gouvernementales (20%)	Maintien du statu quo (4%)

Note. Extrait d'un champ morphologique à cinq paramètres où des scénarios ont été générés et analysés pour la gestion des catastrophes sismiques (Hosseinihah & Zarrabi, 2021).

porité des exemples d'application proviennent du domaine de la gestion des catastrophes naturelles, le rôle de l'AMG demeure le même : apporter structure, clarté et rigueur au processus décisionnel en veillant à ce que chaque facteur pertinent soit pris en compte et que toutes les stratégies potentielles soient explorées. Les résultats de cette recherche, présentés dans le Tableau 1, sont pertinents pour la GUSP en raison de leur applicabilité générale à la gestion des urgences. Si l'AMG s'avère efficace dans d'autres secteurs de la gestion des urgences, il est raisonnable d'en déduire que ces résultats sont également applicables à la GUSP. Les exemples ci-dessous présentent les applications de l'AMG réparties dans les catégories suivantes :

1. Outil de modélisation de scénarios pour la gestion des catastrophes naturelles
2. Outil d'aide à la décision pour les équipes de gestion des urgences

3. Outils d'élaboration et de hiérarchisation des stratégies (par exemple, stratégies d'atténuation des risques)

5 Discussion et implications

5.1 Discussion

Cette analyse environnementale n'est pas une évaluation critique ; par conséquent, nous n'évaluerons pas la pertinence et l'applicabilité de l'AMG en tant que méthode par rapport aux méthodes actuelles d'élaboration de scénarios. Cela dit, le présent document a identifié dix exemples d'application de l'AMG présentant une pertinence pour la GUSP, provenant de sept pays et cinq organisations. Bien que les résultats portent principalement sur les aléas naturels, les principes et techniques employés par l'AMG dans d'autres secteurs démontrent son potentiel d'adaptabilité et d'efficacité dans le cadre d'autres activités

de la GUSP. Par exemple, les processus d'élaboration de scénarios et de développement de stratégies demeurent cohérents pour différents types de risque. L'AMG peut soutenir ces activités grâce à son approche analytique structurée mais flexible. Deuxièmement, en tant qu'outil informatique, l'AMG a été conçue pour soutenir les processus de gestion des urgences dans le cadre de multiples situations d'urgence, ce qui la rend applicable à un large éventail de défis liés à la GUSP. Par ailleurs, la nature intégrative de l'AMG encourage une prise en compte globale de divers facteurs et experts en la matière, favorisant ainsi une approche holistique de la gestion des urgences. Ces éléments illustrent la manière dont les résultats de l'AMG issus des applications liées aux aléas naturels sont transférables et utiles dans le champ plus vaste de la GUSP. Malgré sa sous-utilisation dans ce domaine à ce jour, l'efficacité éprouvée de l'AMG dans d'autres contextes complexes en fait un outil extrêmement adaptable, capable d'améliorer les processus décisionnels au sein de la GUSP.

La prévalence de la modélisation de scénarios comme application principale de l'AMG, présente dans quatre des dix études examinées a mis en évidence son potentiel et sa pertinence dans le cadre de la gestion globale des urgences (Fernandez et al., 2006; Hosseinikhah & Zarrabi, 2021; Navrátil et al., 2019; Schneider et al., 2022). La modélisation de scénarios a permis aux utilisateurs d'intégrer plusieurs facteurs liés aux risques naturels dans le modèle (p. ex., le nombre de décès), offrant ainsi une vision plus complète d'une situation d'urgence et de la capacité de réponse d'une organisation pour y faire face. Ces scénarios ont contribué à identifier les lacunes des plans actuels de gestion des urgences, renforçant les approches les plus efficaces dans divers secteurs, notamment au sein des organismes gouvernementaux et des organisations privées. L'utilisation de l'AMG, en tant qu'outil, a offert aux décideurs une base leur permettant de hiérarchiser les scénarios optimaux et d'orienter les stratégies d'amélioration des plans existants de gestion des ur-

gences (Fernandez et al., 2006; Hosseinikhah & Zarrabi, 2021; Navrátil et al., 2019; Schneider et al., 2022).

