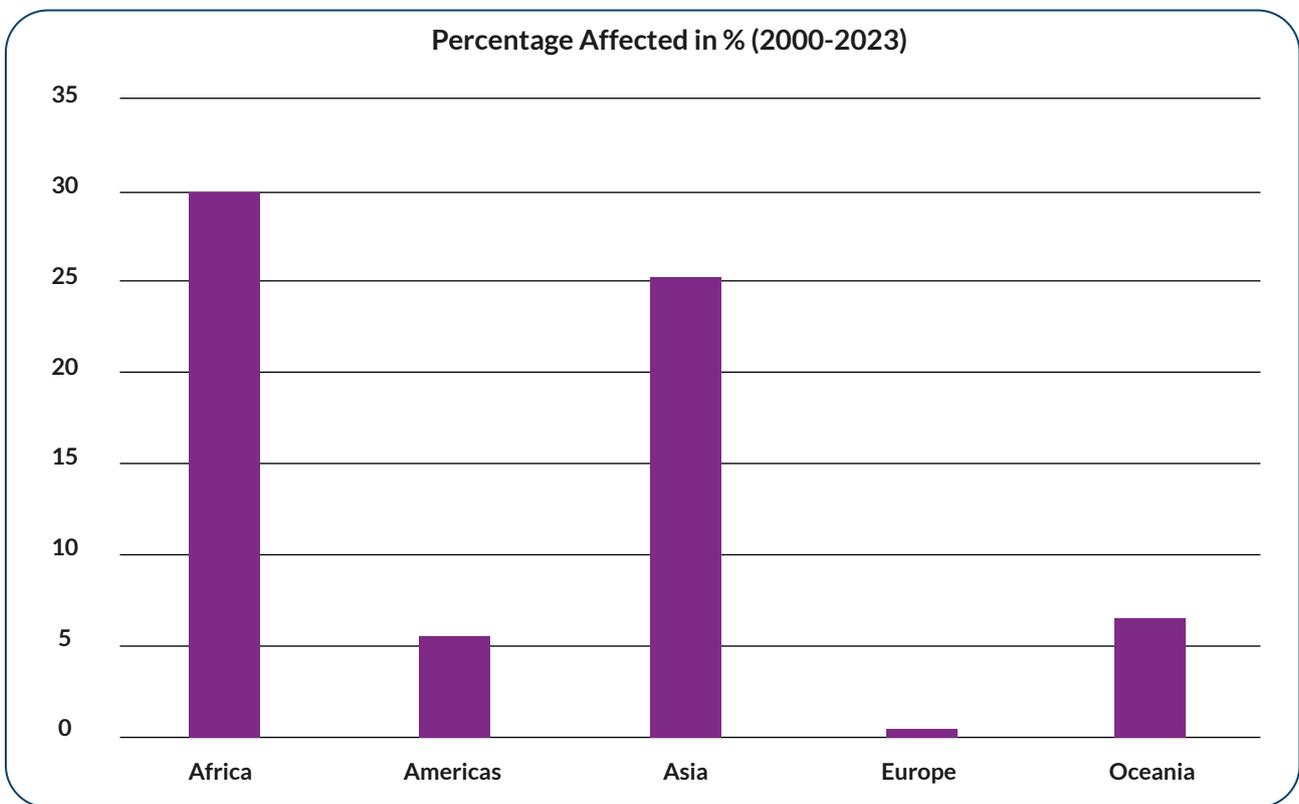


NOTE 5d

Modélisation du risque de sécheresse

Les chocs liés à la sécheresse peuvent avoir des impacts à long terme sur les écosystèmes, l'agriculture et la société humaine. Entre 2000 et 2023, l'Afrique a connu plus d'épisodes de sécheresse que tout autre continent.¹ Au cours de cette période, les sécheresses ont touché plus de 418 millions de personnes en Afrique et plus de 1,18 milliard en Asie. En d'autres termes, un Asiatique sur quatre et un Africain sur trois ont vécu des épisodes de sécheresse au cours des 23 dernières années (Figure 1). Les impacts socio-économiques des sécheresses peuvent avoir des implications de grande portée, avec des impacts à long terme sur le développement physique, l'éducation et les revenus de la vie des populations et, en fin de compte, sur les gains de développement et les perspectives économiques des pays.

