

Les Notes de l'IRASEC

N° 26

Audrey Faral

Les catastrophes d'origine naturelle en Indonésie : penser le multirisque



IRASEC

Octobre 2026

Les « Notes de l'IRASEC » sont de courtes études de recherche ou d'expertise élaborées et proposées au gré de l'actualité politique, économique, sociale, diplomatique et culturelle. La collection est dirigée par Maxime Boutry et Jérémy Jammes.

The "Discussion papers" are short research or policy papers produced and published in response to developments in political, economic, social, diplomatic, and cultural affairs. The series is edited by Maxime Boutry and Jérémy Jammes.



L'Institut de recherche sur l'Asie du Sud-Est contemporaine (UAR 3142 – UMIFRE 22 CNRS MEAE) est un centre de recherche en sciences humaines et sociales, placé sous la double tutelle du ministère de l'Europe et des Affaires étrangères et du Centre national de la recherche scientifique (CNRS). Depuis 2001, il étudie les évolutions politiques, sociales et environnementales en cours dans les 11 pays de la région. Basé à Bangkok, l'Institut accueille des chercheurs, des enseignants-chercheurs et des doctorants d'établissements d'enseignement supérieur et de recherche français, qu'il accompagne dans leurs travaux. Il s'associe aussi des chercheurs de tous pays, en particulier d'Asie du Sud-Est. Il privilégie les démarches transversales et de coopération.

The Institute for Research on Contemporary Southeast Asia (UAR 3142 – UMIFRE 22 CNRS MEAE) is a research center in the humanities and social sciences, jointly administered by the Ministry for Europe and Foreign Affairs and the National Center for Scientific Research (CNRS). Since 2001, it has been studying the political, social, and environmental changes underway in the 11 countries of the region. Based in Bangkok, the Institute hosts researchers, faculty members, and doctoral students from French higher education and research institutions, supporting them in their work. It also collaborates with researchers from all countries, particularly in Southeast Asia. It prioritizes interdisciplinary and cooperative approaches.

Bâtiment Alliance Française, 6^e étage, 179 Thanon Witthayu, Lumpini, Pathum Wan, Bangkok 10330, Thaïlande

Les catastrophes d'origine naturelle en Indonésie : penser le multirisque

Audrey FARAL

Introduction

L'augmentation des catastrophes, un défi mondial à affronter

Dans son rapport de 2022, le Bureau des Nations unies pour la Réduction des Risques de Catastrophes (UNDRR, 2022 : 17) indique que le nombre de catastrophes enregistrées chaque année augmente depuis 20 ans. À partir de la base de données internationale sur les catastrophes EM-DAT¹, 90 à 100 signalements par an de catastrophes de moyenne et grande ampleur² sont comptabilisés sur la période 1970-2000. Ce nombre connaît une augmentation significative entre 2000 et 2010, avec 350 et 500 catastrophes de moyenne et grande ampleur. Ces catastrophes d'origine naturelle englobent les événements géophysiques (tremblements de terre, tsunamis, éruptions volcaniques), hydrologiques (inondations, glissements de terrain), météorologiques (tempêtes, cyclones, températures extrêmes), climatologiques (sécheresses, incendies) et biologiques (épidémies, ravages de culture par des insectes). Le même rapport souligne une augmentation de victimes et de personnes affectées par des catastrophes au cours des cinq dernières années par rapport au cinq précédentes. Les sociétés et les activités humaines contribuent à l'augmentation de l'occurrence et de l'intensité des catastrophes ainsi qu'à la production des risques. De ce fait, l'UNDRR souligne l'importance d'appréhender les risques systémiques, c'est-à-dire les répercussions en cascade d'une catastrophe au-delà des limites géographiques initiales de l'événement. Ces répercussions peuvent affecter les industries clés, les réseaux d'approvisionnement, les infrastructures critiques, les services essentiels, soit l'économie dans son ensemble, et se propager à travers nos systèmes socio-économiques interconnectés.

¹ La base de données internationale EM-DAT sur les catastrophes du Centre de Recherche sur l'Épidémiologie des Désastres (CRED, www.emdat.be, consulté le 28 décembre 2023). EM-DAT recense plus de 18 000 catastrophes depuis 1900. La base de données enregistre les catastrophes qui ont tué dix personnes ou plus ; ou qui ont touché 100 personnes ou plus ; ou qui ont abouti à la déclaration de l'état d'urgence ; ou un appel à l'aide internationale. Les données utilisées dans cette étude comprennent la date de l'événement, la nature de l'aléa, le nombre de décès, de personnes touchées (blessés, déplacés, disparus), les dommages exprimés en dollars américains (Delforge *et al.*, 2023 : 1).

² Les catastrophes de grande ampleur affectent toute une société et nécessitent une assistance nationale ou internationale. À l'inverse, les catastrophes d'intensité moins importantes et d'extension spatiale moins étendues affectent les communautés locales et demandent une aide au-delà de la communauté affectée (<https://www.undrr.org/terminology/disaster>). Consulté le 29 avril 2024.



Figure 1 : Principale zone de subduction dans l'archipel indonésien.

Traduit d'après Reid, 2013.

L'archipel indonésien face aux catastrophes d'origine naturelle

Ces vingt dernières années, l'Asie est la région qui a subi le plus grand nombre de catastrophes, avec un total de 3 068 événements, suivi par l'Amérique et l'Afrique avec respectivement 1 756 et 1 192 événements (UNDRR, 2020 : 9). L'Indonésie se classe en cinquième position parmi les pays les plus touchés depuis 20 ans, avec 278 événements, précédée par la Chine, les États-Unis, l'Inde et les Philippines (UNDRR, 2020 : 9). En raison de sa position géographique à la rencontre de trois grandes plaques tectoniques, l'archipel indonésien est le théâtre de nombreuses catastrophes d'origine tellurique. En effet, la subduction de la plaque indo-australienne sous la plaque eurasiatique accumule de l'énergie qui se libère et qui génère régulièrement des séismes le long de la Fosse de Java (Fig. 1), comme celui du séisme-tsunami du 26 décembre 2004, dont le bilan humain est de 226 400 morts, dont 165 708 rien qu'à Sumatra (UNDRR, 2020 : 13). Les mêmes phénomènes se produisent avec la plaque philippine qui plonge sous la plaque eurasiatique. À l'échelle régionale des Petites Îles de la Sonde occidentales (regroupant Bali-Lombok-Sumbawa), la faille de poussées d'arrière-arc de Flores³ génère des séismes comme ceux d'août 2018 à Lombok (Yang *et al.*, 2020 : 758-759). Les volcans indonésiens (127 actifs sur 500 édifices recensés) sont également le résultat de ce processus de subduction, au cours duquel les remontées de magma à la surface de la croûte terrestre forment des chapelets d'îles volcaniques, comme l'arc volcanique de la Sonde, d'Halmahera, de Sangihe et de Banda. L'activité éruptive des volcans indonésiens est à l'origine d'une multitude d'aléas volcaniques, tels que les retombées de téphras (cendres, scories, pierres ponce), les coulées de lave et les écoulements pyroclastiques. Les éruptions sont fréquemment accompagnées par des aléas induits, comme les effondrements de flancs qui engendrent des avalanches de débris ou des lahars⁴. Ces processus peuvent également être à l'origine de

³ Au nord de l'arc volcanique des Petites Îles de la Sonde, la faille de poussée d'arrière-arc de Flores est un système est-ouest sur 1 500 km, à pendage sud (Fig. 1). Il s'agirait d'une série de failles chevauchantes, c'est-à-dire une fracture dans la croûte terrestre où une partie de la roche est poussée vers le haut et au-dessus d'une autre (superposition), le long d'une faille principale plus profonde (Yang *et al.*, 2020 : 758-759).

⁴ Un lahar est une coulée de débris ou de boue issue du mélange de matériaux volcaniques et d'eau (de pluie, d'un lac de cratère ou d'un cours d'eau).

tsunamis, fréquents dans l'archipel indonésien. Le déplacement d'une grande quantité d'eau lors d'un tsunami peut résulter de plusieurs événements initiaux : d'une rupture de faille lors d'un séisme, de l'éjection de matériaux pyroclastiques lors d'une éruption (aérienne ou sous-marine), ou d'un glissement de terrain aérien ou sous-marin.

Les événements hydro-climatiques et météorologiques sont également récurrents en Indonésie du fait de l'influence de la zone de convergence intertropicale (ZCIT) à l'origine des changements météorologiques saisonniers (mousson) ou des anomalies de températures de surface des océans telles que les oscillations des phases froides (La Niña) et chaudes (El Niño), responsables d'événements climatiques extrêmes, comme les sécheresses et les inondations. Ainsi, en raison de sa position géographique au niveau de la ceinture de Feu du Pacifique, l'Indonésie est un des pays au monde qui connaît chaque année le plus de catastrophes d'origine naturelle. Entre 1900 et 2023, la base de données EM-DAT recense 617 événements dans l'archipel, dont plus de la moitié se sont produits depuis l'an 2000. Gunawan *et al.* (2015 : 2) estiment que 110 millions de personnes, réparties dans une soixantaine de villes, sont exposées aux séismes, aux éruptions, aux inondations et aux conséquences du réchauffement climatique (montée des eaux, incendies, etc.).

Disparités régionales du risque en Indonésie

Pour faire face à ces aléas naturels, le Cadre d'Action de Sendai (CAS) sur la réduction des risques de catastrophes 2015-2030⁵ met l'accent sur les mesures à prendre concernant toutes les dimensions du risque, à savoir l'aléa, l'exposition des enjeux (les populations et leurs activités), leurs vulnérabilités. La définition usuelle d'un risque se résume donc dans la formule suivante :

$$\text{Risque} = \text{Aléa} \times (\text{Enjeux} \times \text{Vulnérabilités})$$

Le risque « naturel »⁶ est donc le croisement entre la probabilité qu'un phénomène naturel destructeur (un aléa) se réalise, et les dommages possibles que ce phénomène pourrait entraîner sur des biens et des personnes (des enjeux) dans une zone donnée (Leone *et al.*, 2010 : 17). Ces enjeux (personnes, biens, systèmes sociaux des territoires, réseaux) sont caractérisés par leurs vulnérabilités face aux aléas, c'est-à-dire par leur fragilité ou la propension à subir des dommages. La vulnérabilité se décline en plusieurs formes : humaine, physique, sociale, fonctionnelle et structurelle, notamment lorsque les réseaux (communication, électricité, etc.) sont perturbés. Cette définition du risque est cependant restrictive. Il est important également de prendre en compte les capacités de réponse et d'adaptation des sociétés, c'est-à-dire les ressources que les populations peuvent mobiliser et les stratégies qu'elles adoptent pour réduire les pertes. On parle alors de résilience pour désigner les capacités des sociétés à répondre, s'adapter et surmonter l'événement, en résistant ou en changeant, afin d'atteindre ou de maintenir un niveau acceptable de fonctionnement, tout en renforçant leur aptitude à réagir face à la survenue d'un nouvel aléa. Ainsi, la définition du risque la plus complète se résume dans cette nouvelle formule :

$$\text{Risque} = \text{Aléa} \times (\text{Enjeux} \times \text{Vulnérabilités} \times \text{Capacité de réponse et d'adaptation} \times \text{Résilience})$$

La production du risque dépend donc autant, sinon plus, de l'implantation des populations et de leurs activités en zone à risque, que de l'occurrence d'un aléa. Les sociétés participent inconsciemment à la production des vulnérabilités. L'aléa est l'élément déclencheur, cependant l'exposition des personnes et des biens ainsi que les vulnérabilités contribuent tout autant au déclenchement d'une catastrophe. Le risque est donc une éventualité, un dommage potentiel. Il se transforme en catastrophe lorsque l'événement se produit

⁵ Le CAS est un accord international adopté lors de la 3^e Conférence mondiale des Nations unies sur la réduction des risques de catastrophes, à Sendai, au Japon en 2015. Les objectifs sont de comprendre les risques, renforcer la gouvernance des risques pour mieux les gérer, investir dans la réduction des risques, renforcer la préparation aux catastrophes, et intervenir efficacement dans la phase de relèvement et de remise en état d'une zone touchée (UNDRR, 2015).

⁶ Le risque, étant le croisement de l'aléa naturel avec des enjeux exposés et vulnérables, n'est pas qualifiable de naturel en soi. Le risque est socialement construit, entretenu, réduit ou accru. Les guillemets permettent de considérer que les facteurs humains et sociaux ont autant voire plus de poids que l'aléa naturel dans la fabrique du risque.

dans le temps et dans l'espace, et que les conséquences dépassent les capacités de gestion de la société (Leone *et al.*, 2010 : 18-35).

Par sa localisation et sa dispersion sur plus de 17 000 îles, l'Indonésie et ses 275 millions d'habitants sont particulièrement exposés aux aléas naturels. Cependant, les disparités dans la composition du risque démontrent que les communautés indonésiennes sont confrontées à des risques différents en fonction de l'exposition des provinces et de leur niveau de vulnérabilités (humaine et sociale, physique, économique, environnementale et institutionnelle ; Sett *et al.*, 2022 : 42). Java, Bali et Lombok se caractérisent par une pression démographique qui se traduit par une importante densité de population et d'activités économiques concentrées dans les zones littorales fortement urbanisées et soumises aux aléas côtiers (inondations, tsunamis ou montée des eaux liées au changement climatique). Cette réalité est également observée à Jakarta, qui est régulièrement soumise à des inondations (2013, 2020, 2025), et où la subsidence, c'est-à-dire l'affaissement progressif du sol de la ville, aggrave les conséquences de l'élévation du niveau marin. Dans ces régions, les changements d'affectation des terres (c'est-à-dire la conversion des zones forestières ou des terres agricoles à des fins d'expansion urbaine, d'agriculture intensive, d'exploitation minière ou de plantations industrielles) accentuent la perte des services environnementaux et augmentent la vulnérabilité environnementale (Agus *et al.*, 2021 : 3). Dans les régions dites périphériques, dont le développement économique est plus faible, telles que les Moluques, Sulawesi ou la Papouasie, les vulnérabilités humaines et sociales (pauvreté, inégalités) sont particulièrement fortes. Les vulnérabilités de ces îles sont renforcées par leur éloignement au centre économique que représente Java, par les logements et des bâtiments parfois inadéquats (en termes de qualité, d'insalubrité), et par l'enclavement de certaines communautés dont l'accès aux transports est limité à la fois dans les zones rurales et en ville en cas de crise (Sett *et al.*, 2022 : 43). La situation de ces provinces est d'autant plus préoccupante qu'elles sont fortement exposées aux séismes et aux aléas associés, comme les tsunamis, les glissements de terrain, ainsi qu'au volcanisme, en particulier à Sulawesi et aux Moluques. L'exemple de l'Indonésie, avec ses disparités régionales en matière d'aléas et de vulnérabilités, souligne l'importance de penser une stratégie de gestion des risques adaptée aux contextes locaux. Une prise en compte holistique des facteurs sociaux, économiques et environnementaux est essentielle pour atténuer les risques et renforcer la résilience des communautés indonésiennes face aux catastrophes.

La nécessité d'une approche holistique multirisque en Indonésie ?

En matière de réduction des risques de catastrophes (RRC), les politiques publiques tentent de répondre à l'augmentation des vulnérabilités propres à chaque province, exacerbées par la variabilité croissante des systèmes naturels⁷, notamment dans un contexte marqué par les défis du réchauffement climatique. Les stratégies de RRC nécessitent une connaissance scientifique et technique des différentes composantes du risque. La démarche fondamentale passe par une évaluation qualitative et quantitative des aléas, des vulnérabilités et des capacités de réponse et d'adaptation. Cette évaluation revient à : (i) diagnostiquer, quantifier et cartographier le ou les aléas sur les territoires à partir des expériences passées, des observations de terrains et des modélisations ; (ii) identifier, hiérarchiser et cartographier les enjeux ainsi que caractériser les formes de vulnérabilités et moyen de réponse des sociétés (Leone *et al.*, 2010 : 51-69). Durant longtemps, l'évaluation des aléas et du risque adoptait une approche « multicouche » à aléa unique. L'aléa est alors considéré comme un phénomène isolé et indépendant de toutes interactions avec d'autres processus naturels (par exemple l'interaction de phénomènes lithosphériques, atmosphériques et/ou hydrauliques) (Gill et Malamud, 2014 : 716). Malgré la multiplicité des études sur les aléas naturels indonésiens, la démarche multi-aléas et multirisque reste sous-investie. Elle permet pourtant de se rapprocher de l'ensemble des interactions et effets en cascade possibles, où un aléa peut déclencher une série d'autres événements, augmentant ainsi les conséquences globales (par exemple, les publications de Saputra *et al.*, 2021 ; Suppasri *et al.*, 2021). Cependant, les dernières catastrophes, comme le séisme-glissement-tsunami de Palu à Sulawesi en 2018, ont démontré que l'approche mono-aléa n'est pas adéquate pour comprendre le potentiel des aléas multiples et leurs interrelations dans une région donnée. Les écueils de cette approche entraînent une sous-estimation de

⁷ EM-DAT divise les grands systèmes naturels en 6 sous-groupes : hydrologique, géophysique, climatique, météorologique, biologique et extra-terrestre.

l'interaction des aléas, une augmentation des vulnérabilités, ainsi qu'une sous-évaluation du risque et donc une inadéquation des stratégies de RRC (Gill et Malamud, 2014 : 682). La caractérisation des interrelations entre les aléas multiples et les effets en cascade est la première étape pour renforcer une démarche holistique multirisque dans les futures politiques et stratégies institutionnelles de RRC.

Pour contextualiser la nouvelle terminologie associée à l'approche multirisque, je commencerai par une classification des interactions des aléas multiples, en étudiant les processus physiques entre aléas à partir des enseignements tirés des retours d'expérience post-catastrophe en Indonésie. Je m'intéresserai ensuite à l'évolution de la gestion indonésienne des risques naturels depuis le XX^e siècle. Comme c'est le cas dans de nombreux pays, les grandes catastrophes de ce pays ont jalonné les politiques et stratégies de RRC, conduisant notamment à l'adoption des mesures de décentralisation de la gestion des risques de l'échelle nationale à locale au XXI^e siècle. Enfin, je mettrai en évidence le manque de connaissances sur les catastrophes antérieures au XX^e siècle, où « presque tout reste à faire » (Reid, 2015 : 66), ainsi que l'intérêt d'adopter une approche interdisciplinaire, combinant les géosciences et la géohistoire, pour remédier à ces lacunes. Les études sur les catastrophes multidimensionnelles passées présentées dans cette section sont encore trop rares pour déduire des stratégies de RRC adaptées aux contextes locaux, et les conclusions sont, de fait, limitées aux événements de grande ampleur. L'enjeu de ces événements naturels, oubliés de l'histoire nationale indonésienne, mais parfois ancrés dans les savoirs locaux ancestraux, est d'en tirer des enseignements afin de mieux comprendre les interactions entre les aléas, d'évaluer leurs effets sur les communautés, d'identifier les vulnérabilités des territoires et d'adapter la gestion actuelle des risques aux contextes locaux.