L'identification de l'élaboration et de la hiérarchisation des stratégies dans cinq des dix articles souligne le rôle de l'AMG dans la réduction des risques et la préparation aux catastrophes (Fernandez et al., 2006; Lantada et al., 2020; Ritchey, 2006; Ritchey et al., 2004; Roy & Garg, 2014). Ces articles ont examiné les stratégies de réduction des risques et ont comparé différents plans de préparation et d'atténuation des catastrophes. Grâce à la comparaison de ces plans, les organisations ont pu élaborer de nouvelles stratégies alignées sur les meilleures pratiques en matière de gestion des risques de catastrophe. Cela met en évidence la capacité d'adaptation de l'AMG en tant qu'outil dans l'évolution des stratégies de gestion des urgences afin de répondre aux besoins et contextes changeants d'une situation d'urgence (Fernandez et al., 2006; Lantada et al., 2020; Ritchey, 2006; Ritchey et al., 2004; Roy & Garg, 2014).

Enfin, six articles ont eu recours à l'AMG comme outil d'aide à la prise de décision en situation d'urgence (Fernandez et al., 2006; Lantada et al., 2020; Ritchey et al., 2004; Roy & Garg, 2014; Savchenko, 2018; Watson et al., 2015). L'AMG a fourni un cadre permettant de représenter les plans d'urgence et les stratégies d'atténuation d'une organisation. Par exemple, elle a été utilisée pour développer des stratégies d'atténuation efficaces face aux aléas naturels et pour aider à la mise en place de programmes d'atténuation et de financement (Lantada et al., 2020; Roy & Garg, 2014). Ces cadres ont ensuite été utilisés par les acteurs de la gestion des urgences pour prendre des décisions durant une situation d'urgence, afin de planifier, gérer et réagir efficacement. L'utilisation de l'AMG comme outil d'aide à la décision souligne son potentiel pour soutenir les activités de préparation et d'intervention d'urgence au sein des organisations (Fernandez et al., 2006; Lantada et al., 2020; Ritchey et al., 2004; Roy & Garg, 2014; Savchenko, 2018; Watson et al., 2015).

5.2 Identification des lacunes ou des domaines nécessitant davantage de recherches ou de développements

Le Tableau 1 illustre des exemples d'applications de l'AMG à l'élaboration de scénarios pouvant présenter un intérêt pour la santé publique dans le contexte canadien. D'après ces exemples, l'AMG est largement applicable aux scénarios élaborés spécifiquement pour la GUSP. Cependant, la littérature révèle que certains domaines nécessitent des recherches et des développements supplémentaires, par exemple l'examen de l'intégration de l'AMG et de son impact avec d'autres méthodologies en gestion des urgences (Ritchey, 2009b). Il a été observé que l'AMG peut servir de première étape fournissant des entrées pour d'autres méthodes de modélisation, telles que l'Analyse multicritère d'aide à la décision (MCDA). Plus précisément, l'AMG peut compléter le Processus d'analyse hiérarchique (AHP), une méthode spécifique de la MCDA. L'AHP nécessite la synthèse de solutions internes cohérentes (par ex., des scénarios) au moyen d'une hiérarchie d'objectifs et de critères, ce qui peut être facilité par l'AMG. L'AMG peut générer une variété de solutions que l'AHP peut ensuite comparer systématiquement afin de déterminer les meilleures solutions pour des problèmes complexes (Ritchey, 2009b). Alors que l'AMG explore efficacement des problèmes complexes, la MCDA améliore la prise de décision en permettant l'évaluation et la hiérarchisation de critères clés tels que l'impact sur la santé et la faisabilité (Zhao et al., 2022). Cette intégration améliore la clarté et l'applicabilité pratique des résultats du modèle, rendant l'AMG plus conviviale et plus facile à mettre en œuvre (Ritchey, 2009b ; Zhao et al., 2022).