Figure 1. Pourcentage de la population touchée par la sécheresse, 2000-2023



Source : EM-DAT : Base de données internationale sur les catastrophes, <https://www.emdat.be/>.

Remarque : Les pourcentages indiqués sont probablement sous-estimés.

Les pays à faible revenu sont touchés de manière disproportionnée par la sécheresse ;² les sécheresses extrêmes réduisent la croissance du PIB dans ces pays à environ deux fois plus vite que dans les pays à revenu élevé. Alors que les pays à revenu élevé peuvent subir des baisses de croissance mineures en raison de sécheresses extrêmes, les pays à faible revenu sont confrontés à des revers économiques importants en raison de sécheresses modérées et extrêmes.

¹ Les statistiques datent de novembre 2024 et sont tirées de EM-DAT : The International Disaster Database, <https://www.emdat.be/>.

² Esha Zaveri, Richard Damania et Nathan Engle, « Sécheresses et déficits : preuves sommaires de l'impact mondial sur la croissance économique », Banque mondiale, Washington, DC, 2023. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099640306142317412/pdf/IDU03b9849a60d86404b600bc480bef6082a760a.pdf>.



Pourquoi modéliser le risque de sécheresse ?

Les sécheresses et leurs impacts sur les populations et les économies se développent généralement au fil du temps. Il y a donc une opportunité d'intervenir dans la chaîne des impacts avec des solutions ciblées en matière d'agriculture, de protection sociale ou de financement des risques comme l'assurance. Trop souvent, cependant, ces programmes ne sont pas en mesure d'empêcher des impacts catastrophiques sur les plus vulnérables. Cela s'explique en partie par le fait qu'ils ne sont pas suffisamment financés, et en partie par le fait que les données sur les risques de sécheresse nécessaires à leur conception et à leur fonctionnement font défaut. Ce manque de données peut également rendre les programmes de financement des risques, tels que les assurances, plus coûteux.

Le risque de sécheresse évolue très différemment du risque d'autres périls considérés dans cette série de connaissances (les cyclones tropicaux, par exemple, affectent les actifs physiques sur une courte période). Les impacts de la sécheresse diffèrent également de ceux d'autres risques. Ainsi, les techniques d'analyse et de modélisation des risques de sécheresse diffèrent de celles utilisées pour modéliser d'autres risques, et reflètent également une gamme d'approches différentes. Les techniques et les données qui peuvent être utilisées pour comprendre le risque de sécheresse varient considérablement en fonction du contexte, de l'application et du type de sécheresse. Pour cette raison, et parce que les marchés internationaux de l'assurance n'ont pas mis l'accent sur la sécheresse plutôt que sur les risques tels que les cyclones tropicaux, les modèles de sécheresse ne sont généralement pas achetés ou obtenus sous licence auprès de grands fournisseurs de modélisation des risques. Néanmoins, il existe une gamme de méthodes standard, exploratoires et propriétaires pour analyser le risque de sécheresse et informer le financement des risques et autres formes de gestion des risques de sécheresse.



Qu'est-ce qui peut être modélisé ?

