

Recueil sur les tempêtes de sable et de poussière

Résumé à l'intention
des décideurs



Nations Unies
Convention sur la lutte
contre la désertification



Nations Unies
Convention sur la lutte
contre la désertification

La Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification est un accord international relatif à la bonne gestion des terres. Elle aide les peuples, les communautés et les pays à créer des richesses, développer leurs économies et assurer un approvisionnement suffisant en nourriture, eau potable et énergie, en garantissant aux utilisateurs des terres un environnement favorable à la gestion durable des terres. Grâce à des partenariats, les 197 parties à la Convention ont établi des systèmes robustes pour une gestion rapide et efficace de la sécheresse. Une bonne gestion des terres reposant sur des politiques éclairées et des données scientifiques aide à intégrer et accélérer la réalisation des objectifs de développement durable, à renforcer la résilience face aux changements climatiques et à éviter l'appauvrissement de la biodiversité.

Le présent document, intitulé *Recueil sur les tempêtes de sable et de poussière : Résumé à l'intention des décideurs*, rédigé et codirigé par Utchang Kang et Charles Kelly, fait partie du recueil complet d'informations et de recommandations concernant l'évaluation et la gestion des risques relatifs aux tempêtes de sable et de poussière.

Le Recueil sur les tempêtes de sable et de poussière est un projet collectif mené sous la direction du Secrétariat de la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification, en collaboration avec l'Interface science-politique de la Convention, l'Organisation météorologique mondiale (OMM), l'Organisation mondiale de la Santé (OMS), le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), ONU-Femmes, l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), le Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD), le Bureau des Nations Unies pour la prévention des catastrophes (UNDRR), ainsi que des experts et partenaires externes.

Partenaires



**National Forestry and
Grassland Administration
of P.R.China**



Organisation
mondiale de la Santé



Organisation des Nations Unies
pour l'alimentation et l'agriculture



Sophie Vandebussche (Institut Royal d'Aéronomie Spatiale de Belgique) a revu la traduction française de ce rapport.

Graphisme : Strategic Agenda

Conception et mise en page : Strategic Agenda

© Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification, 2022. Tous droits réservés.

© Cartes, photographies et illustrations telles que spécifiées.

Publié en 2022 par la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification, Bonn, Allemagne.

Secrétariat de la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification, Platz der Vereinten Nationen, 53113 Bonn, Allemagne. Tél. : +49-228 / 815-2800 Fax : +49-228 / 815-2898/99 www.unccd.int secretariat@unccd.int

Citation de l'ouvrage : Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (CNULCD), *Recueil sur les tempêtes de sable et de poussière : Résumé à l'intention des décideurs*. Bonn, Allemagne, 2022.

Recueil sur les tempêtes de sable et de poussière

Résumé à l'intention
des décideurs

Clause de non-responsabilité

Les appellations employées dans le présent document et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification aucune prise de position concernant le statut juridique ou de développement de tout pays, territoire, ville ou région ou de ses autorités, ou concernant la délimitation de ses frontières ou limites. La mention d'entreprises ou de produits de fabricants spécifiques, qu'ils soient ou non brevetés, ne signifie pas que ceux-ci ont été avalisés ou recommandés par la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification de préférence à d'autres de nature similaire qui ne sont pas mentionnés. Les opinions exprimées par les auteurs et les contributeurs ne représentent pas nécessairement les points de vue ou les politiques de la Convention ni celles des organisations affiliées respectives des auteurs et des contributeurs.

La Convention encourage l'utilisation, la reproduction et la diffusion des informations contenues dans le présent ouvrage. Sauf mention contraire, le présent document peut être reproduit, téléchargé ou imprimé à des fins d'étude personnelle, de recherche et d'enseignement, ou pour utilisation dans des produits et services non commerciaux, à condition que la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification soit mentionnée en tant que source et détentrice des droits d'auteur, et que l'approbation des opinions exprimées, des produits ou des services par la Convention ne soit aucunement impliquée. La Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification souhaiterait recevoir un exemplaire de toute publication utilisant le présent document comme référence.

Cette publication ne peut être vendue ni utilisée à toute fin commerciale sans l'autorisation écrite préalable de la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification. Les demandes d'autorisation, accompagnées d'une déclaration indiquant le motif et le volume de la reproduction, doivent être adressées au Secrétaire exécutif de la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification à l'adresse suivante : UN Campus, Platz der Vereinten Nationen 1, 53113 Bonn, Allemagne.

Sauf mention contraire, les valeurs monétaires fournies dans le présent document n'ont pas été ajustées en fonction du taux d'inflation ou de désinflation par rapport aux cours de 2020.

Cette publication a été imprimée à XXXX sur du papier certifié FSC.

Photo de couverture : Image de l'Observatoire de la Terre de la NASA, réalisée par Joshua Stevens à partir de données MODIS issues du système EOSDIS LANCE de la NASA et de GIBS Worldview pour la NASA.

ISBN 978-92-95118-10-2 (format papier)
ISBN 978-92-95118-11-9 (format électronique)

Table des matières

1 – Introduction.....	1
2 – Nature des tempêtes de sable et de poussière	5
3 – Reconnaissance des tempêtes de sable et de poussière comme risque de catastrophe	7
4 – Égalité des genres et réduction des risques de catastrophe	9
5 – Cadre d'évaluation des risques de tempêtes de sable et de poussière	11
6 – Évaluation et cartographie de la vulnérabilité aux tempêtes de sable et de poussière au moyen d'un système d'information géographique	13
7 – Cadre d'évaluation de l'impact économique des tempêtes de sable et de poussière	15
8 – Conséquences des tempêtes de sable et de poussière pour la santé	19
9 – Cartographie des sources de tempêtes de sable et de poussière.....	20
10 – Observation, surveillance et modélisation des tempêtes de sable et de poussière.....	20
11 – Prévision des tempêtes de sable et de poussière.....	26
12 – Alerte précoce en cas de tempêtes de sable et de poussière	26
13 – Action à la source et atténuation des effets	30
14 – Préparation et atténuation des effets.....	34
15 – Bibliographie	36





Principaux messages

Défis liés aux tempêtes de sable et de poussière

Les tempêtes de sable et de poussière ont de nombreuses appellations locales telles que sirocco, haboobs, tempêtes de sable jaune, tempêtes blanches ou harmattan. Il s'agit d'un phénomène naturel saisonnier, fréquent dans certaines régions du monde, et accentué par une mauvaise gestion des terres et des ressources en eau, la sécheresse et les changements climatiques. La combinaison de vents violents et de particules de poussière minérale aéroportées peut avoir des effets importants sur la santé humaine et les populations. L'intensité, l'ampleur et la durée très variables des tempêtes de sable et de poussière rendent celles-ci imprévisibles et dangereuses.

Dans certaines régions, la fréquence des tempêtes de sable et de poussière est en forte hausse ces dernières années. Les changements climatiques résultant de l'activité humaine, la désertification, la dégradation des terres et la sécheresse sont considérés comme partiellement responsables de cette évolution. Bien que la poussière et le sable constituent un fertilisant pour les écosystèmes marins et terrestres, ces tempêtes représentent également une menace pour la santé humaine, les moyens de subsistance et l'environnement. Les effets sont observés dans les régions sources, mais également dans des zones éloignées touchées directement ou indirectement par les dépôts de poussière en surface. Les aléas liés aux tempêtes de sable et de poussière constituent un défi majeur à la réalisation des objectifs de développement durable.

Les dégâts matériels provoqués par les tempêtes de sable et de poussière sont généralement superficiels ou de faible ampleur. Cependant, leur accumulation peut avoir des répercussions importantes. Dans les zones sources, les tempêtes endommagent les cultures, provoquent la mort du bétail et érodent la couche superficielle des sols. Dans les zones de dépôt, les particules de poussière atmosphérique peuvent causer ou aggraver des problèmes de santé, comme des maladies respiratoires, en particulier si elles sont combinées à de la pollution industrielle locale. La visibilité réduite et les pannes mécaniques dues aux particules de poussière entraînent des perturbations sur les réseaux de communication, la production électrique, les infrastructures de transport et les chaînes d'approvisionnement.

Les tempêtes de sable et de poussière ne sont pas un phénomène récent, et certaines régions du monde y sont depuis longtemps exposées. Elles surviennent généralement dans les régions arides et subhumides de basse latitude où la couverture végétale est peu dense ou absente. Elles peuvent également survenir dans d'autres environnements, notamment en zones agricoles et en zones humides aux hautes latitudes, lorsque les conditions météorologiques propices à leur formation sont réunies.

Les tempêtes de sable et de poussière peuvent toucher des régions situées à des milliers de kilomètres de leur source. Une action unifiée et cohérente s'impose aux échelles mondiale et régionale, en particulier concernant l'atténuation des sources, les systèmes d'alerte précoce et la surveillance des tempêtes.

Bien que les tempêtes de sable et de poussière touchent de multiples sphères, secteurs et pays, et menacent directement la réalisation de 11 des 17 objectifs de développement durable, leur caractère dangereux n'est pas véritablement reconnu par la communauté internationale. La complexité de ce phénomène, son effet cumulatif saisonnier, ainsi que la faible quantité de données recueillies à son sujet contribuent à cet état de fait. L'insuffisance d'informations et d'estimations sur les impacts des tempêtes de sable et de poussière entrave la prise de décisions et la planification efficaces d'actions pour réduire les sources et effets de ces tempêtes.



1 — Introduction

Les tempêtes de sable et de poussière sont un aléa météorologique et hydrologique naturel, qui touche la quasi-totalité des secteurs de la société, ainsi que l'environnement (Bureau des Nations Unies pour la prévention des catastrophes et Conseil international des sciences, 2020). On estime que 2 000 millions de tonnes de sable et de poussière pénètrent chaque année dans l'atmosphère. L'émission de ces particules résulte essentiellement de phénomènes naturels, mais les activités humaines, notamment les pratiques non durables en matière de gestion des terres et d'utilisation de l'eau, contribuent de manière non négligeable aux tempêtes de sable et de poussière.

Les tempêtes de sable et de poussière agissent – parfois de façon positive – sur les conditions météorologiques, le climat, le cycle des nutriments et la productivité de la biomasse à l'échelle locale et mondiale. Elles peuvent aussi avoir des conséquences néfastes sur la qualité de l'air et de l'eau, l'hygiène et l'assainissement, la santé humaine et animale, les transports, l'éducation, l'agriculture, le commerce et l'industrie.

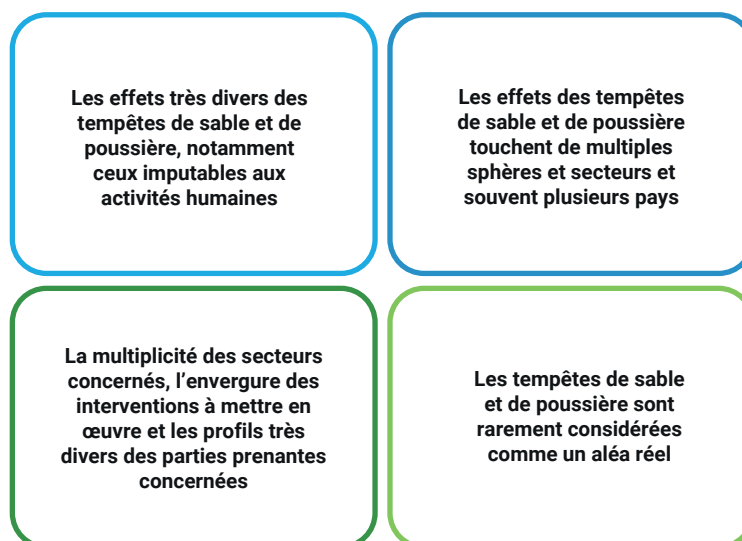
Elles ont souvent des répercussions économiques non négligeables. Par exemple, au Koweït, les tempêtes de sable et de poussière coûtent environ 190 millions de dollars par an au secteur pétrolier. En 2009, une seule tempête a causé entre 229 et 243 millions de dollars de dommages en Australie.