5.3 Implications de la GMA dans la GUSP pour les décideurs et les praticiens

Dans la prise de décision en matière de GUSP, les données, les outils et les priorités disponibles comportent souvent un degré élevé d'incertitude (Larsson et al., 2010). Il est donc essentiel de choisir une méthode appropriée pour gérer cette incertitude (Larsson et al., 2010). L'AMG aide les décideurs et les praticiens dans le cadre de la GUSP. Comme l'illustre le tableau 1, l'AMG facilite l'élaboration de scénarios et de stratégies, qui peuvent servir d'outils d'aide à la prise de décision pour les questions de santé publique. Par exemple, les divers scénarios générés par l'AMG peuvent servir à soutenir les exercices et la formation en matière de gestion des urgences afin de renforcer la préparation aux menaces émergentes (Sécurité publique Canada, 2025). En outre, les problèmes de capacité ont incité les systèmes de santé publique, à plusieurs niveaux de gouvernement, à explorer des méthodes permettant d'utiliser au mieux les ressources limitées (Instituts de recherche en santé du Canada, 2021 ; Sécurité publique Canada, 2025). L'AMG constitue une méthode peu intensive, offrant aux unités de santé publique de gérer un environnement à risques diversifiés avec des ressources limitées. En résumé, l'AMG a démontré son efficacité dans la prise de décision en identifiant divers liens et résultats pour les problèmes proposés, favorisant ainsi une approche plus holistique, efficace et multisectorielle pour traiter les enjeux dans le cadre de la GUSP.

L'AMG aide un groupe multidisciplinaire de décideurs à évaluer l'importance et la signification de nombreuses paires conditionnelles ainsi que la compatibilité de chaque paire en fonction de leur impact (Ritchey, 2009a). L'AMG encourage les organisations à trouver des solutions innovantes en tirant parti des diverses perspectives des experts en la matière (SMEs), en particulier lorsqu'elles sont confrontées à des problèmes complexes qui

sont liés à d'autres secteurs (Garvey, 2017). En conclusion, l'engagement des experts en la matière (SMEs) au sein de l'AMG atténue le risque de décisions erronées en filtrant de manière exhaustive les relations incohérentes au sein des modèles, renforçant ainsi la fiabilité du processus décisionnel (Garvey, 2017).

TABLE 1.1 : Contributions et avancées de l'AMG

Au- teur(s)	Pays ou Organisation(s)	Étude Objectif	Contributions et avancées
Outil de développement de scénarios			
Navrátil et al., 2019	Slovaquie	· Créer un modèle de scénario de manière participative. · Identifier de nouveaux modèles de gestion forestière durable intégrant plusieurs incertitudes naturelles, sociales ou économiques.	· Participation accrue (par exemple, les propriétaires forestiers et autres parties prenantes) et élargissement du champ d'application des niveaux de gestion forestière. · Création de scénarios susceptibles de se produire dans les 30 prochaines années, permettant aux parties prenantes d'établir des plans pour la poursuite du développement et d'identifier des modèles de stratégies efficaces. · Le modèle ouvre de nouvelles perspectives méthodologiques pour répondre aux exigences croissantes en matière de risques pour la santé environnementale, tels que le changement climatique et d'autres phénomènes météorologiques extrêmes, dans le domaine de la gestion forestière.
Hosseini- khah Zarrabi, 2021	Iran	· Élaborer un plan complet de gestion des séismes afin de réduire les pertes humaines et financières.	· Identification de scénarios de gestion des crises sismiques afin de soutenir la prise de décision et la mise en œuvre efficace des stratégies (par exemple, systèmes d'alerte sismique). · Le modèle de scénarios préventifs a permis d'identifier l'importance des approches au niveau urbain et les domaines à améliorer pour accroître la résilience des zones affectées.
Schneider et al., 2022	Centre aérospatial allemand	· Examiner les connaissances actuelles afin d'identifier les scénarios de risques émergents dans la gestion des urgences.	· Le modèle a intégré toutes les nouvelles observations, telles que le type et la cause des dommages, en temps réel. · La GMA, combinée au modèle de réseau bayésien (BN), a permis d'estimer la probabilité du scénario global, ce qui a amélioré la connaissance de la situation en cas d'urgence. · Le modèle a fourni une vue d'ensemble plus large d'une situation d'urgence grâce à la collecte d'informations provenant de divers facteurs du scénario.