Il n'existe pas de définition unique d'une sécheresse. La sécheresse peut faire référence à une sécheresse météorologique (précipitations inhabituellement faibles), à une sécheresse agricole (sécheresse entraînant de mauvaises récoltes) ou à une sécheresse socio-économique (lorsque l'approvisionnement en eau est trop faible pour répondre aux besoins humains et environnementaux). En fonction de la sécheresse d'intérêt, de l'intervention ou de la décision envisagée, du contexte et des données disponibles, différents sujets peuvent être analysés et modélisés :



Sécheresse météorologique :

la modélisation se concentre généralement sur les données de précipitations, les niveaux d'humidité du sol, l'évapotranspiration, la température et d'autres variables climatiques qui peuvent être mesurées à l'aide de capteurs au sol ou estimées à l'aide de données satellitaires. Parfois, les analystes de la sécheresse et les praticiens du financement des risques utilisent le risque de sécheresse comme indicateur ou alerte précoce pour la sécheresse agricole ou socio-économique, acceptant une précision réduite en échange de la simplicité, de la rapidité, de l'évolutivité et du faible coût.

Les capteurs au sol ou les stations météorologiques qui fournissent les données climatologiques utilisées dans la modélisation des sécheresses peuvent être gérés par les agences hydrométéorologiques nationales ou peuvent être disponibles auprès de fournisseurs de données satellitaires, tels que l'Agence spatiale européenne (ESA), la National Aeronautics and Space Administration (NASA) ou des opérateurs commerciaux. Certaines données sont disponibles sous forme de produits standard couramment utilisés, tels que les données CHIRPS (Climate Hazards InfraRed Precipitation with Station) et les ensembles de données sur les précipitations ERA.



Sécheresse agricole :

Les effets sur les cultures, le bétail et la sécurité alimentaire sont analysés à l'aide de données météorologiques, pédologiques et agricoles. Celles-ci proviennent de plusieurs sources : observations du rendement des cultures (fondées sur des mesures in situ ou estimées à l'aide d'images satellites), modèles qui estiment le rendement des cultures en fonction des conditions climatologiques (comme le niveau et le moment des précipitations), données sur les types de cultures cultivés où (c.-à-d. données sur l'exposition) et compréhension scientifique de la phénologie des cultures. Ces données sont cruciales pour comprendre les impacts économiques et humains.

Les données qui aident à comprendre les impacts de la sécheresse sur les rendements des cultures et l'insécurité alimentaire sont les suivantes :



Les indices de sécheresse composites, qui peuvent être une ressource précieuse pour mieux comprendre le risque de sécheresse dans certains contextes. On peut citer par exemple l'indice normalisé de précipitation et d'évapotranspiration (IPEP), l'indice de satisfaction des besoins en eau (WRSI) et l'indicateur composite de sécheresse (CDI).



Les données satellitaires sur la végétation, telles que l'indice de différence de végétation normalisée (NDVI), qui mesure le niveau de « verdure ».



Données sur la production ou le rendement des cultures, disponibles auprès d'organismes gouvernementaux tels que les ministères de l'Agriculture ou d'organisations internationales telles que l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO).



Les estimations de l'insécurité alimentaire provenant d'organismes gouvernementaux ou internationaux tels que l'IPC (Integrated Food Security Phase Classification), le Cadre harmonisé et le FEWSNET (Famine Early Warning System Network) ; ou d'autres données relatives à l'insécurité alimentaire provenant d'organisations internationales telles que le Programme alimentaire mondial (en particulier ses données d'analyse et de cartographie de la vulnérabilité [VAM]).



Sécheresse socio-économique :

Des techniques économétriques ou statistiques peuvent être utilisées pour estimer l'impact des conditions météorologiques ou agricoles sur les personnes et l'activité économique. Pour ce faire, il faut généralement disposer de données détaillées sur les populations (p. ex., données d'enquêtes microéconomiques) ou sur l'activité économique locale.



Quels types de modèles de risque de sécheresse existent ?