Changement de paradigme pour une approche multi-aléas

Évolution de l'évaluation des aléas : de l'analyse d'un aléa unique aux interactions entre aléas multiples

L'intérêt pour les aléas multiples et l'approche multirisque s'est accru ces dix dernières années avec l'augmentation des études scientifiques sur le sujet, en particulier sur l'interrelation entre les aléas sur une même zone (par exemple avec les publications de Kappes *et al.*, 2010 ; Gill et Malamud, 2014 ; Gallina *et al.*, 2016). Le Cadre de Sendai (2015-2023)⁸ s'est emparé de la problématique et souligne la nécessité d'élargir le cadre conceptuel classique qui compose l'évaluation du risque (aléa, enjeu, vulnérabilités) en caractérisant davantage le multi-aléa et, par la même occasion, les multiples vulnérabilités des sociétés exposées aux multirisques (UNDRR, 2015 : 10). La notion de multi-aléas signifie qu'il y a plus d'un aléa à la fois dans un lieu donné. L'approche multi-aléas doit considérer toutes les probabilités et les interactions possibles entre les différentes intensités des aléas et les vulnérabilités associées (Tilloy *et al.*, 2019 : 3). Du fait notamment de son émergence récente dans le débat scientifique et institutionnel, la notion de multi-aléas est fragmentée dans la littérature (par exemple, les publications de Kappes *et al.*, 2010 ; Gill et Malamud, 2014 ; Eshрати *et al.* 2015 ; Gallinas *et al.*, 2016). Les études sont multidisciplinaires et hybrides, impliquant des experts de divers domaines, tels que la statistique, la géographie, les géosciences et l'ingénierie. Elles adoptent des approches variées et des échelles spatiales différentes, utilisant un vocabulaire foisonnant où les définitions peuvent parfois se chevaucher (Tilloy *et al.*, 2019 : 3-4 ; Gallina *et al.*, 2016 : 125).

Pour définir les enjeux d'une approche multi-aléas dans les évaluations multirisques et les politiques de RRC, il est nécessaire de caractériser la nature des interactions possibles entre aléas. Gill et Malamud (2014) présentent deux façons de traiter les aléas multiples. La première se limite à étudier indépendamment chaque aléa dans un espace exposé, mais sans considérer les interrelations entre aléas. Cette approche multicouche est fréquemment employée dans les plans de prévention et d'atténuation. Elle consiste à évaluer individuellement différents aléas, puis à additionner les conséquences de chacun d'eux. Cependant, cette approche n'est pas la plus adéquate pour appréhender tous les risques dans une région (Gill et Malamud, 2014 : 685 ; Tilloy *et al.*, 2019 : 1). En effet, les interactions entre aléas ne sont pas considérées dans l'échelle logarithmique de la coïncidence spatiale et temporelle présentée pour 16 types d'aléas (Fig. 2). Par exemple,

⁸ Voir note de bas de page n° 5.

l'échelle temporelle d'un cyclone, c'est-à-dire la durée du passage des vents et des pluies torrentielles est de l'ordre de quelques heures à un jour. Cependant, les conséquences d'un cyclone peuvent également se manifester sous forme d'aléas associés tels que des glissements de terrain et/ou des inondations, dont la coïncidence temporelle varie respectivement de quelques secondes à quelques minutes, voire plusieurs jours ou semaines. Ces interactions entre les aléas, à des échelles temporelles et spatiales différentes, ne sont donc pas prises en compte dans cette approche illustrée dans la figure 2.

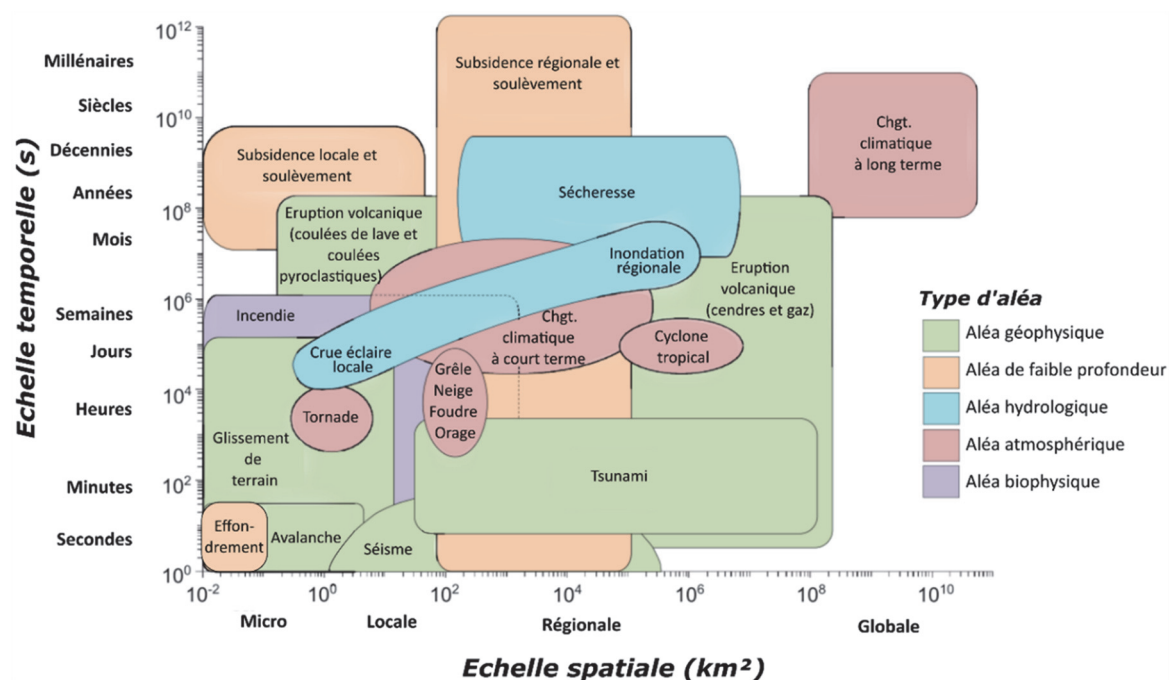


Figure 2 : Échelle logarithmique de la coïncidence spatiale et temporelle pour 16 aléas naturels.
L'échelle spatiale représente la zone exposée. L'échelle temporelle représente la durée pendant laquelle l'aléa affecte l'environnement.

Traduit d'après Gill et Malamud, 2014.

La seconde approche de l'évaluation multi-aléas consiste à identifier tous les aléas pouvant affecter une zone exposée et à quantifier les interactions entre ces aléas et l'environnement direct. L'interaction de plusieurs aléas différents peut provoquer des effets plus importants que la simple addition des conséquences des aléas individuels, comme cela a été observé lors de la catastrophe survenue en 2010 au Guatemala (Terzi *et al.*, 2019 : 761). La coïncidence spatio-temporelle de la tempête Agatha et de l'éruption du Pacaya a engendré des aléas secondaires en cascade en amplifiant leur intensité : des glissements de terrain, des effondrements dus à l'extraction des dépôts volcaniques quaternaires, des inondations et des lahars syn-éruptifs⁹. Cette approche multi-aléas permet de comparer les aléas et d'évaluer les interactions selon différents modèles statistiques (Tilloy *et al.*, 2019 : 7-11). Elle permet également d'appréhender les coïncidences spatiales et temporelles des aléas ainsi que leurs effets amplifiés, et de reconnaître les vulnérabilités dynamiques qui évoluent en raison des changements sociétaux d'un lieu donné (Gill et Malamud, 2014 : 717). Cette évaluation holistique des aléas multiples conduit à une amélioration de la prévention et des alertes précoces.

⁹ Un lahar syn-éruptif est une coulée boueuse volcanique qui se produit pendant une éruption volcanique, remobilisant ainsi les matériaux volcaniques déposés.

La nature des interactions entre aléas naturels à partir des retours d'expérience post-catastrophe indonésienne

La difficulté de cette approche multi-aléas est d'identifier la nature de ces interactions entre aléas. Tilloy *et al.* (2019 : 5) identifient cinq types d'interaction entre aléas sur la base des travaux de Gill et Malamud (2014), van Westen *et al.* (2014), Decker et Brinkman (2015) et Liu *et al.* (2016). À partir de catastrophes contemporaines survenues en Indonésie, je présenterai ici une typologie théorique des interactions pouvant se produire sur une même zone, simultanément ou dans un court intervalle de temps.

Relation d'indépendance

Deux ou plusieurs aléas indépendants et de natures différentes se produisent simultanément. Cette coïncidence implique un chevauchement spatial et temporel des aléas impliqués (Fig. 3). Il existe dans l'histoire environnementale de l'Indonésie plusieurs cas emblématiques, comme la catastrophe de 1773-1774 qui a touché les îles de Ternate et Tidore. L'éruption du volcan Gamalama à Ternate pendant plusieurs mois aurait coïncidé avec plusieurs tremblements de terre d'origine tectonique et le passage d'un typhon au même moment. Si cette catastrophe est peu documentée, l'officier de la Compagnie [néerlandaise] unie des Indes orientales (VOC) présent à l'époque dans les « îles aux épices » (l'archipel des Moluques, et plus précisément Ternate, Tidore, Ambon, Banda) décrit la panique des sujets du prince Mohammad Zain et la peur que l'île ne sombre face « aux chocs verticaux inhabituels¹⁰ » (Schrikker, 2016 : 232-233). Plus récemment, l'éruption du Pinatubo aux Philippines en juin 1991 est l'une des éruptions les plus importantes du XX^e siècle. Plus de 60 000 personnes ont été évacuées dans un rayon de 30 km du volcan (Spence *et al.*, 1996 : 1055). Les lahars syn-éruptifs ont été particulièrement intenses, notamment à cause des précipitations causées par le passage simultané du typhon Yunya au nord du volcan. Le bilan humain fait état de 722 décès en 1991 à cause de l'éruption, des maladies respiratoires, des lahars et glissements causés par le typhon. Deux cents lahars sont décomptés rien qu'en 1991. Les années qui suivront seront marquées par la récurrence des lahars (parfois provoqués par d'autres typhons, comme Mameng et Angela en 1995, qui ont principalement touché les Philippines), remobilisant les cendres et les coulées pyroclastiques de l'éruption de 1991 pendant des années (Bardintzeff, 1999 : 364-365).

Relation de déclenchement (ou en cascade)

Un aléa déclenche un ou plusieurs autres aléas. Un aléa, dit primaire, peut provoquer le déclenchement d'un ou deux aléas secondaires quasi instantanés, qui à leur tour peuvent entraîner un ou plusieurs aléas tertiaires (Fig. 3). Dans cette cascade de phénomènes, les aléas sont reliés par un lien de causalité (Decker et Brinkman, 2015 : 33). L'aléa secondaire ou tertiaire peut être identique ou différent du premier (par exemple, un séisme peut déclencher des glissements de terrain qui à leur tour peuvent causer des inondations). Cet enchaînement est également appelé effet domino ou en cascade. Les exemples d'effet en chaîne après des séismes sont multiples en Indonésie. Par exemple, le 27 mai 2006, un séisme au sud de Java d'une magnitude de 6,3 sur l'échelle de Richter s'est produit avec plus de 750 répliques comptabilisées (Marfai *et al.*, 2008 : 338). Les secousses ont principalement touché les villes densément peuplées de Yogyakarta, Bantul et Klaten, à une trentaine de kilomètres de l'épicentre du séisme, situé le long de la Fosse de Java. Si le puissant séisme n'a pas engendré de tsunami, de nombreux glissements de terrain et effondrements, dont au moins vingt dans la région de Bantul, se sont déclenchés dans les provinces de Yogyakarta et Java centre (Hadmoko *et al.*, 2017 : 9). Le bilan fait état de plus de 5 700 décès, plus de 37 000 blessés, 200 000 déplacés, et environ 156 000 maisons et autres structures détruites (Elnashai *et al.*, 2007 : 25). Le 17 juillet 2006, au large des îles Christmas, au sud-ouest de Java, un autre séisme de magnitude 7,7 a déclenché un tsunami sur un segment de plus de 200 km de côte javanaise qui avait été épargnée par le puissant séisme-tsunami du 26 décembre 2004. Le tsunami composé de trois vagues aurait atteint 4 à 8,6 m et une hauteur maximale (*run-up*) de 15,7 m sur l'île de Nusa Kambangan (Lavigne *et al.*, 2007 : 179). Le bilan du séisme-tsunami de 2006 est de

¹⁰ La citation est traduite par Schrikker (2016 : 233).

730 victimes, principalement dans les départements de Cilacap et Pangandaran (province de Java Ouest). L'histoire environnementale de l'Indonésie compte ainsi plusieurs centaines de cas similaires, dans lesquels l'aléa primaire déclenche une cascade d'aléas secondaires et tertiaires, comme en septembre 2018 à Palu, Sulawesi. Un puissant séisme de magnitude 7,5 au niveau de la péninsule de Minahasa a engendré la liquéfaction des sols et des glissements de terrain aériens et sous-marins, ainsi qu'un tsunami. Celui-ci a atteint la ville de Palu en quelques minutes seulement, en raison de l'effet combiné de la liquéfaction et des glissements de terrain côtiers et sous-marins.

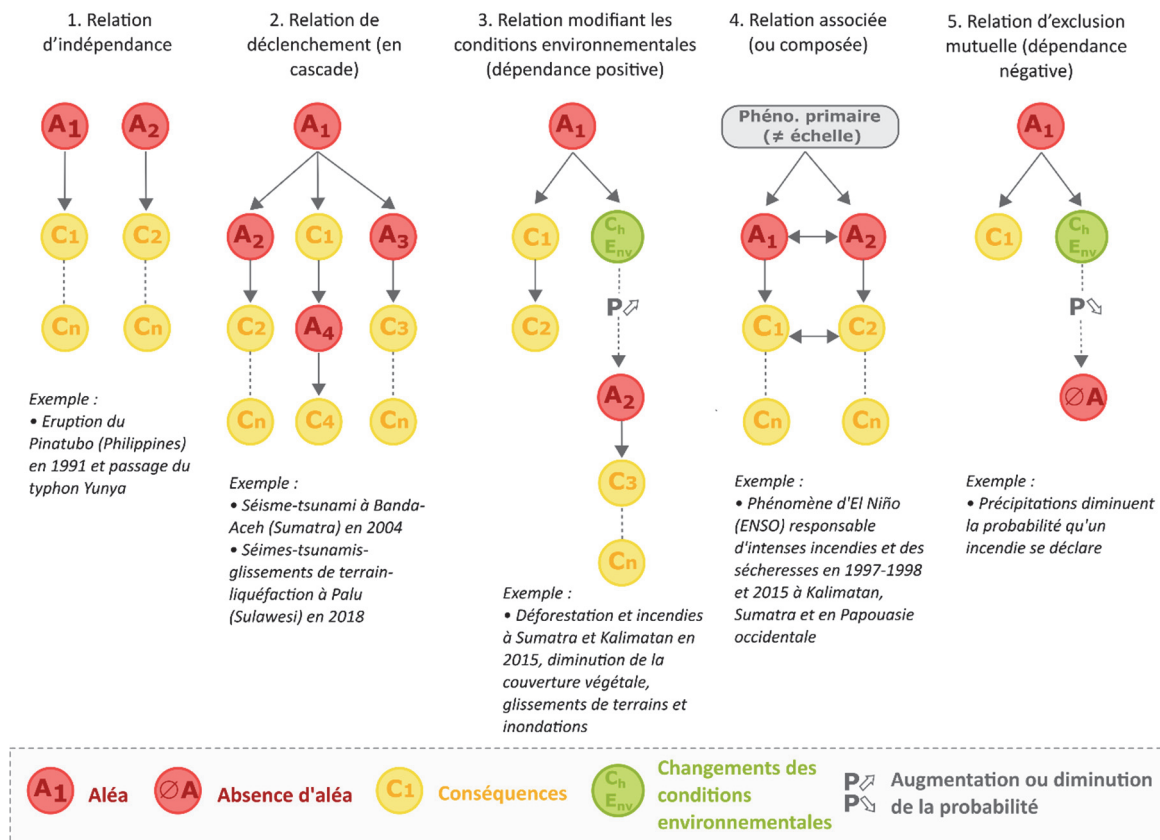


Figure 3 : Cinq types d'interactions entre aléas.
Réalisation A. Faral, d'après les travaux de Decker et Brinkman, 2015 ; Gill et Malamud, 2014 ; Liu et al., 2016 ; Tilloy et al., 2019 ; van Westen, 2017.

Relation modifiant les conditions environnementales (dépendance positive)

L'occurrence de l'aléa primaire peut modifier les paramètres environnementaux, augmentant ainsi la probabilité qu'un aléa secondaire se produise (Gill et Malamud, 2014 : 684 ; Kappes *et al.*, 2010 : 352). Dans le cas de cette interaction entre aléas, l'échelle temporelle est variable entre l'aléa initial et la probabilité de déclencher l'aléa secondaire (Fig. 3) (Tilloy *et al.*, 2019 : 5). Par exemple, un séisme peut déstabiliser tectoniquement une région, favorisant ainsi l'occurrence (i) d'autres séismes sur une autre faille ou des répliques (par exemple, les séismes d'août 2018 à Lombok), (ii) d'une éruption volcanique (par exemple, l'éruption du Merapi en 2006). L'un des exemples les plus fréquemment cités pour illustrer cette interaction est celui des incendies de forêt, qu'ils soient d'origine anthropique ou naturelle. En effet, les feux détruisent la couverture végétale, dénudent et durcissent les sols, limitant ainsi leur capacité d'infiltration en cas de précipitations jusqu'à un an après l'incendie. Ainsi, l'incendie modifie directement les conditions environnementales de la zone sur laquelle il s'est produit et augmente donc la probabilité d'inondation, de glissements de terrain, ou encore de coulées de débris. L'Indonésie, et plus particulièrement Sumatra et Kalimantan (la partie indonésienne de Bornéo), n'est pas épargnée par les feux de forêt de très grande ampleur, résultant

notamment de la culture sur brûlis pour la production d'huile de palme, dont le pays est le premier producteur mondial (Khatiwada *et al.*, 2021 : 135-136). En 2015, Sumatra et Kalimantan ont connu le plus grand incendie de forêt et de tourbe de l'histoire indonésienne, qualifié par les Nations unies de « catastrophe écologique » avec 2,6 millions d'hectares réduits en cendres (Sarmiasih et Pratama, 2019 : 271). Au nuage toxique de dioxyde de carbone s'ajoutent les répercussions sanitaires désastreuses pour les populations indonésiennes et singapouriennes notamment, ainsi que la disparition de la végétation, entraînant une destruction de la biodiversité locale. Suite aux changements d'affectation des sols et aux incendies réduisant la couverture végétale, Kalimantan et Sumatra, en particulier les provinces de Jambi, Riau et Sumatra Ouest, sont régulièrement sujettes à des inondations et des glissements de terrain (Merten *et al.*, 2020 : 1-2 ; Wells *et al.*, 2016 : 7-8). Les incendies et le changement d'utilisation des terres, notamment vers des monocultures, dégradent les paramètres éco-hydrologiques des surfaces (érosion, faible capacité d'infiltration, dégradation de la qualité du sol), ce qui augmente la probabilité de déclenchement d'un aléa hydrologique.

