L’IA pour la gestion des risques de catastrophe (GRC)

Présenté par Mersedeh Tariverdi

D’après mon travail au Groupe de la Banque mondiale et les travaux de nos partenaires sur les applications au développement international

18 août 2026

23 diapositives de contenu

6 sections

~90 minutes

Usage officiel uniquement

Quantifier les risques pour décider

À la croisée des services publics et de la gestion des risques de catastrophe

Risques multialéas et en cascade



Indonésie, Flores orientale, 2021

SECTION 01

01 *Avec ou sans IA ?*

Données et IA main dans la main ~ de l'AA pour la vision ….



L’IA pour la gestion des risques de catastrophe

OBJECTIF Définir la GRC en termes simples et expliquer pourquoi l’IA compte à mesure que les risques climatiques s’intensifient.

- La GRC identifie, évalue et aide à concevoir des interventions pour réduire les risques liés aux aléas naturels : inondations, séismes, cyclones, sécheresses, feux de forêt, etc.…
- La GRC traditionnelle reposait sur des enquêtes manuelles, des modèles physiques et des cycles de données lents.
- Satellites, réseaux sociaux, capteurs, drones et données mobiles dépassent désormais les capacités des analystes humains (avec quelques réserves !)
- L’apprentissage automatique repère des schémas à grande échelle : l’information sur les risques devient plus rapide, moins chère et plus complète.

EN PRATIQUE



05/2016



05/2017



06/2019



02/2025

Changement climatique vs GRC

OBJECTIF Distinguer le changement climatique, moteur de risque à long terme, de la GRC, système pratique de gestion des chocs.

- Le changement climatique augmente la fréquence et l'intensité des aléas : pluies plus fortes, tempêtes plus violentes, sécheresses plus longues.
- Il ne décide pas si un aléa devient une catastrophe : c'est la GRC qui le décide.
- Les alertes, les bâtiments résilients et les ressources de relèvement déterminent l'issue.
- L'IA sert les deux : modéliser l'évolution future des aléas et améliorer les systèmes de GRC qui doivent fonctionner dès aujourd'hui.

Réalité

Of the top 10 disasters, droughts proved to be the deadliest hazard during the period, causing 650,000 deaths, followed by storms that led to 577,232 deaths; floods, which took 58.700 lives; and extreme temperature events, during which 55,736 died.

(a)	Disaster type	Year	Country	Deaths
1	Drought	1983	Ethiopia	300 000
2	Storm (*Bhola*)	1970	Bangladesh	300 000
3	Drought	1983	Sudan	150 000
4	Storm (*Gorky*)	1991	Bangladesh	138 866
5	Storm (*Nargis*)	2008	Myanmar	138 366
6	Drought	1973	Ethiopia	100 000
7	Drought	1981	Mozambique	100 000
8	Extreme temperature	2010	Russian Federation	55 736
9	Flood	1999	Bolivarian Republic of Venezuela	30 000
10	Flood	1974	Bangladesh	28 700

WMO | Deadliest disasters in the past 50 years.

Usage officiel uniquement

La formule du risque

OBJECTIF Comprendre que le risque dépend de l'aléa, de l'exposition et de la vulnérabilité, pas de l'aléa seul.

Risque = Aléa × Exposition × Vulnérabilité

- L'aléa est l'événement physique ; l'exposition, ce qui et ceux qui se trouvent sur son passage.
- La vulnérabilité est la sensibilité des personnes et des biens aux dommages et leur rapidité de relèvement.
- L'IA aide à caractériser chaque composante et à les combiner dans des évaluations intégrées.

EN PRATIQUE

Deux districts subissent la même inondation, mais l'habitat informel, un mauvais drainage et des voies d'évacuation difficiles rendent l'un bien plus à risque.

QUIZ DE LA SECTION

Q **Si deux communautés subissent la même hauteur d'eau, quels sont les deux facteurs, hors aléa, qui expliquent le mieux la différence de pertes ?**

R *L'exposition (ce qui et ceux qui se trouvent sur le passage de l'aléa) et la vulnérabilité (leur sensibilité aux dommages).*

Usage officiel uniquement

SECTION 02

02

Les aléas : que peut-il arriver, et où ?