Il existe diverses approches de modélisation qui utilisent des données hydrométéorologiques et d'autres données pour mieux comprendre la sécheresse et son impact. Celles-ci varient considérablement en fonction du contexte et de l'usage qui en est fait :

Les modèles déterministes sont le plus souvent utilisés dans le domaine du financement des risques de sécheresse et de l'assurance indicielle. Ils examinent l'étendue de la sécheresse en fonction du niveau d'intrants tels que les précipitations ou l'humidité du sol. Ils peuvent utiliser une approche simple basée sur des seuils, calibrée sur la base de l'expérience historique ou de la compréhension scientifique de la phénologie des principales cultures. C'est l'approche utilisée dans le WRSI (qui est à la base du produit d'assurance sécheresse de la Capacité Africaine de Risque). Des modèles déterministes peuvent ensuite être appliqués à une gamme de conditions hydrométéorologiques historiques et/ou potentielles pour donner une indication de la façon dont les sécheresses (modélisées) varient et, en fin de compte, pour mieux comprendre le risque.

Les modèles statistiques, tels que les modèles ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average), analysent les données historiques pour prédire les tendances futures. Ces modèles peuvent être des outils utiles, mais ils sont limités par leur dépendance totale au passé pour prédire l'avenir ; De plus, leur précision dépend entièrement de la qualité des données fournies en entrée. De tels modèles ont été testés pour soutenir les mécanismes de financement des risques, tels que ceux axés sur la réponse à l'insécurité alimentaire, avec un succès mitigé.

Les modèles probabilistes utilisent des techniques telles que les simulations de Monte Carlo, les chaînes de Markov et les réseaux bayésiens pour explorer divers scénarios de sécheresse et d'incertitude dans la modélisation. En raison de la complexité de la sécheresse et de l'incohérence des données sur lesquelles construire de tels modèles, ces modèles restent à la frontière de la modélisation de la sécheresse.

Encadré 1.

Projet DRIVE (Réduction des risques, inclusion et valorisation des économies pastorales dans la Corne de l'Afrique)

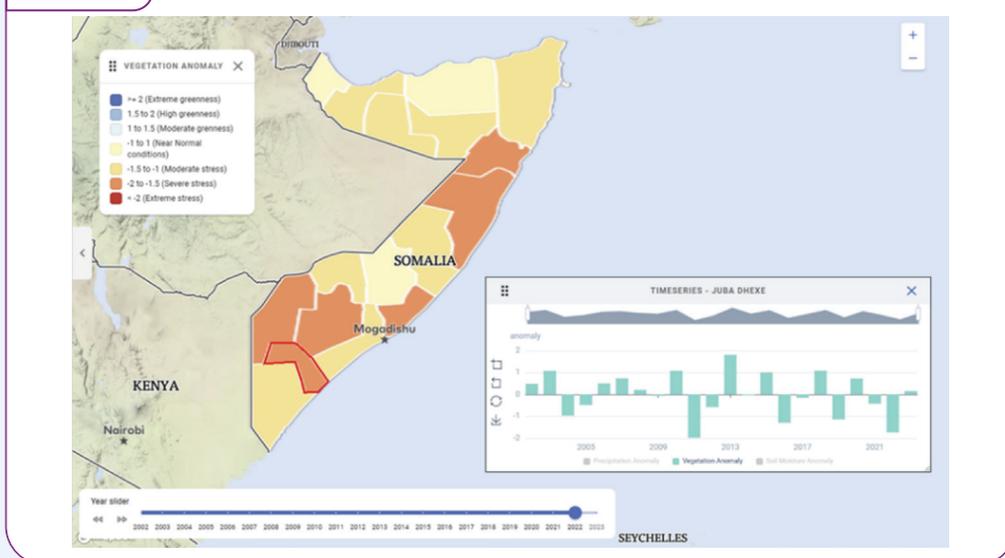
Les sécheresses ont un impact profond dans la Corne de l'Afrique, en particulier en Éthiopie, au Kenya et en Somalie. Les sécheresses provoquent la mort du bétail des pasteurs – qui représente leur gagne-pain, leur nourriture et leur richesse – et piègent les ménages dans la pauvreté. Le projet DRIVE (De-risking, Inclusion, and Value Enhancement in the Horn of Africa) brise ce schéma en renforçant la résilience financière des éleveurs face aux sécheresses grâce à l'assurance et aux services financiers.

