



AXA
Research Fund

AXA RESEARCH GUIDE



Les villes résilientes



Les villes résilientes

Table des matières

<u>Éditorial</u>	9
<u>L'urbanisation : un enjeu mondial</u>	13
<u>Inondations</u>	19
<u>Défaillances d'infrastructures</u>	27
<u>Pollution</u>	37
<u>Épidémies</u>	45
<u>Protéger les populations vulnérables</u>	51
<u>Demain, la résilience</u>	59
<u>À propos du AXA Research Fund</u>	67
<u>Index</u>	71

La ville :

un écosystème avec
des risques interdépendants

Chapitre 4 Pollution

Chapitre 6 Populations vulnérables

Chapitre 1 Urbanisation de masse

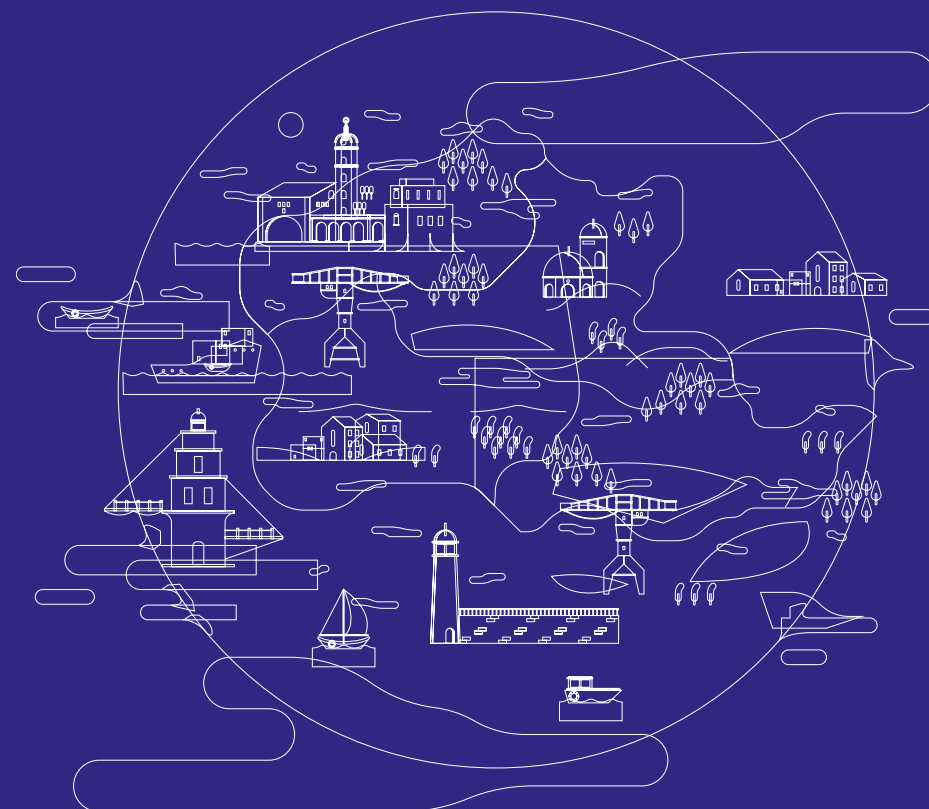
Chapitre 2 Inondations

Chapitre 3 Défaillances d'infrastructures

Chapitre 5 Épidémies



Éditorial



Il est urgent d'aider les villes à optimiser leur résilience

Aujourd'hui, 54% de la population mondiale est citadine, et d'ici 2050 ce chiffre atteindra les 70%. Cette augmentation de la concentration de populations et de valeurs économiques se produira dans des zones exposées aux catastrophes naturelles, et génère de nouveaux risques (comme la pollution). Ces tendances exigent une forte mobilisation pour renforcer la résilience des villes et assurer un avenir sûr, durable et fructueux à leurs habitants. C'est pourquoi nous devons promouvoir la recherche dans des domaines clés tels que l'aménagement du territoire, les infrastructures, le risque d'inondations et de séismes ou encore l'impact de la pollution sur la santé.

Comprendre, prévenir et contenir les risques

Il y a plusieurs manières d'aider les villes à organiser l'avenir : d'abord, comprendre les risques pour mieux les anticiper. Ensuite, sensibiliser pour que les populations, les gouvernements et les entreprises prennent

les bonnes décisions en toute connaissance de cause. Enfin, il faut partager les fruits des recherches pour aider les gouvernements et les décideurs à construire des solutions appropriées.

Soutenir la recherche et les politiques publiques

Chez AXA, nous sommes convaincus que la recherche permettra de relever efficacement les défis mondiaux auxquels sont confrontées nos sociétés. Les scientifiques sont au cœur de la production de savoir essentiel à la conception et à la mise en œuvre de stratégies de prévention et d'atténuation efficaces. C'est pourquoi nous soutenons une vingtaine de chercheurs d'excellence qui travaillent dans divers domaines de la résilience des villes tels que l'urbanisation, les dangers climatiques, les flux migratoires, les impacts sur la santé humaine et des infrastructures.

Nous sommes fiers de soutenir ces chercheurs, mais aussi de les inciter à prendre part au débat public via le AXA Research Fund. En encourageant les échanges scientifiques et le partage des connaissances, nous pouvons influencer les décideurs et amener les changements de comportements nécessaires aux villes résilientes de demain.

Nous sommes persuadés que les collaborations multi-sectorielles avec le monde académique et la mise en place de partenariats publics-privés forts sont déterminantes.

«Nous soutenons une vingtaine de chercheurs d'excellence»

En parallèle de son soutien actif à la recherche, AXA a également pris des engagements importants pour accroître la résilience des villes. En s'associant avec ONU-Habitat, AXA contribue par exemple à la réduction des risques dus aux catastrophes et soutient les populations vulnérables en consolidant les codes de construction et en aidant à mieux reconstruire après une catastrophe naturelle.

Ce « Guide des villes résilientes » vise à fournir à une large audience un instantané de l'état de l'art de la recherche sur le sujet ainsi qu'à démontrer la pertinence des collaborations multi-sectorielles déjà engagées.



Alban de Mailly Nesle
Directeur des risques
et responsable du
département assurance
Groupe AXA, et membre
du Conseil scientifique
du AXA Research Fund



Jad Ariss
Directeur des
Affaires Publiques
et Responsabilité
d'Entreprise du Groupe
AXA, et membre du
Conseil scientifique
du AXA Research Fund

Chapitre 01

L'urbanisation: un enjeu mondial





Comment mieux comprendre l'urbanisation pour accroître la résilience?

En concentrant un nombre d'habitants sans cesse plus important, les villes font face à une diversité de risques démultipliés : risques socio-économiques, énergétiques, naturels (séismes, inondations...), relatifs à la pollution, etc.

Par exemple, sur les 1 692 villes de plus de 300 000 habitants à travers le monde, 944 font face à un risque élevé d'exposition à une catastrophe naturelle. 98% des villes du réseau C40, qui rassemble les mégapoles du monde souhaitant combattre le réchauffement climatique, déclarent pour leur part que le changement climatique représente un risque significatif pour leur avenir.

Pour permettre aux villes de demain de faire face à ces évolutions, il est indispensable de comprendre les rouages de l'urbanisation : quel sera son impact sur l'espace urbain et sur son environnement ? Où seront situés les quartiers de demain ? Qui y vivra ? Et à quels risques ses habitants seront-ils vulnérables ?

Autant de problématiques auxquelles la recherche et la planification urbaine peuvent apporter des solutions, particulièrement par le biais de modélisations qui croisent données démographiques, satellitaires et études de terrain.



1950

2050

30%**70%**

D'ici 2050, plus des 2/3 de la population mondiale vivront dans des villes.

Source : UN Habitat

**75%**

Les villes consomment les ¾ de l'énergie mondiale et émettent entre 50% et 60% des gaz à effet de serre.

Source : UN Habitat

«Repenser la croissance démographique au niveau de la ville»

Deux phénomènes planétaires – le changement climatique et la croissance démographique urbaine – s'apprêtent à avoir un impact majeur, tout particulièrement chez les populations les plus pauvres. Pour nous y préparer nous devons mieux les comprendre.

«Confier les données aux pays les plus vulnérables»

Le Pr Deborah Balk, de la City University of New York, utilise de nouvelles méthodes de prévisions démographiques spatiales pour calculer le nombre de citoyens exposés aux risques liés au changement climatique, en particulier dans les pays émergents. Les données obtenues permettront, à terme, de développer des stratégies d'adaptation climatique.

«Mes résultats seront essentiels pour préparer les villes à s'adapter au changement climatique et à d'autres catastrophes environnementales» explique Deborah, «mon ambition est de confier ces données aux pays les plus vulnérables».

Un manque de données spatiales

Aujourd'hui, les prévisions de croissance urbaine ne se font qu'à l'échelle mondiale: «Les méthodes actuelles d'étude de la croissance

urbaine, principalement basées sur des recensements, sont limitées par leur manque de données spatiales» explique la scientifique.

Et selon elle, il est urgent de changer d'approche: «Il est impossible d'évaluer l'exposition des gens et des infrastructures aux risques du changement climatique si nous ne savons même pas où ils sont! Par ailleurs, la croissance se produira-t-elle en bordure d'agglomérations existantes, dans de nouvelles villes, dans des bidonvilles? Nous devons repenser la croissance démographique au niveau de la ville».

Des données pour les citoyens de demain

Le Pr Balk et son équipe entendent ainsi «prédire où seront les gens dans le futur». Cela implique de créer un modèle de cumul de statistiques et de croiser les données satellitaires avec des données démographiques spatialisées. Puis de compiler ces résultats pour différentes périodes.

Recoupés avec les données générales sur le changement climatique, ses travaux identifient et quantifient de nombreux facteurs de risque. Elle a ainsi pu déterminer «qu'un citoyen sur huit vit dans une zone côtière de basse altitude, la grande majorité en Asie». Ce genre de données n'est pas forcément connu des décideurs locaux, qui peuvent alors sous-estimer les risques. Ces recherches leur donneront donc accès à des données leur permettant de prendre des décisions en toute conscience.



Pr Deborah Balk

City University of New-York
AXA Outlook en 2014

«Modéliser l'urbanisation et son impact social et environnemental»

Quelles seront les conséquences environnementales de l'expansion urbaine? Comment la gestion du territoire va-t-elle transformer nos villes? Le professeur Dagmar Haase, de la Humboldt-Universität zu Berlin, répond à ces questions aussi complexes que cruciales. «Mes recherches se concentrent sur la modélisation urbaine et sur son impact social et environnemental à une échelle mondiale, régionale et locale» explique-t-elle.

Pour évaluer ces transformations, Dagmar étudie les écosystèmes urbains, c'est-à-dire les systèmes biologiques exerçant une influence sur des besoins vitaux tels que de l'air et de l'eau propres, l'accès à la nourriture et aux loisirs.

Démêler la complexité urbaine

Les données de ses recherches fournissent une perspective nouvelle. «Notre modèle identifie des zones d'urbanisation sensibles passées, présentes et futures. Nous observons par exemple une hypercroissance très jeune et très rapide en Chine et en Afrique de l'Ouest» explique-t-elle. Identifier les sites les plus probables de future croissance urbaine pourrait avoir un impact énorme sur la projection des risques induits par le changement climatique, telles que les sécheresses, les vagues de chaleur et les inondations.

Encourager un développement urbain durable

Dagmar préconise donc de nouvelles mesures aux acteurs et décideurs de l'urbanisme: «Il nous faut trouver un meilleur compromis entre les développements urbains compacts et étalés, en créant

une nouvelle densité urbaine multifonctionnelle comportant davantage d'immeubles hauts aux toits et murs végétalisés».