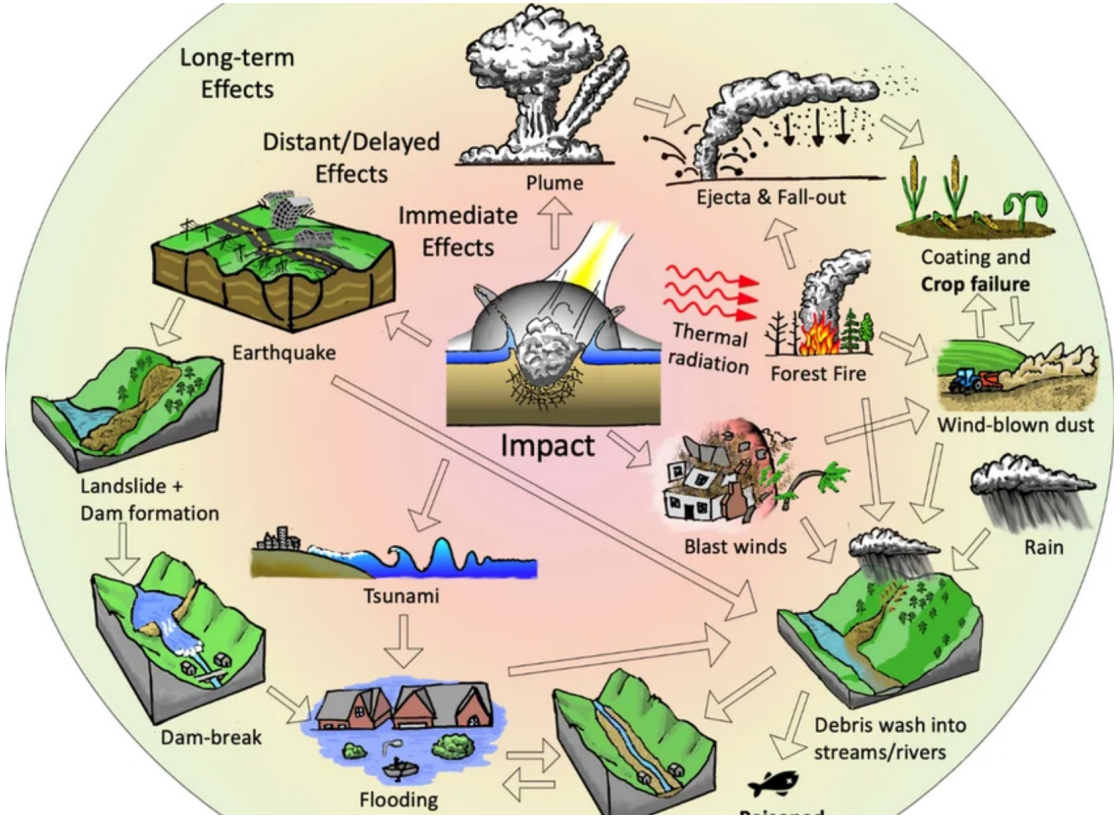
Diapositives 4–7 · ~20 minutes



Les aléas en GRC

OBJECTIF Identifier les grandes catégories d'aléas : inondations, tempêtes, sécheresses, chaleur, glissements de terrain, séismes et événements composés.

- Hydrologiques : inondations et ondes de tempête.
- Météorologiques : cyclones, vagues de chaleur, sécheresses.
- Géophysiques : séismes, glissements de terrain, éruptions volcaniques.
- Événements composés : deux aléas ou plus simultanés => de plus en plus fréquents et les plus difficiles à modéliser.
    - Il existe d'autres facteurs de risque comme la fragilité des gouvernements et des États, la violence et les conflits
    - Autres types de chocs (pandémies, crises financières, etc.)



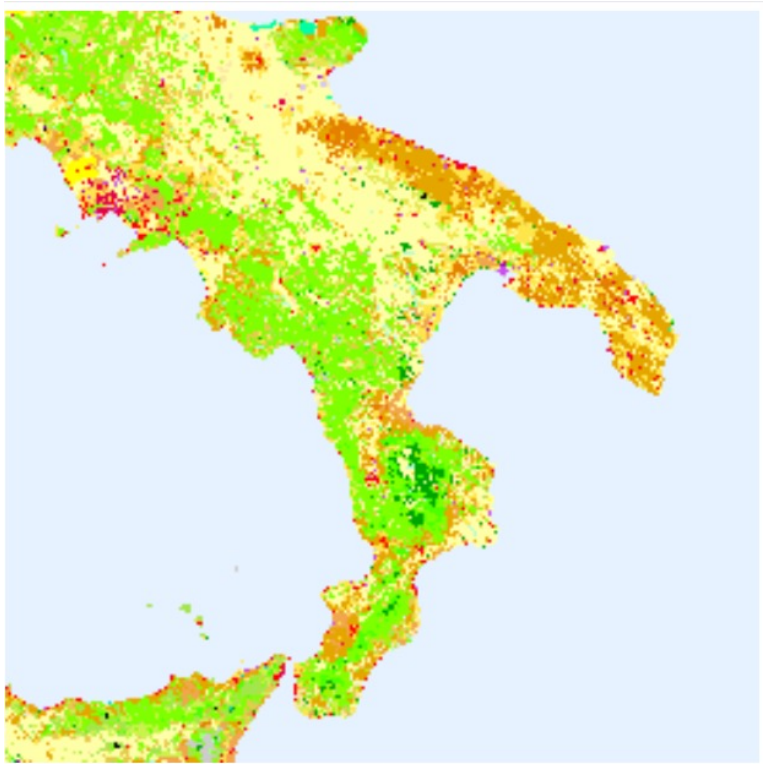
DOI:10.1007/s11069-022-05722-z

Usage officiel uniquement

L’IA pour la prévision

OBJECTIF Expliquer comment l’IA améliore la prévision des aléas en combinant données satellitaires, radar, capteurs et météo.

- L’AA entraîné sur les précipitations, les niveaux des cours d’eau et l’imagerie produit des prévisions plus rapides et moins coûteuses.
- Il excelle dans la prévision immédiate à très court terme, où la vitesse compte le plus.
- Les cartes d’impact des cyclones peuvent être disponibles jusqu’à 120 heures avant l’atterrissage.
- Une alerte plus précoce permet l’action anticipée et le prépositionnement des secours.