DRIVE renforce la résilience des communautés pastorales face aux chocs climatiques, en particulier aux sécheresses. L'une des pierres angulaires du projet est un produit d'assurance qui rémunère les éleveurs lorsque la disponibilité des pâturages (NDVI mesurée, basée sur les observations satellitaires de la couverture végétale) est trop faible. Ce produit fournit aux éleveurs l'argent nécessaire pour maintenir leurs animaux en vie (une solution cinq fois moins chère que leur remplacement) ; Il rend ainsi les chaînes de valeur de l'élevage plus attrayantes pour les investissements et garantit la prospérité des familles et des entreprises.

DRIVE s'appuie sur des données et des analyses de haute qualité pour répondre aux besoins des éleveurs. Les gouvernements, Zep Re (l'organisme chargé de la mise en œuvre du projet et l'assureur régional) et la Banque mondiale doivent comprendre quand et où les sécheresses se produisent, et quels sont leurs impacts, afin de s'assurer que l'assurance est rentable et qu'elle rémunère les éleveurs lorsqu'ils en ont besoin. Ces informations permettent également de s'assurer que les réassureurs facturent le bon prix, que le produit d'assurance est conçu de manière appropriée et qu'il est continuellement amélioré. Enfin, il permet de comprendre et de communiquer quand le produit est performant et quand il ne l'est pas, et de s'assurer que les données les plus appropriées sont utilisées.

Le tableau de bord de l'indice de sécheresse de nouvelle génération (NGDI) de la Banque mondiale a soutenu l'élaboration et le suivi continu du risque de sécheresse et de la performance du produit d'assurance. Le tableau de bord fournit une visualisation de plusieurs indices climatiques (précipitations, humidité du sol et santé de la végétation) et des paiements associés au fil du temps. Il permet aux parties prenantes d'explorer les données climatiques et de les comparer aux conditions réelles sur le terrain. Cette transparence a renforcé la confiance dans le produit d'assurance, car les parties prenantes peuvent vérifier si les conditions sur le terrain s'alignent sur les seuils fixés pour les indemnités d'assurance. En Somalie, par exemple, le tableau de bord a permis d'expliquer pourquoi les seuils d'assurance n'ont pas été dépassés dans certaines régions, et donc pourquoi aucun paiement n'a été versé aux éleveurs.

Figure 2 Exemple de visualisation du tableau de bord NGDI pour la Somalie



Source : Programme de financement et d'assurance des risques de catastrophe de la Banque mondiale, tableau de bord de l'IDNG, <http://ngdi.financialprotectionforum.org/>.



Défis et orientations futures

Pour la sécheresse, les relations de cause à effet avec les impacts socio-économiques sont souvent moins évidentes qu'elles ne le sont pour d'autres chocs climatiques. Bien que la santé et le développement des cultures soient souvent directement liés aux conditions climatiques et puissent être surveillés par satellite, ils sont également influencés par de nombreux autres facteurs, tels que les maladies, les criquets ou la variété des cultures. Les statistiques publiques ne fournissent que des estimations nationales, qui sont insuffisantes pour adapter un produit de financement du risque de sécheresse au niveau infranational. Les expériences de coupe des cultures (mesures en personne des rendements des cultures) peuvent résoudre ce problème, mais sont coûteuses à réaliser à grande échelle. Il est donc crucial d'intégrer l'expertise d'experts nationaux ou de communautés et d'exploiter plusieurs sources de données pour évaluer avec précision l'impact des chocs de sécheresse. Parallèlement, l'utilisation de la technologie pour mesurer et comprendre le risque de sécheresse s'améliore rapidement. Les innovations récentes comprennent l'utilisation de l'IA et de photographies des cultures pour mesurer les rendements des cultures, ainsi que l'application de grands modèles de langage aux médias traditionnels et sociaux pour évaluer les impacts de la sécheresse sur les cultures, les ménages, la sécurité alimentaire et les économies.