Relation associée (ou composée)

Dans cette interaction, des aléas sont susceptibles de se produire en même temps en raison du même facteur de déclenchement (Decker et Brinkman, 2015 : 34 ; Fig. 3). Les différents aléas résultent ainsi d'un phénomène primaire qui peut se produire à une échelle plus grande, par exemple régionale (Tilloy *et al.*, 2019 : 5-6). Par exemple, les intenses incendies et sécheresses que connaît l'Indonésie pourraient être le résultat d'un même processus à grande échelle, celui d'El Niño (ENSO¹¹), un phénomène climatique à l'échelle de l'océan Pacifique Sud lié à une variation de la pression atmosphérique entre l'est et l'ouest du Pacifique. Ce phénomène se caractérise par des températures de surface de l'eau plus élevées. Les années El Niño sont donc associées à des températures extrêmes, à des sécheresses saisonnières prolongées et à un temps plus sec, ce qui rend les terres et les forêts plus inflammables. Lors des derniers grands épisodes d'El Niño en Indonésie en 1997-1998 et 2015, les conditions climatiques extrêmes ont provoqué des sécheresses prolongées et une baisse du niveau d'eau souterraine, notamment dans les tourbières, causant des incendies sans précédent à Sumatra, à Kalimantan et en Papouasie (Pan *et al.*, 2018 : 7975 ; Sulaiman *et al.*, 2023 : 2). Le phénomène d'El Niño de 2015 a été plus fort que l'épisode déjà intense de 1997, amplifiant la sécheresse à Sumatra, Lampung, Java, Bali, Nusa Tenggara Barat et le sud de Sulawesi. L'ENSO a également retardé la saison des pluies dans l'est de l'archipel indonésien (BNPB, 2015 : 3). Les deux aléas simultanés (incendie et sécheresse) sont dépendants du phénomène régional El Niño et forment un événement composé multi-aléas.

Relation d'exclusion mutuelle (dépendance négative)

L'occurrence de l'aléa primaire modifie les paramètres environnementaux et diminue la probabilité qu'un autre aléa se produise (Liu *et al.*, 2016 : 632). L'exclusion mutuelle des aléas réduit le risque (Fig. 3), c'est par exemple le cas théorique des précipitations intenses qui diminueront la probabilité qu'un incendie se déclare (Gill et Malamud, 2014 : 684-685). Cependant, la littérature est très limitée sur ce genre de cas. L'exclusion mutuelle des aléas n'est peu ou pas considérée dans l'analyse multi-aléas et l'évaluation du multirisque, contrairement aux interactions précédentes (Wang *et al.*, 2020 : 2009).

À travers cette présentation des types d'interactions possibles entre les aléas, quelques grandes catastrophes multi-aléas sont commentées. Cependant, elles ne représentent qu'un échantillon du nombre de catastrophes multi-aléas auxquels l'archipel indonésien fait face chaque année. Dans la continuité de cette étude, un aperçu de la fréquence et des tendances des catastrophes sera proposé à travers un bilan chiffré des événements ayant affecté l'Indonésie depuis le XX^e siècle. Cette mise en perspective permettra ensuite d'aborder l'évolution des politiques et des stratégies indonésiennes face aux risques d'origine naturelle, afin de comprendre comment le pays cherche à s'adapter à des catastrophes plus fréquentes touchant des populations toujours plus nombreuses et vulnérables.

¹¹ L'oscillation australe de la pression atmosphérique est appelée ENSO (El Niño-Southern Oscillation).

Évolution de la gestion indonésienne des risques depuis le xx^e siècle et distorsion dans la gestion actuelle des aléas multiples

Fréquence et tendance des catastrophes sur la période 1900-2023

Répartition des catastrophes d'origine naturelle en Indonésie par types d'aléas

Selon la base de données EM-DATA créée par le Centre de Recherche sur l'Épidémiologie des Désastres (CRED¹²), on recense 617 événements en Indonésie sur la période 1900-2023. La figure 4 présente la répartition des différents types d'aléas en Indonésie sur la même période. Les aléas géophysiques et hydrologiques dominent en termes d'occurrences dans le profil des catastrophes en Indonésie¹³ et représentent 88 % de tous les événements survenus dans l'archipel, suivis par les aléas biologiques (épidémies), climatologiques et météorologiques (sécheresses, incendies, cyclones). La même figure révèle que les inondations représentent 43,5 % des aléas, suivies par les séismes avec 23,7 %, puis les mouvements de masse et les éruptions volcaniques avec respectivement 10,7 % et 10,2 %. Les aléas climatiques, comme les sécheresses et les incendies, sont quant à eux moins récurrents en Indonésie, ne représentant que 3,58 % des événements sur la période considérée, et surviennent principalement pendant les périodes El Niño.

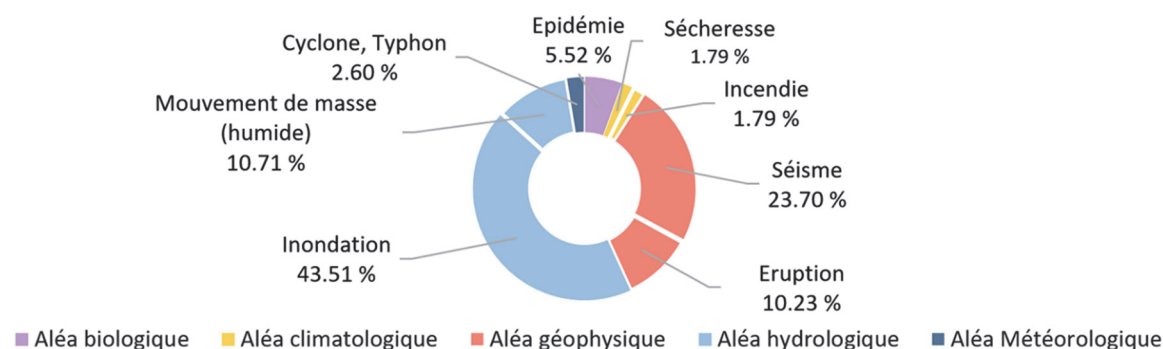


Figure 4 : Répartition des catastrophes d'origine naturelle en Indonésie par type d'aléas sur la période 1900-2023.

Réalisation : A. Faral, Source des données : <https://www.emdat.be/>

Répartition des victimes de catastrophe en fonction du type d'aléa

Sur la période 1900-2023, 229 586 personnes ont péri lors de catastrophes d'origine naturelle en Indonésie, selon la base de données EM-DAT. La Figure 6 montre que les événements telluriques sont les plus meurtriers ; les tremblements de terre associés à d'autres aléas en cascade étant responsables de 82 % des décès, souvent dus à des aléas associés. Le séisme-tsunami du 26 décembre 2004 dans la province d'Aceh à Sumatra reste le plus dévastateur, avec 165 000 décès, suivi par le séisme de Pagandaran à Java Ouest en 2006 avec 5 778 décès, et enfin le séisme-tsunami de Palu à Sulawesi en 2018, ayant entraîné la mort de plus de 4 100 personnes (Fig. 5 et 7 ; EM-DAT, 2023).

Sur la période 1900-2023, les aléas volcaniques sont responsables de plus de 13 300 morts. Il est à noter que les décès associés à l'activité volcanique sont moins importants que cela n'était au début du xx^e siècle, avec une nette diminution à partir de 1970 (Djalante et Garschagen, 2017 : 28 ; EM-DAT, 2023). Plusieurs facteurs concourent à cette baisse. En effet, la préparation des populations, la mise en place de plans d'urgence, l'amélioration des capacités d'évacuation, la gestion de crise, la médecine d'urgence et les techniques de secours ont fait d'énormes progrès ces dernières décennies. De plus, la surveillance technologique de l'activité volcanique, la sensibilisation et les mesures de réduction des risques rendent les éruptions et leurs conséquences plus gérables que d'autres aléas moins prévisibles, tels que les séismes accompagnés

¹² Voir note de bas de page n° 2.

¹³ Il est important de noter que la base de données EM-DAT sous-estime le nombre de catastrophes d'origine naturelle puisque la base de données ne comptabilise pas les événements faisant moins de 10 morts, ou moins de 100 personnes touchées.

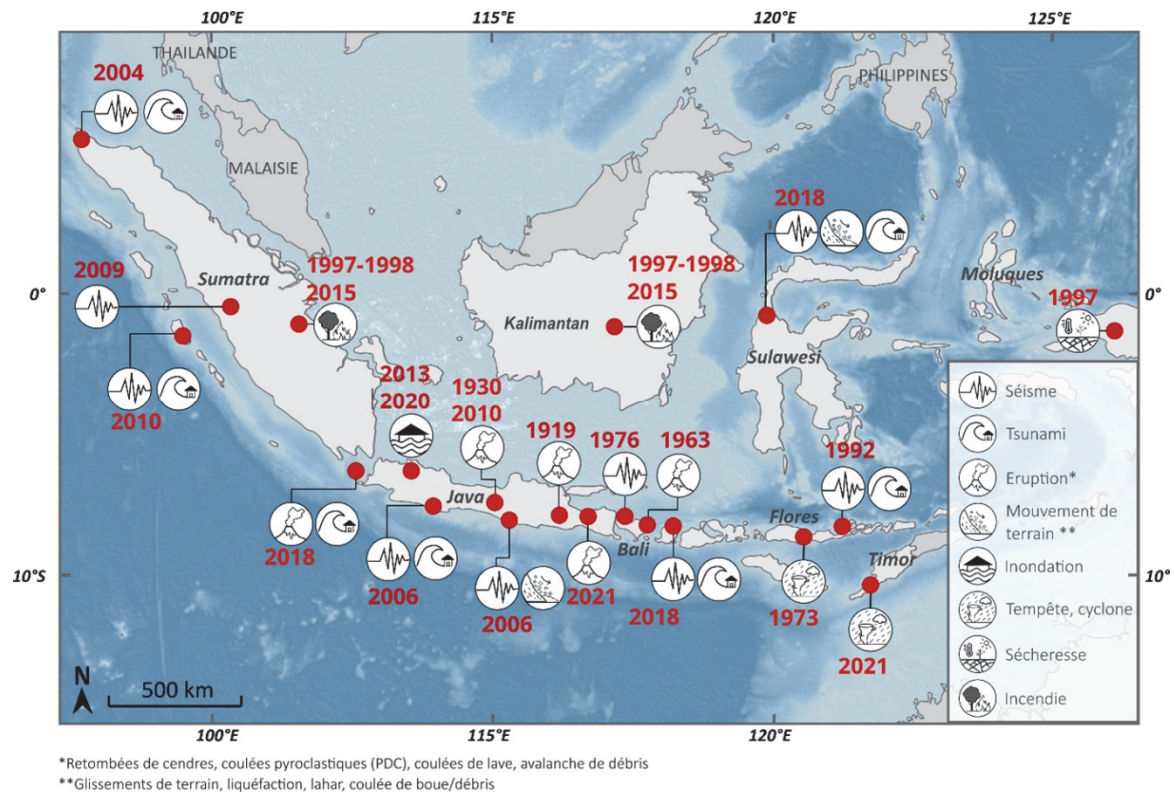


Figure 5 : Cartographie des catastrophes évoquées dans cette étude et survenues en Indonésie entre 1900 et 2023.
 Réalisation : A. Faral.

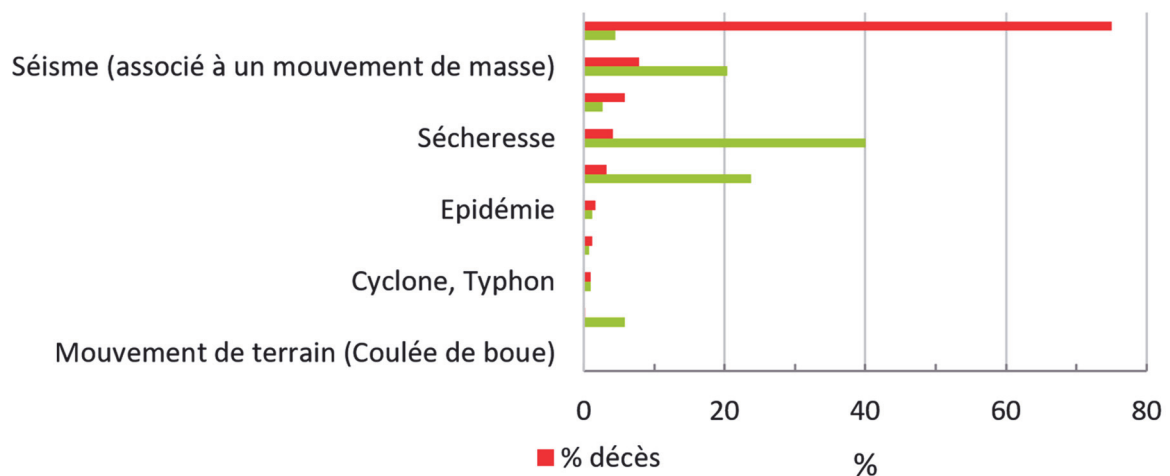


Figure 6 : Répartition des victimes de catastrophes en fonction du type d'aléa naturel sur la période 1900-2023 en Indonésie (EM-DAT, 2023).
 Réalisation : A. Faral, Source des données : <https://www.emdat.be/>

de tsunamis ou de mouvements de masse. Cependant, de nombreux volcans actifs indonésiens, pour lesquels aucune activité historique récente n'a été enregistrée, ne sont pas surveillés, principalement en raison des coûts et du manque d'activité. C'est le cas, par exemple, du volcan Kie Matubu (île de Tidore dans les Moluques), qui ne fait l'objet d'aucune surveillance, puisque sa dernière éruption remonte au XIII^e siècle (Faral *et al.*, 2022 : 12-13). Plus récemment, l'éruption du Sinabung (Sumatra) en 2010 après 400 ans de repos a surpris les autorités compétentes, car le volcan était considéré comme inactif (Hendrasto *et al.*, 2012 : 37). Cet évènement a souligné la nécessité d'une surveillance continue des volcans actifs et au repos. Toutefois, les interactions entre les aléas volcaniques et d'autres types d'aléas, ainsi que les effets de chaîne

déclenchés jusqu'à deux ans après l'éruption du Merapi en 2010, remobilisant les dépôts volcaniques en raison des précipitations pendant la saison des pluies, de novembre à avril (Hadmoko *et al.*, 2018 : 420-424).

Les sécheresses, les inondations suivies des séismes et les incendies sont à l'origine du plus grand nombre de personnes touchées¹⁴ (Fig. 6) avec une augmentation des personnes affectées par les catastrophes sur la période 1900-2023 (EM-DAT, 2023). Ces aléas climatologiques sont toutefois moins récurrents sur cette même période (Fig. 4), mais ont touché plus de 26 millions de personnes et ont fait plus de 9 600 victimes. En effet, les deux plus grands épisodes de sécheresses et d'incendies dans l'histoire contemporaine indonésienne (1997-1998, 2015) sont associés à des années El Niño comme en 1997, où la famine causée par l'intense épisode de sécheresse a affecté plus d'un million de personnes et fait 672 victimes (EM-DAT, 2023). Plus récemment, en 2023, l'archipel est de nouveau frappé par un nouvel épisode de sécheresse, en particulier à Java, Bali, Lombok, Sumbawa, Flores, Sulawesi et en Papouasie Occidentale, affectant plus de 1,2 million d'individus (DREF, 2024 : 5). Les inondations représentent ensuite le deuxième aléa le plus préjudiciable pour les Indonésiens, et leur fréquence a augmenté (Muis *et al.*, 2015). Si les décès dus aux inondations sont moins nombreux que ceux causés par les aléas telluriques, ces dernières ont néanmoins affecté plus de 1 390 000 Indonésiens depuis 1900, représentant ainsi 23,7 % des victimes de catastrophes (Fig. 6). Par ailleurs, on sait que la croissance urbaine accroît l'exposition au risque d'inondation fluviale et côtière. Or, l'explosion de l'urbanisation en Indonésie, notamment à Java qui représente 79 % de l'augmentation des surfaces urbaines nationales, va porter l'exposition à ce risque de 76 % à 120 % en 2030 (Muis *et al.*, 2015 : 450-451).

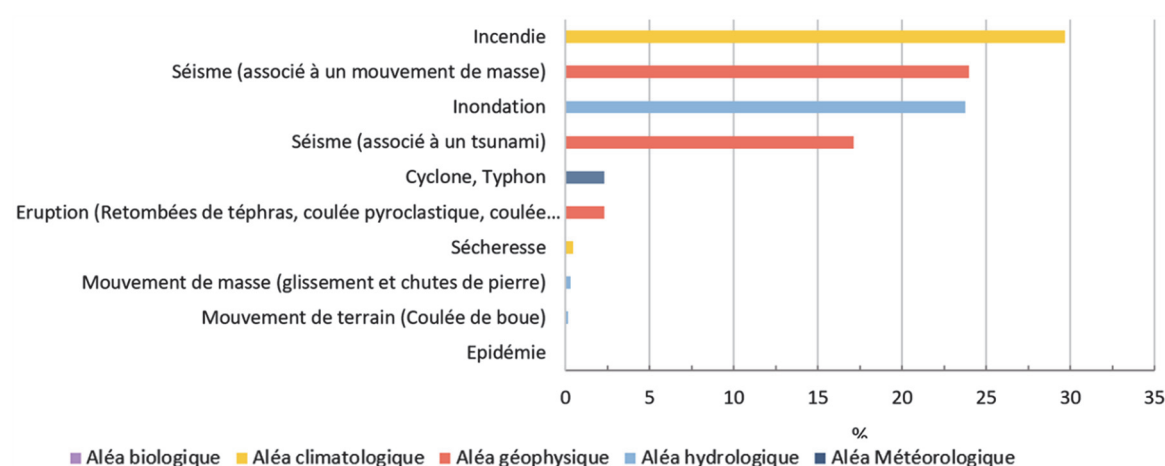


Figure 8 : Répartition des pertes économiques directement ou indirectement fonction du type d'aléa sur la période 1909-2023 (EM-DAT, 2023).

Réalisation : A. Faral, Source des données : EM-DAT, 2023.

Domages estimés des catastrophes indonésiennes

Les incendies sont les catastrophes les plus coûteuses, avec des dommages estimés à dix millions de dollars pour les épisodes de 1997-1998 et 2015, soit 29,7 % des pertes totales. Les séismes (mouvement de masse et tsunami combinés) totalisent plus de 14 millions de dollars, soit 41,08 % des coûts totaux sur la période (Fig. 8). Les quatre catastrophes telluriques ayant entraîné les pertes les plus importantes se sont produites en 2004, 2006, 2009 et 2018. Il s'agit, respectivement, du séisme-tsunami à Banda Aceh (Sumatra), des séismes-glissements de terrain de Yogyakarta (Java) et de Padang (Sumatra), ainsi que du séisme-tsunami de Palu (Sulawesi) (Fig. 5). Les pertes et dommages liés aux inondations représentent 23 % des coûts totaux, soit plus de 8 millions de dollars. Le coût des inondations de 2013 à Jakarta représente 3 millions de dollars, soit 37,5 % des pertes totales liées aux inondations (EM-DAT, 2023). Les catastrophes les plus coûteuses résultent de la combinaison de plusieurs aléas en cascade de forte magnitude, comme cela a été le cas lors des

¹⁴ Selon EM-DAT, la catégorie des « personnes touchées » inclut les personnes blessées, affectées ou sans-abri à cause de l'aléa en question.

événements de 2004, 2006, 2009 ou 2018 (Fig. 5 et 7). Ces catastrophes frappent des centres urbains densément peuplés, tels que Banda Aceh, Yogyakarta, Padang et Palu, qui abritent d'importantes fonctions économiques et gouvernementales.