`ee.ImageCollection("COPERNICUS/CORINE/V20/100m")`

EN PRATIQUE

En Afrique de l’Ouest, des systèmes fusionnant en temps réel données satellitaires et de capteurs au sol appuient le suivi des inondations et la réponse des pouvoirs publics.

TECHNIQUE D’IA

Prévision des inondations / cyclones par AA

Usage officiel uniquement

L’IA pour la cartographie des aléas

OBJECTIF Montrer comment l’apprentissage automatique produit des cartes d’aléas plus fines, surtout là où les données traditionnelles sont rares.

- Les cartes statiques des zones inondables, des zones de secousses et des pentes instables fondent la planification de la GRC.
- La vision par ordinateur appliquée aux images satellitaires et de drones réduit fortement le coût de la cartographie.
- Les cartes peuvent être actualisées bien plus souvent quand les conditions changent.
- Des modèles entraînés ailleurs peuvent être transférés et affinés avec peu de données locales.

EN PRATIQUE

Au Mozambique, la cartographie des inondations par IA repère les localités susceptibles d’être coupées des routes et des services pendant la saison cyclonique.

TECHNIQUE D’IA

Vision par ordinateur sur images satellitaires

https://www.esri.com/en-us/geospatial-artificial-intelligence

Usage officiel uniquement

Les limites des modèles d'aléas

OBJECTIF Reconnaître que l'IA ne remplace pas les modèles physiques : les prédictions doivent encore être validées par des experts, avec une incertitude claire.

- Les modèles échouent en cas de changement de distribution, d'extrêmes rares ou de physique mal représentée.
- L'incertitude doit être communiquée clairement quand les alertes déclenchent des actions coûteuses.
- Se fier excessivement à l'IA sans validation experte est un risque critique pour la sécurité.
- Un usage responsable suppose une validation rigoureuse, de la transparence et une supervision humaine.

EN PRATIQUE

Dans les petits États insulaires, l'IA peut affiner la résolution des ondes de tempête, mais les prévisionnistes locaux doivent encore traduire les alertes en messages auxquels les communautés se fient.

QUIZ DE LA SECTION

Q **Pourquoi une prévision d'aléa exacte ne suffit-elle pas à elle seule pour bien décider en GRC ?**

R *Le risque dépend aussi de l'exposition et de la vulnérabilité, et les prévisions doivent atteindre les décideurs à temps, sous une forme exploitable.*

Usage officiel uniquement

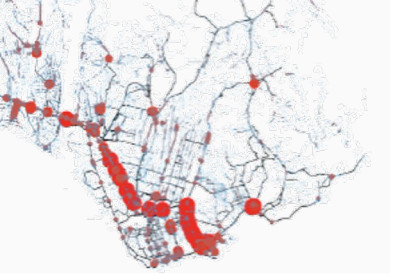
SECTION 03

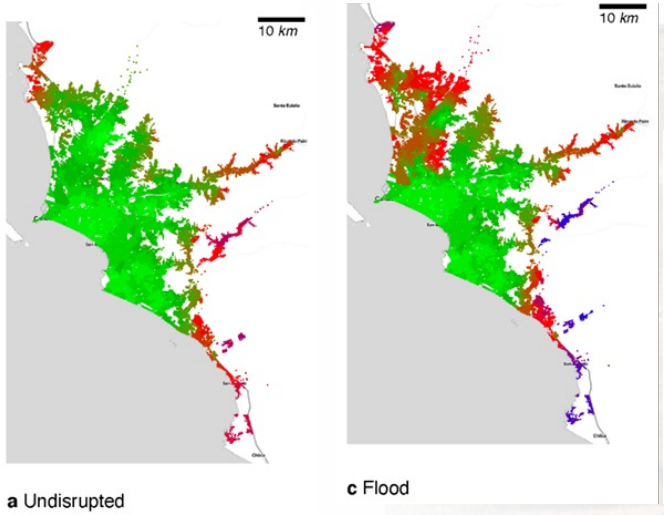
03

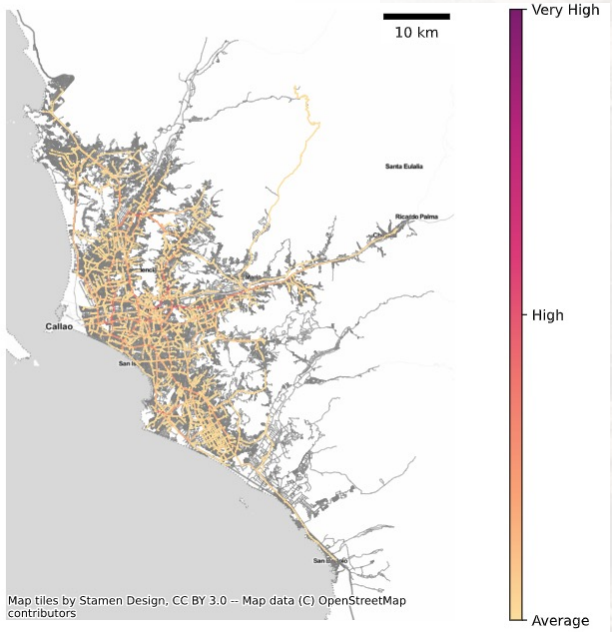
Biens et personnes : qui et quoi se trouvent sur le passage ?