«Nous devons approfondir les possibilités de végétaliser et de re-naturaliser nos villes, en mettant en place des infrastructures vertes et des solutions basées sur la nature pour affronter les futurs défis en termes de chaleur et de pollution». Les autres solutions? Réduire la circulation automobile, multiplier les espaces cyclistes et piétonniers, développer le localisme, soutenir le jardinage et l'agriculture communautaires, réduire les inégalités d'accès aux espaces verts et encourager un développement urbain réellement durable.

Des petites villes mais de grands impacts

Les recherches du Pr Haase mettent en lumière l'importance des petites villes. «Les mégacités accaparent le discours scientifique, mais les plus petites zones urbaines sont tout aussi critiques. Certaines développent des approches très intéressantes de l'urbanisation localisée que nous devrions examiner de près» estime-t-elle. De nombreuses villes ont par exemple souscrit au concept CittaSlow, qui prône des styles de vie plus sains et plus durables en ralentissant la circulation automobile, en protégeant l'environnement et en encourageant les réseaux alimentaires locaux de haute qualité.

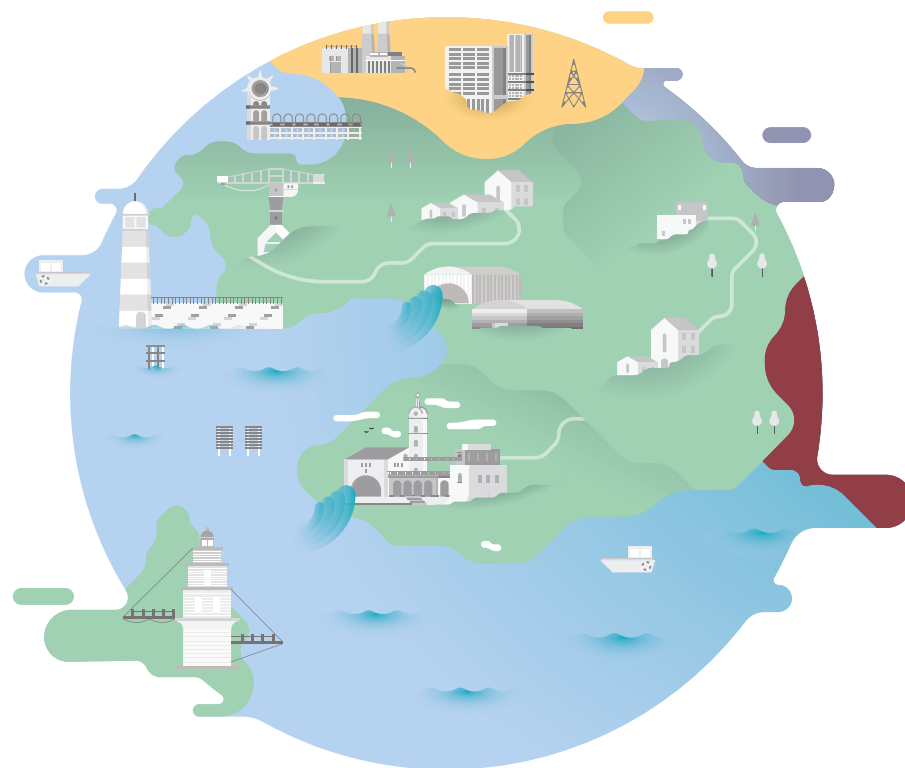


Pr Dagmar Haase

Université Humboldt de Berlin
AXA Award en 2013

Chapitre 02

Inondations





Comment agir face aux risques d'inondations?

Que ce soit en Afrique, en Europe, en Amérique ou en Asie, aucune ville n'est véritablement épargnée par le risque d'inondations. En 2016 par exemple, la crue qui s'est déclarée à Paris et dans sa région a provoqué des dégâts estimés à 1 milliard d'euros. Et les prévisions sont loin d'être optimistes : le nombre de pertes humaines mais aussi de dégâts matériels ne devrait cesser de croître dans les années et décennies à venir.

Le réchauffement climatique est sans conteste un facteur important de cette évolution : il conduit à une hausse du niveau des océans et augmente la fréquence et l'intensité des événements climatiques extrêmes menaçant tant les villes côtières que celles situées à l'intérieur des terres.

Et cela même alors que les villes font face à une pression démographique grandissante dans des zones à risques.

Il est donc vital pour les villes de trouver de nouvelles et de meilleures manières de protéger les habitations et les infrastructures (transports, écoles et entreprises) et les vies de leurs habitants. Il est déjà possible d'agir, par exemple en établissant des systèmes de stockage d'eau ou des réservoirs spécifiques en amont des fleuves, ou encore en établissant des programmes de lutte contre les inondations.

De plus, pour réduire les impacts potentiels de tels événements, des chercheurs travaillent à modéliser les évolutions du risque d'inondations et développent des systèmes d'alertes précoces.



3.4 mm par an

C'est le rythme moyen de l'accroissement annuel des océans depuis 1996. Un record sur les 20 derniers siècles.

Source : NASA



2014

5.3 milliards d'euros par an

2050

40 milliards d'euros par an

D'ici à 2050, les coûts des inondations en Europe s'élèveraient à 40 milliards d'euros par an. Soit 7 fois plus qu'en 2014.

Source : ec.europa.eu

«Les systèmes d'alerte précoces fournissent du temps pour réagir»

Les inondations affectent toutes les régions du monde, au détriment des vies humaines et des acteurs économiques. Le changement climatique aggrave le problème en augmentant la fréquence et l'intensité des inondations. Il devient donc vital de trouver de nouveaux moyens de les anticiper et d'alerter les populations exposées.

C'est pour cette raison que le Dr Vazken Andréassian et son équipe créent un système national de prévision des inondations en temps réel, intégrant plusieurs types de données hydrologiques: *« Mon projet de recherche AXA vise à mieux prévoir les crues et les inondations. Nous avons développé des modèles qui utilisent les données de fluviomètres au cœur de nos systèmes d'alerte ».*

Vazken et son équipe ont d'abord travaillé en France, en essayant de comprendre certains mécanismes complexes des crues. *« Nous voulions répondre à de nombreuses questions : comment les crues en amont réduisent-elles celles en aval, comment les mesures de protection en amont comme les barrages accentuent-elles les crues en aval, etc. »*, poursuit-il.

Réduire les risques avec des alertes

« De nombreuses villes sont situées près d'une côte ou d'une rivière pour faciliter le transport des biens vers les ports » explique Vazken, *« Il est donc vital d'approfondir nos connaissances des crues*

pour fournir de meilleures informations aux populations des villes et aider à améliorer la résilience urbaine ».

Un système d'alerte précoce d'inondation peut s'avérer crucial pour une ville. *« Il procure une chose précieuse : du temps, qui peut permettre de minimiser les impacts potentiels »* commente le spécialiste. *« Avec le système que nous développons, nous pouvons par exemple mieux prédire où et quand les services d'urgence seront nécessaires, ce qui permet aux gens d'agir, de mettre leurs biens à l'abri en hauteur ou de déplacer leurs voitures loin des cours d'eau ».*

Gérer d'énormes quantités de données

Il existe deux types de modèles de prévision des inondations : un qui simule la zone d'inondation prévue, et l'autre qui traduit les précipitations en niveau de crue. *« S'il est possible d'utiliser ces deux modèles simultanément, le faire à l'échelle d'un pays impose trop de contraintes d'un point de vue informatique. Je cherche des moyens de combiner les deux de manière optimale afin de fournir le meilleur compromis possible ».* Son système d'alerte précoce pourra ainsi proposer des prévisions en temps réel et cartographier les crues à grande échelle.

Le système de prévision du Dr Andréassian pourra s'adapter aux contextes d'autres pays et pourrait se décliner dans le monde entier pour limiter les risques et les impacts croissants des crues. *« Notre objectif final est de créer un système capable de surveiller en continu les cours d'eau d'un pays afin de délivrer à tous les acteurs concernés des alertes précoces en diffusant les informations sur les crues ».*



Dr Vazken Andréassian

IRSTEA
AXA-IRSTEA Joint Research
Initiative en 2015



«Sans une gestion efficace des cours d'eau, une crue peut avoir un impact durable sur une ville»

La Seine, ce fleuve sinuant au milieu de sites intemporels et parcouru de ponts historiques, est aussi apprécié des touristes que des Parisiens. Or, de récentes études ont révélé que les risques d'inondation, exacerbés par l'intensification attendue des événements climatiques due au changement climatique, pourront avoir de graves conséquences. Il est donc plus crucial que jamais d'optimiser la gestion du fleuve.

Les recherches du Dr Luciano Raso, spécialiste de la gestion de l'eau, portent sur l'utilisation du système de réservoirs, comme celui en amont de la Seine, qui sert à protéger les Parisiens des inondations et des sécheresses. «*Mon projet concerne les mesures à court terme tel que la modification de la gestion quotidienne des réservoirs de la Seine. En ce moment, chaque réservoir est géré de façon indépendante*».

Collecter un maximum de données hydrologiques

Luciano développe des modèles prédictifs servant à optimiser les systèmes de gestion des réservoirs afin d'améliorer le contrôle sur les ressources en eau sans augmenter les coûts. Pour cela, ses modèles doivent prendre en compte les conséquences pour le système dans son intégralité (rivières, nappe phréatique...) ainsi que l'utilisation finale qui en est faite (eau potable, production d'électricité, etc).

Il recueille des informations sur les niveaux d'eau des rivières, les précipitations, les nappes phréatiques, l'humidité, la température, les usages et d'autres données hydrologiques de sources locales et internationales.

La difficulté consiste à créer un système de gestion harmonisé capable de servir deux objectifs contradictoires : contrôler les énormes quantités d'eau qui traversent nos villes tout en évitant les risques de sécheresse. Luciano cherche à mettre au point un système qui permette une intervention précoce, à la fois en cas d'inondation et de sécheresse. L'intérêt de ses recherches est manifeste pour Paris mais aussi pour d'autres villes du monde.

Éviter que l'histoire ne se répète

«*Faute de gestion efficace des cours d'eau, une crue peut avoir un impact à la fois économique et écologique sur une ville et ses alentours*» explique le Dr Raso. «*À Paris nous avons les réservoirs, mais il y a une grande marge d'amélioration en termes de contrôle grâce à des techniques plus évoluées*».

En 1910, Paris a connu une inondation historique. Si une telle catastrophe se reproduisait aujourd'hui, sans le contrôle permis par les réservoirs les dégâts pourraient monter à 18 milliards d'euros. «*On estime que les réservoirs pourraient réduire ces coûts de moitié. Mes recherches visent à aller encore plus loin : de combien pourrait-on réduire ces coûts avec une gestion plus optimale ?*» se demande Luciano.



Dr Luciano Raso

Université de technologie de Delft
Bourse postdoctorale AXA en 2013
à l'IRSTEA Montpellier

«Des outils pour améliorer la sécurité des communautés côtières»

23% de la population mondiale vit à moins de 100km d'une côte et à moins de 100m au-dessus du niveau de la mer. «*Le littoral est la zone terrestre la plus peuplée et développée du monde*» explique le professeur Roshanka Ranasinghe, qui étudie l'impact du changement climatique sur le littoral à l'Institut pour l'éducation à l'eau de l'UNESCO-IHE.

«*Le littoral est régi par plusieurs phénomènes océaniques et terrestres, dont la plupart seront affectés par le changement climatique, ce qui en fait un facteur-clé des risques côtiers*», ajoute-t-il. «*Ce genre de variations va y générer des menaces sans précédents*».