La diversité des interactions entre aléas et leurs intensités variables souligne les défis majeurs pour élaborer des politiques publiques adaptées en matière de réduction des risques et des catastrophes. Cette complexité est d'autant plus exacerbée par la diversité des contextes indonésiens et par la réalité inévitable que les catastrophes de grande ampleur dépasseront les capacités de réponse des sociétés locales exposées, comme l'ont montré les retours d'expérience de plusieurs catastrophes majeures survenues en Indonésie. Dans les pages qui suivent, j'établirai un lien entre les tendances des catastrophes survenues depuis le XX^e siècle et l'évolution des politiques et stratégies de gestion des catastrophes adoptées par les institutions gouvernementales indonésiennes.

Évolutions des politiques de gestion des risques de catastrophes face à des aléas naturels multiples

Le nombre de catastrophes en Indonésie enregistré a augmenté depuis 1980 (Fig. 9). Cette augmentation s'explique par trois facteurs principaux. Le premier est lié au biais de recensement des événements. En effet, les catastrophes survenues au cours de la première moitié du XX^e siècle ne sont sans doute pas toutes recensées à cause d'un manque d'informations de base (date, lieu, nature exacte de l'évènement, nombre de morts et conséquences) ou à une absence de données. Le gouvernement néerlandais, durant la période 1900-1945, n'a probablement pas consigné l'ensemble des événements, les catastrophes décrites dans les archives coloniales reflétant surtout les plus importantes ou celles ayant directement affecté les populations néerlandaises présentes dans la zone, comme les éruptions du Kelud en 1919 ou du Merapi en 1930 à Java. Une deuxième raison du faible nombre de catastrophes répertoriées durant la première moitié du XX^e siècle tient à l'incomplétude de la base de données EM-DAT, qui ne recense que les événements ayant entraîné plus de dix morts¹⁵. Une analyse approfondie des sources narratives néerlandaises (rapports administratifs, presse coloniale) et vernaculaires demeure donc nécessaire pour compléter ces enregistrements. La troisième raison de l'augmentation du nombre de catastrophes recensées par EM-DAT tient au contexte indonésien depuis la seconde moitié du XX^e siècle. À partir des années 1960, la croissance démographique, économique et urbaine (Elias et Noone, 2011 : 33-36), combinée à la forte densité de population dans les zones côtières et à proximité des volcans actifs, accroît l'exposition aux risques de catastrophes et aux effets du réchauffement climatique.

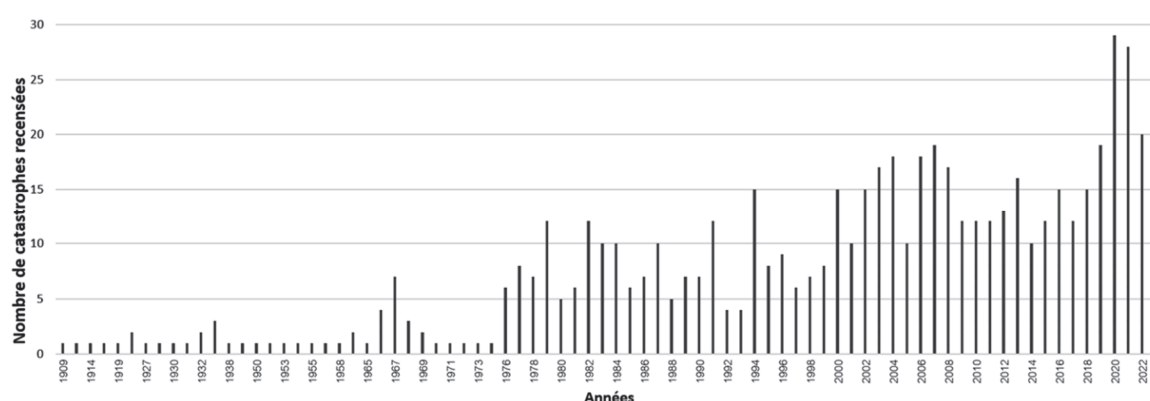


Figure 9 : Évolution du nombre de catastrophes d'origine naturelle survenues en Indonésie sur la période 1900-2023 (EM-DAT, 2023).

Réalisation : A. Faral, Source des données : EM-DAT, 2023.

¹⁵ Voir note de bas de page n° 2.

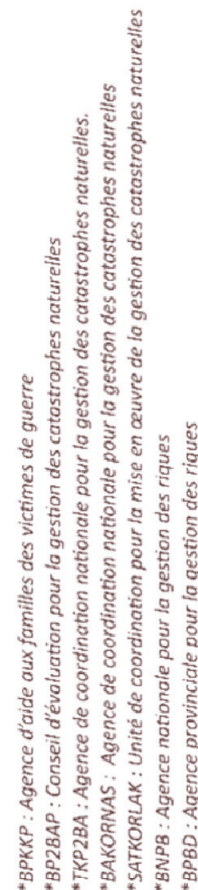


Figure 10 : Évolution des pratiques de gestion des risques de catastrophes en Indonésie sur la période 1900-2023.

Réalisation: A. Faral, d'après Djilante et Garschagen, 2017 ; Lassa, 2010, 2013 ; Schrikkler, 2016. Triyanti et al., 2023

La période 1900-1945

Pour les dernières décennies de la présence coloniale néerlandaise en Indonésie (1900-1949), la base de données EM-DAT recense 18 catastrophes ayant occasionné 229 000 victimes. Deux catastrophes majeures ont particulièrement retenu l'attention du gouvernement colonial : l'éruption du Kelud (Java Est) en 1919, qui a causé plus de 5 000 morts après plusieurs éruptions liées à la vidange brutale de son lac de cratère, et celle du Merapi (Java Centre) en 1930, qui a fait plus de 1 300 victimes (Fig. 7). Après la séquence éruptive du Kelud en 1919, le gouvernement néerlandais des Indes Orientales met en place un service de surveillance des volcans (appelé *Vulkanbewakingsdienst*) en 1920, qui deviendra deux ans plus tard le service de recherche volcanologique (*Vulkanologisch Onderzoek*¹⁶) (Gertisser *et al.*, 2023 : 30). Cette première institution de surveillance de l'activité volcanique a pour mission de construire des postes d'observation des volcans, de délimiter les zones dangereuses, d'établir des systèmes d'alerte et d'évacuation, et de diffuser des informations sur les volcans surveillés, notamment le Kelud et le Merapi (Fig. 10). Un premier projet d'observations aériennes des volcans de Java est réalisé dans le cadre de leur surveillance en 1922-1924. Pour se prémunir des conséquences des éruptions récurrentes du volcan Kelud, le gouvernement colonial finance la construction d'un tunnel d'inondation depuis son lac de cratère pour drainer les eaux en cas d'éruption et limiter les lahars. C'est le premier projet de protection mis en place contre un aléa d'origine naturelle en Indonésie (Schrikker, 2016 : 243).

1945 – 1960 : gérer les situations d'urgence après l'Indépendance indonésienne

L'État institutionnalise la gestion des situations d'urgence ou dangereuses, comme les guerres et leurs victimes, ainsi que les personnes déplacées, en créant l'agence d'aide aux familles des victimes de guerre (BPKKPP¹⁷) en 1945 (Fig. 10 ; Djalante et Garschagen, 2017 : 39). Un an plus tard, l'État promulgue la loi 6/1946 sur la gestion des situations d'urgence, une étape importante qui marque la reconnaissance, pour la première fois, des catastrophes « naturelles » comme des menaces extérieures dangereuses pour le pays. Cette loi initiale est amendée par la loi 1/1948 puis par la loi 30/1948, conférant au président une pleine autorité en cas de menaces urgentes, telles que les guerres et les catastrophes. Cependant, ces lois ont été conçues et votées dans une logique d'après-guerre pour faire face aux menaces étrangères (Lassa, 2010 : 102-103). La gestion des aléas et des catastrophes n'est toujours pas une priorité pour le gouvernement. En réalité, jusqu'à la fin des années 1950, il y a très peu de changements dans la gestion des risques. Cette absence de considération des aléas naturels s'explique également par la faible occurrence de catastrophes pendant cette période, avec moins d'une dizaine d'événements comptabilisés par EM-DAT, dont l'éruption du Kelud en 1951, de plus faible ampleur que celle de 1919, mais qui a tout de même causé la mort de 1 300 personnes. C'est à la suite de l'éruption de l'Agung (Bali) en 1963, qui a fait plus de 1 500 victimes et touché 78 000 personnes, ainsi que d'une sécheresse à Java et Bali, et de nombreuses inondations à Java en 1966 que le gouvernement commence à s'emparer de la question des conséquences des catastrophes d'origine naturelle sur les populations et l'activité économique. Par conséquent, le Conseil d'Évaluation pour la Gestion des Catastrophes naturelles (BP2BAP¹⁸) est créé par le ministère des Affaires sociales en 1966 afin de gérer les situations d'urgence et de coordonner l'aide humanitaire auprès des personnes touchées par les catastrophes. Un an plus tard, le nouveau gouvernement du président Suharto crée l'Agence de Coordination nationale pour la Gestion des Catastrophes naturelles (TKP2BA¹⁹). Néanmoins, il s'agit plus d'une gestion de crise visant à réagir aux conséquences des catastrophes que d'une gestion des risques à des fins préventives (Lassa, 2010 : 98 ; Djalante et Garschagen, 2017 : 35-39).

¹⁶ Après l'indépendance indonésienne, le service de recherche volcanologique est rattaché au Bureau des Mines et de la Géologie (Gertisser *et al.*, 2023 : 30).

¹⁷ BPKKP : Badan Penolong Keluarga Korban Perang.

¹⁸ BP2BAP : Badan Pertimbangan Penanggulangan Bencana Alam.

¹⁹ TKP2BA : Tim Koordinasi Nasional Penanggulangan Bencana Alam.

1970-2000 : augmentation du nombre de catastrophes et changement de paradigme dans la considération des aléas naturels

Entre 1970 et 2000, l'Indonésie a connu une croissance démographique significative, avec une population qui a presque doublé en 30 ans, passant de 115 à 214 millions, ainsi qu'une expansion économique marquée par une augmentation du PIB de 9 à 165 milliards de dollars (Fig. 11). Ce développement s'accompagne d'une urbanisation croissante, mais également d'une répartition inégale des richesses et d'une aggravation de la pauvreté (Djalante et Garschagen, 2017 : 40). Cette croissance contraint les populations à s'installer dans des zones à risques sujettes à de multiples aléas, telles que les zones côtières, les berges des cours d'eau ou sur les flancs volcaniques, pour bénéficier de certains avantages, tels que de meilleurs rendements agricoles et l'extraction de matériaux de construction (De Bélizal *et al.*, 2011 : 19).

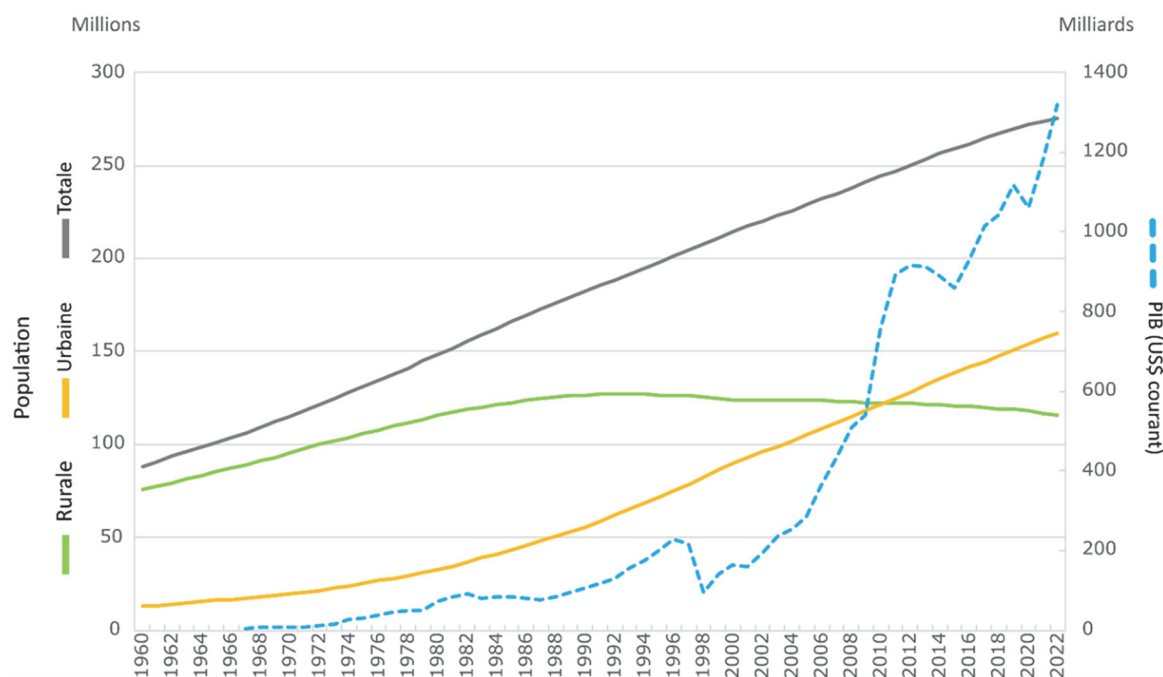


Figure 11 : Évolution de la croissance démographique et économique indonésienne

Réalisation : A. Faral, Source des données : Data Catalog World Bank, 2023²⁰

Cette croissance globale, inégalitaire et mal maîtrisée rend certaines communautés indonésiennes plus vulnérables aux aléas naturels. Ainsi, le gouvernement s'efforce de réduire les disparités socio-économiques en améliorant les conditions de vie des populations les plus vulnérables et en renforçant les infrastructures pour atténuer et gérer les dommages (Schipper *et al.*, 2016 : 5-8). En effet, la période 1970-2000 est marquée par un grand nombre de catastrophes, notamment à Bali, à Flores et en Papouasie. EM-DAT comptabilise 196 événements en 30 ans, ce qui représente 31,7 % des catastrophes totales sur la période 1900-2023. Les événements les plus marquants pour la société indonésienne ont été la famine consécutive à la sécheresse de 1972, le cyclone en 1973 qui a touché Flores, les séismes à Bali et en Papouasie 1976, un séisme-glissement de terrain-tsunami sur l'île de Lembata (appartenant aux Petites Îles de la Sonde) et l'île de Flores en juillet 1979, touchées cinq mois auparavant par des crues éclair et des lahars (EM-DAT, 2023). Cependant, les institutions créées sont considérées comme inactives, notamment à cause de l'éloignement des catastrophes par rapport à Java (à l'exception de l'éruption de l'Agung à Bali en 1963 ; Lassa, 2013 : 139). En réponse aux catastrophes des années 1970, le décret présidentiel Keppres 28/1979 a établi l'Agence de coordination nationale pour la gestion des catastrophes (BAKORNAS²¹), visant à coordonner de manière

²⁰ Disponible en ligne : <https://data.worldbank.org/>, consulté le 11 mars 2024.

²¹ BAKORNAS : Badan Koordinasi Nasional Penanggulangan Bencana Alam (anciennement TKP2BA). En 1990, BAKORNAS devient BAKORNAS PBA est sera mandaté pour tous types de catastrophes soit d'origine naturelle, mais également pour les crises humanitaires liées à des conflits (Djalante et Garschagen, 2017 : 41).

globale la gestion des risques et à harmoniser les actions des différentes parties prenantes (Lassa 2010 : 140). La même année, l'Unité de Coordination pour la Gestion des Catastrophes est créée à l'échelle de la province (SATKORLAK²²). Cette gouvernance multiscalaire pour réagir plus rapidement et efficacement à face à une catastrophe a été un grand changement pour le gouvernement centralisé de l'époque (Djalante *et al.*, 2013 : 2114 ; Djalante et Garschagen, 2017 : 41). La succession de ces catastrophes dans les années 1970-1980 impose un changement de paradigme dans la considération du risque en Indonésie. À partir de 1990, le gouvernement modifie les décrets de 1979 pour prendre davantage en considération l'ensemble du cycle de gestion des catastrophes (qui cependant ne sera réellement considéré qu'après le tsunami de 2004). Le système de gestion ne doit plus se concentrer exclusivement sur l'urgence de la crise et de l'immédiate post-catastrophe, mais également sur la prévention, la préparation, la réhabilitation et la reconstruction post-catastrophe à moyen terme. Néanmoins, le séisme-tsunami de Flores en 1992, dont le bilan fait état de 2 500 victimes et plus de 92 000 personnes affectées, n'a pas provoqué de nouveau changement institutionnel dans la gestion des risques en Indonésie.

2000-2010 : une décennie de grandes catastrophes et de changement dans les politiques de gestion des risques

Les années 2000 enregistrent 163 catastrophes dans l'archipel, faisant plus de 181 000 victimes, soit plus de 78,8 % des décès sur la période entre 1900 et 2023 (EM-DAT, 2023). Le séisme du 26 décembre 2004, d'une magnitude de 9,1, engendre un tsunami qui tue plus de 165 000 victimes rien qu'en Indonésie (Fig. 7 ; UNDRR, 2020 : 13). C'est la plus grande catastrophe qu'ait connue l'archipel indonésien. Les séismes qui suivent en 2006 (à Java), en 2009 (à Sumatra) et en 2010 (à Java), témoignent des ruptures récurrentes le long de la zone de subduction de Sumatra-Ouest, jusqu'au sud de Java et Bali (Fig. 5). Ces catastrophes, en particulier celle de 2004, ont profondément modifié la perception et la gestion des risques en Indonésie et à l'échelle mondiale. Désormais, le terme « gestion des catastrophes naturelles » orienté depuis 1945 sur la réaction dans l'urgence évolue pour englober tous les aspects de réduction et prévention des risques préconisés dans le Cadre d'Action de Hyogo, signé en 2005 pour la réduction du risque de catastrophes. Les politiques réactives précédentes évoluent vers des politiques proactives plus globales prenant en compte toutes les composantes du risque (Lassa, 2010 : 98). Ainsi, la promulgation de la loi 24/2007 sur la gestion des catastrophes est fondamentale dans les progrès réalisés pour la réduction des risques durant la décennie 2004-2010. Cette loi entérine la nécessité de réduire les risques et reconnaît les responsabilités partagées aux échelons nationaux et locaux, ainsi que le rôle crucial des acteurs non gouvernementaux et des communautés. Désormais, la loi transfère la responsabilité et l'autorité en matière de gestion des catastrophes et de réduction du risque du gouvernement national au gouvernement local (Djalante *et al.*, 2012 : 784-787). Conformément à cette loi, l'Agence nationale pour la Gestion des Risques (BNPB²³) et l'agence provinciale (BPBD²⁴) remplacent le BAKORNAS et SATKORLAK, considérés comme inefficaces pour la réduction, l'atténuation et la planification du risque de catastrophe ces 30 dernières années (Fig. 10 ; Lassa, 2010 : 117). Ces agences sont chargées de mettre en œuvre les programmes de prévention des catastrophes, de préparation et d'intervention, et d'élaborer des plans d'action à différentes échelles spatiales pour chaque type d'aléa. Les travaux consistent à identifier les zones exposées par le biais d'une cartographie des aléas et des enjeux les plus exposés et les plus vulnérables. Dans les nouvelles réformes de 2007, l'agence provinciale (BPBD) est primordiale dans les efforts de réduction et de gestion des risques et a pour but de renforcer la prévention, la sensibilisation des populations, la communication de mesures préventives et l'apprentissage des protocoles d'urgence. Les stratégies de réduction des risques passent également par l'amélioration et le développement de systèmes d'alerte. C'est notamment le cas du système d'alerte aux tsunamis (Indonesian Tsunami Early Warning System – INA-TEWS), créé en 2007 et géré par l'Agence de Météorologie, Climatologie et Géophysique d'Indonésie (BMKG²⁵ en indonésien). Le tournant des politiques indonésiennes de gestion et de réduction des risques entre 2005 et 2010 s'explique non

²² SATKORLAK : Satuan Koordinasi Pelaksanaan Penanggulangan Bencana Alam.