Les tempêtes de sable et de poussière touchent tout le monde – hommes, femmes, garçons et filles – mais tous ne sont pas affectés de la même manière. Ces différences s'expliquent par les rôles distincts attribués à chaque genre dans les sphères économique, productive, familiale et sociale. De plus, les tempêtes de sable et de poussière peuvent mettre en péril la vie des personnes ayant des problèmes de santé.

La lutte contre les effets néfastes des tempêtes de sable et de poussière fait face à plusieurs défis (voir **figure 1**) :

- les effets très divers des tempêtes de sable et de poussière, notamment ceux imputables aux activités humaines ;
- le fait que les tempêtes de sable et de poussière touchent de multiples sphères et secteurs et souvent plusieurs pays, ce qui nécessite la mise en place de stratégies transversales, pluridisciplinaires et transnationales, ainsi qu'une coopération entre les parties prenantes à tous les niveaux ;
- la multiplicité des secteurs concernés, l'envergure des interventions à mettre en œuvre et les profils très divers des parties prenantes concernées, nécessitant une circulation fluide des informations afin de garantir la gestion efficace des tempêtes de sable et de poussière ;
- le fait que les tempêtes de sable et de poussière soient rarement considérées comme un aléa réel et la faible quantité de données disponibles sur leurs conséquences, d'où une certaine négligence à leur égard dans la majorité des efforts de gestion des risques de catastrophe.

Figure 1.
Défis liés à
l'atténuation
des effets
des tempêtes
de sable et de
poussière



Le présent recueil rassemble des informations et des recommandations provenant d'un large éventail de sources en vue de permettre à ses lecteurs :

- 1) de cerner l'ampleur des conséquences des tempêtes de sable et de poussière ;
 - 2) d'élaborer des plans pour y faire face.
- Ce document est entre autres destiné aux autorités locales, infranationales et nationales, aux services de gestion des situations d'urgence, de santé, de gestion des ressources naturelles, aux secteurs de l'agriculture, de l'élevage, de la foresterie et des transports, notamment aériens, ainsi qu'aux parties prenantes locales et aux représentants de la société civile. Il aidera les décideurs et les autres parties prenantes à définir des politiques et des stratégies visant à atténuer les sources et les effets des tempêtes de sable et de poussière.

L'utilisation du Recueil dans le cadre de la lutte contre les tempêtes de sable et de poussière contribuera à la réalisation de huit objectifs de développement durable (ODD), à savoir les objectifs 1, 2, 3, 6, 11, 13, 15 et 17 (**figure 3**). Le Recueil favorise la mise en œuvre du *Cadre d'action de Sendai pour la réduction des risques de catastrophe* :

- en améliorant la préparation et donc l'efficacité des interventions en cas de catastrophe, grâce au renforcement des dispositifs de prévision, d'alerte précoce, de préparation et d'intervention (priorité no 4 du Cadre de Sendai).

Le Recueil vise à appuyer la mise en œuvre du **Cadre directif pour les activités de plaidoyer aux fins de la lutte contre les tempêtes de sable et de poussière** (Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification [CNULCD], 2017). Ce cadre cherche à réduire la vulnérabilité aux tempêtes de sable et de poussière en se concentrant sur : 1) la gestion d'après-crise (procédures d'intervention d'urgence) ; 2) la gouvernance en amont afin d'accroître la résilience, de réduire la vulnérabilité et d'atténuer les conséquences ; 3) les plans et politiques en matière de préparation, notamment la surveillance, la prévision et les alertes précoces (**figure 2**).

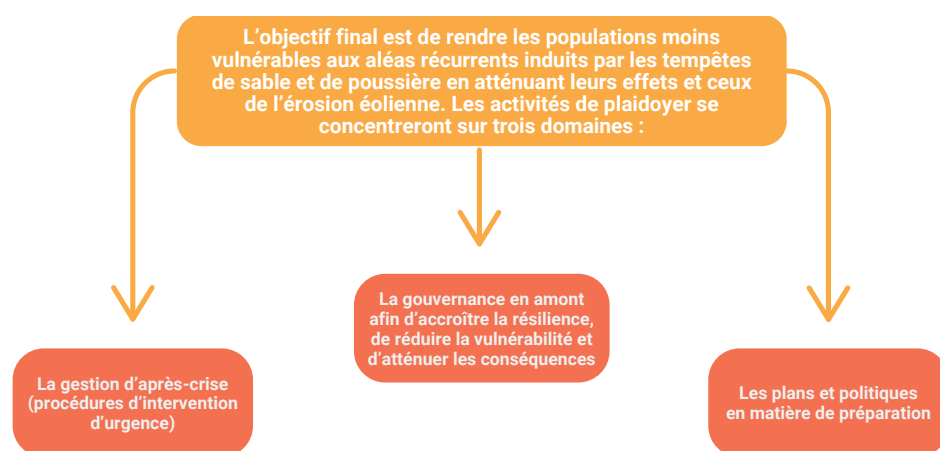


Figure 2.
Cadre directif pour les activités de plaidoyer aux fins de la lutte contre les tempêtes de sable et de poussière : but et axes stratégiques

- en offrant une meilleure compréhension des risques de tempêtes de sable et de poussière (priorité n° 1 du Cadre de Sendai) ;
- en renforçant la gouvernance des risques de tempêtes de sable et de poussière (priorité n° 2 du Cadre de Sendai) ;
- en améliorant les connaissances en matière de prévention et d'atténuation des effets ;

Figure 3.
Liens entre
les tempêtes
de sable et
de poussière
et les ODD



Réduire la pollution atmosphérique causée par les tempêtes de sable et de poussière favorise la santé des familles, permet de réduire leurs dépenses médicales et améliore leur productivité.



Les tempêtes de sable et de poussière peuvent endommager les cultures, provoquant une baisse de la qualité et/ou de la quantité des aliments et une hausse de l'insécurité alimentaire. Réduire la désertification et la dégradation des terres (notamment l'érosion des sols) dans les zones sources aura des effets positifs sur la productivité agricole.



La pollution atmosphérique causée par les tempêtes de sable et de poussière représente une menace sérieuse pour la santé humaine. Selon de nombreuses études, l'exposition à la poussière entraîne une hausse de la mortalité et du nombre d'admissions à l'hôpital pour des maladies respiratoires et cardiovasculaires.



Les dépôts de poussière compromettent également la qualité de l'eau, car les particules provenant de régions désertiques sont souvent contaminées par des micro-organismes, des sels et/ou des polluants d'origine anthropique.



L'atténuation des catastrophes dues aux tempêtes de sable et de poussière permettra de réduire fortement le nombre de personnes touchées et les pertes économiques occasionnées. Cela contribuera à rendre les zones habitées plus sûres, plus durables et plus résilientes.



L'amélioration de la gestion des terres et des ressources en eau dans les zones sources rendra les paysages et les communautés plus résilients aux changements climatiques.



La réduction de l'érosion éolienne dans les zones sources favorisera la neutralité en matière de dégradation des terres, avec à la clé une utilisation plus durable des écosystèmes terrestres.



La prévention et la lutte contre les tempêtes de sable et de poussière peuvent s'inscrire dans les efforts visant à renforcer les moyens de mettre en œuvre le Partenariat mondial pour le développement durable et le revitaliser.

Source : d'après <https://sdgs.un.org/fr/goals>.

Le Recueil sur les tempêtes de sable et de poussière est un projet collectif mené sous la direction du Secrétariat de la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification, en collaboration avec l'Interface science-politique de la Convention, l'Organisation météorologique mondiale (OMM), l'Organisation mondiale de la Santé (OMS), le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), le Bureau des Nations Unies pour la prévention des catastrophes (UNDRR), ONU-Femmes, l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), ainsi que des partenaires externes.

En s'appuyant sur les contributions d'un large éventail d'auteurs et de spécialistes, le présent document vise à fournir des informations à jour, multisecteurs et multidisciplinaires. Il est admis que comme pour tout bon travail de recherche scientifique, des études complémentaires pourront être effectuées et des rectifications pourront être apportées quand de nouvelles données, informations, études de cas et bonnes pratiques émergeront.

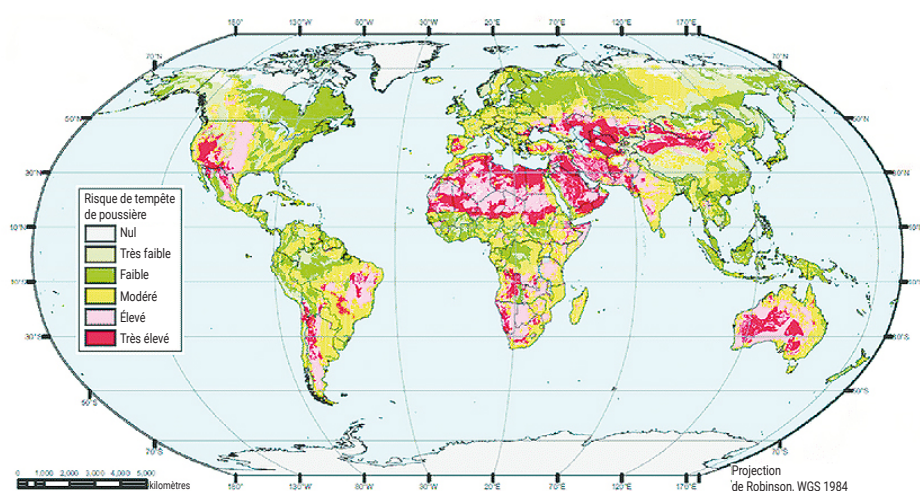


Figure 4.
Répartition
mondiale des
sources de
tempêtes de sable
et de poussière

Source : Programme des Nations Unies pour l'environnement, Organisation météorologique mondiale et Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification, 2016.

2 — Nature des tempêtes de sable et de poussière

Les tempêtes de sable et de poussière sont composées de particules soulevées de la surface terrestre vers l'atmosphère par un processus mécanique impliquant le vent. La poussière minérale est généralement considérée comme étant d'origine naturelle lorsqu'elle provient de régions arides et semi-arides où la végétation est rare, et d'origine anthropique lorsqu'elle est directement associée aux activités humaines.

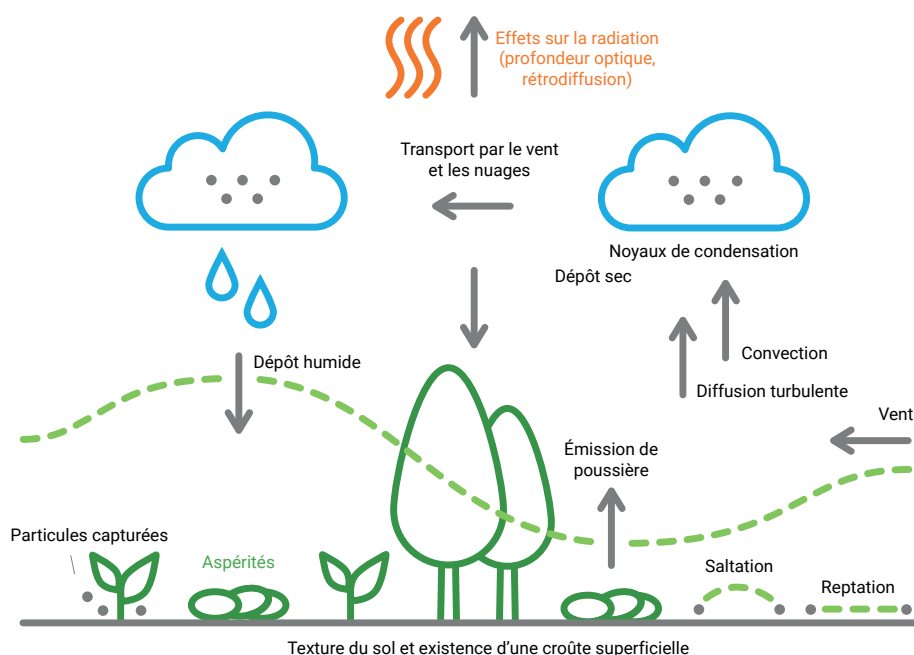
Les principales sources de poussière minérale à l'échelle mondiale se trouvent dans l'hémisphère Nord, dans une zone qui s'étend de l'Afrique du Nord à l'Asie de l'Est en passant par le Moyen-Orient. Dans l'hémisphère Sud, les sources sont de plus petite étendue et se trouvent en Australie, en Amérique du Sud et en Afrique australe (**figure 4**). À l'échelle mondiale, les principales sources de grande étendue sont des lacs asséchés, mais on peut trouver des sources locales partout où les particules du sol peuvent être soulevées par le vent, notamment dans les plaines de sédiments glaciaires, les zones couvertes de cendres volcaniques et les terres fraîchement labourées.