Au- teur(s)	Pays ou Organisation(s)	Étude Objectif	Contributions et avancées
Outil d'aide à la prise de décision			
Sav- chenko, 2018	Ukraine	· Générer des modèles pour prévenir et atténuer les catastrophes sociales (par exemple, les inondations et les typhons).	· Utilisé pour évaluer l'état de préparation (par exemple, tester l'efficacité des mesures actuelles en cas de catastrophe), assurer le suivi (par exemple, activation des systèmes d'alerte précoce) et intervenir en cas de catastrophe (par exemple, meilleures pratiques d'atténuation pendant une crise). · Aide au contrôle et à la gestion pendant une crise en tant qu'outil d'aide à la prise de décision.
Watson et al., 2015	Outils prospectifs pour répondre aux effets en cascade en cas de crise – projet de la Commission européenne	· Créer un modèle conceptuel pour comprendre les interdépendances entre les crises en cascade (par exemple, la défaillance de la centrale nucléaire japonaise due aux séismes et tsunamis précédents).	· Utilisé comme un outil d'aide à la décision pour aider les gestionnaires de crise à planifier et à réagir aux événements en cascade. · Découverte des disparités entre les facteurs de vulnérabilité et de résilience à l'aide d'études de cas. · Aide à la détermination des systèmes liés à diverses réponses aux crises et aux catastrophes, et affectés par des effets en cascade en cas d'urgence.
Outil d'élaboration de stratégies et de hiérarchisation des priorités			
Ritchey, 2006	Japon	· Créer un prototype de modèle de réduction des risques liés aux catastrophes multiples.	· A permis de comparer et d'identifier plusieurs stratégies de réduction des risques de catastrophe, ainsi que les mesures d'atténuation et de préparation aux aléas (par exemple, les ouragans).

Au- teur(s)	Pays ou Organisation(s)	Étude Objectif	Contributions et avancées
Outil d'élaboration et de hiérarchisation des stratégies et outil d'élaboration de scénarios			
Fernan- dez et al., 2006	Bureau des Nations Unies pour la réduction des risques de catastrophe Centre de recherche sur l'atténuation des catastrophes sismiques. Agence suédoise de recherche sur la défense nationale	· Construire un prototype d'un mo- dèle de réduction des risques de ca- tastrophe (RRC) pour la gestion des séismes.	· Élaboration de stratégies et d'outils réalistes pour ré- duire les risques de catastrophe et déterminer les meilleures pratiques en matière de Gestion des risques liés aux catas- trophes pour diverses villes. · Bien que le modèle soit axé sur la gestion des séismes, il adopte une approche multirisque, ce qui le rend applicable à d'autres aléas naturels. · Le développement des scénarios incluait des stratégies de réduction des risques, d'atténuation, de préparation et de planification, ainsi que l'identification de conditions et de pratiques physiques dangereuses.
Outil d'élaboration et de hiérarchisation des stratégies et outil d'aide à la décision			
Ritchey et al., 2004	Suède	· Aide à la gestion de crise pour les événements sociétaux extrêmes	· Conçu comme un outil stratégique d'aide à la décision pour les administrations municipales, régionales et natio- nales. · Permet d'identifier les événements sociétaux extrêmes, les capacités de gestion pour faire face à ces événements et de définir les priorités en matière de gestion de crise. · A permis de découvrir des stratégies d'amélioration concernant la stratégie de sécurité nationale.
Lantada et al., 2020	Venezuela	· Élaboration de stratégies et défi- nition des priorités pour les régions à forte activité sismique. · Outil d'aide à la décision pour les parties prenantes et acteurs publics au niveau local.	· Utilisé comme outil d'aide à la décision pour mettre en œuvre des stratégies efficaces d'atténuation des risques dans les zones urbaines confrontées à des aléas naturels. · A permis de déterminer la nécessité d'ajuster les priorités de l'administration publique, notamment en mettant da- vantage l'accent sur les stratégies de réduction des risques, particulièrement pour les tremblements de terre, tout en accordant également une attention à la protection finan- cière et aux stratégies de gouvernance.