Des milliers de simulations en quelques minutes

Roshanka et son équipe mènent des recherches scientifiques fondamentales et formulent des concepts de modélisation pour développer des méthodes innovantes d'évaluation des risques côtiers. «*Les responsables et les urbanistes des zones côtières ont besoin de modèles faciles à utiliser fournissant des estimations solides des impacts physiques du changement climatique sur les côtes, sur une échelle de 50 à 100 ans*» explique-t-il.

«*Nous élaborons des modèles numériques simplifiés et rapides, basés sur la physique, par le biais d'échelles d'agrégation, capables d'effectuer des milliers de simulations en quelques minutes*».

Réduire les risques pour les villes côtières

Roshanka et son équipe ont développé une modélisation de l'impact du changement climatique à l'échelle locale, qui fournit des estimations fiables des changements côtiers à une échelle spatiale de 10km. De nombreux autres projets voient le jour, notamment :

- Un modèle d'estimation du recul du trait de côte.
- Un modèle permettant d'évaluer rapidement les changements littoraux jouxtant des systèmes de petites criques-estuaire/lagons.
- Un ensemble de modèles d'estimation rapide des inondations dues aux variations de niveau des rivières, des précipitations, de la mer et des tempêtes dans les villes côtières suite au changement climatique.

Ces outils permettront une prise de décision mieux informée : «*Nos modèles sont appliqués avec succès en Australie, aux Pays-Bas, au Sri Lanka et au Vietnam*» se réjouit le Pr Ranasinghe. «*J'espère qu'un jour ces nouveaux outils amélioreront la sécurité des communautés littorales du monde entier*».

La recherche renforce la résilience des villes

Toute ville côtière mal protégée, à moins de 2m au-dessus du niveau de la mer et/ou à moins de 500m de la rive est concernée par l'impact du changement climatique, avertit le spécialiste. «*Nos modèles sont spécialement conçus pour permettre une évaluation quantitative des risques. Une fois quantifiés, on peut élaborer des options de réduction des risques économiques et environnementaux. C'est comme cela que les villes pourront améliorer leur résilience aux dangers, d'une façon rentable*».

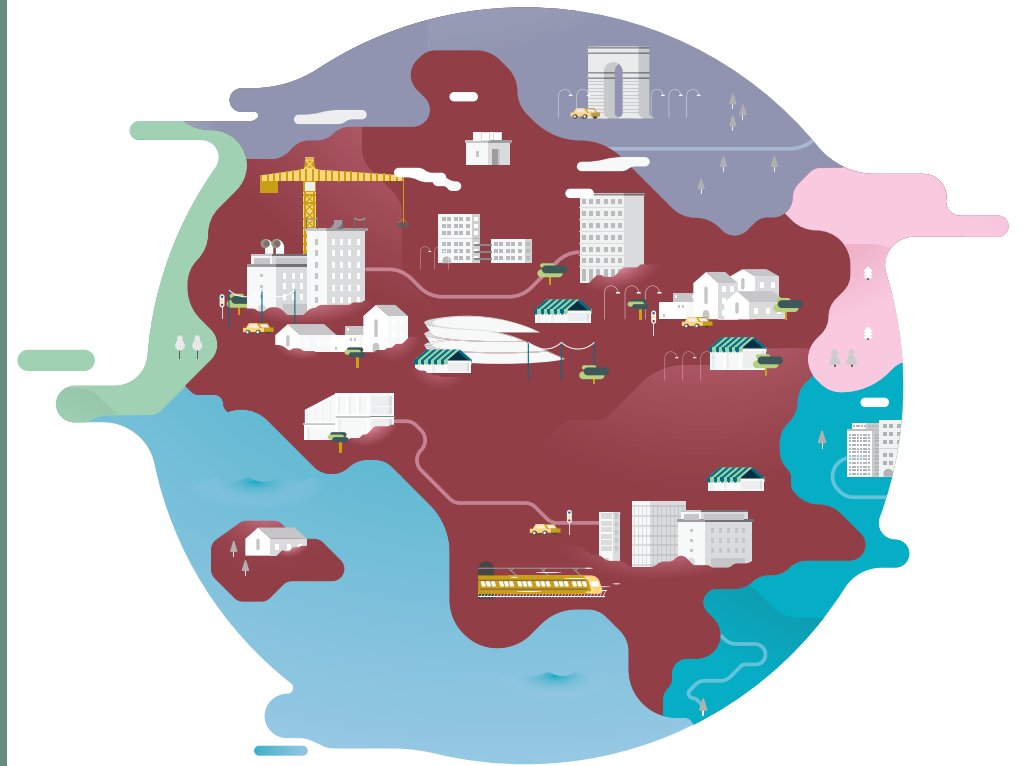


Pr Roshanka Ranasinghe

UNESCO-IHE Institut d'éducation scientifique relative à l'eau, Delft
Chaire AXA depuis 2014

Chapitre 03

Défaillances d'infrastructures





Comment assurer la continuité d'activités des infrastructures?

Énergie, réseaux de communication ou de transports, bâtiments : les infrastructures, qu'elles soient physiques ou non, sont l'épine dorsale des villes. En ce sens, un soin particulier doit être porté à la prévention de tous les risques fonctionnels envisageables.

Il est ainsi essentiel de permettre une détection en amont des vulnérabilités et défaillances cachées, mais aussi des nouveaux comportements à risques. Au niveau des bâtiments par exemple, cela passe par la mise en place de bonnes pratiques de construction.

Pour accroître la résilience des villes sur le long terme, il est également déterminant de prendre en compte les impacts prévisionnels

du changement climatique sur l'environnement urbain comme la hausse du niveau de la mer ou des températures.

La question des transports est également primordiale, en particulier dans les villes qui connaissent une augmentation rapide de leur population. Car, comment assurer, demain, la continuité des activités si rien n'est fait aujourd'hui ?

Pour les villes, l'analyse des infrastructures actuelles et la modélisation des risques et de leurs impacts potentiels est donc un passage obligé. D'autant plus à l'heure où les différents réseaux sont de plus en plus interdépendants les uns des autres.



de **13 milliards**
à **27.5 milliards de \$/an**

D'ici 2050, c'est le coût annuel moyen mondial estimé pour adapter les infrastructures publiques (bâtiments, réseaux de transports, etc.) au changement climatique, sur la base d'une évolution des températures de 2°C.

Source : World Bank



80%

8 villes sur 10 à travers le monde sont susceptibles de subir des dégâts importants du fait de tremblements de terre.

Source : UNHabitat

«Nos recherches visent à concevoir des systèmes de transports optimaux»

«Le temps passé dans les embouteillages est du temps perdu... lamentablement!» déplore le Dr Athanasia Manou, dont les recherches portent sur l'analyse des systèmes de transport au niveau local. «Nos recherches visent à concevoir de futurs systèmes de transport optimaux grâce à une meilleure compréhension des problèmes de circulation».

Les systèmes de transports publics visent en effet à fournir un service de haute qualité avec un budget limité voire contraint. La pénurie des ressources associée à l'ampleur de la demande provoquent généralement des encombrements qui conduisent souvent à des pertes financières, une mauvaise qualité de service et empêchent d'atteindre des objectifs sociétaux d'égalité et d'équité.

La théorie des jeux au service des transports

Le projet d'Athanasia commence par une question: que fait l'utilisateur s'il a le choix entre plusieurs moyens de transport quotidien ?

«La première chose à prendre en compte est que la décision de l'utilisateur est affectée par celles de tous les autres» explique-t-elle. «Imaginez que vous ayez le choix entre métro et voiture. Si vous

savez que la plupart des gens vont prendre leur voiture ce jour-là, vous choisirez le métro pour éviter les embouteillages. Ces décisions sont prises quotidiennement dans toutes les grandes villes du monde. Dans notre modèle, nous représentons cette situation avec la théorie des jeux, où un voyageur joue contre tous les autres».

Le deuxième facteur qu'introduit Athanasia dans ses modèles est la notion d'incertitude. Dans les transports publics, des facteurs comme le temps de trajet, l'attente et l'espace disponible dans une gare ou un véhicule sont aléatoires. «Par exemple, en allant au travail vous n'êtes jamais sûr qu'il y aura de la place pour vous dans le prochain train. Nous pouvons gérer toutes ces incertitudes avec la théorie des files d'attente. En construisant un modèle mathématique, nous pouvons étudier et prévoir la longueur des files et du temps d'attente».

Troisième aspect intégré au modèle du Dr Manou: la manière dont l'information affecte le comportement des passagers. «Aujourd'hui, le nombre d'applications qui fournissent aux voyageurs des informations relativement précises sur les retards sont de plus en plus nombreuses» explique-t-elle.

Vers un service public sur mesure

Le projet d'Athanasia vise ainsi à analyser les comportements individuels et collectifs dans ces systèmes impliquant plusieurs acteurs stratégiques, et à évaluer et proposer des politiques autour de prestations capables de prendre les risques en compte. «La prochaine étape concernera les effets de la centralisation et de la décentralisation sur les systèmes de services publics» annonce-t-elle.



Dr Athanasia Manou

Université Koç
Bourse postdoctorale AXA en 2014

«Nos modèles capturent la structure, les propriétés physiques et la fonctionnalité des infrastructures»

Panne de télécommunications à Rome, blackout dans le nord-est des États-Unis, marée noire dans le golfe du Mexique... Au vu de la complexité croissante des systèmes d'énergie, de télécommunication et d'ingénierie, les défaillances en chaîne (quand une panne dans un système entraîne d'autres) sont de réelles menaces. Pour analyser les mécanismes de ce type de défaillances, le professeur Giovanni Sansavini développe des techniques de modélisation innovantes.

«Le tout est bien plus que la somme des parties»

Que sont les systèmes complexes ? «Ils sont caractérisés par un grand nombre de composantes extrêmement connectées, comme la bourse ou Internet» explique le Pr Sansavini. «Leurs règles d'interaction peuvent changer au fil du temps. Le mécanisme global d'un système complexe ne peut être simplifié en décomposant ses éléments de base: le tout est bien plus que la somme de ses parties». La configuration énergétique moderne en est un bon exemple: cette organisation complexe est constituée de sous-systèmes interdépendants, des systèmes de systèmes, engendrant des mécanismes inédits comme la vulnérabilité aux défaillances en chaîne, susceptibles

d'avoir des conséquences à grande échelle. Giovanni analyse ces systèmes complexes grâce à des modèles représentant fidèlement leurs caractéristiques: «Nos modèles sont capables de capturer la structure, les propriétés physiques et la fonctionnalité de l'infrastructure critique, et de reproduire les conséquences d'un événement perturbateur» explique-t-il.

Vers une énergie entièrement renouvelable

Giovanni a récemment appliqué ses méthodes de modélisation à l'évaluation de la faisabilité d'un système énergétique entièrement renouvelable. Mais la variabilité inhérente aux énergies solaire et électrique complique l'intégration de cette énergie aux réseaux existants. «Nous avons montré le potentiel d'un système énergétique entièrement renouvelable en Suisse, en intégrant toute une variété de sources d'énergie renouvelable et un mélange d'hydroélectricité et de stockage par le biais d'électricité convertie en gaz» explique-t-il. «Nous avons étudié les conditions dans lesquelles le système entièrement renouvelable pourrait garantir un approvisionnement sûr».

Améliorer la résilience des villes

Les villes sont un bon exemple d'application des modèles du Pr Sansavini. «Nous avons conduit des études sur des infrastructures urbaines pour déterminer le compromis optimum entre investissement dans l'amélioration de la résistance aux effets néfastes et investissement pour améliorer la récupération et le rétablissement de la fonctionnalité» expose-t-il. C'est pourquoi il conduit aussi des recherches sur les mini-réseaux (microgrids) susceptibles de fiabiliser l'approvisionnement électrique en cas de panne de courant.