Accès continu aux services de santé | Repérer les goulets d'étranglement potentiels et les zones mal desservies







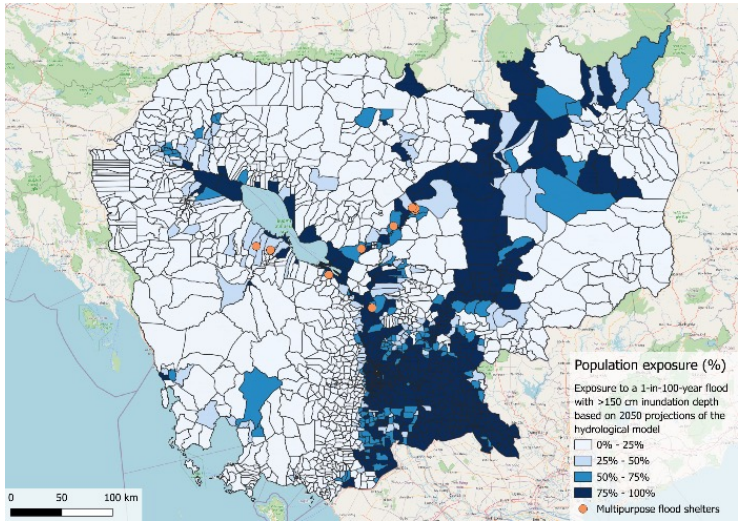


Les biens à risque

OBJECTIF Définir l'exposition comme les personnes, bâtiments, infrastructures et services situés dans des zones exposées aux aléas.

- La cartographie de l'exposition pose une question simple : qu'est-ce qui se trouve sur le passage ?
- Elle couvre les bâtiments, routes, ponts, réseaux électriques, hôpitaux, écoles, et les services qu'ils rendent.
- De nombreux pays ont des registres d'actifs incomplets, obsolètes ou non géoréférencés.
- La cartographie assistée par IA comble ce manque : on ne peut pas protéger ce qu'on ne voit pas.

Exposition de la population aux inondations et emplacement des abris existants (en haut), et priorisation des communes selon leur vulnérabilité et leur exposition (en bas) (Cambodge, rapport du GBM, PRU)



Usage officiel uniquement

L’IA pour la cartographie des biens

OBJECTIF Comprendre comment la vision par ordinateur extrait des images les emprises de bâtiments, les routes et les installations critiques.



- Les modèles de vision détectent et classent les bâtiments : type de construction, matériau de toiture, hauteur.
- C’est bien plus rapide et moins cher que les enquêtes de terrain manuelles.
- L’Open Cities AI Challenge de la Banque mondiale a cartographié des villes africaines au service de la résilience.
- Détecteur de changements : https://business.esa.int/projects/building-stock-monitor-service

TECHNIQUE D’IA

Agence spatiale européenne (ESA) : la détection de bâtiments utilise des données d’observation de la Terre et l’apprentissage automatique pour cartographier, suivre et analyser automatiquement les structures urbaines et les nouvelles constructions.

Usage officiel uniquement

Les personnes à risque

OBJECTIF Expliquer que l'exposition inclut les lieux où les gens vivent, travaillent, se déplacent et s'abritent, pas seulement l'emplacement des biens.

- Le risque pour les personnes dépend de l'heure et du lieu où elles se trouvent, qui changent sans cesse.
- Une inondation à 3 h du matin touche les logements ; la même à midi touche le centre commercial.
- Données mobiles et de recensement, combinées par l'AA, estiment la population selon l'heure de la journée.
- Migrations, déplacements et croissance informelle modifient l'exposition au-delà des recensements statiques.

EN PRATIQUE

À Manille ou Dacca, les cartes de population de jour et de nuit divergent fortement : une seule carte statique donne une image fausse de l'exposition réelle.

TECHNIQUE D'IA

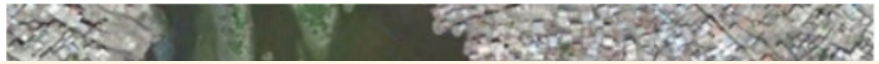
Fusion données mobiles + recensement

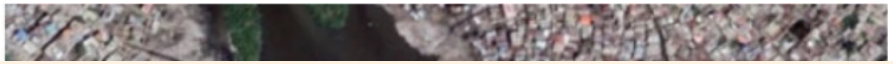
Les données d'appels (CDR) des téléphones mobiles permettent d'inférer les mobilités dans les villes et entre régions à haute résolution spatiale et temporelle.

Usage officiel uniquement

L’exposition dynamique

OBJECTIF Reconnaître que l’exposition évolue avec l’urbanisation, les migrations et les activités saisonnières.





QUIZ DE LA SECTION

Q Quelle différence entre cartographier l’exposition des biens et celle des personnes ?

R *Les biens sont des structures fixes situées en zone d’aléa ; cartographier les personnes suppose de suivre où et quand elles se trouvent réellement, ce qui est bien plus dynamique.*





TECHNIQUE D’IA

Analyse de tendances sur mégadonnées
Détection de changements par satellite (fig. Maxar Technologies)

- L’urbanisation pousse les populations vers des zones exposées.
- Les migrations climatiques et le travail saisonnier déplacent les personnes.
- Les cartes statiques fondées sur les recensements sous-estiment systématiquement l’exposition.
- La détection des changements sur des séries temporelles d’images permet un suivi quasi continu.