La propension des particules de sable ou de poussière à s'envoler dans l'atmosphère dépend de l'humidité du sol, de sa texture, de l'existence d'une croûte superficielle, des aspérités, de la végétation et de la vitesse du vent. Les conditions propices à l'émission de poussière à un endroit donné peuvent évoluer sensiblement d'une période ou d'une année à l'autre.

Les tempêtes de sable et de poussière entraînent l'émission, le transport et le dépôt de poussière sur des distances et des durées plus ou moins longues (**figure 5**). Les particules de sable et de poussière sont expulsées vers l'atmosphère de trois façons :

- par saltation, pour les particules dont la taille est comprise entre 60 µm et 2 mm ;
- par entraînement aérodynamique ou mise en suspension pour les particules plus fines dont la taille est inférieure à 60 µm ;
- par dislocation d'agrégats pour les particules de plus de 2 mm qui roulent (ou glissent).

Figure 5.
Mécanisme
de formation
des tempêtes
de sable et de
poussière



Source : Lu et Shao, 2001.

Les particules fines sont transportées par diffusion turbulente et par convection vers des niveaux troposphériques plus élevés (jusqu'à plusieurs kilomètres de hauteur) puis charriées par le vent, parfois sur de longues distances. La durée de vie atmosphérique des particules de poussière dépend de leur taille. En règle générale, les particules plus fines restent plus longtemps en suspension dans l'atmosphère que les plus grandes particules.

Il existe six types de phénomènes météorologiques susceptibles de déclencher une tempête de sable et de poussière :

1. Les déplacements d'air importants (par exemple, l'harmattan se forme dans une zone de haute pression atmosphérique au-dessus du Sahara) ;
2. Les systèmes météorologiques d'échelle synoptique tels que les cyclones, les anticyclones et leurs fronts froids, qui peuvent occasionnellement déclencher des tempêtes de poussière de grande ampleur et de forte intensité ;
3. Les convections humides, qui génèrent des tempêtes de poussière convectives d'échelle moyenne souvent appelées haboobs ;
4. Les convections sèches à petite échelle qui se produisent dans la couche limite planétaire diurne au-dessus des déserts, générant une circulation turbulente, qui mène à des tourbillons et des panaches de poussière ;
5. Les facteurs topographiques, tels que les dépressions entre les chaînes de montagnes dans lesquelles le vent peut s'engouffrer et créer localement une tempête de sable et de poussière ;
6. Les cycles diurnes, qui peuvent soulever la poussière lors de la formation puis de la dissolution de courants-jets nocturnes à basse altitude.

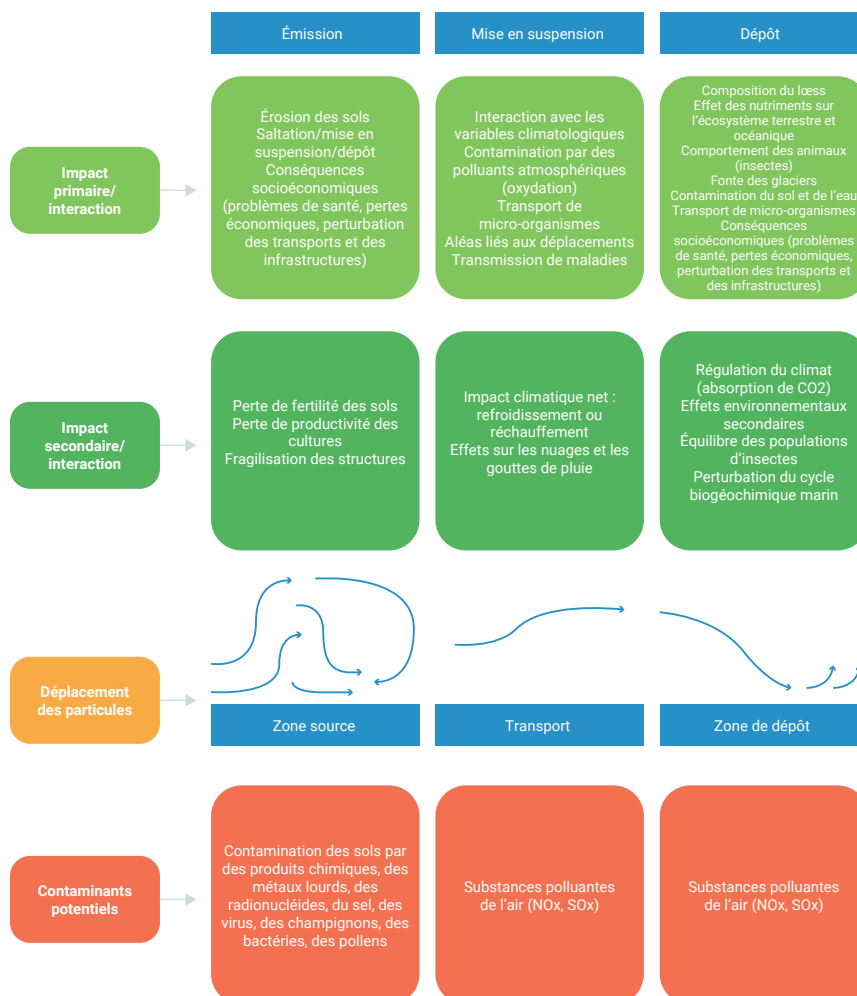


Figure 6.
Interactions entre la poussière et l'environnement

3 — Reconnaissance des tempêtes de sable et de poussière comme risque de catastrophe

Les tempêtes de sable et de poussière sont davantage reconnues comme posant un risque de catastrophe en Asie du Nord-Est et dans certaines régions d'Asie de l'Ouest et d'Amérique du Nord qu'ailleurs. Cette faible reconnaissance est sans doute due au fait que, dans la plupart des cas, les tempêtes de sable et de poussière ne font ni morts ni blessés directs, et qu'il existe assez peu de documentation consacrée à leurs conséquences à long terme pour la santé et l'économie, entre autres.

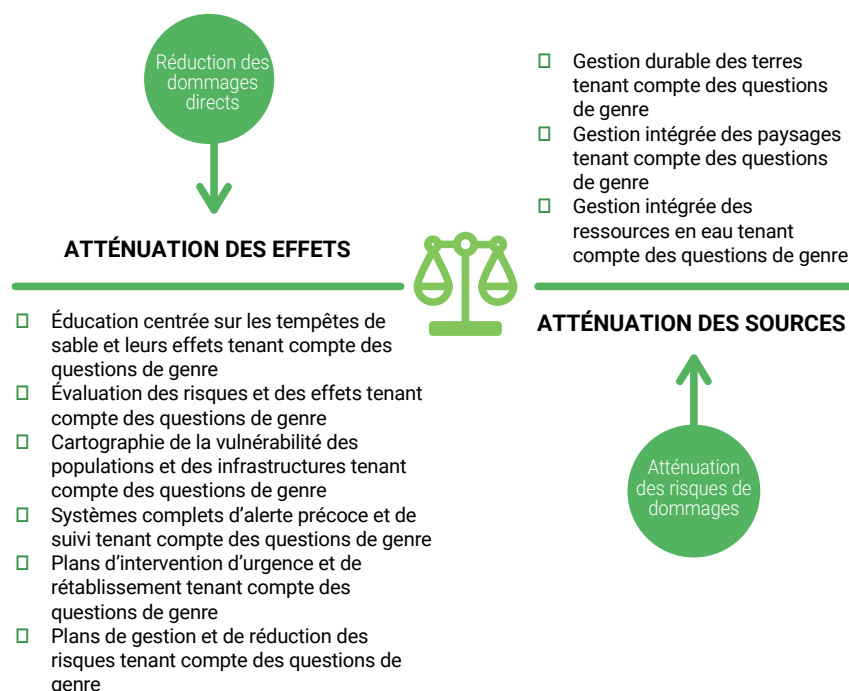
La gestion du risque de catastrophe posé par les tempêtes de sable et de poussière se décline en quatre volets : 1) déterminer la nature physique de l'aléa et la variabilité des facteurs physiques en fonction de l'espace et du temps ; 2) évaluer le niveau de vulnérabilité sociale et le degré de risque associés à l'aléa ; 3) élaborer et mettre en œuvre des mesures de préparation, d'intervention et de relèvement et, surtout, réduire les risques en amont ; 4) surveiller les effets des tempêtes de sable et de poussière et s'assurer de la mise en œuvre des mesures d'atténuation.

Il s'agit d'une démarche intersectorielle qui nécessite des interventions à court et à long terme, la mobilisation de multiples parties prenantes, ainsi que la sensibilisation des populations vulnérables aux tempêtes de sable et de poussière en tant qu'aléa et au risque de catastrophe qui en découle.

Les tempêtes de sable et de poussière sont un aléa naturel qui se produit lorsque plusieurs facteurs sont réunis, à savoir certaines conditions météorologiques, la présence géophysique de poussière et de sable minéraux et l'existence d'un relief terrestre particulier. Pour pouvoir déterminer le risque de tempête et y faire face, il est essentiel de connaître les conditions propices à leur formation, notamment la vitesse du vent, la taille des particules de sable et de poussière et le relief terrestre.

En s'appuyant sur le **Cadre directif pour les activités de plaidoyer aux fins de la lutte contre les tempêtes de sable et de poussière**, deux types d'interventions sont mises en place pour limiter les dégâts liés aux tempêtes de sable et de poussière : l'atténuation de leurs sources et l'atténuation de leurs effets. Combinées, elles composent une approche globale de la gestion du risque de catastrophe posé par les tempêtes de sable et de poussière à l'échelle locale comme à l'échelle mondiale (**figure 7**).

Figure 7.
Approche double
pour l'atténuation
des aléas liés aux
tempêtes de sable
et de poussière
afin de diminuer
les risques de
catastrophe



Source : d'après Middleton et Kang, 2017. 2017.

L'échelle spatiotemporelle des tempêtes de sable et de poussière est très variable. L'atténuation des sources et des effets nécessite donc une stratégie transversale, unifiée et coordonnée. Comme l'illustre la **figure 8**, cette stratégie requiert la participation de trois grands groupes :

- les organismes, institutions et autorités responsables de la définition des politiques de gestion des risques liés aux tempêtes de sable et de poussière et de la mise en œuvre des différents plans (réduction des risques, préparation, alerte et intervention) ;
- la communauté scientifique et le monde universitaire ;
- les communautés vulnérables touchées, qui doivent être spécialement formées à la réduction des risques. Cette catégorie comprend également le secteur privé, qui peut mettre en place des stratégies, des technologies et des activités visant à réduire les effets des tempêtes de sable et de poussière.