Pr Giovanni Sansavini

ETH Zurich
Chaire AXA depuis 2010

«Utiliser la surveillance satellitaire pour éviter les défaillances d'infrastructures»

De nombreux types d'infrastructures (bâtiments, ponts...) sont susceptibles de subir des dégâts structurels causés par des forces naturelles ou humaines. En compromettant la fonctionnalité des infrastructures, ce genre de dégâts peut avoir des conséquences potentiellement catastrophiques. Ces risques sont par ailleurs accrus dans les zones d'urbanisation accélérée ou lorsque l'infrastructure est mal entretenue.

Conscient de cette menace pour la sécurité, le Dr Peifeng Ma met au point un radar satellitaire innovant capable de surveiller en continu la dynamique des infrastructures depuis l'espace. « Je souhaite fournir aux gouvernements les moyens d'obtenir des données sur les déformations anormales d'infrastructures, ce qui leur permettra d'exécuter des travaux d'entretien critiques avant que la déformation n'engendre une défaillance structurelle » explique Peifeng.

Tout comme il est bon de faire des bilans médicaux régulièrement pour dépister d'éventuelles maladies, la santé des infrastructures doit être régulièrement examinée. « Il y a souvent un lent processus de déformation avant qu'une structure comme un bâtiment ou une voie ferrée ne s'effondre.

Détecter ces déformations subtiles est très difficile car le changement n'a souvent lieu que sur quelques centimètres et sur une longue période » expose-t-il.

Un système d'alerte précis

Peifeng développe un outil moderne capable de surveiller constamment ces infimes changements, avec une précision au millimètre, sur des périodes allant de quelques jours à plusieurs années. « Le projet utilise une technologie de télédétection radar, appelée InSAR, capable de mesurer de minuscules changements à la surface de la Terre en détectant les différences de phase des ondes renvoyées vers le satellite » résume-t-il.

Dans le cadre de ce projet, le Dr Ma envisage aussi de concevoir des recommandations générales pour diagnostiquer les infrastructures et détecter les risques de déformation, ainsi que de permettre l'archivage sur le long terme des données sur l'état des infrastructures.

Des bénéfices immédiats et des applications plus vastes

Le projet aura un impact immédiat sur les pratiques locales et internationales. « En permettant un contrôle des déformations peu coûteux et d'une grande précision, ainsi qu'un système d'alerte précoce de pointe, nous pouvons aider les gouvernements à coordonner les initiatives d'entretien des infrastructures et éviter les risques potentiels » précise Peifeng.

Ses recherches bénéficieront à d'autres domaines où une meilleure appréhension des mécanismes de dynamique des infrastructures urbaines s'avère critique, comme dans le cas des recherches sur les variations de niveau de la mer par exemple.



Dr Peifeng Ma

Université chinoise de Hong Kong
Bourse postdoctorale AXA en 2016



«Assurer la continuité des services essentiels après un séisme»

Plusieurs grandes villes du monde sont situées dans des zones d'aléa sismique fort, ce qui expose un nombre croissant de personnes et d'activités économiques aux risques sismiques. Pour réduire le nombre de victimes des séismes, le Pr Iunio Iervolino conduit ses recherches sur la résilience des infrastructures et travaille au développement de systèmes d'alerte précoce.

La résilience des infrastructures infrastructures cruciales

« Nous avons beaucoup appris en termes d'amélioration de la sécurité des bâtiments construits en zone sismique » explique Iunio, « mais les villes ont aussi besoin d'infrastructures résilientes, comme les réseaux de télécommunications et de transports, car elles relient l'environnement bâti et y distribuent les ressources ». La capacité de résistance de ces réseaux aux séismes est ainsi cruciale pour les habitants des zones urbaines.

Utiliser les données pour améliorer la résilience

Iunio et son équipe mesurent le niveau de risque des bâtiments pendant les répliques sismiques. « La plupart des grands tremblements de terre sont suivis de répliques qui peuvent durer des jours, des semaines voire des

années. Ces événements peuvent empêcher une communauté de se reconstruire. Pouvoir mesurer le risque sismique de structures et d'infrastructures pendant les séquences de répliques est donc crucial » explique-t-il. « Pour évaluer ces risques, nous utilisons des probabilités et nous réalisons aussi des simulations dans les cas où la modélisation analytique ne suffit pas. Les résultats obtenus peuvent aider les décideurs à comprendre comment ordonner les ressources pour une réduction optimale des risques ».

L'une des plus importantes découvertes récentes de Iunio est une méthode permettant d'intégrer le risque de réplique sismique à la prochaine génération de normes de construction, ce qui aura des implications à court terme pour la gestion des urgences et, à long terme permettra d'améliorer la résilience de la conception structurelle des bâtiments.

Des secondes qui sauvent des vies

Bien qu'il soit pratiquement impossible d'empêcher que les séismes ne provoquent des dégâts, surtout dans les pays où les constructions sont anciennes, de nombreuses mesures sont envisageables pour réduire le nombre de victimes. « Nous voulons développer un système d'alerte précoce capable de détecter les vrais dangers d'un séisme imminent et d'alerter les populations avant qu'elles ne soient frappées par les ondes sismiques » expose le Pr Iervolino. Ce genre de système permettrait de bénéficier de précieuses secondes avant un tremblement de terre. « En moins de cinq secondes des élèves peuvent se mettre à l'abri sous leurs pupitres, des ouvriers s'éloigner de machines dangereuses, un ascenseur peut être stoppé » précise-t-il. Des précautions simples mais efficaces qui peuvent éviter des catastrophes.



Pr Iunio Iervolino

Université de Naples Frédéric II
Projet AXA en 2011

Un habitat durable pour des villes plus résilientes

Depuis 2005, les catastrophes naturelles ont provoqué plus de 1 600 milliards de dollars de pertes économiques et ont affecté, blessé ou déplacé 1,7 milliard de personnes. Avec le temps, ces phénomènes ne feront que s'aggraver : on estime que d'ici 2030, les dégâts annuels moyens que ces catastrophes infligeront à l'environnement bâti dans le monde augmenteront de 32%.

En tant que leader mondial de l'assurance, AXA a un rôle conséquent à jouer pour limiter ce risque.

Construire «mieux» aidera à sauver des vies et à réduire les coûts des catastrophes naturelles

C'est pourquoi AXA et ONU-Habitat travaillent main dans la main pour soutenir les villes confrontées aux défis des catastrophes naturelles.

Ce partenariat vise à réduire le nombre de victimes et à limiter les pertes économiques en développant des recommandations pour aider les villes à mieux appliquer les codes de construction et les réglementations dans des zones sensibles aux catastrophes naturelles. Ces instructions viendront s'ajouter aux

assurances contre les catastrophes naturelles en encourageant les bonnes pratiques lors des reconstructions à grande échelle.

Mieux reconstruire pour un bâti plus sûr

Ensemble, AXA et ONU-Habitat promeuvent la mise en conformité lors des (re) constructions après une catastrophe naturelle pour aider les villes et les communautés à rebâtir des structures plus sûres. Cette initiative commune implique aussi des activités de diffusion et de promotion visant à s'assurer que les résultats de ce projet sont institutionnalisés, ainsi qu'à la mise en place d'un consensus et d'une dynamique communes parmi les acteurs de la reconstruction post-catastrophe.



Le programme des Nations Unies pour les établissements humains œuvre à créer un meilleur avenir urbain. Sa mission est de promouvoir le développement durable des établissements humains sur le plan social et environnemental ainsi que l'accès à un logement décent pour tous.

ONU-Habitat applique son expertise technique, son travail normatif et le développement de ses capacités pour faire en sorte que les villes soient ouvertes à tous, sûres, résilientes et durables.

Site internet : unhabitat.org

Chapitre 04

Pollution



Comment éviter que la pollution n'étouffe les villes?

L'impact de l'exposition à l'air pollué sur la santé commence à être de mieux en mieux connu. Face à ce risque, les villes se trouvent en première ligne.

Industries, transports, habitations... Les agglomérations et leurs habitants doivent réduire les sources d'émission de gaz à effet de serre, de particules fines et autres éléments polluants. Mais la tâche est complexe : elle requiert de changer les habitudes du quotidien, tant au niveau individuel que collectif.

Dans le but de préserver la santé publique mais aussi la continuité de l'activité économique lors des pics

de pollution, il est également vital de mettre en place des stratégies de prévention, notamment dans les villes et pays qui sont les plus à risques.

Pour rendre l'action publique plus efficace, il faut étudier la mise en place de cadres réglementaires, tout en travaillant sur la question de la pollution et en investiguant les diverses formes qu'elle peut prendre. Plus encore, la recherche permet de fournir les connaissances indispensables à l'établissement de plans d'actions qui peuvent réduire les risques d'aujourd'hui et ceux de demain.



+ 60%

C'est l'évolution des émissions de CO₂ à travers le monde entre 1990 et 2013.

Source : World Bank



92%

C'est le pourcentage des habitants de la planète vivant dans des lieux où les niveaux de qualité de l'air extérieur ne respectent pas les limites fixées par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS).

Source : WHO



«L'adaptation est un processus social alors que l'atténuation s'appuie sur l'innovation technologique»

Le changement climatique aura un impact immense sur nos villes. Les municipalités doivent donc élaborer des stratégies d'adaptation et d'atténuation afin d'aider leurs citoyens à s'y préparer. Consciente de l'insuffisance des recherches dans le domaine, le Dr Magali Dreyfus a décidé de découvrir ce qui motivait ces autorités à prendre des mesures légales sur le front du climat. Magali a ainsi étudié quatre villes – Tokyo, Paris, Phnom Penh et Delhi – et a examiné les obstacles auxquels étaient confrontées les autorités qui voulaient mettre en place des mesures d'adaptation au climat et les solutions qui ont fonctionné.

Des solutions propres à chaque ville

Ses recherches sur Delhi ont montré que la ville avait par exemple bénéficié du Mécanisme de développement propre du Protocole de Kyoto. «Elle a obtenu des financements étrangers pour moderniser son métro, et en améliorant son système de transports public, la mégapole indienne a réduit sa pollution atmosphérique et ses émissions de gaz à effet de serre malgré les récents pics de pollution» explique-t-elle.

À Tokyo, les autorités ont adopté une approche différente : en 2010, la ville a lancé un programme de plafonnement et d'échanges d'émission de gaz à effet de serre. « Cette innovation légale vise les bâtiments à haute consommation d'énergie. S'ils ne remplissent pas les objectifs, ils doivent acheter des crédits d'émissions auprès de ceux qui s'y conforment. Il y a donc une incitation financière : si vous réduisez vos émissions, vous pouvez revendre vos crédits. Les résultats sont très positifs : 90% des participants ont réduit leurs émissions » précise Magali.

Fournir des outils pour faire une différence

Les villes des pays émergents, les plus vulnérables au changement climatique, ont tendance à préférer des stratégies d'adaptation alors que les villes des pays industrialisés optent pour des stratégies de réduction des gaz à effet de serre. « Certaines municipalités comme Paris peuvent promulguer des lois soutenant les engagements internationaux sur le climat. Les autorités locales de Phnom Penh doivent quant à elles gérer des problèmes de développement urgents. Et le changement climatique peut ne pas être à l'ordre du jour ».