Usage officiel uniquement

SECTION 04

04

Vulnérabilité : qui risque le plus de subir des dommages ?

Diapositives 12–15 · ~15 minutes



Ce que signifie la vulnérabilité

OBJECTIF Définir la vulnérabilité comme la sensibilité aux dommages et la vitesse de relèvement des personnes et des biens (résilience).

- La vulnérabilité est distincte de l’exposition.
- Un hôpital renforcé en zone inondable est exposé mais peu vulnérable.
- Un habitat en terre dans la même plaine est exposé et très vulnérable.
- Deux dimensions, physique (structure) et sociale (capacité d’adaptation), peuvent toutes deux être cartographiées avec l’IA.

EN PRATIQUE

Un mauvais drainage, un habitat fragile et une épargne limitée aggravent fortement la même inondation dans les quartiers à faible revenu.

Usage officiel uniquement

La vulnérabilité sociale

OBJECTIF Identifier les facteurs sociaux qui façonnent les impacts : pauvreté, âge, handicap, santé, genre et accès aux services.

- La vulnérabilité sociale est la capacité à anticiper, faire face, résister et se relever.
- Revenus, actifs, capital social et autres constituent des réserves pour absorber les pertes.
- L'âge, le handicap et la santé conditionnent la capacité à évacuer ou à survivre.
- Les réseaux sociaux et l'accès aux services complètent le tableau ; les facteurs se cumulent.

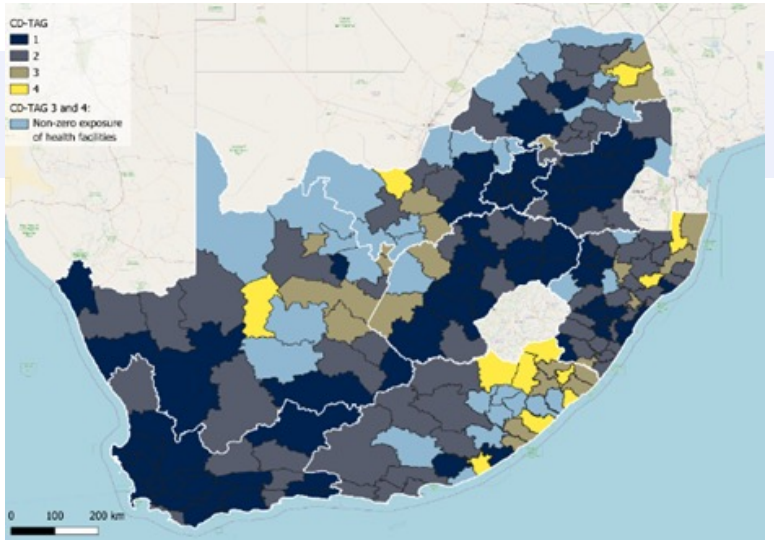
EN PRATIQUE

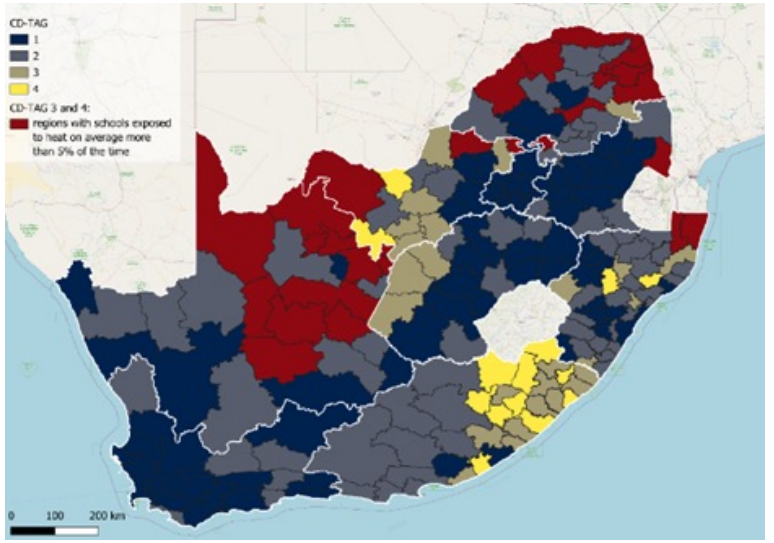
Un mauvais accès routier, un habitat fragile, des pentes raides et l'absence de services d'urgence formels créent un risque élevé de mortalité par inondation.