Au- teur(s)	Pays ou Organisation(s)	Étude Objectif	Contributions et avancées
Roy Garg, 2014	Inde	· Identifier les éléments de risque et élaborer plusieurs stratégies de réduction des risques.	· Création d'un modèle de réduction des risques multi-risques permettant d'identifier et de comparer les stratégies de réduction des risques ainsi que les plans de préparation et d'atténuation des catastrophes. · Identification des lacunes dans les méthodes de réduction des risques de catastrophes. · Aide à la prise de décision pour l'allocation des programmes d'atténuation et des financements.

Note. Ce tableau présente un résumé de chaque étude et de la manière dont l'AMG a été appliquée aux aléas naturels dans un pays ou une organisation (par exemple, l'élaboration de scénarios). Bien que cet article se concentre principalement sur le rôle de l'AMG dans l'élaboration de scénarios, son utilité va au-delà de cette application. L'AMG a démontré une valeur plus large dans l'élaboration de stratégies et la prise de décision, notamment en aidant à hiérarchiser les efforts d'atténuation des risques et en guidant les processus décisionnels en période de crise. Ces applications permettent aux parties prenantes de prendre des décisions éclairées et d'ajuster leurs stratégies pour faire face aux menaces.

6 Conclusion

6.1 Conclusions

La GUSP protège les systèmes de santé et la santé de la population en gérant des urgences complexes grâce à diverses connaissances, techniques et principes (Rose et al., 2017). L'AMG peut soutenir la GUSP en facilitant la modélisation de scénarios, l'élaboration de stratégies, la hiérarchisation des priorités et la prise de décision. De plus, éclairée par les experts en la matière (SMEs), l'AMG peut aider les agences de santé publique à examiner de manière complète des problèmes complexes, à guider leurs décisions et renforcer la GUSP. Compte tenu de la fréquence, de l'intensité et des impacts croissants des urgences de santé publique (SP), il est essentiel d'adapter en permanence les outils existants afin d'atténuer les effets négatifs des catastrophes, d'améliorer les résultats et de renforcer la résilience nationale. Ainsi, la capacité de l'AMG à soutenir la planification de la gestion des urgences (GU), à favoriser la collaboration entre partenaires et parties prenantes, et à intégrer des solutions innovantes dans la pratique est donc un atout essentiel pour relever les défis liés à la GUSP.

6.2 Conclusions et recommandations pour les recherches et pratiques futures

Le développement de scénarios modulaires à l'aide de l'AMG est compatible avec les approches de modélisation et pourrait constituer une première étape dans la génération de scénarios avancés. L'AMG peut soutenir la GUSP en renforçant les processus de prise de décision et de planification dans un contexte complexe. L'AMG est une méthode de modélisation utilisée par divers pays et organisations pour analyser et structurer des problèmes complexes dans le domaine de la gestion des urgences (GU). Les fonctionnalités de l'AMG peuvent être étendues au-delà de la modélisation de scénarios pour soutenir la

prise de décision et la planification dans le cadre de la GUSP. En période de crise, lorsque de nombreux éléments doivent être pris en compte, l'AMG peut fournir des informations précieuses indispensables à la gestion des urgences (GU). Bien que cela dépende du fait que le modèle AMG ait été préalablement construit comme outil GUSP, le modèle peut être rapidement déployé en cas d'urgence pour soutenir la prise de décision. De plus, l'AMG peut également améliorer d'autres méthodologies, telles que la MCDA, renforçant ainsi l'évaluation et la robustesse de divers outils GUSP.