La **figure 8** montre que ce processus est de nature itérative : ces trois groupes interagissent en permanence pour tenter d'améliorer les politiques publiques et les activités à mettre en place pour réduire les effets des tempêtes de sable et de poussière. Les questions de genre sont également prises en compte : les tempêtes de sable et de poussière touchent différemment les femmes, les hommes, les filles et les garçons, et différentes solutions visant à réduire les effets leur sont présentées en fonction de leurs rôles sociaux et culturels. Une attention similaire est portée aux besoins des jeunes enfants et des personnes âgées et à tous ceux qui pourraient être touchés plus gravement que la population générale par une tempête de sable et de poussière.

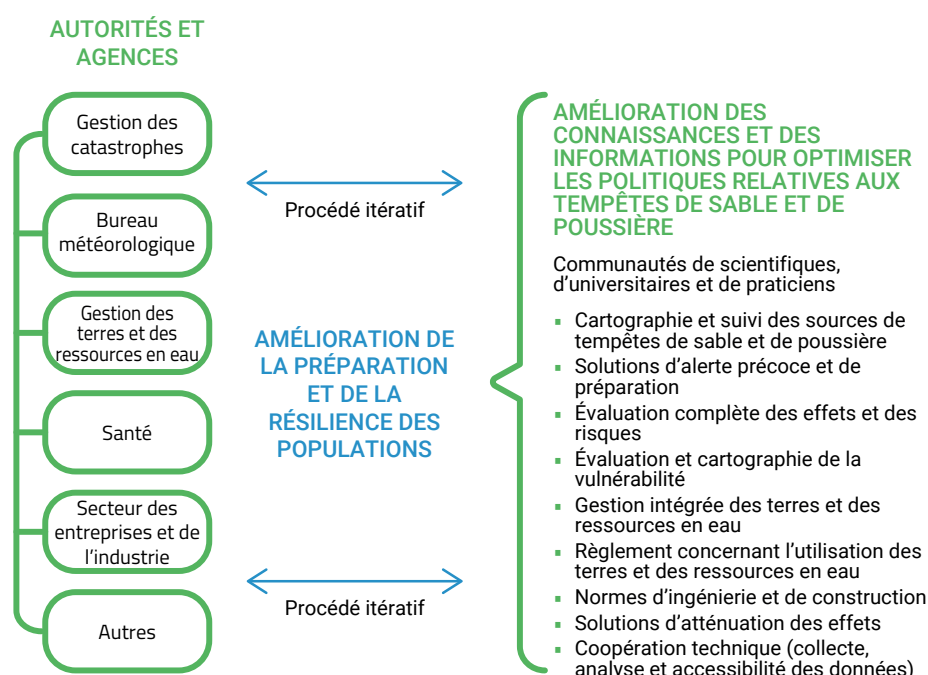


Figure 8.
Cadre de coordination et de coopération en matière de gestion des risques de tempêtes de sable et de poussière

4 — Égalité des genres et réduction des risques de catastrophe

Le Cadre d'action de Sendai pour la réduction des risques de catastrophe 2015-2030 précise qu'« il est crucial que les femmes participent à la gestion efficace des risques de catastrophe et prennent part à l'élaboration et à la mise en œuvre de politiques, de plans et de programmes de réduction des risques de catastrophe soucieux de la problématique hommes-femmes, ainsi qu'à l'allocation de ressources nécessaires ; il convient de prendre des mesures adéquates de renforcement des capacités pour donner aux femmes les moyens de se préparer et de trouver d'autres moyens de subsistance au lendemain d'une catastrophe » (Nations Unies, 2015a, paragr. 36 a) i)).

Les catastrophes ne touchent pas les femmes, les filles, les garçons et les hommes de la même façon. Les inégalités entre les genres peuvent limiter l'influence et le contrôle des femmes et des filles sur les décisions qui les concernent, ainsi que leur accès à des ressources telles que la finance, les denrées alimentaires, les intrants agricoles, les terres et la propriété, les technologies, l'éducation, la santé, un logement décent et l'emploi. En outre, les femmes et les filles risquent d'être plus vulnérables aux tempêtes de sable et de poussière que les hommes et les garçons, en raison des attentes sociales liées au genre, ainsi que des facteurs économiques qui les empêchent de participer pleinement à la prise de décisions et à l'éducation et restreignent leur accès aux financements et à l'information.

En dépit des progrès accomplis dans la mise en place de mesures de réduction des risques de catastrophe tenant compte des questions de genre, ces dernières sont encore rarement prises en compte dans les plans et stratégies de préparation aux catastrophes, les évaluations de la vulnérabilité et des risques et les systèmes d'alerte précoce (Nations Unies, 2015b). Cela se traduit par une participation inégale des femmes, des filles, des garçons et des hommes aux programmes de réduction des risques de catastrophe menés par les institutions et organisations à l'échelle locale et nationale.

Il s'ensuit que :

- les effets des aléas sur les femmes et les filles, ainsi que les risques spécifiques auxquels celles-ci sont exposées, ne sont pas reconnus ;
- les besoins et les capacités des femmes et des filles ne sont pas pris en compte dans les mesures de planification, de réduction des risques, d'interventions d'urgence et de relèvement.

Il en résulte une persistance des stéréotypes de genre et un accroissement de la vulnérabilité des femmes et des filles. Sachant que les femmes et les filles représentent environ la moitié de la population, les plans de réduction des risques et d'intervention ne sont, au mieux, qu'à moitié efficaces s'ils ne prennent pas en compte les questions de genre.

Dans le droit et les accords internationaux, la question de l'égalité des genres est au cœur des programmes de réduction des risques de catastrophe et de renforcement de la résilience. Sur le plan normatif, la communauté internationale s'est engagée, dans le cadre des efforts déployés en matière de réduction des risques de catastrophe, à se concentrer sur l'égalité des genres et les droits des femmes. Cet engagement prend appui sur des accords internationaux, notamment la **Convention sur l'élimination de toutes les formes de discrimination à l'égard des femmes**¹, la Déclaration et le Programme d'action de Beijing² ou les résolutions relatives à l'égalité des genres et à l'autonomisation des femmes lors des catastrophes naturelles adoptées par la Commission de la condition de la femme.³

¹ Le texte de la Convention sur l'élimination de toutes les formes de discrimination à l'égard des femmes est disponible à l'adresse suivante : <https://www.un.org/womenwatch/daw/cedaw/text/fconvention.htm>.

² Le texte de la Déclaration et du Programme d'action de Beijing est disponible à l'adresse suivante : <https://www.un.org/womenwatch/daw/beijing/pdf/BDPfA%20F.pdf>.

³ Pour référence : Cadre d'action de Hyogo pour 2005-2015 : Pour des nations et des collectivités résilientes face aux catastrophes. Disponible à l'adresse suivante : <https://www.unisdr.org/2005/wcdr/intergov/official-doc/L-docs/Hyogo-framework-for-action-french.pdf> ; Résolutions 56/2 et 58/2 sur l'égalité des genres et l'autonomisation des femmes lors des catastrophes naturelles adoptées par la Commission de la condition de la femme. Disponibles à l'adresse suivante : https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=E/2012/27&Lang=F et https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=E/2014/27&Lang=F.

Le **Cadre d'action de Sendai pour la réduction des risques de catastrophe 2015-2030** souligne l'importance de la participation des femmes aux programmes de renforcement de la résilience face aux catastrophes (Nations Unies, 2015a). De plus, la participation des femmes et des filles aux programmes de renforcement de la résilience des communautés est indispensable pour atteindre les ODD, en particulier l'**ODD 5 « Parvenir à l'égalité des sexes et autonomiser toutes les femmes et les filles »**. L'égalité des genres et l'autonomisation des femmes sont des questions transversales. De leur réussite dépend également la réalisation de nombreux autres ODD, notamment l'**ODD 1 « Pas de pauvreté »**, l'**ODD 11 « Villes et communautés durables »** et l'**ODD 13 « Mesures relatives à la lutte contre les changements climatiques »** (figure 3).

Les interventions ci-dessous (d'après PNUE, 2013) sont essentielles pour garantir la prise en compte des questions de genre tout au long du processus de planification de la gestion intégrée du risque de tempêtes de sable et de poussière :

1. Intégrer la question de l'égalité des genres dans les politiques, stratégies, plans d'action et programmes de gestion des risques liés aux tempêtes de sable et de poussière mis en œuvre dans les pays, les villes et les communautés ;
2. Accroître la participation et la représentation des femmes à tous les niveaux du processus décisionnel ;
3. Analyser les données relatives aux tempêtes de sable et de poussière et les données climatiques en tenant compte du genre et ventiler les données collectées par genre ;
4. Mener une analyse comparative entre les genres dans le cadre de l'élaboration du profil de risque, avec notamment un examen des rôles dévolus aux femmes et aux hommes dans les secteurs concernés par les tempêtes de sable et de poussière. Par exemple :
 - a. Quelle incidence les tempêtes de sable et de poussière ont-elles sur les moyens de subsistance des femmes et des hommes ?
 - b. En quoi les inégalités entre les genres existant au niveau de la prise de décisions et de la propriété de biens ou de l'accès à ces biens influencent-elles la capacité des femmes et des hommes à faire face à ces aléas ?
 - c. De quelles informations les femmes disposent-elles, et ont-elles besoin, pour mieux se préparer aux tempêtes de sable et de poussière ?
 - d. Comment cela se traduit-il concernant les différences de vulnérabilité et

- de capacité d'adaptation entre les femmes et les hommes ?
5. Veiller à ce que les femmes participent activement en tant qu'actrices du changement à tous les niveaux de préparation (systèmes d'alerte précoce, éducation, communication, information et constitution d'un réseau) ;
6. Envisager un réaménagement des ressources allouées aux interventions prévues, dans une optique d'amélioration de l'égalité des genres ;
7. Prendre des mesures visant à atténuer les effets néfastes des tempêtes de sable et de poussière sur les femmes, qui jouent un rôle crucial dans l'approvisionnement en eau, en nourriture et en énergie dans les zones rurales, en leur proposant du soutien et un meilleur accès aux services de santé, aux informations et aux technologies ;
8. Renforcer les capacités des groupes de femmes à l'échelle locale et nationale et leur fournir une plateforme adaptée afin qu'elles puissent faire entendre leurs besoins et leurs opinions ;
9. Intégrer des indicateurs liés au genre et ventiler les données par genre et par âge pour suivre les progrès dans la réalisation des objectifs en matière d'égalité des genres.



Encadré 1. Concepts et définitions

Le **genre** désigne les rôles, les comportements, les activités et les caractéristiques qu'une société donnée considère comme étant appropriés pour les hommes et les femmes à un moment donné. Outre les attributs sociaux, les opportunités associées au fait d'être un homme ou une femme et les relations entre les femmes, les hommes, les filles et les garçons, le genre concerne également les relations entre les femmes et les relations entre les hommes. Ces rôles, opportunités et relations relèvent d'une construction sociale et sont assimilés pendant le processus de socialisation. Ils s'inscrivent dans un cadre historique et temporel particulier et évoluent avec le temps. Le genre détermine ce qui est attendu, permis et valorisé chez une femme ou chez un homme dans un cadre donné. Dans la plupart des sociétés, il existe des différences et des inégalités entre les femmes et les hommes en matière d'assignation des responsabilités, d'activités exercées, d'accessibilité des ressources et de leur contrôle, ainsi que de pouvoir de décision. Le genre est une composante du cadre socioculturel au sens large, au même titre que les autres variables d'analyse socioculturelle, notamment la classe, l'appartenance et l'origine ethniques, le niveau de pauvreté, l'orientation sexuelle et l'âge.

Source : ONU-Femmes, « [Gender Mainstreaming – Concepts and definitions](#) », non daté.