TECHNIQUE D'IA

Types de données et classifications mixtes => lumières nocturnes + indicateurs de pauvreté

CD-TAG multialéa pour le secteur de la santé axé sur l'exposition aux inondations (en haut), et pour l'éducation axé sur la chaleur extrême (en bas) (rapport du GBM, Afrique du Sud)



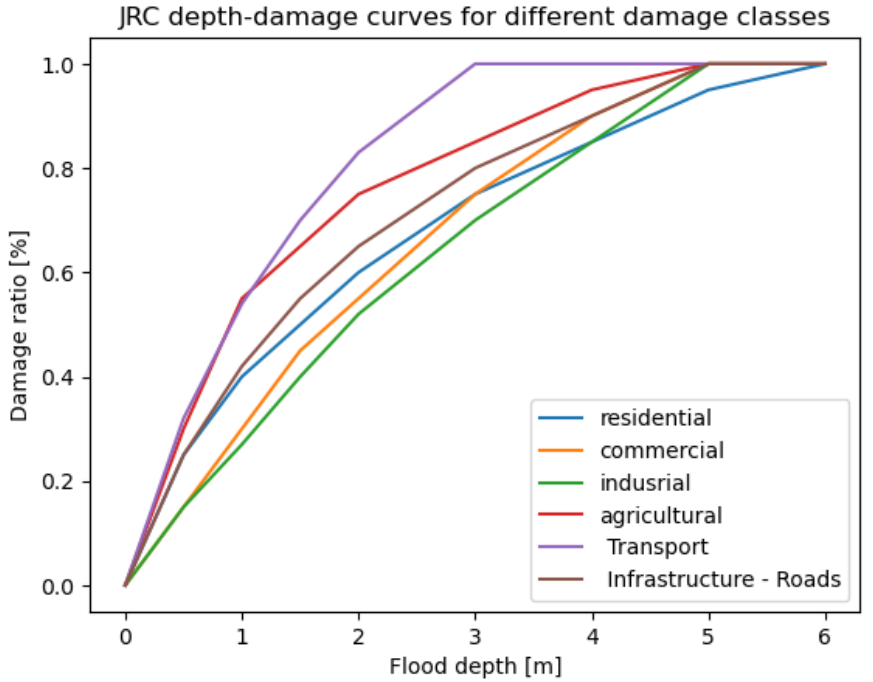


Usage officiel uniquement

La vulnérabilité des biens

OBJECTIF Expliquer la vulnérabilité physique des bâtiments : comment la conception, les matériaux et l'entretien influent sur les dommages.

- Les courbes de vulnérabilité relient l'intensité de l'aléa aux dommages attendus.
- Les modèles de catastrophe s'en servent pour transformer les cartes d'aléas en estimations de pertes.
- Les dommages varient énormément selon le type de construction, la qualité, l'âge et l'entretien.
- Le même séisme détruit la maçonnerie non armée mais épargne le béton armé bien conçu.



Exemples de courbes : https://handbook.climaax.eu/resources/FAQ/vulnerability_curves.html

EN PRATIQUE

À Madagascar, exposé aux cyclones, les écoles à toiture légère et mal reliée aux murs cèdent à des vents plus faibles.

TECHNIQUE D'IA

Courbes de dommages par AA à partir d'enquêtes

Usage officiel uniquement

L’IA pour évaluer la vulnérabilité

OBJECTIF Montrer comment l’IA estime la vulnérabilité sociale et physique à partir d’images, d’enquêtes, de registres et de données de dommages.

- Les indicateurs de pauvreté par satellite (lumières nocturnes, toitures, densité routière) estiment le niveau de vie à haute résolution.
- Ils signalent les quartiers qui n’ont pas les ressources pour se relever.
- L’AA appliqué aux enquêtes de dommages passées apprend la relation aléa-dommages.
- Cet apprentissage se transfère à des lieux sans historique de dommages.

EN PRATIQUE

Après les inondations répétées au Pakistan, les images avant/après affinent les probabilités de dommages par type de logement ; il en va de même dans les zones de conflit.

Le rôle de l’IA dans l’identification de la vulnérabilité en GRC est transformateur par son échelle et sa rapidité, mais sa précision et son équité dépendent entièrement de la place accordée aux communautés les plus à risque dans la collecte des données, l’entraînement des modèles et l’usage des résultats.

QUIZ DE LA SECTION

Q Un quartier très exposé aux inondations mais doté de logements solides, d’un bon drainage et de services est-il forcément très vulnérable ?

R *Non. Une forte exposition ne signifie pas une forte vulnérabilité. La même inondation cause peu de dégâts dans une zone résiliente et une catastrophe dans une zone fragile.*

Usage officiel uniquement

SECTION 05

05

Quantification des risques => tout assembler sur le cycle de la GRC : avant, pendant, après