Malgré la singularité de chaque contexte, le Dr Dreyfus a su créer un modèle de stratégie urbaine face au changement climatique. Pour elle, « l'adaptation est souvent un processus social alors que l'atténuation s'appuie davantage sur l'innovation technologique. Mais on peut aussi trouver des solutions dans les comportements individuels ». Les conclusions de ses recherches permettront aux municipalités de mieux anticiper les effets du changement climatique.



Dr Magali Dreyfus

CNRS, CERAPS-Université de Lille
Bourse postdoctorale AXA en 2012
à la United Nations University
(Japon)



« Contrôler la pollution atmosphérique est positif à tous points de vue »

Si la pollution de l'air en Chine décline, elle reste un problème de santé publique majeur. Le professeur Sverre Vedal évalue les effets sur la santé de l'exposition à la pollution dans les zones urbaines. « *La génération de données solides sur ces effets peut motiver la mise en place de politiques publiques et contribuer à cibler les polluants et les sources de pollution les plus nuisibles* » explique-t-il.

Analyser la pollution par des études observationnelles et interventionnelles

Pour étudier l'impact de la pollution de l'air sur la santé, Sverre applique à la fois des études observationnelles, qui examinent de vraies expositions à cette pollution, et des études interventionnelles, impliquant un élément de contrôle expérimental. « *Nous avons utilisé des modèles spatio-temporels élaborés pour développer une "surface de concentration de pollution" pour six grands polluants atmosphériques de Beijing, tandis que notre étude interventionnelle se concentrait sur des expositions à la pollution routière non loin* » explique-t-il. Cette dernière utilisait des respirateurs filtrants afin d'étudier les effets de certains polluants sur les poumons et le cœur.

Certains des plus importants résultats obtenus par Sverre montrent que les composés organiques volatiles de la pollution liée

à la circulation aggravent l'inflammation des poumons, indication de lésion pulmonaire. Cette découverte permet aux autorités locales de justifier l'intensification des mesures de réduction d'exposition à ce type de pollution.

Des données à l'action

Les recherches et les méthodes du Pr Vedal ne sont pas spécifiques à la Chine : « *Nos modèles spatio-temporels peuvent s'appliquer à toutes les grandes villes disposant de données sur la qualité de l'air, grâce à l'imagerie satellite ou à des modèles de dispersion de la pollution* ». Les modèles ainsi créés peuvent servir à cartographier les concentrations de polluants et la répartition des sources de pollution dans une ville, et, associés à des données d'études sanitaires, prédire les expositions de cas individuels.

Plusieurs avantages pour la réduction de la pollution

Les effets sur la santé ne sont qu'un aspect négatif de la pollution atmosphérique. Le changement climatique en est un autre. « *Contrôler la pollution atmosphérique est donc positif à tous points de vue. Passer de la dépendance aux énergies fossiles à l'indépendance énergétique est aussi un pilier de la stratégie de résilience. Réduire la consommation d'énergies fossiles et les véhicules à essence et diesel diminue les risques sanitaires et les émissions de gaz à effet de serre et contribue à rendre les villes plus résilientes* » explique Sverre.



Pr Sverre Vedal

University of Washington
School of Public Health
Chaire AXA depuis 2014

« Réduire l'impact de la pollution sur la santé de millions d'usagers des métros dans le monde »

Nous examinons leur forme, leur composition chimique et leur effet sur le corps » explique Fulvio.

Une pollution différente en fonction des sites

Ses recherches, qui se concentrent sur Barcelone où presque un tiers de la population active prend le métro chaque jour, montrent que la qualité de l'air y varie considérablement en fonction de facteurs comme la ventilation des tunnels et la conception des stations. Le Dr Amato a notamment découvert que les passagers étaient exposés à moitié moins de particules en suspension dans les stations équipées de cloisons entre les quais et les rails.

Les responsables des transports urbains peuvent utiliser ces informations pour contribuer à réduire l'impact de l'air pollué sur la santé des millions d'usagers des métros dans le monde.

L'impact de la pollution sur la santé

« *La prochaine étape consiste à comprendre les risques de ces expositions pour la santé grâce à un effort conjugué avec ceux de toxicologues et d'épidémiologistes* » avance Fulvio. « *Nos recherches montrent que le métro devrait être intégré dans la législation visant à nettoyer l'air des villes* ».

Mais son travail ne se limite pas à l'air souterrain. Il analyse aussi la pollution atmosphérique dans l'ensemble de l'environnement urbain. Une récente découverte révèle que des distances minimales peuvent avoir un impact énorme sur la qualité de l'air : « *déplacer une piste cyclable à 10m d'une route peut réduire jusqu'à 50% le niveau de pollution de l'air respiré par les cyclistes* » explique-t-il.

Pour le Dr Fulvio Amato, l'incompatibilité entre les véhicules de particuliers et l'accroissement de la population urbaine est claire. La circulation automobile est un élément majeur de la pollution de l'air, reconnue comme l'un des plus grands facteurs de risque de mort prématurée à l'échelle mondiale. Selon lui, « *Nous devons repenser nos villes, décourager l'usage des véhicules conventionnels à moteur à combustion interne par le biais de mesures financières dissuasives, et promouvoir des modes de transport plus propres* ».

Comprendre l'impact de la pollution du métro

« *La première étape de tout programme d'amélioration de la qualité de l'air c'est la consolidation des transports publics pour proposer une alternative viable aux automobilistes* » poursuit Fulvio, « *et tout particulièrement le métro, très efficace d'un point de vue énergétique pour réduire les embouteillages* ». Or, pour promouvoir ce type de transport, nous devons mieux comprendre la pollution qu'il génère et son impact sur la santé. « *Nous calculons l'exposition et les dosages de la pollution de l'air sur les quais et dans les rames de métro. Nous utilisons un grand nombre d'appareils comme des compteurs optiques, des capteurs et des échantillonneurs d'air à grand débit pour mesurer les particules en suspension* ».



Dr Fulvio Amato

Spanish National Research Council
Bourse postdoctorale AXA en 2013
au CSIC-Natural Resources

Chapitre 05

Épidémies



Comment éviter que les villes ne deviennent les foyers de grandes épidémies?

SARS, H5N1, grippe aviaire... À travers les années, la crainte d'une épidémie à l'échelle planétaire perdure.

Aujourd'hui, les villes sont particulièrement sous surveillance, alors qu'elles sont de plus en plus peuplées et de plus en plus ouvertes sur le monde extérieur. Ce risque épidémiologique est principalement tangible dans les nombreuses régions du monde où les infrastructures nécessaires pour y faire face sont trop peu développées. Et en tout premier lieu en Afrique et en Asie, où les villes se développent le plus rapidement.

Alors que ce risque peut avoir un impact tant local qu'international, il est fondamental de favoriser la coopération de ces différents niveaux (administrations, organismes internationaux, etc.), ainsi que de mettre en place des plans de continuité d'activité et de gestion de crise en cas de nécessité.

Au-delà de la coordination, le contrôle et l'endiguement des épidémies reposent aussi sur la compréhension des dynamiques de l'infection et de son évolution spatiale et temporelle. La recherche joue un véritable rôle dans cette compréhension, en particulier grâce à des modèles et méthodes de modélisation de la diffusion d'une épidémie, adaptés aux différents territoires.



44%

C'est le pourcentage de pays à travers le monde disposant de moins d'un médecin pour 1 000 habitants. L'Afrique est le continent où le manque de médecins est le plus criant.

Source : WHO



800

Entre 2002 et 2003, l'épidémie de coronavirus (SARS) a infecté plus de 8 000 personnes à travers 29 pays. 800 d'entre eux sont morts.

Source : WEF



«Des modèles mathématiques pour comprendre la propagation des maladies infectieuses»

Pour empêcher la propagation de maladies comme Ébola, la dengue ou le virus Zika, chercheurs, professionnels de santé et autorités ont besoin d'informations détaillées sur la dynamique de transmission. C'est pour cela que le Dr Simon Cauchemez crée des outils perfectionnés qui révèlent les mécanismes-clés des épidémies.

«Nous développons des modèles mathématiques pour comprendre comment les maladies infectieuses se diffusent chez les populations humaines afin de mieux anticiper la trajectoire des épidémies, aider à réagir, et conseiller des stratégies de contrôle optimales» explique-t-il. Ses résultats sont extrêmement pertinents pour les professionnels de la santé publique, les décideurs, les médecins, les habitants et les voyageurs des zones touchées.

Former des collaborations internationales pour lutter contre la propagation

La propagation des maladies infectieuses soulève des questions scientifiques complexes, nécessitant une véritable approche interdisciplinaire : «Les recherches susceptibles de se traduire par des conseils permettant d'améliorer la gestion des épidémies sont plus que bienvenues.

De mon côté, je suis très impliqué dans cet aspect et je collabore étroitement avec des agences de santé nationales et internationales», commente Simon.

L'importance des villes dans la propagation des épidémies

L'augmentation de la mobilité humaine facilite et accélère la circulation des agents pathogènes et les villes, plateformes des voyages internationaux, sont particulièrement exposées. Ce risque peut être aggravé dans certains environnements urbains : «Les hautes densités de population et des infrastructures de santé et d'hygiène de mauvaise qualité peuvent faciliter la diffusion des agents pathogènes» précise le Dr Cauchemez.

Son travail s'avère précieux pour aider au contrôle des épidémies dans les villes. «Il y a récemment eu une grande épidémie de peste à Antananarivo (Madagascar). Mon équipe est allée soutenir les autorités locales pour saisir la dynamique de la propagation, évaluer l'impact des mesures de contrôle et faire des prédictions à court terme. Nous les avons aidées à comprendre ce qui se passait sur le terrain et ce qui était susceptible de se produire ensuite».

De l'aide d'urgence aux projets à long terme

Si une grande partie de ce travail implique des situations d'urgence, certains projets concernent le plus long terme. Simon a par exemple collaboré avec des partenaires au Bangladesh pour enquêter sur la transmission du chikungunya en collectant des données sur les moustiques vecteurs, et en utilisant des GPS pour suivre les déplacements humains. Ces données à l'échelle du pays servent aujourd'hui à évaluer les impacts sur la transmission du virus.



Dr Simon Cauchemez

Institut Pasteur
AXA Award en 2014

«Des infrastructures de santé efficaces limitent les risques épidémiologiques»

Les agents pathogènes ne connaissent pas de frontières, et les maladies infectieuses sont par nature mondiales : c'est pourquoi une coopération internationale est nécessaire pour les contrôler et les éliminer. Le Dr Petra Klepac mène des recherches associant dynamique épidémiologique et théorie des jeux appliqués aux accords internationaux pour trouver les moyens d'encourager cette coopération si essentielle. Ses recherches ont des implications cruciales pour la santé publique.

«Dans le cadre de ma bourse de recherche AXA, j'étudie les moyens d'obtenir les niveaux de coopération nécessaires pour contrôler les agents pathogènes des infections immunisantes» expose Petra. «Le monde est de plus en plus interconnecté, et les villes sont les plaques tournantes de ces connections. Les problèmes mondiaux comme les maladies infectieuses demandent des solutions mondiales. Les villes ne peuvent agir isolément, et il est de plus en plus important de coopérer pour gérer de nombreux risques actuels».

Améliorer le contrôle des maladies infectieuses

Petra étudie comment des coopérations peuvent permettre de mieux contrôler les maladies infectieuses. «Les accords internationaux permettent très souvent d'obtenir une couverture vaccinale bien meilleure et moins chère que dans le cadre d'actions unilatérales» explique-t-elle.

Son travail est basé sur la modélisation épidémiologique de métapopulations, qui permet la représentation mathématique de populations discrètes et des mouvements d'individus infectés à l'intérieur et entre ces populations. Petra analyse ainsi les mécanismes qui régissent la transmission d'une maladie infectieuse, démarche vitale pour l'élaboration de stratégies de contrôle efficaces.