Les recherches et pratiques futures pourraient impliquer l'application de l'AMG dans une perspective GUSP (par exemple, des scénarios axés sur la santé). Les recherches en cours, menées par l'Agence de la santé publique du Canada, se concentrent sur des événements cycliques tels que les incendies de forêt, les inondations, les vagues de chaleur extrême et les phénomènes météorologiques extrêmes, dans une perspective GUSP adaptée au contexte canadien. D'autres études pourraient également explorer l'élaboration de scénarios pour les urgences de santé publique provoquées par des agents infectieux et non infectieux. En outre, les applications futures impliqueront l'utilisation de l'intelligence artificielle (par exemple, GPT-4) pour décomposer les scénarios tout en produisant le champ morphologique. En conclusion, l'intégration de l'AMG à d'autres méthodologies GUSP peut considérablement améliorer la robustesse et l'efficacité des méthodologies GU, garantissant ainsi que l'AMG soit non seulement interopérable, mais aussi une pierre angulaire du cadre plus large de la GUSP.

Remerciements

Cet article a été initialement soumis au CJEM en anglaise. Nous remercions Andréanne Joanne Dibo-Amany et Lauren Touchant pour la traduction français.

Références

- Álvarez, A., & Ritchey, T. (2015). Applications of general morphological analysis : From engineering design to policy analysis. *Acta Morphologica Generalis*, 4.
- Beach, L. R. (2021). Scenarios as narratives. *Futures & Foresight Science*, 3(1). <https://doi.org/10.1002/ffo2.58>
- Bin Nafisah, S. (2021). Scenario planning in disaster management : A call to change the current practice. *The Journal of Medicine, Law & Public Health*, 1, 49-51. <https://doi.org/10.52609/jmlph.v1i3.28>
- Canadian Institutes of Health Research. (2021). *Building public health systems for the future*. <https://cihr-irsc.gc.ca/e/documents/building-public-health-systems-for-the-future-en.pdf>
- Charlton, P., Doucet, S., Azar, R., Nagel, D. A., Boulos, L., Luke, A., Mears, K., Kelly, K. J., & Montelpare, W. J. (2019). The use of the environmental scan in health services delivery research : a scoping review protocol. *BMJ Open*, 9(9), e029805. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2019-029805>
- Fernandez, A., Britton, N., & Ritchey, T. (2006, March 10-11). *Application of a prototype morphological model for earthquake disaster risk management* [Paper Presentation]. Asia Conference on Earthquake Engineering, Manila, Philippines.
- Garvey, B. (2017, July 18-21). *Decision making under uncertainty and complexity - Bringing morphological analysis out of the shadows and into the future* [Paper presentation]. International Symposium on Military Operational Research, United Kingdom.
- Gaßner, R., & Steinmüller, K. (2018). Scenarios that tell a story : Normative narrative scenarios – An efficient tool for participative innovation-oriented foresight. In R. Peperhove, K. Steinmüller, & H.-L. Dienel (Eds.), *Envisioning uncertain futures : Scenarios as a tool in security, privacy, and mobility research* (pp. 37–48). Springer Fachmedien Wiesbaden.
- https://doi.org/10.1007/978-3-658-25074-4_3
- Giorgadze, T., Maisuradze, I., Japaridze, A., Utia-shvili, Z., & Abesadze, G. (2011). Disasters and their consequences for public health. *Georgian Med News*, (194), 59-63.
- Graham, P., Evitts, T., & Thomas-MacLean, R. (2008). Environmental scans : how useful are they for primary care research ? *Can Fam Physician*, 54(7), 1022-1023.
- Hales, D. N., & Chouinard, P. (2011). *Implementing capability based planning within the public safety and security sector : lessons from the defence experience*. Defence Research and Development Canada – Centre for Security Science. https://publications.gc.ca/collections/collect-ion_2016/rddc-drdc/D68-6-26-2011-eng.pdf
- Handmer, J. (2008). Emergency management thrives on uncertainty. In G. Bammer & M. Smithson (Eds.), *ncertainty and Risk. Multi-disciplinary Perspectives*. Earthscan.
- Hoerger, M., Alonzi, S., & Mossman, B. (2022). Scenario planning : a framework for mitigating uncertainty in implementing strategic behavioral medicine initiatives during the COVID-19 pandemic. *Translational Behavioral Medicine*, 12(3), 486-488. <https://doi.org/10.1093/tbm/ibab155>
- Hosseinihah, H., & Zarrabi, A. (2021). Application of future studies and scenario planning models in earthquake crisis response planning. *Journal of Urban and Regional Analysis*, 13(2). <https://doi.org/10.37043/JURA.2021.13.2.10>
- Johansen, I. (2018). Scenario modelling with morphological analysis. *Technological Forecasting and Social Change*, 126, 116-125. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.05.016>
- Kosow, H., & Gaßner, R. (2008). Methods of future and scenario analysis. *Overview, assessment, and selection criteria*. German Development Institute. https://www.idos-research.de/uploads/media/Studies_39.2008.pdf
- Lantada, N., Carreño, M. L., & Jaramillo, N. (2020). Disaster risk reduction : A decision-making support tool based on the morphologi-