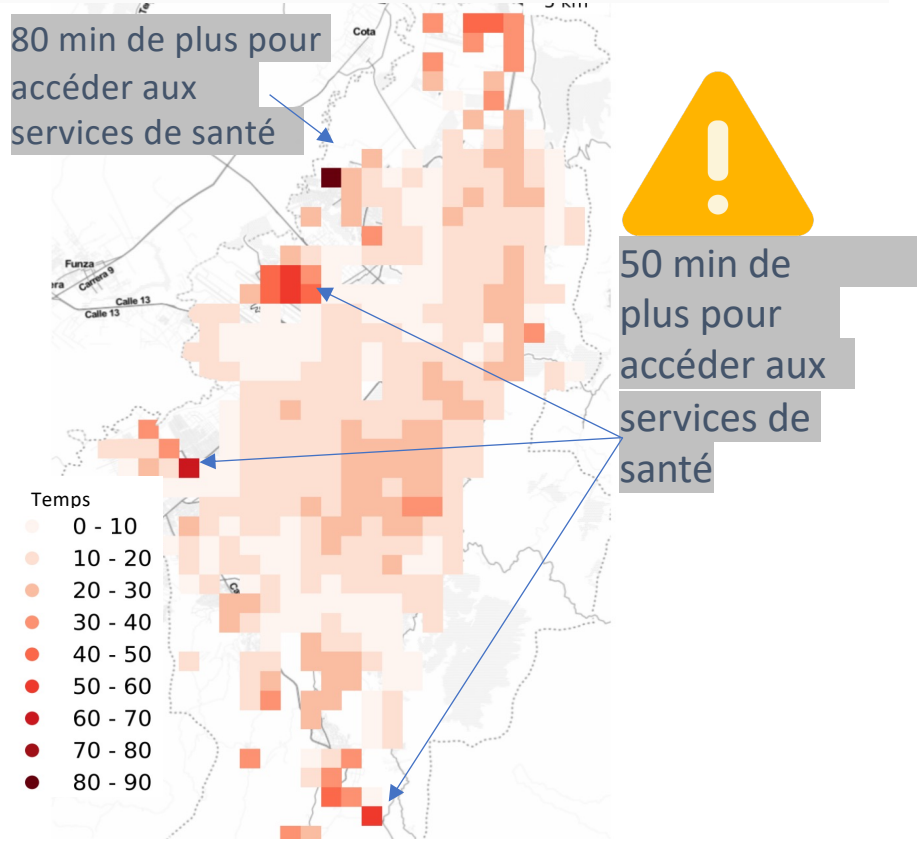


Des couches au risque

OBJECTIF Combiner aléa, exposition et vulnérabilité dans un cadre pratique d'évaluation des risques.

- La quantification des risques est l'étape d'intégration ~ très débattue : quel risque, pour qui, à quelle fin
- Superposer aléa, exposition et vulnérabilité pour repérer les points chauds où les trois coïncident => méthodes et seuils comptent
    - **Analyse des biais : les zones manquant d'information seront sous-représentées, les populations à faible empreinte numérique moins visibles**
- Les points chauds orientent les ouvrages de protection, le ciblage du renforcement des logements et le prépositionnement des fournitures.
- L'IA améliore chaque couche d'entrée et aide à gérer l'incertitude entre couches.

Évolution du temps d'accès aux services de santé (GBM, Pérou)



Usage officiel uniquement

Bases de la quantification des risques

OBJECTIF Comprendre les indicateurs de risque simples : perte annuelle moyenne, sinistre maximal probable, victimes, perturbations, déplacements.

- Perte annuelle moyenne (PAM) : perte moyenne par an sur un grand nombre d'événements de tailles diverses.
- Sinistre maximal probable (SMP) : le pire cas pour une période de retour donnée (p. ex. centennale).
- Indicateurs d'impact : victimes, personnes déplacées, jours de perturbation, pertes économiques.
- Les modèles probabilistes de catastrophe simulent des milliers de scénarios ; l'IA les accélère.

EN PRATIQUE

Estimer les pertes annuelles moyennes dues aux inondations pour les routes et les centres de santé d'une ville secondaire du Mozambique justifie les budgets de drainage.

TECHNIQUE D'IA

Modélisation probabiliste des catastrophes

Usage officiel uniquement

L’IA pour estimer les pertes

OBJECTIF Expliquer comment l’IA aide à estimer pertes et dommages quand les données historiques sont incomplètes ou lentes à collecter.

Acquisition des données : collecter des images GeoTIFF ou optiques haute résolution géoréférencées avant (référence) et après la catastrophe.

Localisation : utiliser une segmentation automatique ou des emprises de bâtiments pour identifier les structures et les réseaux routiers.

Détection des changements : fournir les deux dates à des réseaux de neurones siamois ou à double attention pour écarter les faux changements dus à la météo ou à l’éclairage.

Classification : classer l’intégrité structurelle selon des niveaux standard : *aucun dommage, dommages légers, dommages importants* ou *détruit*.

EN PRATIQUE

L’IA appliquée aux images après inondation accélère l’estimation des dommages aux logements, et donc le ciblage des abris et des transferts monétaires.

TECHNIQUE D’IA

Classification des dommages par images avant/après

Usage officiel uniquement

Le risque futur face au changement climatique

OBJECTIF Montrer comment l'IA teste le risque futur selon différents scénarios climatiques et de développement, y compris la croissance urbaine.

- L'IA permet l'analyse de scénarios : hausse du niveau de la mer, évolution et mouvements de population, codes renforcés.
- Un domaine majeur aujourd'hui : **la descente d'échelle par AA produit des projections plus fines pour les modèles de risque locaux.**

QUIZ DE LA SECTION

Q **Quelle différence concrète entre cartographier l'exposition actuelle aux inondations et quantifier le risque d'inondation futur**

? **R** *La cartographie de l'exposition décrit la situation actuelle ; la quantification des risques estime la probabilité et l'ampleur des pertes futures pour la planification et l'investissement.*

Usage officiel uniquement

SECTION 06

06 Une IA responsable et utile à l’action



Choisir des cas d'usage à forte valeur et bâtir les bases d'un passage à l'échelle

OBJECTIF Prioriser les cas d'usage de l'IA selon la disponibilité des données, la pertinence pour la décision, la capacité institutionnelle et l'impact sur l'équité.