²³ BNPB : Badan Nasional Penanggulangan Bencana.

²⁴ BPBD : Badan Penanggulangan Bencana Daerah.

²⁵ BMKG : Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika.

seulement par les tragédies à grande échelle que le pays a connues pendant cette période, mais également par un changement discursif à l'échelle mondiale (Lassa, 2010 : 130). Ces événements ont en effet suscité une réflexion profonde au sein des institutions d'aide bilatérale et multilatérale, telles que le Centre asiatique de Prévention des Risques (ADRC), sur la nécessité pour le gouvernement indonésien et les acteurs non étatiques de repenser l'approche de la gestion des catastrophes pour renforcer la résilience du pays. La récurrence des catastrophes a favorisé l'implication et la collaboration étroite entre un réseau d'acteurs internationaux, tels que le PNUD²⁶, l'UNDRO²⁷, l'ASEAN, ADRC, ainsi que des acteurs nationaux comme les deux agences nationales et régionales (BNBP et BPBD en indonésien) et différents ministères. De plus, les organisations de la société civile²⁸ jouent désormais un rôle crucial. En effet, la Société indonésienne pour la Gestion des Catastrophes (MPBI²⁹ en indonésien), qui se trouve être une ONG, a considérablement participé au processus de rédaction juridique, de réflexion, de débats sur la loi 24/2007, ce qui a notamment permis la création de l'agence nationale pour la gestion des risques (Lassa, 2010 : 143). Cette convergence d'efforts a conduit à une réforme significative des politiques indonésiennes en matière de gestion des catastrophes en 2007. Cependant, cette décentralisation de la gestion de la RRC au profit d'une gouvernance horizontale impliquant les gouvernements provinciaux et les acteurs de la société civile présente des défis majeurs, dont une dotation budgétaire insuffisante dépendante du gouvernement national (Gaborit, 2022 : 8), ainsi qu'un manque de personnel qualifié et de capacités techniques (UNDRR, 2019 : 334). Certaines régions durement frappées par les séismes, les tsunamis et les glissements de terrain au cours de la décennie 2004-2014, telles que Padang, Yogyakarta et Aceh, ont progressé en termes de gestion et de réduction des risques, grâce notamment au soutien technique et financier d'institutions locales, telles que les universités et les ONG (Djalante *et al.*, 2012 : 788).

L'émergence d'une approche multirisque depuis 2010 et la nécessité d'une approche plus globale dans la gestion et la réduction des risques

Entre 2010 et 2023, EM-DAT a enregistré 214 catastrophes en 13 ans, représentant ainsi 34,6 % des catastrophes totales sur la période 1900-2023. Les pertes estimées associées à ces catastrophes s'élèvent à plus de 30 millions de dollars. Les inondations sont les aléas les plus récurrents depuis 2010 et surviennent principalement en zone urbaine. Plusieurs études menées en Asie confirment le lien entre la croissance urbaine et l'augmentation de la fréquence des inondations causées par l'évolution de l'utilisation des terres (par exemple, les travaux d'Hegger *et al.*, 2016 ; Handayani *et al.*, 2020). Java, et plus particulièrement Jakarta, est régulièrement confrontée à des inondations, comme en 2002, 2007, 2013 et 2020. Le Cadre de Sendai met l'accent sur l'amélioration des politiques de gouvernance à l'échelle locale et sur les stratégies d'aménagement du territoire afin de réduire les vulnérabilités des populations, notamment en milieu urbain, face aux risques liés au changement climatique (UNDRR, 2015 : 19-22). La présidence de Joko Widodo (2014-2024) et la municipalité de Jakarta se sont emparées de la question des inondations urbaines avec la canalisation de tronçons de rivière, la construction de bassins de rétention, de digues, de systèmes de drainage des cours d'eau, la mise en place d'un système d'alerte inondation et des programmes de relogement pour les communautés les plus pauvres touchées par l'aléa (Octavianti et Charles, 2019 : 11-12). Les villes indonésiennes sont ainsi confrontées à plusieurs défis : (i) la croissance urbaine, (ii) l'adaptation et la protection des espaces face à l'augmentation des risques liés au climat (inondation, montée des eaux, cyclone), (iii) la subsidence, (iv) la gestion des sols inadaptée face aux changements climatiques, (v) la pauvreté, l'insécurité et les conflits sociaux. Toutes ces contraintes et ces menaces nécessitent une modification des aménagements du territoire, un important investissement financier et un mode de gouvernance adapté aux futurs enjeux urbains mentionnés précédemment. La décentralisation des pouvoirs opérée par le gouvernement indonésien depuis une vingtaine d'années n'est cependant pas soutenue par un

²⁶ PNUD : Programme des Nations unies pour le Développement.

²⁷ UNDRO : United Nations Disaster Relief Coordinator signifie Bureau de Coordonnateur des Nations unies pour les secours en cas de catastrophe.

²⁸ Les organisations de la société civile sont des entités non gouvernementales, non lucratives, qui promeuvent des intérêts collectifs, des causes sociales, environnementales, politiques ou économiques. Elles peuvent être des ONG, des associations, des groupes de défense/réflexion, des syndicats, des groupes communautaires.

²⁹ MPBI : Masyarakat Penanggulangan Bencana Indonesia.

niveau de financement suffisant à l'échelle locale pour adapter les villes face aux risques accrus de catastrophes hydro-climatiques (Gaborit, 2022 : 8). Par ailleurs, bien que les politiques d'utilisation des terres représentent un véritable levier pour s'adapter aux conséquences du réchauffement climatique, elles sont cependant confrontées aux réalités de la croissance démographique et de l'urbanisation. Le défi consiste à trouver un équilibre entre le développement spatial des villes et les stratégies d'adaptation aux risques croissants résultant du changement climatique. Ces stratégies incluent la création de zones tampons, la végétalisation des surfaces, l'arrêt du défrichement, ainsi que la protection des écosystèmes côtiers, tels que la conservation des mangroves (Gaborit, 2022 : 10).

Les séismes et les mouvements de masse humides sont ensuite les deuxième et troisième aléas les plus récurrents sur la période 2010-2023 (EM-DAT, 2023), avec notamment la catastrophe en cascade de Palu (Sulawesi) en septembre 2018 (Fig. 5). Cet événement a été un véritable choc pour les populations et les autorités, mettant en lumière des lacunes dans la gouvernance des risques en Indonésie. Le séisme et ses répliques ont engendré des aléas secondaires en cascade, à savoir des tsunamis, des phénomènes de liquéfactions et des glissements de terrain. Ces aléas en cascade ont fait plus de 4 100 victimes et plus de 63 000 déplacés (Fig. 7). Le coût de la catastrophe de Palu a été évalué à 1,3 million de dollars (Kementerian PPN/BAPPENAS, 2018 : 4). C'est le second événement le plus dévastateur après le tsunami d'Aceh en 2004. La nature complexe de la catastrophe de Palu démontre la difficulté de la gestion et la réduction des catastrophes dans un contexte multi-aléas et multirisques dans un archipel indonésien vaste. En effet, Lassa (2010 : 34-35) affirme que la gouvernance des risques est de nature polycentrique en raison de la multiplicité des centres d'autorités et d'institutions internationales, régionales, nationales et locales, dont les responsabilités en termes de réduction du risque se chevauchent. Cette observation s'applique également à la gouvernance des risques en Indonésie. Le réseau d'acteurs et d'institutions indonésiennes, qu'ils soient étatiques ou non, opérant à différentes échelles juridictionnelles, illustre parfaitement cette dynamique polycentrique de la gouvernance des risques. Parmi ces acteurs figurent l'ADRC³⁰ au niveau régional, le BMKG, le BNPB, le MBPI à l'échelle nationale, et le BPBD à l'échelle provinciale, auxquels s'ajoutent les ONG qui opèrent à l'échelle nationale et locale. Cette pluralité d'acteurs et d'institutions ne permet pas d'appréhender efficacement les risques systémiques³¹. Des décalages se creusent entre la nature multiple des risques souvent en cascade nécessitant une approche holistique et une coordination entre les parties prenantes et le cadre juridictionnel et institutionnel divisé (Triyanti *et al.*, 2023 : 29). Dans le contexte de ces risques en cascade, comme illustré lors de la catastrophe de Palu, une approche globale de la gestion des risques systémiques est préconisée pour répondre aux diversités des situations et atteindre les objectifs préconisés par le Cadre de Sendai en matière de gestion et réduction des risques multiples. Sur la base des retours d'expérience de la catastrophe de Palu, Triyanti *et al.* (2023) énoncent les limites qui entravent une gouvernance des risques plus appropriée dans l'archipel : i) les systèmes sociaux dynamiques ne sont pas pris en compte dans la typologie des risques multiples, (ii) l'évaluation actuelle des risques repose sur une approche multicouche des aléas uniques, (iii) les démarches multi-aléas sont mal anticipées, (iv) la gouvernance interinstitutionnelle est limitée et fragmentée, (v) la diffusion et le suivi des plans d'urgence sont peu répandus à l'échelle locale, (vi) la dégradation des systèmes côtiers réduit les services de régulation et de protection (notamment la disparition de la mangrove et de son effet barrière contre les tsunamis). Si les réformes de 2007 ont modifié le paradigme de gestion des risques en Indonésie, de nouvelles évolutions doivent être mises en œuvre pour mieux appréhender les aléas multiples et adopter une approche davantage multirisque en tenant compte de l'ensemble du système.

La décentralisation de la gouvernance des risques permet de multiplier les parties prenantes dans les démarches décisionnelles, cependant certains acteurs ne sont pas encore pleinement associés au processus de gestion et réduction des risques, comme les populations locales (Sofyan *et al.*, 2020 : 30-31). La collaboration entre les différentes parties prenantes doit être davantage encouragée pour faire face aux risques futurs, notamment en intégrant davantage les savoirs autochtones sur les catastrophes passées (Triyanti *et al.*, 2023 : 38-44). La décentralisation des responsabilités au niveau régional rencontre cependant des défis en raison du

³⁰ Voir note de bas de page n° 26.

³¹ Le risque systémique est défini comme un choc ou une défaillance pouvant se propager en cascade dans l'ensemble du système interconnecté (dans la sphère économique, sociale, institutionnelle et environnementale) (UNDRR, 2019 : 54)

manque de coordination, de capacités et de ressources financières au niveau local. En effet, malgré des améliorations dans la gestion et la réduction des risques de catastrophes, des difficultés subsistent, telles que des incohérences réglementaires entre les parties prenantes, la dépendance financière des institutions locales vis-à-vis du gouvernement central, la corruption et le manque de ressources humaines (Putra et Matsuyuki, 2019 : 178-180). Par exemple, la ville de Palu avait adopté un plan d'urgence face aux tsunamis avant 2018, mais il ne s'agissait pas d'une priorité dans le programme de développement de la ville dont le budget local était limité (Triyanti *et al.*, 2023 : 39). Toujours par manque de financement, le système d'alerte au tsunami créé en 2008 n'était pas entretenu, et par conséquent inefficace. Ceci explique que l'alerte tsunami déclenchée en 2018 n'ait pas atteint à temps les populations, notamment à cause de la coupure d'électricité engendrée par le séisme et par la nature du processus à l'origine du tsunami. En effet, le tsunami a été déclenché par les glissements de terrain sous-marins induits par la rupture d'une faille. À la suite de la catastrophe de Palu et du tsunami engendré par le glissement sous-marin après l'éruption du Krakatau, la même année, l'étude de Srinivasa Kumar et Manneela (2021) souligne la nécessité de réévaluer le risque de tsunami causé par les glissements de terrain (subaériens et sous-marins) afin d'améliorer le système d'alerte précoce au tsunami.

En réalisant le lien entre les catastrophes des XX-XXI^e siècles et l'évolution de la gouvernance des risques en Indonésie (Fig. 10), on constate que les changements institutionnels ont contribué à renforcer la gestion et la réduction des risques à travers la formation d'institutions mandatées pour la gestion des catastrophes. Le tournant politique en matière de gestion des risques à partir de 2007 a permis d'enclencher un double processus aux échelles nationale et locale, incluant un ensemble d'acteurs participant à la gouvernance des risques de catastrophes. Cependant, des défis subsistent quant à la nature des interactions des futurs aléas. En effet, la décennie 2014-2024 soulève la question de la gestion des aléas multiples et des vulnérabilités croissantes des populations indonésiennes. Face à ce nouveau paradigme du risque systémique, le cadre institutionnel doit s'adapter et ajuster les modes de gouvernance, notamment en coproduisant des politiques incluant davantage les parties prenantes locales. Cette mise à jour de l'évaluation des aléas multiples et des interconnexions des risques nécessite la connaissance et la compréhension des catastrophes pré-coloniales peu connues, voire oubliées. Les catastrophes multidimensionnelles passées, comme celle de Palu en 2018, servent de référence pour étudier le multi-aléa, les effets de chaîne et les effets multiples, afin d'ajuster les futurs modes de gouvernance des risques.

« Le passé indonésien négligé »³² : renforcer notre connaissance des événements historiques grâce à une approche interdisciplinaire

L'étude des catastrophes en Indonésie sous-explorée

Les grandes catastrophes récentes de 2004, 2006, 2009, 2010, 2015 et 2018 ont suscité une prise de conscience quant à l'importance des stratégies locales de gestion de crise et de prévention au sein de la société indonésienne. La gestion et l'atténuation des risques dépendent notamment de la compréhension et de l'évaluation des catastrophes passées. Cependant, avant le tsunami de 2004 et les méga-ruptures le long de la fosse de Java qui ont suivi, entraînant d'importants séismes et mouvements de masse, les connaissances sur les catastrophes passées et l'histoire environnementale indonésienne étaient très peu documentées. L'historien Anthony Reid (2015) souligne que le manque d'attention accordée à ces catastrophes avant le XIX^e siècle, malgré leurs conséquences sur l'histoire indonésienne, s'explique par deux raisons principales. La première raison réside dans le fait que le XX^e siècle a été marqué par un contexte politique caractérisé par des conflits violents et des guerres, notamment l'occupation japonaise, la révolution indonésienne et les révoltes régionales survenues à partir de 1950. Les victimes des guerres étaient alors trente fois plus nombreuses que celles des catastrophes (Reid, 2015). Reid qualifie le XX^e siècle de « calme géologique relative », car le nombre de victimes y est moins élevé qu'au XIX^e siècle, qui a été marqué par des séismes-

³² A. Reid (2015 : 62) affirme que l'histoire des catastrophes « naturelles » passées a été ignorée jusqu'à 2004.

tsunamis à Sumatra et de grandes éruptions ($VEI^{33} \geq 4$), notamment celles du Tambora (1815) et du Krakatoa (1883), ainsi que par les méga-ruptures de la fosse de Java survenues au début des années 2000. Bien que des catastrophes aient été enregistrées dans les Moluques en 1938-1939 et dans les Petites îles de la Sonde, elles n'ont pas retenu l'attention des autorités en raison de leur éloignement par rapport aux centres urbains de Java. La seconde raison tient aux lacunes des connaissances et des infrastructures scientifiques du pays au siècle dernier, qui n'ont commencé à se développer qu'au XXI^e siècle. L'attention au XX^e siècle s'est principalement portée sur la croissance démographique et économique, accompagnée d'une répartition inégale des richesses, entraînant des conditions de vie difficiles. Ces facteurs combinés ont contribué à un manque de reconnaissance et d'étude des catastrophes « naturelles » en Indonésie, malgré leurs conséquences significatives sur la société et l'histoire du pays.

Ainsi, la méconnaissance du passé environnemental de l'Indonésie et les catastrophes prémodernes est saisissante et indéniable en comparaison à d'autres régions de la Ceinture de Feu du Pacifique comme le Japon (Reid, 2013 : 506). Dans le registre du volcanisme mondial de l'Institut Smithsonian³⁴, plus on remonte dans le temps, plus les éruptions indonésiennes disparaissent des registres (Reid, 2015 : 64) pour cause d'absence de connaissance sur l'activité volcanique des 500 volcans, dont 127 sont actuellement actifs. La majorité des travaux sur les catastrophes en Asie du Sud-Est se concentrent sur le XX^e siècle et parfois sur le XIX^e siècle, notamment sur les grandes éruptions indonésiennes du Tambora en 1815 et du Krakatoa en 1883 (Schrikker, 2016 : 225). L'étude des catastrophes passées dans l'archipel a longtemps été dominée par les géosciences, notamment des sismologues, des volcanologues, etc. Aujourd'hui, la recherche sur les paléo-catastrophes adopte une approche interdisciplinaire, attirant l'attention d'historiens, de géographes, de climatologues, d'économistes et de sociologues. Pour comprendre les catastrophes antérieures au XX^e siècle, il est essentiel d'adopter une approche géohistorique, en examinant minutieusement les sources écrites indonésiennes, encore trop peu explorées, ainsi que les sources étrangères, notamment néerlandaises, anglaises et espagnoles. Cette approche doit être pleinement intégrée à une démarche géoscientifique qui englobe toutes les disciplines des sciences de la Terre, fondée sur l'examen des données de terrain ainsi que sur les traces et cicatrices laissées dans le paysage ou le sous-sol par les séismes, les éruptions volcaniques, les tsunamis et les mouvements de terrain.

Combiner les approches géohistoriques et géoscientifiques pour l'étude des catastrophes

Ces dernières années, un nombre croissant de chercheurs, notamment des géographes, a recours à cette double démarche, alliant des sources écrites multisupports, des documents iconographiques, ainsi que des données et des enquêtes de terrain. Cette approche géohistorique, dont le terme a été proposé par Braudel (1949) et repris par Grataloup (1996), peut être définie comme un courant de la géographie qui s'intéresse aux interactions entre les dimensions spatiales et temporelles d'un territoire. L'accent mis sur la temporalité, ainsi que l'exploitation privilégiée des archives habituellement utilisées par les historiens, distingue cette approche des méthodes géographiques classiques. Ce courant de recherche, appliqué aux problématiques environnementales, a été largement réinvesti dans l'étude des risques, avec les travaux d'Antoine (2010), Giacona (2014), Le Duff (2014), Le Duff *et al.* (2019) ou Meschinnet De Richemond (2016). Dans le domaine de la géographie des risques, cette approche offre « une profondeur historique à l'aléa et à la vulnérabilité » (Antoine *et al.* 2009) pour appréhender tous les aspects des risques. Au-delà de l'aléa lui-même, cette approche diachronique permet de saisir les réalités spatiales, physiques, sociales et mémorielles du risque, en révélant l'écho d'un phénomène à travers le temps (Le Duff *et al.*, 2019). Les données historiques offrent une perspective innovante pour l'évaluation des risques naturels et leur gestion sur un territoire. Antoine *et al.* (2009) notent que l'adoption de cette approche est souvent motivée par des crises ou la succession d'événements dommageables. Elle permet de quantifier, de spatialiser et d'estimer la fréquence des phénomènes en vue de la prévention. Cette recherche renforce l'interdisciplinarité afin de favoriser la

³³ VEI (Volcanic Explosivity Index), en français « Indice d'explosivité volcanique » classifie la puissance et la violence de l'éruption selon le volume de matériaux éjectés. L'échelle de 0 à 8 permet de comparer les éruptions volcaniques en elles.