Une **approche tenant compte des questions de genre** reconnaît et prend dûment en compte les besoins, les priorités, les rapports de force, le statut des hommes et des femmes ainsi que leurs relations lors de la conception, de la mise en œuvre et de l'évaluation des activités. Ce type d'approche vise à garantir aux femmes et aux hommes les mêmes chances de participer à une intervention et d'en bénéficier, et encourage la prise de mesures ciblées pour lutter contre les inégalités et promouvoir l'autonomisation des femmes.

Source : Fonds pour l'environnement mondial (FEM), « [Politique d'égalité des sexes du FEM](#) », 2017.

5 — Cadre d'évaluation des risques de tempêtes de sable et de poussière

La compréhension du danger que posent les tempêtes de sable et de poussière est essentielle à la gestion des risques qui y sont liés. Les résultats des évaluations des risques de tempête de sable et de poussière, qui découlent d'une analyse systématique tenant compte des différences entre les genres, permettent d'orienter les activités de prévention, de réduction des risques, de préparation, d'alerte, d'intervention et de relèvement.

Un risque est l'association de plusieurs éléments :

- un aléa d'une certaine ampleur, intensité, étendue géographique et fréquence (épisode) ;
- l'exposition directe ou indirecte de la population à cet aléa ;
- le degré de vulnérabilité sociale et physique à cet aléa ;

- la capacité de faire face aux conséquences liées à cet aléa. La capacité est considérée comme l'antidote à la vulnérabilité.

Il existe diverses méthodes d'évaluation des risques. Pour mener à bien ce type d'activité, il est nécessaire de faire un compromis entre le besoin d'exactitude, le coût et la rapidité d'obtention des résultats. Dans le présent recueil, nous présentons deux méthodes d'évaluation des risques : l'une repose sur une enquête menée auprès des populations vulnérables, et l'autre est fondée sur l'évaluation structurée des facteurs de risque par des spécialistes des tempêtes de sable et de poussière. La réalisation d'une évaluation des risques fondée sur une enquête (**figure 9A**) peut prendre de quelques semaines à plus d'un mois, selon la taille de l'échantillon et le nombre d'enquêteurs. Bien qu'il ne soit pas nécessaire que ce genre d'évaluation soit réalisée par des experts en tempêtes de sable et de poussière, leur participation peut être utile pour l'interprétation des résultats et la définition des mesures de gestion des risques.

Figure 9A.

Les neuf étapes du processus d'évaluation par enquête auprès de la population

- Étape 1 : Définir la raison d'être de l'évaluation
- Étape 2 : Définir la portée de l'évaluation
- Étape 3 : Collecter les données de référence
- Étape 4 : Concevoir l'enquête
- Étape 5 : Élaborer un questionnaire et planifier l'enquête de terrain
- Étape 6 : Obtenir l'autorisation de mener l'enquête
- Étape 7 : Mener l'enquête
- Étape 8 : Analyser et restituer les données
- Étape 9 : Diffuser et valider les résultats

Figure 9B.

Les sept étapes du processus d'évaluation mené par des spécialistes

- Étape 1 : Définir la raison d'être de l'évaluation
- Étape 2 : Définir la portée de l'évaluation
- Étape 3 : Mettre en place l'atelier d'évaluation
- Étape 4 : Collecter les données de référence
- Étape 5 : Faire circuler les informations en amont de l'atelier
- Étape 6 : Tenir l'atelier
- Étape 7 : Consigner, diffuser et valider les résultats

**Figures 9A et 9B.
Étapes du
processus
d'évaluation
des risques par
enquête et par
des spécialistes**

L'évaluation des risques menée par des spécialistes (**figure 9B**) est réalisée par des experts des tempêtes de sable et de poussière et d'autres domaines connexes (météorologistes, géographes, sociologues, agronomes, spécialistes du développement communautaire, du genre, de l'âge et du handicap, médecins, experts en santé publique, et ingénieurs responsables des infrastructures exposées aux risques posés par les tempêtes), pour développer une compréhension structurée des risques liés aux tempêtes de sable et de poussière. Cette évaluation par des spécialistes peut être réalisée lors d'une réunion d'une seule journée. Quelques jours de travail supplémentaires sont à prévoir pour préparer la réunion et rédiger le rapport de réunion.

Les deux approches tiennent compte de l'indisponibilité potentielle de données détaillées sur les tempêtes de sable et de poussière en tant qu'aléa et sur le niveau de vulnérabilité, notamment lorsqu'une évaluation préalable est nécessaire pour estimer le niveau de risque et élaborer des mesures de réduction des risques. Une proposition de questionnaire et d'autres conseils sont fournis dans le recueil complet.

Ces deux méthodes d'évaluation fournissent des résultats qui permettent de déterminer l'importance du risque et d'orienter les interventions, notamment en ce qui concerne :

- la politique de gestion des risques de tempêtes de sable et de poussière, en fournissant des éléments factuels d'identification des risques afin d'orienter l'élaboration des politiques de réduction de ceux-ci ;
- les alertes, en identifiant quels éléments déclencheurs sont les plus pertinents pour les populations vulnérables ;
- dispositifs d'intervention, en déterminant et en mettant en évidence les options d'intervention, en déterminant où certaines interventions spécifiques seraient les plus efficaces pour réduire les effets des tempêtes de sable et de poussière, et en définissant les stratégies d'adaptation et de survie utilisées par les populations à risque ;
- la réduction des risques, en déterminant où mettre en œuvre les mesures de réduction des risques et en fournissant des preuves justifiant le coût et la nature de ces interventions. Les résultats de l'évaluation des risques relatifs aux tempêtes de sable et de poussière peuvent également être intégrés à des évaluations et stratégies relatives à d'autres aléas (inondations, sécheresses, etc.).

Encadré 2. Principaux termes relatifs à l'évaluation des risques

- **Catastrophe** : « Perturbation grave du fonctionnement d'une communauté ou d'une société à n'importe quel niveau par suite d'événements dangereux, dont les répercussions dépendent des conditions d'exposition, de la vulnérabilité et des capacités de la communauté ou de la société concernée, et qui peuvent provoquer des pertes humaines ou matérielles ou avoir des conséquences sur les plans économique ou environnemental. »
- **Aléa** : « Processus, phénomène ou activité humaine pouvant faire des morts ou des blessés ou avoir d'autres effets sur la santé, ainsi qu'entraîner des dégâts matériels, des perturbations socioéconomiques ou une dégradation de l'environnement. »
- **Atténuation** : « La réduction ou la limitation des conséquences négatives d'un événement dangereux. »
- **Résilience** : « Capacité d'un système, d'une communauté ou d'une société exposés à des aléas de résister à leurs effets, de les résorber, de s'y adapter, de se transformer en conséquence et de s'en relever rapidement et efficacement, notamment en préservant et en rétablissant les structures et fonctions essentielles au moyen de la gestion des risques. »
- **Risque (de catastrophe)** : « Risque de pertes en vies humaines, de blessures, de destruction ou de dégâts matériels pour un système, une société ou une communauté au cours d'une période donnée, dont la probabilité est déterminée en fonction du danger, de l'exposition, de la vulnérabilité et des capacités existantes. »
- **Évaluation des risques (de catastrophe)** : « Étude qualitative ou quantitative visant à déterminer la nature et la portée du risque de catastrophe en analysant les aléas potentiels et les conditions actuelles d'exposition et de vulnérabilité, dont le cumul pourrait avoir pour effet de provoquer des dégâts humains et matériels, de perturber les services et d'hypothéquer les moyens de subsistance, en nuisant à l'environnement dont ils dépendent. »
- **Gestion des risques** : « Plans [qui] fixent des objectifs généraux et spécifiques en matière de réduction des risques et décrivent les mesures nécessaires pour les atteindre. »
- **Réduction des risques** : « Vise à empêcher l'apparition de nouveaux risques, à réduire ceux qui existent déjà et à gérer les risques résiduels pour renforcer la résilience et, partant, contribuer à la réalisation du développement durable. »
- **Vulnérabilité** : « Condition provoquée par des facteurs ou processus physiques, sociaux, économiques et environnementaux qui ont pour effet de rendre les personnes, les communautés, les biens matériels ou les systèmes plus sensibles aux aléas. »

Source : *Rapport du groupe de travail intergouvernemental d'experts à composition non limitée chargé des indicateurs et de la terminologie relatifs à la réduction des risques de catastrophe*. Disponible à l'adresse suivante : <https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N16/410/24/PDF/N1641024.pdf?OpenElement>

6 — Évaluation et cartographie de la vulnérabilité aux tempêtes de sable et de poussière au moyen d'un système d'information géographique

L'évaluation de la vulnérabilité sociale permet de détailler : 1) les catégories de personnes vulnérables aux tempêtes de sable et de poussière (grâce à des données ventilées par sexe, âge et statut de handicap) ; 2) le degré de vulnérabilité ; 3) les causes de cette vulnérabilité. Cette cartographie renseigne les décideurs et les responsables publics sur la gravité et l'étendue du risque, ainsi que sur les populations les plus vulnérables. Elle

fournit également aux autorités locales, aux responsables des services d'urgence, de santé et de protection sociale, aux représentants de la société civile et aux autres parties prenantes des informations qui leur permettent d'orienter les efforts de gestion des risques.

La vulnérabilité sociale présente une forte variabilité spatiotemporelle, d'où l'utilité de recourir à une plateforme fondée sur un système d'information géographique (SIG) pour plus d'efficacité. La vulnérabilité n'est pas une propriété intrinsèque qui peut être observée ou mesurée directement. Elle doit être déduite d'un ensemble de variables (indicateurs) qui permettent d'estimer l'exposition, la sensibilité et la capacité d'adaptation.

Encadré 3. Principaux termes relatifs à l'évaluation de la vulnérabilité au moyen d'un SIG

- **Vulnérabilité** : elle est fonction de trois éléments interactifs : 1) l'exposition au changement ; 2) les sensibilités associées ; 3) les capacités d'adaptation connexes. Plus le degré d'exposition ou de sensibilité est élevé, plus le niveau de vulnérabilité s'accroît.
- **Exposition** : la nature et l'ampleur du risque encouru par les éléments d'un système exposés à un aléa d'origine naturelle ou anthropique.
- **Sensibilité** : un indicateur mesurant à quel point un système est modifié ou touché par un aléa.
- **Capacité d'adaptation** : la capacité à faire face aux éventuelles incidences négatives d'une catastrophe, à les gérer, à s'en relever et à s'y adapter. Le genre, l'âge et l'état de santé doivent être pris en compte dans la définition de la capacité d'adaptation.

Une pratique courante pour estimer la vulnérabilité consiste à utiliser des mesures de substitution des composantes de la vulnérabilité, puis à les agréger pour obtenir un « score » de vulnérabilité global. Les indicateurs relatifs à la santé humaine, aux aspects socioéconomiques, à l'environnement et à l'agroécosystème sont essentiels pour évaluer la vulnérabilité.

Lors du choix des indicateurs, trois questions doivent se poser :

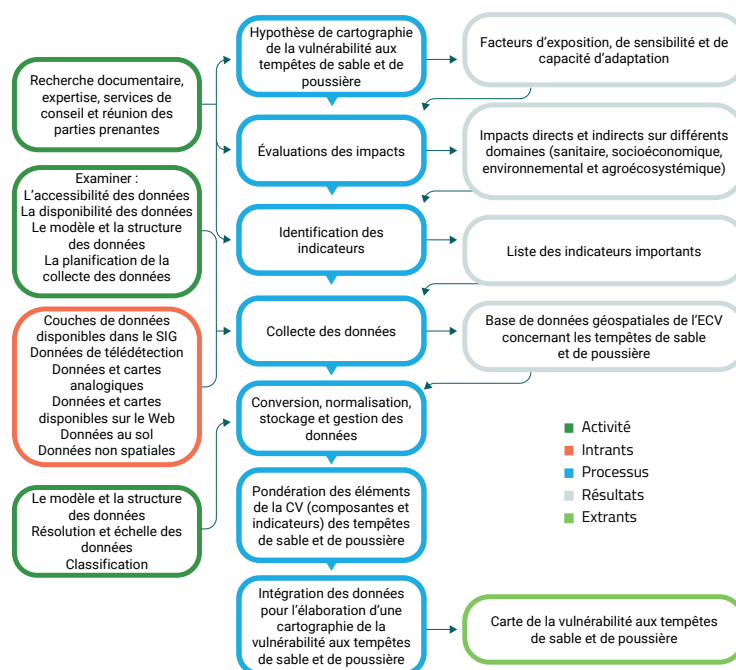
- Question 1 : En quoi les indicateurs (couche de données SIG) contribuent-ils à la vulnérabilité aux tempêtes de sable et de poussière ?
- Question 2 : De quelle(s) composante(s) (exposition, sensibilité ou capacité d'adaptation) l'indicateur en question relève-t-il ?