- cal analysis. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 42, 101342. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2019.101342>.
- Larsson, A., Ekenberg, L., & Danielson, M. (2010). Decision evaluation of response strategies in emergency management using imprecise assessments. *Journal of Homeland Security and Emergency Management*, 7(1). <https://doi.org/g/doi:10.2202/1547-7355.1646>
- Navrátil, R., Brodrechtová, Y., Sedmák, R., & Tuček, J. (2019). Forest management scenarios modelling with morphological analysis – examples taken from Podpoľanie and Kysuce. *Central European Forestry Journal*, 65(2), 103-120. <https://doi.org/doi:10.2478/forj-2019-0009>
- Neiner, J. A., Howze, E. H., & Greaney, M. L. (2004). Using scenario planning in public health : Anticipating alternative futures. *Health Promotion Practice*, 5(1), 69-79. <https://doi.org/10.1177/1524839903257692>
- Public Health Agency of Canada. (2021). *A vision to transform Canada's public health system*. Public Health Agency of Canada. <https://www.canada.ca/content/dam/phac-aspc/documents/corporate/publications/chief-public-health-officer-reports-state-public-health-canada/state-public-health-canada-2021/cpho-report-eng.pdf>
- Public Safety Canada. (2017). *An emergency management framework for Canada*. Emergency Management Policy and Outreach Directorate. <https://www.publicsafety.gc.ca/cnt/rsrscs/pblctns/2017-mrgnc-mngmnt-frmwrk/2017-mrgnc-mngmnt-frmwrk-en.pdf>
- Public Safety Canada. (2025). *Advancing a Pan-Canadian Civilian Response Capacity*. Government of Canada. <https://www.securitepublique.gc.ca/cnt/rsrscs/pblctns/2025-cvln-rspns/index-en.aspx?wbdisable=true#s2>
- Reisinger, A., Howden, M., Vera, C., Garschagen, M., Hurlbert, M., Kreibiehl, S., Mach, K. J., Mintenbeck, K., O'Neill, B., Pathak, M., Pedace, R., Pörtner, H.-O., Poloczanska, E., Corradi, M. R., Sillmann, J., Aalst, M. v., Viner, D., Jones, R., Ruane, A. C., & Ranasinghe, R. (2020). *The concept of risk in the IPCC sixth assessment report : A summary of cross-working group discussions*. Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2021/01/The-concept-of-risk-in-the-IPCC-Sixth-Assessment-Report.pdf>
- Ritchey, T. (2006, May). *Modeling multi-hazard disaster reduction strategies with computer-aided morphological analysis* [Paper presentation]. International Conference on Information Systems for Crisis Response and Management, Newark, NJ, United States of America.
- Ritchey, T. (2009a, June 15-17). *Developing scenario laboratories with computer-aided morphological analysis* [Paper presentation]. International Command and Control Research and Technology Symposium, Washington, DC, United States of America.
- Ritchey, T. (2009b). Futures studies using general morphological analysis. *Swedish Morphological Society*. <https://www.swemorph.com/pdf/futures.pdf>
- Ritchey, T. (2011). *Wicked problems – Social messes. Decision support modelling with morphological analysis* (1 ed.). Springer Berlin, Heidelberg. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-642-19653-9>
- Ritchey, T. (2022). General morphological analysis : An overview. *Swedish Morphological Society*. <https://doi.org/10.20935/AL4620>
- Ritchey, T., Lökvist-Andersen, A.L., Olsson, R., & Stenström, M. (2004, November 15-17). *Modelling society's capacity to manage extraordinary events developing a generic design basis (GDB) model for extraordinary societal events using computer-aided morphological analysis* [Paper presentation]. Society for Risk Analysis, Paris, France.
- Rose, D. A., Murthy, S., Brooks, J., & Bryant, J. (2017). The evolution of public health emergency management as a field of practice. *American Journal of Public Health*, 107(S2), S126-s133. <https://doi.org/10.2105/ajph.2017.303947>
- Rowel, R., Moore, N. D., Nowrojee, S., Memiah, P., & Bronner, Y. (2005). The utility of the