«J'analyse comment de multiples facteurs, de la saisonnalité à l'évolution des pathogènes en passant par la mobilité humaine et les contraintes économiques et logistiques, influencent les stratégies optimales pour le contrôle et l'élimination des maladies infectieuses» explique-t-elle.

Le rôle des villes

Les grandes villes sont exposées au risque épidémiologique car elles sont des plateformes internationales et mettent en contact de grands nombres de personnes. «La mobilité humaine permet aux agents pathogènes de se déplacer facilement autour de la Terre. Une fois dans une zone densément peuplée, un agent pathogène peut se propager rapidement, surtout quand de nombreux individus ne sont pas immunisés» poursuit-elle.

«Mais d'un autre côté, lorsqu'ils possèdent des infrastructures de santé efficaces, comme des hôpitaux, ces centres urbains atténuent ces risques. C'est donc dans les pays les moins développés où les zones urbaines densément peuplées sont dépourvues de ce genre d'installations sanitaires publiques que les menaces épidémiologiques sont les plus graves».

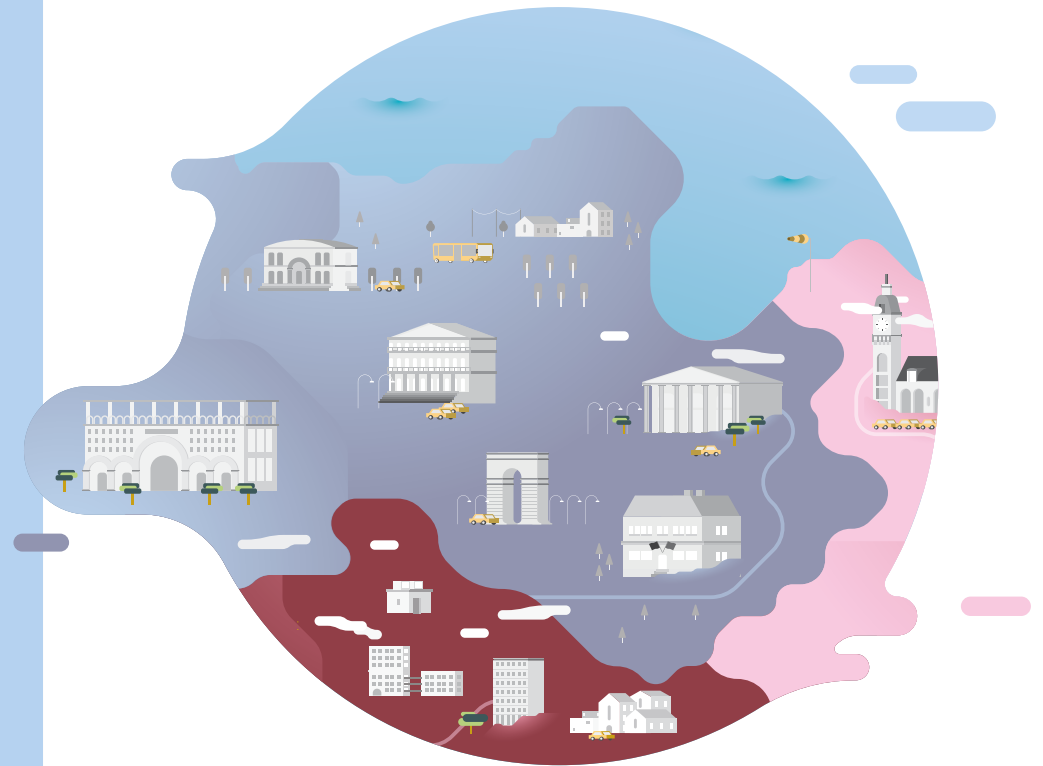


Dr Petra Klepac

Université de Cambridge
Bourse postdoctorale AXA en 2012

Chapitre 06

Protéger les populations vulnérables



Comment protéger les populations les plus vulnérables?

Chaque année, 26 millions de personnes à travers le monde basculent dans la pauvreté du fait de catastrophes naturelles, principalement dans les pays en voie de développement. Ces populations vulnérables sont essentiellement installées dans des logements précaires, souvent dans des zones à risques délaissées par les projets d'urbanisation, et dans lesquelles les services publics sont moins présents, voire absents.

Afin de mieux les protéger et pour mieux les accompagner dans l'avenir, la recherche tente de comprendre comment ces communautés réagissent en cas de catastrophe.

De même, alerter et engager les acteurs locaux dans la collecte de données et la mesure des risques auxquelles ces populations font face permet d'accroître la résilience. Dans cette perspective l'assurance a également un rôle crucial à jouer dans la protection de ces populations vulnérables face aux catastrophes naturelles. En mettant en place des partenariats public-privé, il est possible de conduire à une réduction du risque et à la résilience au niveau local.



1/3

Depuis 1990, 33% des citoyens vivent dans des bidonvilles ou des logements précaires à travers le monde.

Source: PwC



82%

C'est la part des villes qui sont localisées dans des zones à haut risque de mortalité associé à une catastrophe naturelle (tremblement de terre, inondation, cyclone, etc.). En 2014, cela représentait 1,9 milliard d'habitants.

Source: UN



«Les données sont cruciales pour comprendre les risques urbains»

Les opportunités économiques et le style de vie offerts par les villes ont provoqué une croissance urbaine mondiale sans précédent au cours des dernières décennies. Mais la vie urbaine ne va pas sans risques. Le Dr Cassidy Johnson collabore avec des chercheurs et des décideurs pour recueillir des données et mesurer les risques environnementaux dans les zones urbaines. *« Mon projet AXA porte sur les paramètres et les méthodes de mesure de la résilience urbaine. Collecter des données est crucial pour comprendre les risques auxquels font face les villes en pleine croissance. Pour pouvoir envisager le type d'infrastructures nécessaires, il nous faut savoir exactement qui est vulnérable et à quoi »* explique le Dr Johnson.

Se concentrer sur les plus vulnérables

Les recherches de Cassidy se concentrent sur des groupes à bas revenu dans des villes des pays du Sud. En effet, les plus pauvres vivent souvent dans des zones urbaines informelles exposées à des risques naturels (dans des plaines inondables ou sur des terrains en pente par exemple), qui manquent d'infrastructures et de services adéquats. L'association de ces facteurs expose les populations aux maladies et aux blessures.

« Je conduis des recherches à Dar es Salam, la plus grande ville de Tanzanie. Les principales menaces que nous y avons identifiées sont la criminalité, la mauvaise gestion des ordures, l'absence d'infrastructures d'évacuation des eaux pluviales et des eaux usées, de toilettes, de services de santé

de base et d'hôpitaux, mais aussi le coût élevé de la vie ou encore la consommation de drogues » explique-t-elle.

L'impact le plus courant de ces risques est la transmission de maladies par l'eau, comme le choléra, la typhoïde et le paludisme. On note aussi une peur persistante et un sentiment d'insécurité, symptômes des difficultés rencontrées au quotidien par les habitants.

Vers une résilience accrue

Collecter des données sur ces zones urbaines permet d'appréhender l'échelle du problème et d'identifier ceux à adresser en priorité. *« Les mesures sont une forme de communication »* explique Cassidy, *« les habitants savent quels sont les risques les plus importants qu'ils courent au quotidien, et les experts en catastrophes naturelles savent si ces lieux sont menacés. Rassembler toutes ces informations aide les décideurs et les responsables locaux à agir. C'est à cela que servent les mesures »*.

En mettant en lumière les risques encourus par les communautés urbaines au quotidien et lors d'événements exceptionnels, ses mesures permettent d'agir : *« Si le manque de ressources complique l'action dans de nombreux pays en développement, les communautés organisées peuvent travailler avec les gouvernements locaux pour apporter des améliorations comme la mise en place d'une police de proximité ou la gestion des déchets »* précise le Dr Johnson.



Dr Cassidy Johnson

University College de Londres
AXA Outlook en 2014



«Les catastrophes naturelles impliquent aussi l'environnement social»

La communauté mondiale du XXI^e siècle est exposée à des risques d'inondation d'une fréquence et d'une intensité inédites, qui s'avèrent l'un des dangers naturels les plus dommageables en termes de mortalité et de dégâts économiques.

La gravité des inondations peut s'observer dans les colonias, des implantations côtières situées au bord du Rio Grande, au sud du Texas (USA), dans d'anciennes plaines inondables agricoles. Ces colonias, où vivent environ 500 000 personnes à bas revenus, sont dépourvues des services de base (eau potable, égouts et routes goudronnées), tandis que les logements y sont bâtis avec des matériaux bon marché.

Une approche interdisciplinaire

Malgré leur exposition directe à de graves risques de tempêtes et d'ouragans, aucune recherche ne s'était penchée sur leur vulnérabilité aux inondations. Le Dr William Donner s'attache au sujet en adoptant une approche innovante et interdisciplinaire de la situation. «*Les catastrophes impliquent l'environnement à la fois naturel et social, et se prêtent donc bien aux études interdisciplinaires*» constate-t-il.

William utilise ainsi la cartographie électronique pour localiser les colonias, puis interroge les habitants pour mieux connaître leurs vulnérabilités et leurs stratégies d'adaptation.

Parmi les nombreux éléments repérés dans cette enquête, les plus notables sont que les habitants des colonias sont très mal préparés aux catastrophes, que peu de logements sont assurés et qu'encre moins ont les ressources nécessaires pour réduire les risques au-delà des inondations habituelles.

En collaboration avec des chercheurs en sciences naturelles, William développe des modèles permettant de prévoir les schémas d'inondation provoqués par les ouragans et susceptibles d'avoir un impact fort sur les habitants des colonias. «*En comprenant mieux leurs vulnérabilités sociales et environnementales, nous espérons élaborer de meilleures politiques publiques pour aider à protéger les habitants des colonias et d'autres populations du même genre dans le monde entier*», avance-t-il.

Soutenir les décideurs pour une résilience accrue aux inondations

Ses recherches aideront les décideurs à élaborer des politiques de prévention : «*Grâce à nos travaux nous concevons un ensemble de mesures préconisant la distribution gratuite de radiométéos peu coûteuses et de programmes éducatifs visant à informer les habitants des colonias sur les formules d'assurance abordables*».

Une réflexion sur la résilience doit avoir lieu dans les communautés en cours d'urbanisation comme dans les grandes villes où la croissance des infrastructures est systématique. «*La résilience urbaine reste encore hors de portée*» déplore le Dr Donner, «*mais la solution consiste à encourager les partenariats entre le monde académique, et les secteurs publics et privés, et les ONG, ainsi qu'un ensemble d'acteurs locaux et communautaires*».



Dr William Donner

University of Texas Rio Grande Valley
AXA Award en 2015

«Le théâtre participatif ouvre de nouveaux espaces à la résilience des communautés»

Du Kenya au Royaume-Uni, le professeur Katrina Brown travaille avec des communautés côtières pour faciliter la résilience par le partage d'expérience de gestion des événements climatiques extrêmes. «*Le changement climatique ne se produit pas de façon isolée : les risques et les échéances sont différents pour chacun*», explique-t-elle.

La puissance du participatif

Ses méthodes performatives explorent le concept même de résilience : «*Le théâtre participatif ouvre de nouveaux espaces d'exploration des expériences vécues, des imaginations, des émotions et des solutions possibles autour du changement climatique, nécessaires pour élaborer des actions transformatives*» précise-t-elle.