- Question 3 : À quel niveau d'analyse (local, sectoriel, national ou international) l'indicateur se rapporte-t-il ?

Plusieurs aspects techniques doivent être pris en compte dans le processus d'évaluation et de cartographie, dont la conformité des données dans un modèle et une structure de données géométriques similaires ; la transposition d'une source de données non géométriques dans une représentation spatiale ; l'unification des différentes échelles de mesure utilisées pour les indicateurs (notamment la mise à l'échelle et la normalisation) et la pondération des données (**figure 10**).



Figure 10.
Processus de
cartographie de
la vulnérabilité au
moyen d'un SIG



Remarque : CV : cartographie de la vulnérabilité ; ECV : évaluation et cartographie de la vulnérabilité.

7 — Cadre d'évaluation de l'impact économique des tempêtes de sable et de poussière

Il est essentiel de mesurer l'impact économique des tempêtes de sable et de poussière, car cela permet de déterminer s'il est possible de limiter le coût de ces phénomènes en investissant dans des projets d'atténuation des risques. Les gouvernements devraient aussi inclure ces coûts dans les rapports qu'ils présentent au titre du Cadre de Sendai⁴.

Il est important de rappeler que les mesures d'atténuation bénéficient en premier lieu aux individus, mais que leur coût est en majorité supporté par les États ou par des organismes publics. Ainsi, même si un programme d'atténuation peut être rentable, l'organisme de financement concerné n'est pas toujours en mesure de le financer.

Des projets de limitation des émissions de poussières peuvent également être mis en place dans les zones sources de tempêtes dans d'autres pays que celui touché, car il a été démontré que les particules de poussière en suspension dans l'air parcouraient de longues distances. La région source et la région touchée par

l'impact peuvent donc être séparées par une distance considérable. C'est pourquoi les pays qui bénéficient d'un programme d'atténuation ou qui le financent ne sont pas toujours ceux qui sont le plus touchés. Toutefois, le principal critère de décision reste la supériorité des avantages nets du programme (somme des avantages dans les régions sources et les régions touchées) par rapport à son coût.

Plusieurs types de coûts sont à prendre en compte dans l'évaluation de l'impact économique des tempêtes. Ces coûts peuvent être : 1) directs, lorsqu'ils sont associés aux répercussions immédiates d'une catastrophe ; 2) indirects, lorsqu'ils résultent de la perturbation des activités économiques ou d'autres perturbations similaires occasionnées par la catastrophe. Les coûts liés aux tempêtes de sable et de poussière sont également calculés selon qu'ils se produisent sur site ou hors site.

Les **coûts sur site** sont généralement liés à la perte de sol et de sable et, par conséquent, à la perte de nutriments et de matières organiques, notamment le carbone. Les effets à long terme sur la production agricole dans les zones sources peuvent être considérables. Les dommages infligés dans ces zones aux systèmes

4 Voir <https://sendaimonitor.undrr.org/>.

d'irrigation ou de distribution d'eau, les clôtures arrachées, la perte de bétail et de fourrage, la destruction des cultures et le déblayage des routes engendrent également des coûts sur site. La poussière peut aussi contenir du carbone, ce qui pourrait s'avérer intéressant pour les propriétaires fonciers, en particulier si dans le futur les systèmes de séquestration du carbone et les marchés du carbone deviennent plus fonctionnels.

Les coûts hors site (encadré 4) dépendent de nombreux facteurs, principalement du niveau d'activité économique dans la région touchée. Ces coûts concernent, entre autres, les domaines du transport, de la santé, du nettoyage des habitations, du commerce et de la production, ainsi que de l'agriculture (notamment la perte de bétail et de récoltes et/ou la détérioration de leur qualité).

Encadré 4. Postes spécifiques de coûts hors site

- **Transports** – tout événement à l'origine d'une perturbation des capacités de transport ou de la circulation des véhicules est susceptible d'engendrer d'importantes pertes économiques. Toutefois, l'incidence des tempêtes de sable et de poussière sur la durée de déplacement et les coûts de transport peut être difficile à estimer.
- **Santé** – les effets des tempêtes de sable et de poussière sur la santé ainsi que les coûts associés sont difficilement quantifiables, en raison des différences entre les données rapportées par les différents pays ou régions et des différences entre les analyses des données. Une question soulevée dans de nombreuses études portant sur les effets de la poussière sur la santé est celle de l'attribution de ces derniers. Par exemple, une partie vulnérable de la population, notamment les personnes souffrant de problèmes cardiopulmonaires préexistants, peut présenter un taux de mortalité ou de morbidité plus élevé durant une tempête de sable et de poussière, à cause de l'exacerbation de maladies préexistantes. La question est donc de savoir si les effets de la poussière sur la santé doivent être considérés comme directs ou indirects.
- **Nettoyage des habitations** : les recherches ont révélé que les coûts directs des tempêtes de sable et de poussière (nettoyage de l'intérieur et de l'extérieur des habitations, réparation et entretien des structures et des véhicules) sont en majeure partie supportés par les ménages.
- **Commerce et production** : les effets des tempêtes de sable et de poussière sur le secteur commercial sont très difficilement mesurables. Pour certains produits, les clients n'ayant pas pu effectuer leurs achats pendant la tempête viendront les effectuer plus tard, ce qui évite la perte de revenus pour les commerces concernés. En revanche, les denrées et produits périssables doivent parfois être jetés faute de clients durant la tempête, ce qui entraîne une perte de chiffre d'affaires pour les commerçants. Il en va de même pour les achats non indispensables (boissons à emporter, par exemple). D'autres coûts indirects peuvent être supportés par le secteur commercial en cas de retards de livraison des biens nécessaires à la production ou à de retards d'acheminement des produits finis.
- **Les filières de production** peuvent être touchées par les tempêtes lorsque les particules pénètrent à l'intérieur des locaux de production ou à cause de retards de livraison des matériaux utilisés dans la production. Un autre coût est celui de l'absentéisme : les employés doivent parfois s'absenter pour s'occuper de leurs proches, notamment de leurs enfants en cas de fermeture des établissements scolaires. Il a été démontré que l'absentéisme diminue la productivité. S'il fait suite à une tempête de sable et poussière, il doit être intégré aux coûts.
- **Agriculture** : les tempêtes de sable et de poussière ont un coût pour le secteur agricole, car elles provoquent :
 1. La destruction des récoltes ou la baisse des rendements ;
 2. La baisse de la production animale, en raison de la mort des animaux ou d'une moindre production de lait ou de viande ;
 3. Des dommages aux infrastructures.

Les pertes en cultures annuelles sont dues à l'ensevelissement des semis ou des cultures sous le sable, à la destruction des tissus végétaux et à la baisse de l'activité photosynthétique sous l'effet des particules de sable. Ceci peut mener à une perte totale de la récolte dans une région particulière, ou à une perte de rendement due à la destruction partielle des cultures, ou à la réduction ou au ralentissement de la

croissance des plants. Des effets similaires sont observés sur les cultures pérennes, avec une perte des récoltes ou une baisse des rendements de l'année en cours. Des effets à plus long terme peuvent également être observés sur certaines cultures pérennes en raison des dommages subis par les arbres ou les plants (endommagement du collet de la luzerne, par exemple), ce qui donne lieu à une baisse de la production au cours des années suivantes.

La production animale peut également être touchée de plusieurs façons. La production laitière peut baisser durant une tempête, ce qui se traduit pour les éleveurs par une perte de revenus non compensée par une réduction des coûts. Les animaux restés à l'extérieur durant l'événement peuvent être blessés ou stressés, et leur productivité et leur croissance peuvent s'en ressentir.

Les éleveurs peuvent également accuser des pertes de bétail, soit en raison de la mort des animaux (notamment par suffocation durant les fortes tempêtes), soit par suite de leur fuite pendant la tempête. La destruction ou l'endommagement des matières premières (pâturages et cultures fourragères) peuvent également engendrer des dépenses supplémentaires pour les éleveurs, qui sont alors obligés de se procurer de nouvelles rations pour le bétail.

Les autres répercussions négatives sont notamment les dommages causés aux infrastructures agricoles (ensevelissement des canaux d'irrigation par les sédiments, voies de communication recouvertes, etc.), ainsi que la réduction de la qualité de l'air et de l'eau des rivières et des ruisseaux.

Dans les régions touchées, les tempêtes de sable et de poussière ont d'autres conséquences financières, notamment en raison : 1) du ralentissement des activités de construction et d'exploitation minière, en raison de risques pour la santé et la sécurité sur les chantiers ou sur les sites miniers ; 2) de l'augmentation de l'activité des services d'urgence, à cause des accidents de la route ou de la circulation ou des ambulances transportant des patients souffrant de problèmes de santé liés à la poussière ; 3) des dommages causés aux infrastructures publiques telles que les lignes électriques ou les pylônes. Les tempêtes de sable et de poussière peuvent aussi avoir des répercussions sur les activités culturelles, de loisir et sportives, dont le coût économique variera en fonction du type de manifestation touchée.

En règle générale, les avantages immédiats des tempêtes de sable et de poussière sont peu nombreux et relativement faibles par rapport aux coûts hors site. Les avantages principaux sont le dépôt de nutriments sur les sols et le dépôt d'éléments nutritifs et minéraux dans les masses d'eau, en particulier les océans. Il arrive que les tempêtes charrient des nutriments pour les sols, tels que l'azote, le phosphore et le potassium, ainsi que le carbone organique. Lorsqu'ils se déposent, ces éléments peuvent être absorbés par les cultures et les pâturages situés sur le trajet de la tempête.

De multiples méthodes existent pour mesurer l'impact économique des tempêtes de sable et de poussière et évaluer la

rentabilité des programmes d'atténuation (**tableau 1**). Toutefois, compte tenu de la multiplicité des ressources disponibles pour collecter et analyser les données sur l'impact économique de ces tempêtes dans les pays, il est recommandé d'adopter une approche relativement simple, qui associe comptabilité analytique et enquêtes. Ces dernières sont utilisées pour quantifier les coûts qui peuvent être cachés, comme les dépenses de nettoyage des logements. Cette méthode permet de réaliser des comparaisons entre les pays ou régions puisque le même modèle de référence est utilisé.