Les impacts indirects de la sécheresse sont très difficiles à quantifier, en particulier ceux sur la santé humaine et la mortalité. Par exemple, bien que les sécheresses soient souvent un facteur majeur de décès parmi les populations vulnérables en situation d'insécurité alimentaire et hydrique, elles ne sont pas les seules à y contribuer. Ainsi, la classification de la sécheresse et de ses impacts est beaucoup plus complexe que pour les catastrophes soudaines comme les tremblements de terre, où l'impact est bien défini et est observé et enregistré sur une courte période de temps. En conséquence, les sécheresses peuvent être sous-représentées dans les bases de données sur les catastrophes ou mal classées dans les « crises complexes ». La prise en compte des impacts à long terme, tels que l'impact des sécheresses sur le développement physique des populations ou la création de richesses, est un domaine émergent.

La clé d'une gestion et d'un financement efficaces des risques de sécheresse est une bonne compréhension de la dynamique de la sécheresse, qui permet aux pays d'évaluer et de gérer efficacement les risques de sécheresse. Le renforcement des capacités et le transfert ciblé des connaissances sont donc essentiels, de même que les investissements dans le renforcement de la collecte de données et de l'analyse des risques de sécheresse. Le tableau de bord de l'indice de sécheresse de nouvelle génération (NGDI) de la Banque mondiale vise à répondre à ce besoin grâce à un outil visuel intuitif qui permet aux utilisateurs de visualiser et d'interroger les risques de sécheresse, de comprendre leurs impacts et d'explorer les performances des produits de financement des risques pour répondre aux chocs.

Foire aux questions

Qu'est-ce que la « non-stationnarité » et qu'est-ce que cela signifie pour le risque de sécheresse ?

La nature non stationnaire du cycle hydrologique signifie que le risque de sécheresse change avec le temps, en raison des cycles naturels, du changement climatique et d'autres facteurs anthropiques tels que l'utilisation des terres. Pour cette raison, les données historiques ne permettent pas toujours de prévoir de manière fiable les sécheresses futures. Il est nécessaire de mettre à jour les outils de planification, les modèles et les systèmes d'aide à la décision.

Qu'est-ce qu'une approche de « convergence des preuves » et comment peut-elle conduire au développement de produits financiers plus robustes ?

Les estimations climatiques dérivées ou modélisées par satellite peuvent s'écarter des conditions réelles en raison de problèmes techniques (p. ex., liés à un capteur satellitaire), biophysiques (p. ex., en fonction de la couverture terrestre ou de la topographie) ou de problèmes algorithmiques. La convergence des preuves désigne une situation où l'analyse de différentes mesures complémentaires montre qu'elles se confirment mutuellement. Si, par exemple, les observations indépendantes des précipitations, de l'humidité du sol et de la santé de la végétation concordent largement en ce qui concerne la détection des conditions de sécheresse sur de longues périodes (> 15 ans), on peut supposer que les modèles identifiés par ces trois variables sont plus robustes que chaque variable prise individuellement.

Comment l'apprentissage automatique peut-il être utilisé pour améliorer la qualité d'un indice ?

L'apprentissage automatique (par le biais de forêts aléatoires, de réseaux neuronaux ou d'amplification de gradients) peut améliorer la qualité d'un indice de sécheresse en identifiant et en modélisant des relations complexes entre plusieurs variables. Les forêts aléatoires sont bien adaptées au traitement de données de grande dimension. Le gradient boosting améliore la précision en corrigeant de manière itérative les erreurs précédentes. Les réseaux neuronaux excellent dans la capture de relations non linéaires et sont particulièrement utiles pour les prédictions spatiales de sécheresse, car ils peuvent exploiter de grands ensembles de données tels que l'imagerie satellite. La capacité de ces modèles à détecter des modèles complexes dans les données et à fournir des prédictions robustes et fiables même en présence de bruit en fait des outils puissants pour la modélisation du risque de sécheresse. Cependant, leur efficacité sera toujours limitée par la qualité des données utilisées pour entraîner et appliquer les modèles, ce qui souligne la nécessité cruciale d'investir massivement dans les données sur le terrain.