Elle collabore ainsi avec des autorités locales, comme à Porthleven, au sud-ouest de l'Angleterre : «*Certains membres du conseil municipal ont participé à notre performance théâtrale et nous ont aidés à organiser un jeu autour du risque d'inondation. Nous espérons que les décideurs s'en serviront pour explorer des idées autour des réactions individuelles et collectives face à ces risques*».

Comprendre les aspects émotionnels du risque

Katrina a recours à des méthodes inédites pour impliquer les gens et améliorer notre compréhension des risques. «*Notre travail a montré l'importance des aspects émotionnels et subjectifs du risque et nous a aidé à acquérir des connaissances précieuses concernant l'adaptation au changement climatique. Au Kenya, par exemple, nous avons utilisé l'humour pour inciter à envisager différents scénarios pour l'avenir, alors qu'au Royaume-Uni nous avons plutôt utilisé le chagrin*».

Un problème exacerbé par la pauvreté

Katrina travaille surtout dans des pays en développement où les problèmes du changement climatique sont exacerbés par la pauvreté. «*Les plus pauvres ont moins de ressources pour se prémunir contre les chocs et les événements extrêmes. Un seul événement peut les faire basculer dans la misère*», explique-t-elle. La communauté de pêcheurs et d'agriculteurs de Kwale, au Kenya, avec qui elle a travaillé, est bien plus dépendante que celle de Porthleven au Royaume-Uni : «*Là-bas, en cas d'épreuves, il y a d'autres sources de revenus possibles*».

Résilience des communautés : différences et points communs

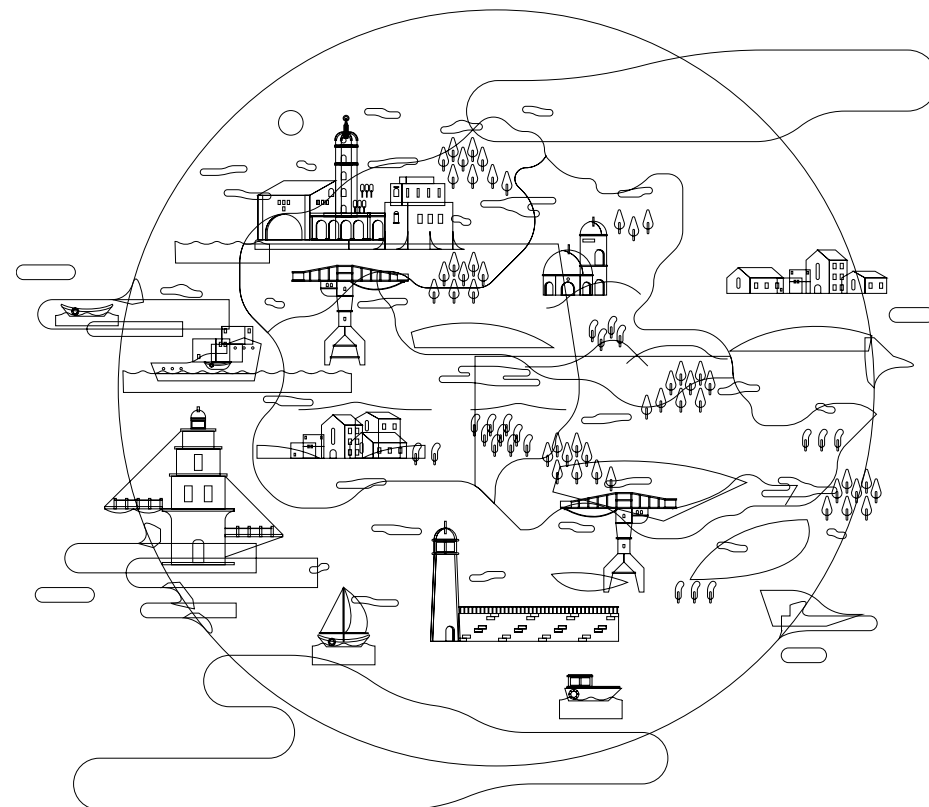
Si la résilience se construit différemment au Kenya et au Royaume-Uni, le Pr Brown observe d'intéressantes similitudes : «*Pour les communautés littorales, le changement fait partie de la vie. Elles sont habituées aux caprices de la mer et du climat et partagent un sentiment d'appartenance et une fierté dans leur identité côtière. Les liens qui lient les gens entre eux et à leur lieu de vie sont d'importantes sources de résilience*».



Pr Katrina Brown

University of Exeter
AXA Outlook en 2013

Demain, la résilience



“La prospective permet de se préparer aux différentes ruptures possibles”

Alors que la population mondiale ne cesse de croître, les agglomérations se développent et se multiplient, et les risques et les difficultés auxquelles ces dernières font face aussi.

Ainsi, le changement climatique, en plus des problématiques purement environnementales, pose également des questions énergétiques, économiques, de santé, d'organisation spatiale ou encore de transports.

Face à cette interdépendance et à cette complexification accrues des risques, l'augmentation de la résilience des villes ne sera pas seulement technologique. Car si la data est l'un des éléments indispensables des smart cities de demain, elle ne peut être le seul outil d'analyse des risques.

La prospective pour rendre les villes plus résilientes

En ce sens, déployer une approche prospectiviste nous paraît indispensable. Car anticiper c'est détecter les signaux faibles et comprendre les mouvements de fonds. Anticiper, c'est également se donner les moyens d'avoir une vision systémique des changements, qui croisent bien souvent des aspects technologiques, juridiques, sociaux, économiques ou encore politiques.

En se penchant sur de multiples scénarios, la prospective permet de se préparer aux différentes ruptures possibles. Et c'est précisément cette approche globale qui permet de fournir aux décideurs et aux populations d'aujourd'hui les informations pour prendre les bonnes décisions sur leur avenir.

Dans ce processus, la recherche a bien entendu un rôle fondamental à jouer, que ce soit par ses travaux théoriques, ses travaux de terrain, mais aussi grâce à sa capacité à prendre du recul sur le présent.

De l'intelligence sectorielle à l'intelligence holistique

Dans ce monde en profond bouleversement, AXA travaille d'ores déjà sur divers scénarios de smart cities à travers plusieurs continents. C'est par exemple le cas à Mexico, sur la question des smart grids, ces réseaux d'électricité qui partagent des informations entre fournisseurs et consommateurs d'énergie, et qui peuvent s'avérer très utiles lors de défaillances ponctuelles d'une partie du réseau.

“Anticiper, c'est se donner les moyens d'avoir une vision systémique des changements”

C'est également le cas à Singapour ou encore à Bristol, où les équipes d'AXA travaillent avec les populations, les administrations locales et divers partenaires industriels sur la question des transports, de construction des bâtiments, des systèmes de santé ou encore de gouvernance.

Autant de projets qui, à terme, permettront de passer d'une approche des smart cities encore trop sectorielle à une approche véritablement holistique. Et d'accroître plus encore la résilience des villes.



Cécile Wendling
Directrice de
la Prospective
du Groupe AXA

Zoom sur

Bristol

Villes et systèmes de transports de demain

Récemment, la ville de Bristol s'est auto-qualifiée de « smart city », ville intelligente. Dans cette perspective, cette agglomération du sud-ouest de l'Angleterre a lancé diverses initiatives visant à réduire les inégalités sociales, le fort taux de chômage ainsi qu'à résoudre les problèmes de logement et d'embouteillages. Parmi ces projets est né **Venturer**, un consortium de véhicules connectés et autonomes basé au Laboratoire robotique de la University of West of England. Venturer est un partenariat d'experts des secteurs public, privé et universitaire. Il inclut aussi les membres du conseil municipal.

Une ville nouvelle redessinée par les véhicules autonomes

Les experts s'accordent à dire que les véhicules autonomes seront un élément incontournable des solutions de transport intégrées dans les villes du futur. Parmi les diverses améliorations que permettra cette nouvelle technologie une fois totalement développée, figurent une diminution

du nombre d'accidents de la route, la réduction de l'espace occupé par les places de parking et une transformation de l'aménagement des routes.

Outre le projet Venturer, AXA UK travaille avec la municipalité pour réhabiliter un ancien aéroport et le transformer en tout nouveau quartier dont les infrastructures intégreront des solutions intelligentes pour communiquer avec les véhicules autonomes.

Ces solutions pourraient permettre de résoudre des problèmes comme le transport de populations peu mobiles (seniors, personnes handicapées) ainsi que certains problèmes environnementaux.

Un défi pour l'assurance

Par l'entremise de Venturer, AXA participe activement aux discussions sur l'avenir des transports et des infrastructures. Plus spécifiquement, le rôle d'AXA est de fournir des conseils et une aide dans le domaine juridique, réglementaire et des assurances (pour les régimes de responsabilité par exemple) ainsi que de diffuser des informations concernant les résultats des travaux effectués.

Les assureurs auront un grand rôle à jouer dans les nombreux défis qu'auront à relever les villes du futur. Un partenariat comme Venturer permet à AXA d'accompagner efficacement les villes et les systèmes de transport de demain, ainsi que de comprendre et de concevoir les produits et services dont ses futurs clients auront besoin.



*Ce texte a été écrit grâce aux explications de Cécile Wendling, Directrice de la prospective du Groupe AXA, et de David Williams, Directeur technique à AXA UK.

Zoom sur

Singapour

Répondre aux enjeux de demain grâce aux innovations technologiques

Lancé en 2014 par le gouvernement de Singapour, le programme Smart Nation vise à répondre aux enjeux urbains du futur en faisant appel au potentiel des innovations technologiques, et en particulier de l'Internet des Objets et du Big Data. Alors que la cité-Etat numérise ses services publics, son objectif principal est de faire émerger un écosystème de partenaires, impliquant des start-ups, des entreprises mondiales ou encore des laboratoires de recherche.

Améliorer le bien-être des personnes âgées

Le projet SILVER (Singapore Innovative LiVing EnviRonment), qui réunit des universités singapouriennes, le CNRS et des entreprises comme AXA, est représentatif de cette volonté. Son objectif : proposer un cadre et des outils pertinents et innovants pour adapter l'environnement urbain au vieillissement de la population.

Pour améliorer le bien-être, l'indépendance et la mobilité des personnes âgées, les chercheurs ont d'abord étudié leurs comportements à l'extérieur ou dans leur environnement d'habitation, et ont cherché à discerner les facteurs potentiels d'une dégradation de la santé, le tout grâce à des objets connectés. L'analyse des données devrait permettre la mise en place de services d'assistance connectée dédiés à cette population.

Prévoir la mobilité de demain

La mobilité est également un sujet important pour Singapour. En 2017, environ une centaine de milliers de vélos partagés ont fait leur apparition en moins de 10 mois. En parallèle, des voitures électriques en libre-service ont elles aussi été déployées. Signe d'une évolution rapide des usages. L'analyse des données d'utilisation de ces services devrait apporter de riches enseignements sur les nouvelles manières de se déplacer et sur l'impact que cela pourrait avoir sur les transports publics, la planification urbaine et permettre la création d'une assurance personnalisée basée sur les usages.

Enfin, Singapour est également en train de se préparer pour les solutions de mobilité futures, telles que les voitures autonomes. AXA, par exemple, travaille avec des partenaires sur la modélisation des risques liés à la future mise en service de ces véhicules, et en particulier sur la question de la responsabilité.



*Ce texte a été écrit grâce aux commentaires de Cécile Wendling, Directrice de la Prospective du Groupe AXA, et Céline Le Cotonnec, Chief Data Officer d'AXA Singapour.