³⁴ Global Volcanism Program, Smithsonian Institution, <https://volcano.si.edu/>, consulté le 29 avril 2024.

compréhension des époques anciennes en relation avec les études paléoenvironnementales (Antoine *et al.* 2009 ; Reid, 2013, 2015).

Les publications sur l'utilisation des sources écrites (principalement indonésiennes ou néerlandophones) étudiées à la lumière des catastrophes « naturelles » et du passé géologique de l'Indonésie sont rares. L'historien Anthony Reid réexamine des chroniques vernaculaires ou des chronogrammes en lien avec les données scientifiques disponibles pour mettre en évidence des catastrophes oubliées antérieures et les conséquences sociétales. Ces événements incluent des séismes-tsunamis frappant Sumatra (Reid, 2015) et Java (Reid, 2016) sur la période du XVII^e au XVIII^e siècle, ainsi que l'impact des grandes éruptions du XIX^e siècle sur l'évolution de la population (Reid, 2013). À travers ce corpus d'études, l'auteur insiste sur la nécessité d'une approche interdisciplinaire à travers les sources vernaculaires, néerlandophones et l'apport des géosciences. Hans Hagerdal (2006) s'est également intéressé à l'historiographie, notamment celle de Bali, à travers la publication, la traduction et le commentaire d'une liste de dates présentées sous forme de chronogrammes datant d'au moins la fin du XVI^e siècle. Bien qu'il ne s'agisse pas d'une étude spécifique sur les événements naturels à Bali, cette recherche met en lumière des catastrophes telles que des séismes, des éruptions et des inondations à partir de sources vernaculaires inédites comme les chronogrammes de la collection Korn³⁵ ou les *Babad Gumi* et *Babad Bhumi* qui évoquent notamment des éruptions du volcan Agung. Répandues à Java, Bali et Lombok, les *babad* sont des chroniques historiques écrites sur des feuilles de palmier, qui trouvent leurs origines dans la tradition orale. Ces chroniques rapportent les récits des familles royales, les événements naturels, ainsi que les mythes et légendes qui jalonnent l'histoire de ces régions (Sastrawan, 2016 : 18-19). Les *babad* ont été rédigées après les événements qu'elles rapportent, comme la *Babad Tanah Jawi*, écrite à la fin du XVIII^e siècle qui décrit un tsunami sur la côte sud de Java en 1618-1619 (Reid, 2016 : 100) ou les *Babad Lombok*, *Babad Suwung* et *Babad Sembalun*, compilées sur la base des traditions orales aux XVIII^e-XIX^e siècles et décrivant l'éruption du Samalas à Lombok en 1257 (Lavigne *et al.*, 2013 ; Malawani *et al.*, 2022). Cependant, les preuves historiques des événements géologiques indonésiens antérieurs au XIX^e siècle sont difficiles à cerner, et les sources disponibles avant 1600 sont limitées. Les sources néerlandaises, notamment les archives coloniales et celles de la VOC, se sont développées à partir du XVII^e siècle pour promouvoir les perspectives coloniales tant dans la région qu'en Europe. Elles offrent une diversité de supports, incluant des documents iconographiques, tels que la presse, des rapports administratifs et scientifiques, des récits de voyage, des correspondances et des cartes. Les sources vernaculaires disponibles jusqu'à présent, décrivant des aléas telluriques passés et leurs conséquences, sont rares, et leurs interprétations sont particulièrement délicates, exigeant des compétences linguistiques précises. Par ailleurs, les sources historiques vernaculaires montrent une étonnante indifférence à l'égard de l'enregistrement des catastrophes d'origine naturelle ou apparaissent comme des événements politiques et culturels (Reid, 2013, 2015 ; Schrikker, 2016). Les éruptions volcaniques, plus fréquentes et spectaculaires, sont souvent rapportées dans les documents vernaculaires et interprétées comme des signes annonciateurs de troubles ou d'événements significatifs dans la vie humaine, tels que des guerres, des révolutions ou d'autres crises politiques. Cependant, les séismes-tsunamis n'étaient pas considérés comme des événements majeurs, ils n'étaient rapportés que si les populations ou les biens, en particulier ceux des colons, étaient touchés. Les sources néerlandaises (archives coloniales et de la VOC) se sont développées à partir du XVII^e siècle, fournissant une multitude de rapports administratifs et scientifiques. La presse coloniale néerlandaise, notamment des journaux tels que le *Bataviasche Courant*³⁶, ainsi que la presse anglophone, comme le *Singapore Chronicle and Commercial Register*³⁷ ou le *Java Government Gazette*³⁶, ont contribué à documenter les événements locaux et à diffuser les perspectives coloniales dans la région à partir de la seconde moitié du XVIII^e siècle.

Ce n'est qu'à la suite des tsunamis de 2004 et 2006 que les études environnementales sur les paléotsunamis à Sumatra et à Java se sont multipliées, complétées par l'examen des enregistrements historiques. Ces deux approches ont permis de déterminer la fréquence et le temps de récurrence des séismes-tsunamis à Sumatra, tout en mettant en lumière les savoirs autochtones développés face à ces aléas. Avant les

³⁵ Victor E. Korn (1886–1969), fonctionnaire colonial néerlandais célèbre pour ses travaux sur le droit balinaise, a rassemblé toutes sortes de documents dont le *Babad Bhumi*, un récit légendaire sur le Bali antique comprenant 145 dates d'événements, ainsi que des chronogrammes.

³⁶ Disponible en ligne (<https://www.delpher.nl/>).

³⁷ Disponible en ligne (<https://eresources.nlb.gov.sg/>).

années 2000, l'historique des séismes-tsunamis à Sumatra était limité, mais des chroniques locales et des études paléo-environnementales ont en partie comblé cette lacune. Quatre manuscrits mentionnent un séisme-tsunami majeur à Padang et Bengkulu en 1833, et un autre en 1861 (Reid, 2015 : 67). Les datations radiocarbone³⁸ de carottes à Sumatra et la datation U-Th³⁹ des récifs coralliens ont permis de dater des tsunamis aux X^e, XIV^e, XVII^e et XVIII^e siècles (par exemple, les publications de Jankaew *et al.* 2008 ; Meltzner *et al.* 2010 ; Monecke *et al.* 2008). L'évènement du XIV^e siècle serait comparable au séisme-tsunami de 2004. Les rares chroniques indonésiennes sur la période du XIV^e-XV^e siècle révèlent des discontinuités dans l'établissement des populations à Aceh, que Reid (2015 : 71-74) expliquerait en partie par l'occurrence des mégatsunamis. La récurrence de ces événements suggère que des séquences sismiques majeures se produisent environ tous les deux siècles, ce qui laisse présager d'autres séismes de forte magnitude dans les décennies à venir (Sieh, 2007 : 5-9). Les études post-2004 montrent que les peuples autochtones ont développé des connaissances spécifiques sur les risques grâce aux savoirs hérités sur les catastrophes. L'intégration de pratiques telles que l'évacuation lors du retrait de la mer, l'usage du terme *smong* pour annoncer un tsunami, et les constructions adaptées aux séismes a permis de réduire les risques pour les populations des îles de Simeulue et Nias (Baumwoll, 2008 : 76 ; Mikulecký *et al.*, 2023 : 3 ; Kurnio *et al.*, 2021 : 4-7). Ces travaux révèlent que l'incorporation des connaissances indigènes a conduit à une diminution des risques.

Autre étude de cas emblématique, l'éruption du Samalas en 1257, responsable de bouleversements climatiques mondiaux, a été documentée à travers une approche combinant géohistoire et géosciences. Les travaux de Lavigne *et al.* (2013) et Vidal *et al.* (2015) ont permis de mieux comprendre l'ampleur et la chronologie de cette éruption, jusque-là inconnue en Indonésie, grâce à une reconstitution chronostratigraphique des événements et à l'étude des processus éruptifs. Parallèlement, les archives historiques, les carottes glaciaires et les enregistrements des anneaux de croissance des arbres ont reconstitué la réponse climatique à l'éruption. Cette dernière a entraîné une diminution notable des températures dans l'hémisphère nord, provoquant de graves famines en Europe et au Japon (Guillet *et al.* 2017). L'étude des *Babad Lombok*, *Babad Sembalun* et *Babad Suwung* (Malawani *et al.* 2022 ; Mutaqin et Lavigne, 2019), ainsi que les analyses géomorphologiques des zones touchées (Mutaqin *et al.* 2019, 2021), ont révélé l'ampleur des modifications environnementales sur l'île de Lombok et les conséquences sociales de cette méga-éruption. Ces récits décrivent en détail les effets de l'éruption et mettent en lumière la réponse sociale, les interventions d'urgence et les stratégies de relèvement adoptées par les habitants du XIII^e siècle (Mutaqin et Lavigne 2019 ; Malawani *et al.* 2022). Cet exemple exceptionnellement détaillé révèle que la combinaison des sources vernaculaires et les données géologiques établies permettent de comprendre tous les aspects d'une catastrophe cataclysmique et de ses conséquences, autrement dit la chronologie et la nature des aléas, les effets sociétaux à court terme et les processus de reconstruction à long terme.

Nous l'avons vu, les aléas pouvant déclencher une série d'autres événements par effet de cascade sont une caractéristique récurrente des catastrophes récentes en Indonésie, comme celle de Palu en 2018. Leur étude est essentielle pour mieux comprendre les interactions entre aléas multiples et améliorer la gestion des risques dans un pays confronté à de forts enjeux politiques, démographiques, économiques et touristiques. C'est dans ce cadre que la catastrophe survenue le 22 novembre 1815 dans le nord de Bali a été documentée par Faral *et al.* (2024, 2025) selon deux approches complémentaires. La première, géohistorique, s'appuie sur des sources coloniales du début du XIX^e siècle (rapports administratifs, d'expédition ou scientifiques, presse néerlandophone et anglophone) ainsi que sur des *babad*. La seconde repose sur une approche géomorphologique fondée sur des observations de terrain. Cet événement, qui est le plus meurtrier dans l'histoire balinaise et aurait fait plus de 10 000 morts (Vriesman, 1884 : 38), a été causé par la combinaison exceptionnelle de multiples aléas naturels qui se sont produits en cascade dans l'actuel département de Buleleng. Un séisme de magnitude 7 survenu le 22 novembre 1815 à 23 heures dans la mer de Bali, au large de la côte nord de l'île (Griffin *et al.*, 2019 : 54), a déclenché un effondrement majeur sur le flanc nord de la caldeira Buyan-Bratan. Le mouvement de masse humide suite aux pluies intenses des jours précédents s'est transformé en une coulée de débris cohésive qui a atteint la mer après avoir dévasté la ville de Singaraja et enseveli une

³⁸ La décroissance radioactive de l'isotope du carbone (14C) à la mort de l'organisme vivant est mesurée pour estimer l'âge des restes d'êtres vivants, de plantes.

³⁹ La datation Uranium-Thorium permet de mesurer l'âge de formations carbonatées animales (coraux) ou sédimentaires (calcite, spéléothème).

quinzaine de villages, des palais royaux et des temples (Bloemen Waanders, 1868 : 389). D'après la *Java Government Gazette*, publiée le 16 décembre 1815 (Hubbard, 1815), l'entrée de la coulée de débris dans la mer aurait déclenché un tsunami sur les côtes de Buleleng. L'approche géohistorique de Faral *et al.* (2024) offre une vue d'ensemble des diverses sources décrivant la situation de Singaraja avant la crise, la chronologie des aléas, l'intensité des aléas en cascade, la cartographie des villages sinistrés, ainsi que les effets à court et à long terme sur Bali. Par ailleurs, les traces de cette catastrophe restent aujourd'hui perceptibles dans le paysage. Des blocs plurimétriques transportés par la coulée de débris se trouvent dans les vallées, dans les rizières, sur la plage et jusqu'à une quinzaine de mètres au large, après avoir parcouru 19 km depuis l'amont (Faral *et al.*, 2025). La construction de plusieurs ensembles pavillonnaires dans cette vallée a mis au jour l'épais dépôt de boue rouge associé à l'écoulement boueux de 1815. Ces nouveaux aménagements sur des versants abrupts, argileux et instables sont risqués, ces sols étant particulièrement sensibles aux mouvements de terrain et aux inondations lors d'épisodes pluviométriques intenses.

Longtemps restée inexplorée, cette catastrophe a été éclipsée par l'éruption du Tambora (Sumbawa), survenue sept mois plus tôt, et ses conséquences climatiques et sociétales à l'échelle mondiale. Ainsi, la population de Buleleng fait face, la même année, à deux aléas indépendants, mais successifs : l'éruption du Tambora (avril 1815), dont les cendres ont provoqué la destruction des maisons, des cultures, une famine et des épidémies ainsi que le séisme-glisement de terrain-tsunami de novembre 1815 (Faral *et al.*, 2024 : 22-23). Bien que cet événement ait été un épisode tragique et révèle la forte vulnérabilité des sociétés dans un environnement à haut risque, les populations semblent peu connaître l'histoire de cette catastrophe en cascade, pourtant relativement récente dans l'histoire géologique du pays. Les habitants de Buleleng ne connaissent pas ou partiellement l'enchaînement des aléas survenus à Singaraja en 1815, notamment l'origine des centaines de blocs qu'ils côtoient quotidiennement ou le risque qu'un tsunami se produise sur les côtes de Buleleng. La transmission et la mémoire de la catastrophe balinaise sont néanmoins assurées par certaines personnalités locales attachées à l'histoire de Buleleng, telles que les descendants de la famille royale Panji Sakti ou des érudits passionnés d'histoire locale, comme Anak Agung Ngurah Sentanu. La transmission de la mémoire de la catastrophe peut toutefois s'estomper au fil des générations, car il s'agit d'événements de forte intensité, mais de faible fréquence. À l'inverse, des événements de haute fréquence, comme les séismes, laissent davantage de traces dans les mémoires collectives. En effet, la transmission de la mémoire et des savoirs indigènes liés à la récurrence des tremblements de terre consiste, par exemple, à adapter la construction des maisons, comme c'est le cas notamment dans le nord de Bali, où les maisons traditionnelles construites en bois résistent aux séismes, tels que ceux survenus en 1917 ou 1976 (Kurnio *et al.*, 2021 : 6). Cependant, la catastrophe de Palu en 2018, où le séisme a déclenché plusieurs tsunamis, glissements de terrain et phénomènes de liquéfaction, démontre qu'un scénario en cascade comparable à celui de novembre 1815 à Bali peut se reproduire dans une société aux enjeux et aux vulnérabilités croissants et interconnectés. Cette réalité souligne l'importance de : (i) préserver la mémoire des risques passés lorsqu'elle existe déjà au sein des communautés à risque, et (ii) transmettre aux parties prenantes les connaissances disponibles scientifiques. La préservation et la sensibilisation à la mémoire des catastrophes revêtent une importance cruciale pour protéger les nouvelles générations vulnérables contre les risques en cascade en Indonésie.

Au cours des quinze dernières années, on observe une augmentation significative des études sur les aléas multiples et les approches globales multirisques, en particulier sur les interactions entre ces aléas. Le Cadre de Sendai en 2015 a mis en évidence cette problématique, soulignant la nécessité d'élargir le cadre conceptuel de l'évaluation du risque pour mieux caractériser le multi-aléa et les multiples vulnérabilités des sociétés exposées aux multirisques. Cette approche offre ainsi une meilleure compréhension des risques et permet d'améliorer les mesures de prévention et d'alerte précoce. Cinq catégories d'interactions entre les aléas, basées sur des retours d'expérience en Indonésie, illustrent les scénarios de cooccurrence et de causalité entre les aléas multiples.

La diversité des interactions entre les aléas naturels et leurs intensités variables souligne les défis liés à l'élaboration de stratégies efficaces de réduction des risques de catastrophe (RRC). L'augmentation du nombre de catastrophes au cours des quarante dernières années a favorisé le renforcement des politiques de

gestion et de réduction des risques, notamment par l'amélioration des modes de gouvernance nationale et locale. En Indonésie, la fin du XX^e siècle est marquée par de nombreux événements catastrophiques, conduisant à la création d'institutions dédiées (BAKORNAS et SATKORLAK) à l'échelle nationale et provinciale. Les politiques initialement réactives évoluent progressivement vers des approches plus proactives et intégrées. Les catastrophes majeures des années 2000, en particulier le séisme-tsunami de 2004 et les événements de 2006, 2009 et 2010, constituent un tournant dans la gestion des risques. La loi 24/2007 et la création des agences BNPB et BPBD visent ainsi à renforcer la prévention, la coordination multiscale et la résilience des populations, tout en favorisant la coopération avec les acteurs internationaux et les ONG. Malgré ces avancées, des contraintes persistent, notamment en termes de structure budgétaire et d'efficacité de la gouvernance horizontale. La gestion et la réduction des risques en Indonésie rencontrent des défis, notamment en raison de la nature polycentrique de la gouvernance des risques et de la multiplication des échelons juridictionnels. Les vulnérabilités croissantes des populations indonésiennes et la complexité des interactions entre les aléas soulèvent des questions sur l'efficacité de la gouvernance actuelle des risques. L'écart se creuse entre une gouvernance des risques conçue pour des aléas uniques et la nature des aléas et des risques multiples, ce qui entraîne des lacunes dans la gestion de la RRC. Les politiques indonésiennes de gouvernance doivent s'ajuster pour favoriser une démarche systémique efficace. Une telle approche pourrait inclure :

- la coordination entre les différents ministères, les agences gouvernementales, les institutions non étatiques pour garantir une approche intégrée de la gestion de risque ;
- d'intégrer les données scientifiques et techniques, ainsi que les outils de modélisation pour évaluer de manière plus exhaustive les interactions entre les aléas et entre les vulnérabilités ;
- de développer des politiques qui favorisent la flexibilité et la capacité d'adaptation des populations face à la complexité des risques multiples ;
- de considérer les différences culturelles, sociales et économiques des provinces dans la formulation des stratégies de gestion des risques afin de répondre aux vulnérabilités des territoires indonésiens ;
- d'impliquer, sensibiliser les communautés locales dans le processus de gestion et réduction des risques, en reconnaissant également les savoirs locaux.

Il est impératif de posséder une connaissance approfondie et une compréhension de l'histoire des catastrophes passées. Pourtant, les recherches sur l'histoire environnementale de l'Indonésie ont longtemps été sous-investies. Les recherches récentes se concentrent surtout sur les XIX^e et XX^e siècles et restent incomplètes. Les sources vernaculaires et coloniales permettent de mieux appréhender la récurrence des aléas, leurs conséquences sociétales et le développement des populations touchées. Bien que l'éruption du Samalas en 1257 soit exceptionnellement documentée par trois *babad*, l'histoire éruptive des 500 volcans indonésiens demeure largement inexplorée. Une approche historique et géoscientifique des catastrophes naturelles est pertinente pour documenter les risques et contribuer à leur réduction, tout en préservant la mémoire des catastrophes. Cette approche interdisciplinaire reste toutefois complexe, en raison de : (i) l'accès, la conservation, la traduction et la compréhension des sources vernaculaires nécessitant des compétences linguistiques rares ; (ii) la faible disponibilité des sources écrites pour la période hindoue-bouddhique (V^e–XV^e siècle) ; (iii) le retard et les lacunes des enregistrements géologiques, notamment pour les Moluques, les îles de la Sonde et Kalimantan.