- Disponibilité des données : y a-t-il assez de données de qualité pour entraîner et valider ?
- Pertinence pour la décision : le résultat améliore-t-il une décision précise de réduction des risques ?
- Capacité institutionnelle : l'organisme peut-il le maintenir et l'interpréter ?
- Impact sur l'équité : atteint-il les plus vulnérables, ou seulement ceux qui sont déjà servis ?

QUIZ DE LA SECTION

Q **Dans un pays aux ressources limitées, qu'est-ce qui rend un cas d'usage de l'IA en GRC prioritaire : la sophistication technique ou l'utilité pour la décision**

? **R** *L'utilité pour la décision. Des outils simples qui éclairent de vraies décisions prises par de vraies institutions réduisent davantage le risque que des outils avancés qui n'y parviennent pas.*

Usage officiel uniquement

L'IA responsable en GRC

OBJECTIF Identifier les risques de gouvernance : biais, opacité, lacunes de données, exclusion, vie privée et excès de confiance dans l'automatisation.

- Les modèles peuvent reproduire les biais de leurs données d'entraînement, en sous-comptant les zones pauvres ou informelles.
- L'opacité (le problème de la boîte noire) empêche de comprendre pourquoi un modèle a produit un résultat.
- Les lacunes de données laissent les populations les plus à risque les moins représentées.
- Des risques pour la vie privée découlent des données de mobilité, financières ou de santé ; l'excès de confiance est un danger reconnu.

EN PRATIQUE

Un modèle entraîné uniquement sur des quartiers formels fonctionne moins bien dans les quartiers informels, précisément là où la vulnérabilité est la plus forte.

Usage officiel uniquement

Une mise en œuvre centrée sur l'humain

OBJECTIF Comprendre pourquoi les résultats de l'IA doivent se combiner avec les savoirs locaux, les institutions de première ligne et des alertes dignes de confiance.

- L'IA produit des résultats ; les humains prennent les décisions.
- La chaîne va du modèle au membre de la communauté, au fonctionnaire, à l'ingénieur et au ministre des Finances.
- Chaque maillon exige communication, confiance, capacités et validation par la communauté.
- Les savoirs locaux révèlent souvent des erreurs de l'IA qui, sinon, causeraient des dommages.

EN PRATIQUE

Dans les petits États insulaires, des alertes formulées dans une langue ou une géographie peu familières restent lettre morte, même quand la prévision est techniquement exacte.

Usage officiel uniquement

Récapitulatif et discussion

OBJECTIF Expliquer le rôle de l'IA dans la chaîne centrale : aléas + biens et personnes + vulnérabilité → risque → meilleures décisions.

L'IA améliore chaque étape de cette chaîne, mais fonctionne au mieux lorsqu'elle s'inscrit dans des institutions qui fonctionnent, est validée par les savoirs locaux et est conçue pour atteindre les plus vulnérables.

- Caractériser l'aléa : ce qui pourrait arriver, où, avec quelle intensité.
- Cartographier l'exposition des biens et des personnes.
- Évaluer la vulnérabilité : la sensibilité aux dommages.
- Quantifier le risque et appuyer de meilleures décisions avant, pendant et après.

Activité en classe

Activité de clôture : chaque participant choisit un cas d'usage de l'IA en GRC pour son contexte et précise les données, la décision et les besoins institutionnels associés.

QUIZ DE LA SECTION

Q Citez une raison pour laquelle un modèle d'IA techniquement exact peut tout de même échouer en pratique de GRC.

R *Il y en a beaucoup : résultats non communiqués sous une forme exploitable ; absence de validation locale ; manque de capacités de l'institution ; groupes vulnérables exclus des données ; absence de supervision humaine.*

Usage officiel uniquement

RÉFÉRENCE

Cas d’usage de l’IA par composante de la GRC

Composante de la GRC	Application de l’IA	Exemple dans un pays en développement
Aléa — prévision	Prévision des inondations / cyclones par AA	Action anticipée avant la sécheresse, Corne de l’Afrique
Aléa — cartographie	Vision par ordinateur sur images satellitaires	Cartographie des zones inondables au Mozambique
Exposition — biens	Détection et classification des bâtiments	Cartographie Open Cities AI, villes d’Afrique de l’Ouest
Exposition — personnes	Fusion données mobiles + recensement	Cartographie dynamique de la population à Dacca
Exposition — dynamique	Détection de changements par satellite	Croissance des quartiers informels, Afrique de l’Est
Vulnérabilité — physique	Courbes de dommages par AA à partir d’enquêtes post-événement	Prédiction des dommages aux logements après les inondations au Pakistan
Vulnérabilité — sociale	Lumières nocturnes + indicateurs de pauvreté	Cartographie de la vulnérabilité sociale à Freetown
Quantification des risques	Modélisation probabiliste des catastrophes	Pertes annuelles moyennes dues aux inondations à Dar es Salaam
Évaluation post-catastrophe	Classification des dommages par images avant/après	Cartographie des dommages cycloniques au Malawi
Action anticipée	Déclencheurs de financement fondé sur les prévisions	Déclencheurs de transferts monétaires face à la sécheresse au Kenya
Hiérarchisation du relèvement	Ciblage des besoins assisté par IA	Allocation des fonds de reconstruction au Nigeria

Usage officiel uniquement