Méthode d'évaluation des effets	Niveau de données requis	Compétences en analyse	Avantages de la méthode	Inconvénients de la méthode	Application à l'analyse des effets des tempêtes de sable et de poussière
Modèle d'équilibre général calculable (MEGC)	Très élevé : nécessite un jeu de données englobant tous les secteurs économiques.	Très élevées : requiert l'élaboration d'une matrice de comptabilité sociale.	Utile pour l'analyse d'un épisode ponctuel.	Nécessite une année de contrôle.	Pas appliquée aux tempêtes de sable et de poussière. A été appliquée à des catastrophes ponctuelles : Rose et Lim (2002), séisme en Californie ; Horridge, Madden et Wittwer (2005), sécheresse en Australie.
Analyse entrées-sorties	Très élevé : nécessite un jeu de données englobant tous les secteurs économiques.	Très élevées : requiert l'élaboration d'une matrice de comptabilité sociale.	Utile pour l'analyse d'un épisode ponctuel.	Nécessite une année de contrôle.	Ai et Polenske (2008), effet des tempêtes de sable et de poussière sur Beijing.
Enquêtes	Moyen : requièrent un taux satisfaisant de réponse.	Moyennes, mais élevées en ce qui concerne la conception de l'enquête et l'échantillonnage.	Simplicité ; facilité d'exécution pour les analystes peu qualifiés. Extrapolation possible à des événements répétitifs au départ d'événements ponctuels.	La collecte de données de qualité et en quantité suffisante pour réaliser une analyse exhaustive peut être onéreuse.	Huszar et Piper (1986), effets de plusieurs tempêtes de sable et de poussière sur le Nouveau-Mexique.
Méthode hybride	Moyen à élevé.	Moyennes à élevées. Requiert des compétences pour identifier les données existantes et les données manquantes.	Relativement simple ; permet de déterminer l'effet global à condition que les données soient complètes. Extrapolation possible à des événements répétitifs au départ d'événements ponctuels.	Si les données sont lacunaires ou mal collectées, les résultats obtenus seront médiocres.	Tozer et Leys (2013), tempête de sable et de poussière en Australie ; Miri <i>et al.</i> (2009), plusieurs tempêtes de sable et de poussière dans la région du Sistan, en Iran.

Tableau 1.
Tableau récapitulatif des méthodes, des données requises et des compétences exigées

L'analyse coûts-bénéfices présente une difficulté majeure : estimer les coûts et/ou les bénéfices liés à des éléments, tels que les avantages environnementaux, les services écosystémiques ou les avantages sociaux (notamment la santé et l'égalité des genres), qui peuvent être touchés par les tempêtes de sable et de poussière, mais qui ne présentent pas de valeur marchande définissable ou qui ne peuvent pas être évalués au moyen de techniques fondées sur le marché.

Il existe deux catégories de techniques d'évaluation non marchande : les préférences révélées et les préférences déclarées. En ce qui concerne les préférences révélées, plusieurs méthodes d'évaluation existent, notamment la méthode des prix hédoniques, la méthode du coût du voyage, la méthode d'évaluation contingente, la méthode de modélisation des choix et la méthode d'analyse expérimentale (**encadré 5**).

Encadré 5. Méthodes pour les préférences révélées utilisées dans l'analyse coûts-bénéfices de l'évaluation de l'impact économique des tempêtes de sable et de poussière

- **Méthode des prix hédoniques.** Avec la méthode des prix hédoniques, le « produit » est considéré non pas comme une simple entité, mais comme une série d'attributs, de qualités et de caractéristiques que le consommateur souhaite acquérir et pour lesquels il est prêt à payer. Le prix que le consommateur paie pour un produit reflète la « valeur » qu'il accorde à chaque attribut de ce produit (Costanigro et McCluskey, 2011).
- **Méthode du coût du voyage.** La méthode du coût du voyage se fonde sur le comportement du consommateur pour mesurer la valeur que ce dernier accorde à des « biens » tels que les sites présentant une importance pour le patrimoine environnemental ou culturel (Hanley et Spash, 1993). Elle permet de calculer le montant que les consommateurs acceptent de dépenser pour voyager vers un tel site. Ces dépenses comprennent les frais de déplacement (avion, voiture, etc.), le prix d'entrée, les frais d'hébergement, les frais d'équipement (matériel de camping, par exemple) et les dépenses effectuées sur place (restauration, etc.). La multiplication des frais de voyage par le nombre attendu de visiteurs sur un site permet d'estimer la « valeur » du site en question.
- **Méthode d'évaluation contingente.** Cette méthode s'appuie sur la réalisation d'enquêtes auprès des consommateurs, généralement sous forme d'expérience contrôlée, à qui l'on demande combien ils accepteraient de payer pour un produit ou un service donné présentant certaines caractéristiques. Dans les analyses environnementales ou d'écosystèmes, on demande aux « consommateurs » combien ils accepteraient de payer pour utiliser les services fournis par un écosystème ou par une zone naturelle sensible, ou quelle compensation monétaire ils accepteraient de recevoir pour la perte de ces services (Ninan, 2014).
- **Méthode de modélisation des choix.** La méthode de modélisation des choix est quasiment identique à la méthode d'évaluation contingente, sauf qu'au lieu d'évaluer les services fournis par les écosystèmes et les zones naturelles sensibles, on demande aux « consommateurs » d'évaluer les caractéristiques environnementales spécifiques d'une zone, puis de choisir entre plusieurs alternatives comportant différents niveaux de caractéristiques (Ninan, 2014).
- **Méthode d'analyse expérimentale.** L'analyse expérimentale vise à combler certaines lacunes des méthodes des préférences déclarées, telles que le « biais hypothétique », c'est-à-dire l'écart entre le prix que les personnes interrogées se disent prêtes à payer (leur consentement à payer) et le prix qu'elles vont réellement payer (leur comportement réel). De l'argent réel est parfois utilisé pour mieux évaluer le consentement à payer des consommateurs. Cela peut partiellement éliminer le biais hypothétique que l'on retrouve souvent dans les réponses qui n'entraînent pas de conséquence.

8 — Conséquences des tempêtes de sable et de poussière pour la santé

Depuis la fin des années 1900, les conséquences des tempêtes de sable et de poussière pour la santé sont de plus en plus étudiées. En particulier, l'évolution de la pollution dans les zones touchées par les tempêtes a été étudiée afin de comprendre son effet sur la santé.

Deux difficultés doivent être surmontées pour prendre la mesure de ces conséquences. Premièrement, la détermination de l'exposition des individus et des populations peut être envisagée de plusieurs façons. Deuxièmement, il est difficile d'obtenir des données sur la santé dans de nombreuses zones touchées par les tempêtes. La plupart des études à ce jour ont été menées en Asie de l'Est, en Europe et au Moyen-Orient, mais très peu d'entre elles ont été réalisées en Afrique de l'Ouest.

Des études épidémiologiques, qui examinent principalement les effets à court terme des tempêtes de sable et de poussière sur la mortalité et la morbidité, et les revues systématiques présentent des résultats divergents. On observe une augmentation du risque de mortalité liée à une maladie cardiovasculaire, et de morbidité liée à des problèmes respiratoires et l'asthme chez l'enfant.

Les effets des particules de sable et de poussière en suspension sur la santé restent encore incertains, ce qui nécessite des recherches supplémentaires. Pour cette raison, et compte tenu des lacunes dans les données sur la morbidité et la mortalité liées aux tempêtes de sable et de poussière, aucune estimation spécifique n'a encore été réalisée concernant leurs effets négatifs sur la santé.

9 — Cartographie des sources de tempêtes de sable et de poussière

Les sources de tempêtes de sable et de poussière sont des zones où la couche superficielle du sol est relativement sèche et non protégée, dépourvue de végétation, non recouverte de neige, de glace ou d'eau, non gelée et contenant des particules susceptibles de s'envoler sous l'effet du vent. La dynamique des sources et l'érodibilité du sol dépendent du climat, des conditions météorologiques (vitesse du vent, sécheresse, etc.), de l'état et des caractéristiques de la couche supérieure du sol, ainsi que de l'activité humaine.

La dynamique des sources est liée aux changements saisonniers de la couverture végétale et neigeuse, à l'existence de masses d'eau ou à leur évolution en étendue et au gel potentiel du sol. Ces variations modifient sensiblement la répartition géographique des zones sources. Les sols contenant des particules fines, généralement des particules d'argile et de limon dont la taille ne dépasse pas 50 à 60 µm de diamètre, sont plus sensibles à l'érosion éolienne. Les émissions de poussière sont plus importantes là où le sol est meuble et perturbé.

Bien connaître les zones sources de tempêtes de sable et de poussière est essentiel pour évaluer leurs risques et leurs effets, planifier les activités d'atténuation, établir des prévisions et mettre en place des systèmes d'alerte précoce. Pour établir une cartographie de la répartition spatiotemporelle de ces zones, il est indispensable de comprendre les facteurs et les mécanismes de leur formation et de leur activation.

Il existe deux méthodes pour cartographier les sources de tempêtes de sable et de poussière. La première s'appuie sur les données provenant de précédentes tempêtes : plus la période couverte sera longue, plus la cartographie sera précise. Cette méthode donne un bon aperçu des sources les plus importantes et les plus actives, y compris aux échelles mondiale et régionale. Cependant, elle présente plusieurs inconvénients : 1) l'absence de continuité spatiale et temporelle des observations ; 2) la résolution cartographique relativement plus faible que celle obtenue en utilisant les paramètres liés au sol ; 3) l'oubli ou la sous-estimation des épisodes courts ou locaux sont possibles.

La seconde méthode de cartographie se fonde sur des données relatives à l'état de la surface du sol, et particulièrement l'évaluation de la possibilité d'érosion éolienne. Les paramètres du sol qu'il est nécessaire de connaître afin d'élaborer les cartes sont notamment la texture, la structure, l'humidité et la température du sol, la distribution en taille des particules, la couverture terrestre et le gel éventuel du sol.

Cette méthode présente plusieurs avantages : 1) la prise en compte d'informations sur l'état de la surface du sol, telles que les caractéristiques du sol et l'utilisation des terres ; 2) la détection et la délimitation de sources localisées ; 3) le recensement de sources saisonnières dormantes ou de faible ampleur. Toutefois, comme cette méthode nécessite de disposer d'une combinaison complexe de données provenant de diverses sources, les informations concernant les caractéristiques et l'analyse des sols risquent d'être incomplètes.

10 — Observation, surveillance et modélisation des tempêtes de sable et de poussière

Les analyses de poussière peuvent être effectuées au moyen d'outils de télédétection ou *in situ*. Pour surveiller et prévoir la présence de poussières en temps réel, les météorologistes opérationnels utilisent en règle générale des produits multispectraux générés à partir de mesures effectuées par des instruments embarqués sur des satellites géostationnaires. Les satellites géostationnaires de dernière génération (**figure 11**) constituent un outil essentiel pour la surveillance atmosphérique, car ils associent l'avantage d'être situés en orbite géosynchrone (prise d'images fréquentes sur de vastes zones) avec les capacités des radiomètres à haute résolution et la disponibilité en temps quasi réel. L'utilisation d'images satellites pour surveiller les tempêtes de sable et de poussière fait néanmoins face à plusieurs défis : 1) la difficulté à évaluer avec certitude l'altitude des particules de poussière ; 2) le faible niveau de détectabilité des particules en suspension (aérosols) sur les surfaces brillantes, telles que les déserts ; 3) l'impossibilité de détecter les couches de poussière situées sous la couverture nuageuse.

Figure 11.
Tempête de
poussière
dans le désert
de Gobi



Remarque : Le 8 mars 2013, des panaches de poussière se sont élevés du désert de Gobi et déplacés le long de la frontière entre la Chine et la Mongolie. Des vents violents ont charrié la poussière pendant plusieurs jours. Le 13 mars, le nuage a atteint la province de Henan à l'est de la Chine, et le bassin du Sichuan plus au sud. Cette image en couleurs réelles a été prise par le spectromètre imageur à résolution modérée (MODIS) du satellite Terra de l'Agence spatiale des États-Unis (NASA).

Source : NASA/GSFC/Jeff Schmaltz/Équipe d'intervention rapide terrestre MODIS, 2013.