Zoom sur

Mexico

Les données et la blockchain pour accroître la sécurité des routes

Chaque jour, entre 8 et 10 millions de véhicules circulent dans les rues de Mexico. Mais les infrastructures sont loin d'être adaptées, au point que la capitale du Mexique est la ville la plus embouteillée au monde. Et si ce trafic automobile génère une pollution importante, il est aussi la cause de nombreux accidents. Avec environ 16 000 morts chaque année, les routes du Mexique sont les 7èmes plus meurtrières au monde.

Aider à la prévention grâce aux données

Pour lutter contre cette situation, toutes les initiatives sont les bienvenues, qu'elles proviennent des autorités, de la société civile ou encore des entreprises. Ainsi, AXA a par exemple mis à disposition du public ses données de sinistres routiers pour les principales villes du pays sur les 3 dernières années. L'objectif : signaler les croisements les plus dangereux pour

les automobilistes et ainsi faire de la prévention auprès de la population et des services municipaux concernés.

La blockchain pour généraliser la responsabilité civile

Autre enjeu concernant les transports routiers : le manque chronique de polices d'assurance des automobilistes. En effet, seule la moitié des conducteurs de Mexico est assurée, ce qui ne va pas sans poser de problème en cas de sinistre... Lors d'un concours d'innovation, des employés d'AXA ont présenté un projet faisant appel à la blockchain et visant à faciliter la certification et la vérification des polices d'assurance. L'intérêt est double : pour le consommateur, ce système lui certifierait que sa police le protège lui ou les tiers ; pour les autorités, cela permettrait de distinguer instantanément les véritables polices d'assurance de celles falsifiées. Le projet, qui n'est pas encore déployé, est aujourd'hui portée par l'Association mexicaine des institutions d'assurances.

Si le partage de données ou la mise en place d'un proof of concept basé sur la blockchain ne peuvent à eux seuls résoudre le problème de la sécurité des transports routiers, ils sont cependant la preuve qu'une utilisation volontaire des nouvelles technologies est un élément clé de la réponse globale. Une approche qui peut se généraliser dans d'autres domaines liés aux risques, comme dans les cas de tremblements de terre où des experts en réclamation AXA ont déjà fait appel à des drones pour identifier rapidement la magnitude et l'importance des dommages. Et réagir ainsi sans attendre.



*Ce texte a été écrit grâce aux commentaires de Cécile Wendling, directrice de la Prospective du Groupe AXA et Charlotte Serres, directrice de l'innovation d'AXA Mexico.

À propos du AXA Research Fund



Le AXA Research Fund: soutenir la recherche pour construire des vies meilleures

Parce que la science détient les clés du progrès et d'une vie meilleure, AXA a lancé en 2007 le AXA Research Fund, une initiative de mécénat scientifique unique d'envergure mondiale. Le AXA Research Fund s'emploie à accélérer et à diffuser les découvertes scientifiques et les solutions qu'elles apportent aux principaux enjeux mondiaux actuels.

Le AXA Research Fund soutient l'innovation académique via des partenariats de recherche d'excellence dans le monde entier. Il fournit aux chercheurs les moyens et la liberté de mener à bien leurs travaux, leur permettant ainsi d'explorer de nouvelles pistes en toute confiance.

Les bourses sont accordées sur des critères purement académiques au terme d'un processus de sélection strict et transparent, supervisé par notre Conseil Scientifique composé majoritairement de chercheurs de renom et présidé par le Prof Tom Kirkwood (université de Newcastle, Royaume-Uni).

«Partager les connaissances scientifiques, alimenter le débat public, permettre de prendre des décisions en toute connaissance de cause, construire un avenir meilleur pour tous»

Au delà d'un simple soutien financier

Pour être utile, la science doit être partagée. C'est pourquoi en complément du soutien financier, AXA fournit des ressources, formations, réseaux et opportunités de communication pour aider les scientifiques soutenus à rendre leurs connaissances accessibles et utiles pour le plus grand nombre. Diffuser les connaissances scientifiques, nourrir le débat public, donner les moyens d'une prise de décision éclairée, construire un avenir meilleur pour tous.

179

millions d'euros engagés

563

projets de recherches soutenus

Des chercheurs de

58

nationalités différentes

dans

35

pays

**En janvier 2018*

Pour en savoir plus



gallery.axa-research.org
Actualités, vidéos

axa-research.org



[@AXAResearchFund](https://twitter.com/AXAResearchFund)



[AXA Research Fund](https://www.facebook.com/AXAResearchFund)



[AXAResearchFundLive](https://www.youtube.com/AXAResearchFundLive)

Index

Vous voulez en savoir davantage sur un projet en particulier? Vous désirez contacter un des chercheurs soutenus par le AXA Research Fund?

Contactez-nous à l'adresse suivante:
community.research@axa.com



Dr Fulvio Amato

Membre de l'Institut de diagnostic environnemental et d'étude de l'eau du conseil supérieur de recherches scientifiques de Madrid, Fulvio Amato travaille sur la qualité de l'air et la modélisation de la pollution. En 2013, le AXA Research Fund lui a attribué une bourse post-doctorale.



Dr Vazken Andréassian

Directeur adjoint scientifique à l'IRSTEA, Vazken Andréassian est le directeur de recherche de l'AXA-IRSTEA Joint Research Initiative débuté en 2015.



Pr Deborah Balk

Directrice associée de l'Institute for Demographic Research de la City University of New York, Deborah Balk est spécialiste de démographie spatiale et de gestion des données en sciences sociales. Elle a obtenu une bourse de recherche AXA Outlook en 2014.



Pr Katrina Brown

Katrina Brown enseigne les sciences sociales et environnementales à l'University of Exeter (RU). En 2013, elle a reçu une bourse de recherche AXA Outlook.



Dr Simon Cauchemez

Simon Cauchemez dirige le service de modélisation mathématique des maladies infectieuses à l'Institut Pasteur de Paris. En 2014, il a reçu une bourse de recherche AXA Award.



Dr William Donner

Spécialiste de l'impact de l'environnement sur les risques socio-économiques, William Donner est professeur associé à l'University of Texas Rio Grande Valley. En 2015, il s'est vu octroyer une bourse de recherche AXA Award.



Dr Magali Dreyfus

Chercheur du CNRS au CERAPS-Université de Lille, Magali Dreyfus est spécialiste de l'impact du changement climatique sur les villes qu'elle étudie via le prisme des politiques locales et des outils juridiques. En 2012, elle a obtenu une bourse post-doctorale à la United Nations University (Japon) soutenue par le AXA Research Fund.



Pr Dagmar Haase

Dagmar Haase, de l'université de Humboldt de Berlin, est spécialiste de l'urbanisation. En 2014, elle a été lauréate d'un AXA Award.



Pr Iunio Iervolino

Professeur d'ingénierie des séismes et de dynamique des structures à l'Università degli Studi di Napoli Federico II. En 2011, il a été lauréat d'un Projet AXA sur l'évaluation et la réduction des risques industriels liés à l'aléa sismique.



Dr Cassidy Johnson

Cassidy Johnson est maître de conférence au Bartlett Development Planning Unit de l'UCL de Londres, où elle enseigne les risques de catastrophes naturelles, la reconstruction post-catastrophe et l'adaptation au changement climatique. En 2014, elle a reçu une bourse de recherche AXA Outlook.



Dr Petra Klepac

Petra Klepac est membre du département Infectious Diseases de l'University of Cambridge. En 2012, le AXA Research Fund lui a octroyé une bourse de recherche post-doctorale.



Dr Peifeng Ma

Peifeng Ma est associé de recherche à l'Institute of Space and Earth Information Science de la Chinese University of Hong Kong. En 2016, le AXA Research Fund lui a attribué une bourse post-doctorale.



Dr Athanasia Manou

Spécialiste du comportement des clients et des systèmes de file d'attente, Athanasia Manou travaille dans le service d'Ingénierie industrielle de l'université Koç d'Istanbul. En 2014, le AXA Research Fund lui a attribué une bourse post-doctorale.



Pr Roshanka Ranasinghe

Depuis 2014, Roshanka Ranasinghe dirige la Chaire AXA sur l'impact des changements climatiques et les risques côtiers à l'Institut pour l'éducation relative à l'eau de l'UNESCO-IHE à Delft, Pays-Bas.



Dr Luciano Raso

Luciano Raso est chercheur sur la gestion de l'eau à l'université de technologie de Delft. Il a effectué son post-doctorat à l'IRSTEA Montpellier, avec le soutien du AXA Research Fund.



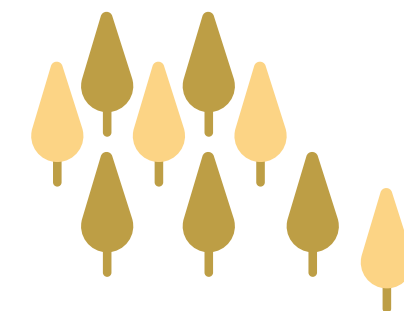
Pr Giovanni Sansavini

Giovanni Sansavini dirige depuis 2010 la Chaire AXA du département d'ingénierie des procédés et d'ingénierie mécanique de l'ETH Zurich. Il concentre ses recherches sur l'énergie et la modélisation de systèmes complexes d'infrastructure socio-techniques.



Pr Sverre Vedal

Depuis 2013, Sverre Vedal dirige la Chaire AXA en pollution atmosphérique et santé à l'Académie de recherche chinoise sur les sciences environnementales de Beijing.



Plus d'informations en ligne sur les villes résilientes

En partenariat avec National Geographic, le AXA Research Fund a réalisé une série de vidéos qui permettent d'aller à la rencontre des chercheurs soutenus par le Fonds, et de comprendre comment leurs recherches participent à la construction des villes résilientes.

Vous pouvez visionner ces vidéos sur YouTube :

- Ep. 1 - [Explorer le futur de la croissance urbaine](#)
- Ep. 2 - [Inondations : à la découverte des systèmes d'alertes précoces](#)
- Ep. 3 - [Pollution : mieux comprendre les impacts sur la santé](#)
- Ep. 4 - [Tremblements de terre : à la découverte des systèmes d'alertes précoces](#)
- Ep. 5 - [Construire la résilience des villes : le rôle de l'assurance](#)

Vous pouvez également retrouver sur YouTube "EXPLORER/PROTEGER", une série de conversations entre les chercheurs soutenus par le AXA Research Fund et Jon Waterman, du National Geographic :

- Ep. 1 - [Changement climatique et événements climatiques extrêmes](#)
- Ep. 2 - [Résilience des communautés et événements climatiques extrêmes](#)
- Ep. 3 - [Infrastructures et changement climatique](#)

The Conversation a publié plusieurs articles traitant des travaux des chercheurs soutenus par le Fonds :

- [Vous prenez le métro ? Voici ce que vous devriez savoir sur la qualité de l'air](#)
- [Séismes provoqués par les activités humaines : comment limiter les risques ?](#)
- [De Tokyo à Hambourg, villes et citoyens mènent l'innovation face aux changements climatiques](#)

Enfin, un guide, « Des mesures pour améliorer la qualité de l'air urbain », co-financé par le AXA Research Fund et écrit par Fulvio Amato, un postdoctorant AXA, est aussi disponible en ligne : www.cleancities.net

AXA Research Guide – Les villes résilientes

Février 2018

Publié par AXA Research Fund
25, Avenue Matignon,
75008 Paris, France
community.research@axa.com

Contenu, design & graphisme
Spintank <</>

Ce guide de recherches AXA est imprimé sur Munkin Polar Rough (300 g/m²) et Magno matt (135g/m²). Il utilise les polices Source Sans et Publico.

Ce guide a été imprimé par la Manufacture d'histoires des Deux-Ponts (Bresson, France) en 1 000 exemplaires.

Tous droits réservés pour tous pays, AXA Research Fund, 2018.