Bibliographie

- AGUS, Cahyono, SURATMAN, SEKARANOM Andung Bayu, HASANAH, Nur Ainsy Iswat, PRIMANANDA, Enggal, NUGRAHEN, Meilania et DARMAJATI, Yoga, 2021, « Integrated Multi-Hazards Management for Mitigation of Multi Disaster in Tropical Ecosystem in Indonesia », in Michalopoulou Eleni, Stanmore Tabitha, Ma Lin, Jester Natalie, Shallcross E. Dudley, Atkins Ed et Leal Filho Walter (dir.), *Sustainability and complexity : towards a post-disciplinary approach*, Suisse [MB1.1], Springer International Publishing, 10.1007/978-3-319-32928-4.
- ANTOINE, Jean-Marc., DESAILLY Bertrand, et PELTER Anne, 2009, « Sources historiques et problématiques de recherche en géographie des risques naturels », *Geocarrefour*, 84 (4), p. 229-239. <https://doi.org/10.4000/geocarrefour.7519>
- ANTOINE, Jean-Marc, 2010, *Géohistoire des catastrophes et des risques torrentiels. Une histoire de l'environnement pyrénéen*, thèse de doctorat, Université Toulouse le Mirail – Toulouse II.
- BARDINTZEFF, Jacques-Marie, 1999, « Les risques volcaniques directs ou différés : exemples du Pinatubo (Philippines, 1991) et de Rabaul (Papouasie - Nouvelle-Guinée, 1994) », *Bulletin de l'Association de géographes français*, vol. 76 (4), p. 360-370, 10.3406/bagf.1999.2128.
- BAUMWOLL, Jennifer, 2008, *The value of indigenous knowledge for disaster risk reduction : A unique assessment tool for reducing community vulnerability to natural disasters*, thèse de doctorat, St-Louis, Webster University.
- BLOEMEN WAANDERS, Pieter Lodewijk van, 1868, « Bijdragen tot kennis van het eiland Bali », in Wolter Robert Baron van Hoëvell (dir.), *Tijdschrift voor Indische Taal-, Land- en Volken-kunde*, vol. 3, p. 368-426.
- BNPB, 2015, « Data Bencana Indonesia 2015 », Jakarta, Badan Nasional Penanggulangan Bencana.
- BRAUDEL, Fernand, 1949, *La Méditerranée et le monde méditerranéen à l'époque de Philippe II*. Armand Colin.
- CAMPBELL, Bruce M.S, 2017, « Global climates, the 1257 mega-eruption of Samalas volcano, Indonesia, and the English food crisis of 1258 », *Transactions of the Royal Historical Society*, vol. 27, p. 87-121, 10.1017/S0080440117000056.
- DE BELIZAL, Édouard, LAVIGNE, Franck, GRANCHER, Delphine, 2011, « Quand l'aléa devient la ressource : l'activité d'extraction des matériaux volcaniques autour du volcan Merapi (Indonésie) dans la compréhension des risques locaux », *Environnement, Nature, Paysage*, 10.4000/CYBERGEO.23555.
- DE JONG BOERS, Bernice, 1995, « Mount Tambora in 1815 : A Volcanic Eruption in Indonesia and Its Aftermath », *Indonesia*, Cornell University Press, vol. 60, p. 37-60, 10.2307/3351140.
- DECKER, Kurt, BRINKMAN, Hans, 2015, « List of external hazards to be considered in ASAMPSA_E, Advanced Safety Assessment Methodologies : extended PSA », *Technical report ASAMPSA_E / WP21, Reference IRSN PSN-RES/SAG/2015-00085*, Vienna University.
- DELFORGE, Damien, WATHELET, Valentin, LANFREDI, SOOA, Cinzia, TONNELIER, Margo, SPEYBROECK, Niko, BELOW, Regina, LANFREDI SOFIA Cinzia, VAN LOENHOUT Joris, 2023, « EM-DAT : the Emergency Events Data », *Research Square*, 10.21203/rs.3.rs-3807553/v1.
- DJALANTE, Riyanti, GARSCHAGEN, Matthias, 2017, « A Review of Disaster Trend and Disaster Risk Governance in Indonesia : 1900–2015 », in Riyanti Djalante, Matthias Garschagen, Frank Thomalla, Rajib Shaw (dir.), *Disaster Risk Reduction in Indonesia : Progress, Challenges, and Issues*, Springer Cham, p. 21-56, 10.1007/978-3-319-54466-3_2.
- DJALANTE, Riyanti, HOLLEY, Cameron, THOMALLA, Franck, 2013, « Pathways for adaptive and integrated disaster resilience », *Natural Hazards*, vol. 69 (31), p. 2105-2135, 10.1007/s11069-013-0797-5.
- DJALANTE, Riyanti, THOMALLA, Franck, SINAPOY, Muhammad Sabaruddin, CARNEGIE, Michelle, 2012, « Building resilience to natural hazards in Indonesia : progress and challenges in implementing the Hyogo Framework for Action », *Natural Hazards*, vol. 62, p. 779-803, 10.1007/s11069-012-0106-8.
- DREF Operation, « Disaster Response Emergency Fund, 2024, Indonesia : Drought Response 2023 », IFRC.
- ELIAS, Stephen, NOONE, Clare, 2011, « The Growth and Development of the Indonesian Economy », *Reserve Bank of Australia*, Bulletin of December.
- ELNASHAI, Amr S., KIM, Sung Jig, YUN, Gun Jin, SIDARTA, Djoni, 2007, « The Yogyakarta Earthquake of May 27 », Mid-America Earthquake Center, University of Illinois, Urbana-Champaign.
- EM-DAT, 2023, « EM-DAT : the Emergency Events Data, The CRED International Disaster Database » (www.emdat.be).

- ESHRATI, Leila, MAHMOUDZADEH, Amir, TAGHVAEI, Masoud, 2015, « Multi hazards risk assessment, a new methodology », *International Journal of Health System and Disaster Management*, vol. 3 (2), p. 78-88, 10.4103/2347-9019.151315.
- FARAL, Audrey, LAVIGNE, Franck, MUTAQIN, Bachiar W., MOKADEM, Fatima, ACHMAD, Rachim, NINGRUM, Rohima W., LAHITTE, Pierre, HADMOKO, Danang Sri, MEI, Estuning Tias Wulan, 2022, « A 22,000-year tephrostratigraphy record of unidentified volcanic eruptions from Ternate and Tidore islands (North Maluku, Indonesia) », *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, vol. 423 (107474), 10.1016/j.jvolgeores.2022.107474.
- FARAL, Audrey, LAVIGNE, Franck, SASTRAWAN, Wayan Jarrah, SURYANA, I Gede Putu Eka, SCHRIKKER, Alicia, PAGEH, Made, MADE, Atmaja Made, KESIMAN, Made Windu Antara, MALAWANI, Mukhamad Ngainul & HADMOKO, Danang Sri, 2024, « Deadliest natural disaster in Balinese history in November 1815 revealed by Western and Indonesian written sources », *Natural Hazards*, vol. 120 (13), p. 12011-12041.
- FARAL, Audrey, SURYANA, I Gede Putu Eka, LAVIGNE, Franck, CHAPKANSKI, Stoil, SAULNIER-COPARD, Ségolène, PAGEH, Made, MADE Atmaja Dewa, GOMEZ, Christopher, VIRMOUX, Clément, MALAWANI, Mukhamad Ngainul, KESIMAN, Made Windu Antara, HADMOKO, Danang Sri, CARON, Benoit, 2025, « Field evidence of the greatest disaster in Balinese history : The 1815 Geger Bali multi-hazard event in Buleleng », *Geomorphology*, vol. 486 (109903), <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2025.109903>
- GABORIT, Pascaline, 2022, « Climate adaptation to Multi-Hazard climate related risks in ten Indonesian Cities : Ambitions and challenges », *Climate Risk Management*, vol. 37 (100 453), 10.1016/J.CRM.2022.100453.
- GALLINA, Valentina, TORRESAN, Silvia, CRITTO, Andrea, SPEROTTO, Anna, GLADE, Thomas, MARCOMINI, Antonio, 2016, « A review of multi-risk methodologies for natural hazards : Consequences and challenges for a climate change impact assessment », *Journal of Environmental Management*, vol. 168, p. 123-132, 10.1016/J.JENVMAN.2015.11.011.
- GERTISSER, Ralf, TROLL, Valentin R., NANDAKA, I Gusti Made Agung. 2023, « The Scientific Discovery of Merapi : From Ancient Javanese Sources to the 21st Century », in Ralf Gertisser, Valentin R. Troll, Thomas R. Walter, I Gusti Made Agung Nandaka, Antonius Ratdomopurbo (dir.), *Merapi Volcano. Active Volcanoes of the World*, Springer, Cham, p. 1-44, 10.1007/978-3-031-15040-1_1.
- GILL, Joel C., MALAMUD, Bruce D., 2014, « Reviewing and visualizing the interactions of natural hazards », *Reviews of Geophysics*, vol. 52, p. 680-722, 10.1002/2013RG000445.
- GIACONA, Florie, 2014, *Géohistoire du risque d'avalanche dans le Massif vosgien : Réalité spatio- temporelle, cultures et représentations d'un risque méconnu*, thèse de doctorat, Université de Haute Alsace.
- GRATALOUP, Christian, 1996, *Lieux d'histoire : essai de géohistoire systématique. Espaces Modes Emploi*, Gip Reclus.
- GRIFFIN, Jonathan, NGUYEN, Ngoc, CUMMINS, Phil, CIPTA, Athanasius Cipta, 2019, « Historical Earthquakes of the Eastern Sunda Arc : Source Mechanisms and Intensity-Based Testing of Indonesia's National Seismic Hazard Assessment », *Bulletin of the Seismological Society of America*, vol. 109 (1), p. 43-65, 10.1785/0120180085.
- GUILLET, Sebastien, CORONA, Christophe, STOFFEL, Markus, KHODRI, Myriam, LAVIGNE, Franck, ORTEGA, Pablo, ECKERT, Nicolas, DKENGNE SIELEOU, Pascal, DAUX, Valérie, CHURAKOVA, Olga V., DAVI, Nicole, EDOUARD, Jean-Louis, ZHANG, Yong, LUCKMAN, Brian H., MYGLAN Vladimir S., GUIOT Joel, BENISTON Martin, MASSON-DELMOTTE Valérie, OPPENHEIMER, Clive, 2017, « Climate response to the Samalas volcanic eruption in 1257 revealed by proxy records », *Nature Geoscience*, vol. 10 (2), p. 123-128, 10.1038/ngeo2875.
- GUNAWAN, Iwan, SAGALA, Saut, AMIN, Suryani, ZAWANI, Hodferdy, MANGUNSONG, Ruby, 2015, « City risk diagnostic for urban resilience in Indonesia », Washington, D.C., World Bank Group.
- HADMOKO, Danang Sri, DE BELIZAL, Edouard, MUTAQIN, Bachtiar Wahyu, DIPAYANA Gilang Arya, MARFAI, Muh Aris, LAVIGNE, Franck, SARTOHADI, Junun, WOROSUPROJO, Suratman, STARHEIM, Colette C.A., GOMEZ, Christopher, 2018, « Post-eruptive lahars at Kali Putih following the 2010 eruption of Merapi volcano, Indonesia : occurrences and impacts », *Natural Hazards*, vol. 94, p. 419-444, 10.1007/S11069-018-3396-7/FIGURES/10.
- HADMOKO, Danang Sri, LAVIGNE, Franck, SARTOHADI, Junun, GOMEZ, Christopher, DARYONO, 2017, « Spatio-Temporal Distribution of Landslides in Java and the Triggering Factors », *Forum Geografi*, vol. 31 (1), 10.23917/FORGE0.V31I1.3790.
- HÄGERDAL, Hans, 2006, *Chandrasekhara : The Balinese Art of Dating Events*, Faculty of Humanities and Social Sciences, School of Humanities, Växjö University.

- HANDAYANI, Wiwandari, CHIGBU, Uchendu Eugene, RUDIARTO, Iwan, SURYA PUTRI, Intan Hapsari, 2020, « Urbanization and Increasing Flood Risk in the Northern Coast of Central Java-Indonesia : An Assessment towards Better Land Use Policy and Flood Management », *Land*, vol. 9, p. 343-365, 10.3390/LAND9100343.
- HEGGER, Dries L.T., DRIESSEN, Peter P.J., WIERING, Mark, RIJSWICK, Helena F.M.W van, KUNDZEWICZ, Zbigniew W., MATCZAK, Piotr, CRABBE, Ann, RAADGEVER, Tom G., BAKKER, Marloes H.N., PRIEST, Sally J., LARRUE, Corine, EK, Kristina, 2016, « Toward more flood resilience : Is a diversification of flood risk management strategies the way forward ? », *Ecology and Society*, vol. 21 (4), p. 51-73, 10.5751/ES-08854-210452.
- HENDRASTO, Muhamad, SURONO, BUDIANTO, Agus, KRISTIANO, TRIASTUTY, Hetty, HAERANI, Nia, BASUKI, Ahmad ; SUPARMAN, Yasa, PRIMULYANA, Sofyan, PRAMBADA, Oktory, LOEQMAN, Agoe, INDRASTUTI, Novianti, ANDREAS, Aditya Sebastian, ROSADI, Umar, ADI, Sucahyo, IGUCHI, Masato, OHKURA, Takahiro, NAKADA, Setsuya, YOSHIMOTO, Mitsuhiro, 2012, « Evaluation of volcanic activity at Sinabung volcano, after more than 400 years of quiet », *Journal of Disaster Research*, vol. 7 (1), p. 37-47, 10.20965/jdr.2012.p0037.
- HUBBARD, Henry Andres, 1815, *Java Government Gazette*, n° 199, 16 décembre (www.archive.org).
- JANKAEW, Kruawun, ATWATER, Brian F., SAWAI, Yuki, CHOOWONG, Montri, CHAROENTITIRAT, Thasinee, MARTIN, Maria E., PRENDERGAST, Emy, 2008, « Medieval forewarning of the 2004 Indian Ocean tsunami in Thailand », *Nature*, vol. 455, p. 1228-1231, 10.1038/nature07373.
- KAPPES, Melanie S., KEILER, Margreth, GLADE, Thomas, 2010, « From Single- to Multi-Hazard Risk Analyses : a concept addressing emerging challenges », *Mountain Risks : Bringing Science to Society*, p. 351-356.
- KEMENTERIAN PPN/BAPPENAS, 2018, « Rencana Induk Pemulihan Dan Pembangunan Kembali Wilayah Pascabencana Provinsi Sulawesi Tengah », Pemerintah Provinsi Sulawesi Tengah.
- KHATIWADA, Dilip, PALMEN, Carl, SILVEIRA, Semida, 2021, « Evaluating the palm oil demand in Indonesia : production trends, yields, and emerging issues », *Biofuels*, vol. 12 (2), p. 135-147, 10.1080/17597269.2018.1461520.
- KURNIO, Hananto, FEKETE, Alexander, NAZ, Farhat, NORF, Celia, JÜPNER, Robert, 2021, « Resilience learning and indigenous knowledge of earthquake risk in Indonesia », *International Journal of Disaster Risk Reduction*, vol. 62 (102 423), 10.1016/J.IJDRR.2021.102423.
- LASSA, Jonathan A., 2010, *Institutional Vulnerability and Governance of Disaster Risk Reduction : Macro, Meso and Micro Scale Assessment (With Case Studies from Indonesia)* thèse de doctorat, Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn, 10.13140/RG.2.2.24672.99845.
- , 2013, « Disaster Policy Change : From Government to Governance ? » *International Journal of Mass Emergencies and Disasters*, vol. 31 (2), p. 130-159.
- LAVIGNE, Franck, DEGEAI, Jean-Philippe, KOMOROWSKI, Jean-Christophe, GUILLET, Sébastien, ROBERT, Vincent, LAHITTE, Pierre, OPPENHEIMER, Clive, STOFFEL, Markus, VIDAL, Céline M., SURONO, PRATOMO, Indyo, WASSMER, Patrick, HAJDAS, Irka, HADMOKO, Danang Sri et DE BELIZAL, Edouard, 2013, « Source of the great A.D. 1257 mystery eruption unveiled, Samalas volcano, Rinjani Volcanic Complex, Indonesia », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 110 (42), p. 16742-16747, (<https://doi.org/10.1073/pnas.1307520110>).
- LAVIGNE, Franck, GOMEZ, Christopher, GIFFO, Marc, WASSMER, Patrick, HOEBRECK, Christophe, MARDIATNO, Djoko, PRIOYONO, Jan, PARIS, Raphaël, 2007, « Field observations of the 17 July 2006 Tsunami in Java », *Natural Hazards and Earth System Sciences*, vol. 7, p. 177-183, 10.5194/NHESS-7-177-2007.
- LE DUFF, Matthieu, 2014, *Les risques naturels côtiers en Nouvelle-Calédonie : contribution pour une gestion intégrée. De la caractérisation du risque à la participation citoyenne, quelques perspectives pour la prévention des risques aux îles Loyauté*, thèse de doctorat, Université de la Nouvelle-Calédonie.
- LE DUFF, Matthieu., DUMAS, Pascal, et ALLENBACH, Michel., 2019, L'approche géohistorique pour la cartographie des risques naturels : application au risque de submersion marine à Ouvéa (Nouvelle-Calédonie), *Physio-géo*, vol. 14 (1), p. 227-306, (<https://doi.org/10.4000/physio-geo.9431>).
- LEONE, Frédéric, MESCHINET DE RICHEMOND, Nancy, VINET Freddy (dir.), 2010, *Aléas naturels et gestion des risques*, Paris, Presses Universitaires de France.
- LIU, Baoyin, SIU, Yim Ling, MITCHELL, Gordon, 2016, « Hazard interaction analysis for multi-hazard risk assessment : A systematic classification based on hazard-forming environment », *Natural Hazards and Earth System Sciences*, vol. 16, p. 629-642, 10.5194/NHESS-16-629-2016.