- environmental scan for public health practice : lessons from an urban program to increase cancer screening. *Journal of the National Medical Association*, 97(4), 527-534.
- Roy, A., & Garg, J. K. (2014, April 24-26). *Risk management using morphological field analysis : A case study from Nellore, India* [Paper presentation]. Disaster Risk and Vulnerability Conference, Trivandrum, Kerala, India.
- Savchenko, I. (2018, October 8-12). *Using morphological table networks for modeling social disaster situations* [Paper presentation]. International Conference on System Analysis & Intelligent Computing, Kyiv, Ukraine.
- Schneider, M., Ramírez-Agudelo, O., Halekotte, L., & Lichte, D. (2022, August 28-September 1). *A probabilistic approach to dynamic risk scenario identification* [Paper presentation]. European Safety and Reliability, Dublin, Ireland.
- Swanich, S. J. (2014). *A Critical Evaluation of General Morphological Analysis as a Future Study Methodology for Strategic Planning*. University of Pretoria. https://repository.up.ac.za/bitstream/handle/2263/43989/Swanich_Critical_2014.pdf United Nations High Commissioner for Refugees. (2023). Emergency Preparedness. <https://emergency.unhcr.org/emergency-preparedness/unhcr-preparedness/emergency-preparedness>
- Watson, H., Hagen, K., & Ritchey, T. (2015). *Experiencing GMA as a means of developing a conceptual model of the problem space involving understanding cascading effects in crises*. http://idl.iscram.org/files/hayleywatson/2015/1253_HayleyWatson_etal2015.pdf
- Zhao, J., Smith, T., Lavigne, M., Aenishaenslin, C., Cox, R., Fazil, A., Johnson, A., Sanchez, J., & Hermant, B. (2022). A rapid literature review of multi-criteria decision support methods in the context of one health for all-hazards threat prioritization. *Frontiers in Public Health*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.861594>