Liste de lecture et ressources

Hagenlocher, M., G. Naumann, I. Meza et al. 2023. « S'attaquer aux risques croissants de sécheresse – La nécessité d'une perspective systémique ». *L'avenir de la Terre* 11.
<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1029/2023EF003857>.

Jones, R. L., D. Guha-Sapir et S. Tubeuf. 2022. « Impacts humains et économiques des catastrophes naturelles : pouvons-nous faire confiance aux données mondiales ? » Données scientifiques <https://www.nature.com/articles/s41597-022-01667-x>.

Parker, B. A., J. Lisonbee, E. Ossowski, H. R. Prendeville et D. Todey. 2023. « Évaluation de la sécheresse dans un climat en changement : actions prioritaires et besoins en matière de recherche. » Département du Commerce des États-Unis, National Oceanic and Atmospheric Administration, Office of Oceanic and Atmospheric Research, National Integrated Drought Information System. Rapport technique de la NOAA OAR CPO-002. https://www.drought.gov/sites/default/files/2023-11/Drought-Assessment-Changing-Climate-Report-11-2023_0.pdf.

Plevin, John et Sylvia Mwangi. 2024. « Des données aux décisions : simplifier l'analyse complexe des risques de sécheresse avec le tableau de bord NextGen ». Forum sur la protection financière. 23 octobre 2024. <https://www.financialprotectionforum.org/blog/from-data-to-decisions-simplifying-complex-drought-risk-analytics-with-the-nextgen-dashboard>.

Trambauer, Patricia, Annegien Tijssen, Micha Werner et al. 2019. « Évaluation des risques et des risques de sécheresse : principes et conseils de mise en œuvre. » Groupe de la Banque mondiale. <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/989851589954985863/assessing-drought-hazard-and-risk-principles-and-implementation-guidance>.

UNCCD (Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification). 2021. « Note d'orientation sur le financement des risques de sécheresse : instruments financiers innovants pour l'atténuation, la préparation, la réponse et le rétablissement de la sécheresse. » <https://www.unccd.int/sites/default/files/2022-09/IWG%20task%20group%20report%203%20Drought%20finance%20.pdf>.

UNDRR (Bureau des Nations Unies pour la réduction des risques de catastrophe). 2021. Rapport spécial du GAR sur la sécheresse 2021. <https://www.undrr.org/publication/gar-special-report-drought-2021>.

Programme de financement et d'assurance des risques de catastrophe de la Banque mondiale. Tableau de bord NGD I <http://ngdi.financialprotectionforum.org/>.

Programme de financement et d'assurance des risques de catastrophe de la Banque mondiale. 2021. « Introduction au financement des risques de catastrophe pour l'agriculture ». Fiche d'information https://www.financialprotectionforum.org/sites/default/files/DRFA_Module%201_Factsheet_Final.pdf.

Yuan, Xing, Yumiao Wang, Peng Ji, Peili Wu, Justin Sheffield et Jason A. Otkin. 2023. « Une transition mondiale vers des sécheresses soudaines sous le changement climatique. » Science 380, n° 6641. <https://www.science.org/doi/10.1126/science.abn6301>.

Zaveri, Esha, Richard Damania et Nathan Engle. 2023. « Sécheresses et déficits : preuves sommaires des impacts mondiaux des sécheresses sur la croissance économique ». Banque mondiale n° 6641. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099640306142317412/pdf/IDU03b9849a60d86404b600bc480bef6082a760a.pdf>.