- MALAWANI, Mukhamad Ngainul, LAVIGNE, Franck, SASTRAWAN, Wayan Jarah, JAMALUDDIN, SIRULHAQ Ahmad, HADMOKO, Danang Sri, 2022, « The 1257 CE cataclysmic eruption of Samalas volcano (Indonesia) revealed by indigenous written sources : Forgotten kingdoms, emergency response, and societal recovery », *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, vol. 432 (107 688), 10.1016/J.JVOLGEORES.2022.107688.
- MARFAL, Mus Aris, KING, Lorenz, SINGH, Lalan Prasad, MARDIATNO, Djati, SARTOHADI, Junun, HADMOKO, Danang Sri, DEWI, Anggraini, 2008, « Natural hazards in Central Java Province, Indonesia : An overview », *Environmental Geology*, vol. 56, p. 335-351.
- MESCHINET DE RICHEMOND, Nancy, 1997, *Les Inondations catastrophiques sur la bordure montagneuse du Roussillon : dégâts et sinistrés*, thèse de doctorat, Université de Paris X.
- MESCHINET DE RICHEMOND, Nancy, 2016, « Modernité, anachronisme et ambivalence des risques et catastrophes naturelles à travers l'approche géohistorique », *VertigO*, 16 (3).
- MEDHURST, Walter Henry, 1830, « Short Account of the Island of Bali », *Singapore Chronicle and Commercial Register*, 15 juillet, Disponible : biblioasia.nlb.gov.sg [MB2.1].
- MELTZNER, Aron J., SIEH, Kerry, CHIANG, Hong-Wei, SHEN, Chuan-Chou, SUWARGADI, Bambang W., NATAWIDJAJA, Danny H., PHILIBOSIAN, Belle E., BRIGGS, Richard W., GALETZKA, John, 2010, « Coral evidence for earthquake recurrence and an A.D. 1390–1455 cluster at the south end of the 2004 Aceh–Andaman rupture », *Journal of Geophysical Research : Solid Earth*, vol. 115 (B10402), 10.1029/2010JB007499.
- MERTEN, Jennifer, STIEGLER, Christian, HENNINGS, Nina, PURNAMA, Edwine S., RÖLL, Alexander, AGUSTA, Herdhata, DIPPOLD, Michaela A., FEHRMANN, Lutz, GUNAWAN, Dodo, HOLSCHER, Dirk, KNOHL, Alexander, KÜCHES, Johanna, OTTEN, Fenna, ZEMP, Delphine C., FAUST Heiko, 2020, « Flooding and land use change in Jambi Province, Sumatra : Integrating local knowledge and scientific inquiry », *Ecology and Society*, vol. 25 (3), 10.5751/ES-11678-250314.
- MIKULECKÝ, Peter, PUNCOCHAROVA, Anna, BABIC, Frantisek, BURES, Vladimir, ČECH, Pavel, HUSAKOVA, Martina, MLS, Karel, NACHAZEL, Tomas, PONCE, Daniela, ŠTEKEROVÁ, Kamila, TRIANTAFYLLOU, Ionna, TUČNÍK, Petr, SUNANDA, Vijaya, ZANKER, Marek, 2023, « Dealing with risks associated with tsunamis using indigenous knowledge approaches », *International Journal of Disaster Risk Reduction*, vol. 86 (103534), 10.1016/J.IJDRR.2023.103534.
- MONECKE, Katrin, FINGER, Willi, KLARER, David, KONGKO, Widjo, MCADOO, Brian G., MOORE, Adrew L., SUDRAJAT, Sam U., 2008, « A 1,000-year sediment record of tsunami recurrence in northern Sumatra », *Nature*, vol. 455, p. 1232-1234, 10.1038/nature07374.
- MUIS, Sanne, GÜNERALP, Burak, JONGMAN, Brenden, AERTS, Jeroen C.J.H., WARD, Phillip J., 2015, « Flood risk and adaptation strategies under climate change and urban expansion : A probabilistic analysis using global data », *Science of The Total Environment*, vol. 538, p. 445-457, 10.1016/j.scitotenv.2015.08.068.
- MUTAQIN, Bachtiar W, LAVIGNE, Franck, et SUDRAJAT, Yayat, 2019, Oldest description of a caldera-forming eruption in Southeast Asia unveiled in forgotten written sources, *GeoJournal*, vol. 86 (2), p. 557-566 (<https://doi.org/10.1007/s10708-019-10083-5>).
- MUTAQIN, Bachtiar Wahyu, LAVIGNE, Franck, SUDRAJAT, Yayat, HANDAYANI, Lina, LAHITTE, Pierre, VIRMOUX, Clément, HADMOKO, Danang Sri, KOMOROWSKI, Jean-Christophe, HANANTO, Nugroho D., WASSMER, Patrick, et BOILLOT-AIRAKSINEN, Kim, 2019, « Landscape evolution on the eastern part of Lombok (Indonesia) related to the 1257 CE eruption of the Samalas Volcano », *Geomorphology*, vol. 327, p. 338-350, (<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2018.11.010>).
- MUTAQIN, Bachtiar W., LAVIGNE, Franck, WASSMER, Patrick, TRAUTMANN, Martine, JOYONTO, Puncak, GOMEZ, Christopher, SEPTIANGGA, Bagus, KOMOROWSKI, Jean-Christophe, SARTOHADI, Junun, et HADMOKO, Danang Sri, 2021, « Evidence of unknown paleo-tsunami events along the Alas Strait, West Sumbawa, Indonesia », *Geosciences*, vol. 11 (46) (<https://doi.org/10.3390/geosciences>).
- OCTAVIANTI, Thanti, CHARLES, Katrina, 2019, « The evolution of Jakarta's flood policy over the past 400 years : The lock-in of infrastructural solutions », *Environment and Planning C : Politics and Space*, vol. 37 (6), p. 1102-1125, 10.1177/2399654418813578
- OPPENHEIMER, Clive, 2003, « Climatic, environmental and human consequences of the largest known historic eruption : Tambora volcano (Indonesia) 1815 », *Progress in Physical Geography*, vol. 27 (2), p. 230-259, 10.1191/0309133303pp379ra.
- PAN, Xiaohua, CHIN, Mian, ICHOKU, Charles M., FIELD, Robert D., 2018, « Connecting Indonesian Fires and Drought With the Type of El Niño and Phase of the Indian Ocean Dipole During 1979–2016 », *Journal of Geophysical Research : Atmospheres*, vol. 123, p. 7974-7988, 10.1029/2018JD028402.

- PUTRA, Danang Insita, MATSUYUKI, Mihoko, 2019, « Disaster Management Following Decentralization in Indonesia : Regulation, Institutional Establishment, Planning, and Budgeting », *Journal of Disaster Research*, vol. 14, p. 173-187, 10.20965/JDR. 2019.P0173.
- REID, Anthony, 2016, « Two hitherto unknown Indonesian tsunamis of the seventeenth century : Probabilities and context », *Journal of Southeast Asian Studies*, vol. 47 (1), p. 88-108, 10.1017/S002246341500048X.
- , 2015, « History and seismology in the Ring of Fire : Punctuating the Indonesian past », in Michael Laffan, Adrian Vickers, Anna Tsing (dir.), *Environment, Trade and Society in Southeast Asia*, p. 62-77, Leiden, Brill.
- , 2013, « Population History in a dangerous environment : How important may natural disasters have been ? », *Masyarakat Indonesia*, vol. 39 (2), p. 505-525.
- SAPUTRA, Adity, GOMEZ Christopher, DELIKOSTIDIS Ioannis, ZAWAR-REZA Peyman, HADMOKO, Danang Sri, SARTOHADI Junun, 2021, « Preliminary identification of earthquake triggered multi-hazard and risk in Pleret Sub-District (Yogyakarta, Indonesia) », *Geo-Spatial Information Science*, vol. 24 (2), p. 256-278, 10.1080/10095020.2020.1801335.
- SARMIASIH, Mia, PRATAMA, Prawira Yudha, 2019, « The Problematics Mitigation of Forest and Land Fire District (Kerhutla) in Policy Perspective », *Journal of Governance and Public Policy*, vol. 6 (3), p. 270-292, 10.18196/63113.
- SASTRAWAN, Wayan Jarrah, 2016, *History and Time in Traditional Texts of Equatorial Southeast Asia*, thèse de doctorat, University of Sydney.
- SCHIPPER, Emily L.F., THOMALLA, Franck, VULTURIUS, Gregor, DAVIS, Mikkel, JOHNSON, Karen, 2016, « Linking disaster risk reduction, climate change and development », *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*, vol. 7 (2), p. 216-228, 10.1108/IJDRBE-03-2015-0014.
- SCHRIKKER, Alicia, 2016, « Disaster Management and Colonialism in the Indonesian Archipelago, 1840–1920 », Greg Bankoff, Jon Christensen (dir.), *Natural Hazards and Peoples in the Indian Ocean World*, New York, Palgrave Macmillan, p. 225-254, 10.1057/978-1-349-94857-4_9.
- SETT, Dominic, WIDJAJA, Christina Natalia, SANADY, Patrick, GRECO, Angelica, SETIADI, Neysa, SAGALA, Saut, ROZANNA, Cut Sri, SANDHOLZ Simone, 2022, « Hazards, Exposure and Vulnerability in Indonesia : A risk assessment across regions and provinces to inform the development of an Adaptive Social Protection Road Map », *United Nations University Institute for Environment and Human Security*, n° 30, 64 p.
- SIEH, Kerry, 2007, « The Sunda megathrust : Past, Present and Future », *Journal of Earthquake and Tsunami*, vol. 1 (1), p. 1-19, 10.1142/s179343110700002x.
- SOFYAN, Iman, ERDIYANSYAH, ROYFANDI Moh, 2020, « Participative disaster management : Post-disaster renewal of Palu City », *Technium Social Sciences Journal*, vol. 13, p. 25-34
- SPENCE, Robin J.S., POMONIS, Aantonios, BAXTER, Peter J., COBURN, Andrew, WHITE, Mark, DAYRIR, Manuel, Fiels Epidemiology Training Program Team, 1996, « Building damage caused by the Mount Pinatubo eruption of June 15, 1991 », *Fire and mud : eruptions and lahars of Mount Pinatubo, Philippines and lahars of Mount Pinatubo*, Philippines, p. 1055-1062.
- SRINIVASA KUMAR, Tummala, MANNEELA, Sunanda, 2021, « A Review of the Progress, Challenges and Future Trends in Tsunami Early Warning Systems », *Journal of the Geological Society of India*, vol. 97, p. 1533-1544, 10.1007/S12594-021-1910-0.
- STOTHERS, Richard B., 1984, « The Great Tambora Eruption in 1815 and Its Aftermath », *Science*, vol. 224 (4654), p. 1191-1198.
- SULAIMAN, Albertus, OSAKI, Mitsurus, TAKAHASHI, Hidenori, YAMANAKA, Manabu D., SUSANTO, Raden Dwi Susanto, SHIMADA, Sawahiko, KIMURA, Keiji, HIRANO, Takashi, WETADEWI, Rahmaxati Ihsani, SISVA SILSIGIA, KATO, Tsuyoshi, KOZAN, Osamu, KUBO, Hideyuki, AWALUDDIN, Awaluddin, TSUJI, Nobuyuki, 2023, « Peatland groundwater level in the Indonesian maritime continent as an alert for El Niño and moderate positive Indian Ocean dipole events », *Scientific Reports*, vol. 13 (939), 12 p., 10.1038/s41598-023-27393-x.
- SUPPASRI, Anawat, MALY, Elizabeth, KITAMURA, Miwako, SYAMSIDIK, PESCAROLI Gianluca, ALEXANDER, David, IMAMURA, Fumihiko, 2021, « Cascading disasters triggered by tsunami hazards : A perspective for critical infrastructure resilience and disaster risk reduction », *International Journal of Disaster Risk Reduction*, vol. 66 (102597), 11 p., 10.1016/j.ijdr.2021.102597.
- TERZI, Stefano, TORRESAN, Silvia, SCHNEIDERBAUER, Stefan, CRITTO, Andrea, ZEBISCH, Marc, MARCOMINI, Antonio, 2019, « Multi-risk assessment in mountain regions : A review of modelling approaches

- for climate change adaptation », *Journal of Environmental Management*, vol. 232, p. 759-771, 10.1016/j.jenvman.2018.11.100.
- TILLOY, Alloïs, MALAMUD, Bruce D., WINTER, Hugo, JOLY-LAUGEL, Amélie, 2019, « A review of quantification methodologies for multi-hazard interrelationships », *Earth-Science Reviews*, vol. 196 (102881), 20 p., 10.1016/j.earscirev.2019.102881.
- TRIYANTI, Annisa, SURTIARI, Gusti Ayu Ketut, LASSA, Jonathan, RAFLIANA, Irina, HANIFA, Nuraini Rahma, MUHIDIN, Mohamad Isnaeni, DJALANTE, Riyanti, 2023, « Governing systemic and cascading disaster risk in Indonesia : where do we stand and future outlook », *Disaster Prevention and Management : An International Journal*, vol. 32 (1), p. 27-48, 10.1108/DPM-07-2022-0156.
- UNDRR, 2022, « Bilan mondial sur la réduction des risques de catastrophe : Notre monde en danger : Transformer la gouvernance pour un avenir résilient », Genève, Bureau des Nations unies pour la réduction des risques de catastrophe.
- , 2020, « Human Cost of Disasters – An overview of the last 20 years », Genève, Bureau des Nations unies pour la Réduction des Risques de Catastrophe.
- , 2019, « Bilan mondial sur la réduction des risques de catastrophe », Genève, Bureau des Nations unies pour la Réduction des Risques de Catastrophe.
- , 2015, « Cadre d'action de Sendai pour la réduction des risques de catastrophe 2015-2030 », Sendai, Bureau des Nations unies pour la Réduction des Risques de Catastrophe.
- UNISDR, 2005, « Hyogo Framework for Action 2005-2015. Building the Resilience of Nations and Communities to Disasters », Hyogo, United Nations International Strategy for Disaster Reduction.
- VAN WESTEN, Cees, KAPPES, Melanie S., LUNA, Byron Quan, FRIGERIO, Simone, GLADE, Thomas, MALET, Jean Philippe, 2014, « Medium-Scale Multi-hazard Risk Assessment of Gravitational Processes », in Theo Van Asch, Jordi Corominas, Stefan Greiving, Jean-Philippe Malet, Simone Sterlacchini (dir.), *Mountain Risks : From Prediction to Management and Governance, Advances in Natural and Technological Hazards Research*, vol. 34, Dordrecht, Springer, p. 201-231, 10.1007/978-94-007-6769-0_7.
- VRIESMAN, H.G.J.G., 1884, « Bestuursvergadering van Dinsdag, 10 April 1883 », in W. Bruining (dir.), *Notulen van de Algemeene En Bestuurs-Vergaderingen van Het Bataviasche Genootschap van Kunsten En Wetenschappen – Deel XXI*, Batavia, p. 37-39.
- VIDAL, Céline-Marie, KOMOROWSKI, Jean-Christophe, MÉTRICH, Nicole, PRATOMO, Indyo, KARTADINATA, Nugraha, PRAMBADA, Oktory, MICHEL, Agnès, CARAZZO, Guillaume, LAVIGNE, Franck, RODYSILL, Jessica, FONTAIN, Karen, et SURONO, Surono, 2015, « Dynamics of the major plinian eruption of Samalas in 1257 A.D. (Lombok, Indonesia) », *Bulletin of Volcanology*, vol. 77 (9), p. 1-24 (<https://doi.org/10.1007/s00445-015-0960-9>).
- WANG, Jiajun, HE, Zhichao, WENG, Wenguo, 2020, « A review of the research into the relations between hazards in multi-hazard risk analysis », *Natural Hazards*, vol. 104, p. 2003-2026, 10.1007/s11069-020-04259-3.
- WELLS, Jessie A., WILSON, Kerrie A., ABRAM, Nicola K., NUNN, Malcom, GAVEAU, David L.A., RUNTING, Rebecca K., TARNIATI, Nina, MENGERSSEN, Kerrie L., MEIJAARD, Erik, 2016, « Rising floodwaters : mapping impacts and perceptions of flooding in Indonesian Borneo », *Environmental Research Letters*, vol. 11 (064016), 10.1088/1748-9326/11/6/064016.
- YANG, Xiaodong, SINGH, Satish, TRIPATHI, Anand, 2020, « Did the Flores backarc thrust rupture offshore during the 2018 Lombok earthquake sequence in Indonesia ? », *Geophysical Journal International*, vol. 221, p. 758-768, 10.1093/gji/ggaa018.



<https://irasec.com>

**Abonnez-vous
à notre newsletter**



**Pour en savoir plus sur les Notes de l'IRASEC
ainsi que sur d'autres informations et ressources concernant l'Asie du Sud-Est,
consultez notre site web (www.irasec.com).**

Vous pouvez également suivre l'actualité de l'IRASEC sur ses réseaux sociaux
(Facebook, LinkedIn, Bluesky et Mastodon),

regarder des débats et des conférences sur notre chaîne YouTube,

et lire nos publications sur la plateforme OpenEdition de l'IRASEC.



Facebook



LinkedIn



Bluesky



Mastodon



Youtube



OpenEdition
Books



Les catastrophes d'origine naturelle en Indonésie : penser le multirisque

Les catastrophes de Tohoku (Japon) en 2011 et de Palu (Indonésie) en 2018 ont largement contribué à souligner l'importance de prendre en compte les interactions entre aléas, ainsi que leurs conséquences sur des populations de plus en plus exposées et sur des territoires urbanisés en expansion. Ces événements ont participé à l'émergence d'un nouveau paradigme dans l'évaluation des risques, fondé sur une approche multi-aléas visant à dépasser l'analyse isolée des différents phénomènes naturels et à mieux caractériser leurs interactions et leurs effets combinés.

Cet article présente donc un état des lieux de cette évolution du paradigme d'évaluation des aléas et des risques, en s'appuyant sur le cas de l'Indonésie, un territoire particulièrement exposé à une grande diversité de phénomènes naturels. L'analyse des catastrophes survenues dans l'archipel depuis le début du xxe siècle met en évidence une augmentation importante de leur fréquence depuis les années 1970, ainsi qu'une évolution progressive des politiques de gestion des risques, passant d'une approche principalement centrée sur la réponse aux situations d'urgence à la prise en compte de l'ensemble du cycle de gestion des catastrophes. Toutefois, la gestion des risques demeure encore largement structurée autour d'aléas considérés séparément, alors qu'ils peuvent interagir entre eux.

Cette situation est renforcée par une connaissance encore lacunaire de l'histoire des catastrophes en Indonésie, avec de nombreux événements passés peu documentés, limitant ainsi la compréhension de la variabilité temporelle des aléas et de leurs interactions. L'intégration de ces événements passés apparaît essentielle pour identifier des configurations multi-aléas susceptibles de se reproduire et pour mieux évaluer les risques futurs. Ainsi, l'article défend l'intérêt d'une approche interdisciplinaire combinant les méthodes géohistoriques et géoscientifiques pour étudier ces événements passés. La confrontation des archives et des données environnementales (observations géomorphologiques et stratigraphiques, données géochronologiques et géochimiques, par exemple) permet de reconstituer des événements anciens, d'en caractériser la chronologie et les interactions entre aléas, et d'analyser leurs impacts sur les sociétés. Cette approche a notamment été appliquée à l'éruption du Samalas en 1257 ou encore à la catastrophe du 22 novembre 1815 à Bali. L'étude des catastrophes historiques est ainsi un levier pour améliorer la compréhension des interactions entre aléas et contribuer à la gestion et à la réduction des risques en Indonésie.

Audrey Faral, docteure en géographie physique, est enseignante-chercheuse à l'Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, rattachée au Laboratoire de Géographie Physique à Thiais (CNRS, UMR 8591). Géomorphologue, ses recherches portent sur les risques et les catastrophes d'origine naturelle (séismes, éruptions volcaniques, glissements de terrain et tsunamis) et leurs impacts environnementaux et sociétaux, principalement en milieux volcaniques et/ou insulaires, en particulier en Indonésie. Audrey mobilise une approche géomorphologique, stratigraphique et géohistorique pour étudier les environnements passés et comprendre les dynamiques présentes, en s'intéressant notamment aux interactions entre les processus naturels et les sociétés.

Photographie de couverture : Audrey FARAL

La Mosquée flottante de Palu (Sulawesi, Indonésie), construite au-dessus de l'eau, partiellement submergée à la suite du séisme de magnitude 7,5 survenu à Palu en 2018. Les secousses sismiques ont déclenché en cascade et simultanément plusieurs aléas (tsunami, glissements de terrain sous-marins et terrestres, et liquéfaction des sols) dans la péninsule de Palu, où la catastrophe a fait plus de 4 300 morts.