La collecte d'informations *in situ* sur les tempêtes de sable et de poussière est également indispensable pour garantir une surveillance et des prévisions efficaces. Cela se fait entre autres grâce aux stations de mesure au sol, aux réseaux de surveillance de la qualité de l'air, aux relevés météorologiques et à l'observation de la visibilité. Ces mesures présentent des avantages et des inconvénients différents en fonction du lieu et de la méthode employée. Par exemple, les observations de la visibilité consignées dans les relevés météorologiques peuvent être utilisées pour détecter les tempêtes de poussière antérieures, tandis que les rapports émis par les stations météorologiques, fondés sur le code synoptique de l'OMM, peuvent être utilisés pour détecter les particules de sable et de poussière en suspension dans l'air.

Des informations détaillées sur les méthodes employées pour la surveillance et la caractérisation de la poussière

(distribution en taille des particules, composition globale et propriétés optiques) sont fournies dans la synthèse de Rodríguez *et al.* (2012), qui contient également une liste d'ouvrages de référence. Le programme de Veille de l'atmosphère globale (VAG) de l'OMM, fer de lance de ce domaine depuis 2004 à la demande de plus de 40 pays, prévoit l'observation complète, intégrée et durable des aérosols à l'échelle mondiale grâce à un consortium de réseaux de recherche sur les aérosols, qui complète les données collectées par les aéronefs, les satellites et les agences de l'environnement (OMM, 2009).

L'OMM a mis en place le Système d'annonce et d'évaluation des tempêtes de sable et de poussière (SDS-WAS). Celui-ci assure la conception, le perfectionnement et la distribution de produits qui peuvent être utilisés pour réduire les effets néfastes des tempêtes de sable et de poussière et pour en évaluer les effets sur les populations et l'environnement.

Encadré 6. Service Copernicus de surveillance de l'atmosphère : une initiative européenne

Depuis 2008, le Centre européen pour les prévisions météorologiques à moyen terme (CEPMET) fournit des prévisions quotidiennes sur les aérosols (y compris les poussières) dans le cadre de projets successifs financés par l'Union européenne. Un descriptif détaillé du modèle de prévision et d'analyse, notamment en ce qui concerne les aérosols, est fourni dans Morcrette *et al.* (2009) et Benedetti *et al.* (2009).

Ces efforts ont permis l'incorporation des prévisions de poussières atmosphériques de manière opérationnelle dans le Service Copernicus de surveillance de l'atmosphère (CAMS), qui fournit des prévisions quotidiennes mondiales sur la poussière jusqu'à cinq jours à l'avance et alimente en données le Système d'annonce et d'évaluation des tempêtes de sable et de poussière (SDS-WAS) de l'OMM. Toutes ces données sont disponibles gratuitement en ligne via <http://www.copernicus-atmosphere.eu> et sur les sites des centres régionaux du SDS-WAS de l'OMM. Un exemple est fourni ci-dessous. Actuellement, outre le CAMS et le CEPMET, six autres modèles de prévision des déplacements de poussière à l'échelle mondiale, mis au point par différents centres nationaux, fournissent des données au SDS-WAS de l'OMM (OMM, 2020).

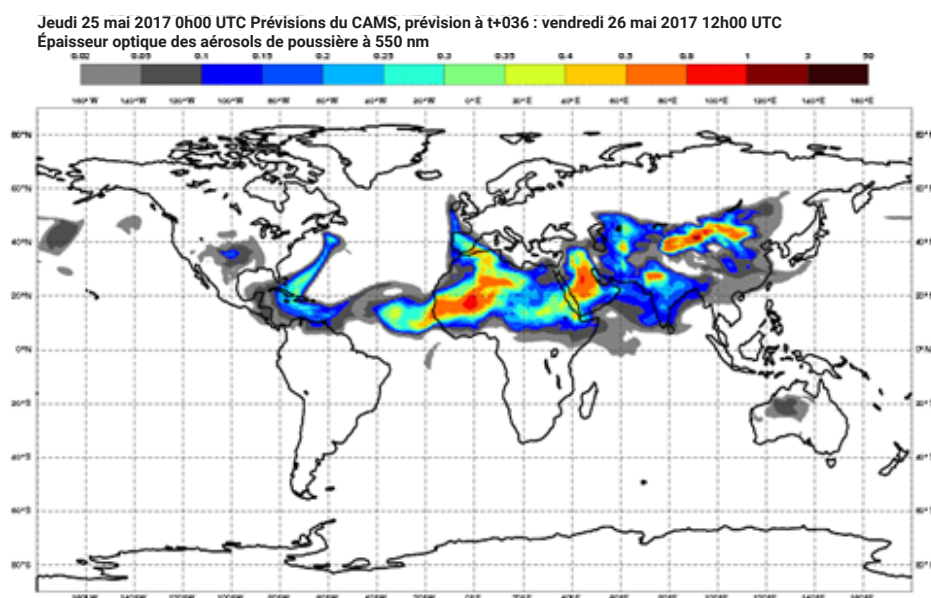


Figure 12.
Prévision à
36 heures de
l'épaisseur optique
des aérosols
constitués de
poussière établie
le 26 mai 2017 à
12 h UTC, fournie
par le CAMS

Source : CAMS, 2017 : <https://www.copernicus.eu/fr/services/atmosphere>.

Les modèles de prévision météorologique numérique ont été perfectionnés en y intégrant des modules sur le déplacement et la transformation des composants de l'atmosphère (y compris les poussières), ce qui permet de prévoir les concentrations de composants atmosphériques tels que les poussières minérales, et de remédier aux limitations de l'observation *in situ*.

Ces modèles numériques sont étroitement liés aux systèmes de prévision des tempêtes de sable et de poussière. Le SDS-WAS de l'OMM est opérationnel à l'échelle mondiale depuis 2007. Le *Bulletin de l'OMM sur les poussières atmosphériques*, publié chaque année, décrit la dynamique des tempêtes de sable et de poussière et les épisodes de forte intensité survenus au cours de l'année écoulée (OMM, 2017-2020).

Les pays sont ainsi plus aptes à fournir, en temps opportun, des prévisions, des données d'observation, des informations et des connaissances de qualité concernant les tempêtes de sable et de poussière via un partenariat international entre les secteurs de la recherche et de l'exploitation opérationnelle (Nickovic *et al.*, 2015 ; Terradellas *et al.*, 2015 ; Basart *et al.*, 2019 ; OMM, 2020). Véritable pôle international de recherche, de centres opérationnels et d'utilisateurs finaux, le SDS-WAS (<https://public.wmo.int/fr/notre-mandat/domaines-d%E2%80%99action/environnement/temp%C3%A4tes-de-sable-et-de-poussi%C3%A8re>) est actuellement divisé en trois pôles régionaux :

- le pôle régional pour l'Afrique du Nord, le Moyen-Orient et l'Europe, coordonné par un centre régional à Barcelone, en Espagne, situé dans les locaux de l'Agence météorologique d'État de l'Espagne et du Barcelona Supercomputing Center (Centre de supercalculateurs de Barcelone) (**encadré 7**) ;
- le pôle régional pour l'Asie, coordonné par un centre régional à Beijing, en Chine, situé dans les locaux de l'Administration météorologique chinoise (**encadré 8**) ;
- le pôle régional panaméricain, coordonné par un centre régional à Bridgetown, à la Barbade, situé dans les locaux de l'Institut de météorologie et d'hydrologie des Caraïbes (**encadré 9**).

Encadré 7. Centre régional du SDS-WAS de l'OMM pour l'Afrique du Nord, le Moyen-Orient et l'Europe

Le Centre régional du SDS-WAS de l'OMM pour l'Afrique du Nord, le Moyen-Orient et l'Europe, basé à Barcelone, collecte des prévisions élaborées à partir de différents modèles numériques et les publie chaque jour sur son site Internet (<https://sds-was.aemet.es>). Cette initiative connaît un bel essor et regroupe un nombre croissant de partenaires.

À l'heure actuelle, 12 groupes de modélisation fournissent toutes les trois heures des prévisions sur le niveau de concentration de la poussière en surface et sur l'épaisseur optique des poussières à 550 nm, sur une zone géographique s'étendant de 25° ouest à 60° est en longitude et de 0° à 65° nord en latitude. Cette zone englobe les sources principales en Afrique du Nord et au Moyen-Orient, ainsi que les principaux axes de transport et zones de dépôt de poussière allant de l'équateur jusqu'à la péninsule scandinave. Les prévisions sont effectuées jusqu'à 72 heures à l'avance et mises à jour toutes les trois heures.

Le centre régional de Barcelone publie chaque jour des produits d'ensemble multi-modèles obtenus après interpolation bilinéaire de toutes les prévisions sur une grille commune de 0,5° x 0,5°.

Depuis octobre 2015, il publie également toutes les six heures une carte indiquant les stations météorologiques situées dans son périmètre géographique qui signalent une visibilité réduite à moins de 5 kilomètres en raison de la présence de particules de sable et de poussière en suspension dans l'air (**figure 13**).

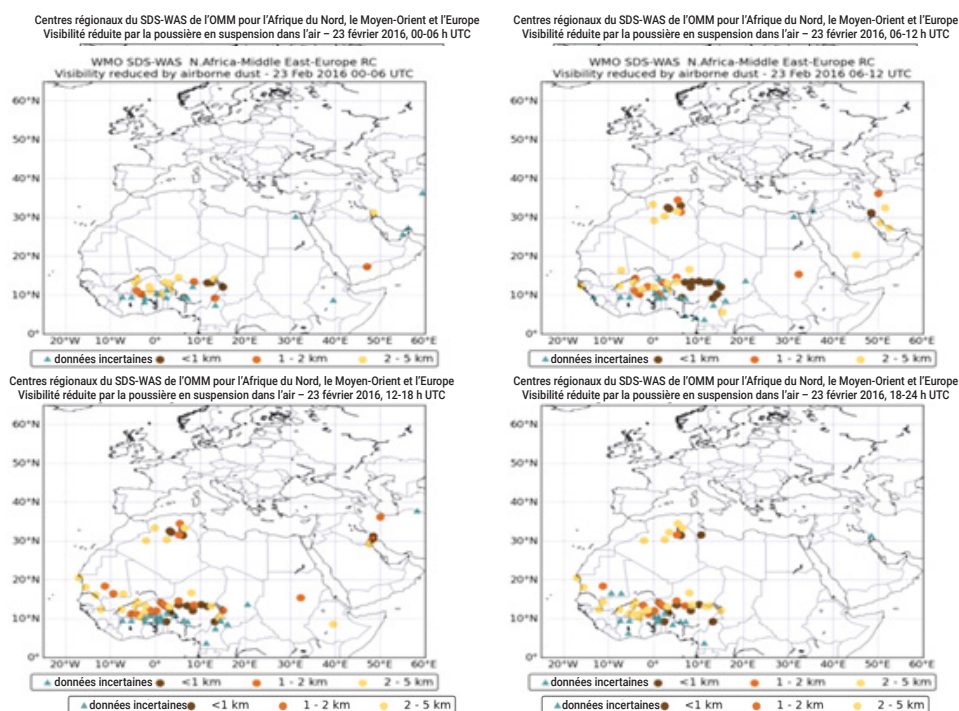


Figure 13.
Cartes établies à six heures d'intervalle montrant une réduction de la visibilité à moins de 5 km à cause du sable et de la poussière en suspension, le 23 février 2016

Source : Centre régional du SDS-WAS de l'OMM pour l'Afrique du Nord, le Moyen-Orient et l'Europe, 2016 : <https://sds-was.aemet.es/forecast-products/dust-observations/visibility>

Encadré 8. Centre régional du SDS-WAS de l'OMM pour l'Asie

Implanté à Beijing, le Centre régional du SDS-WAS de l'OMM pour l'Asie (http://eng.nmc.cn/sds_was.asian_rc/) présente le même fonctionnement que le centre de Barcelone. Les informations sur le sable et la poussière collectées quotidiennement sont utilisées dans cinq modèles numériques pour produire des rapports quotidiens. La zone couverte par le centre comprend les principales sources en Asie centrale et en Asie de l'Est, ainsi que les axes de transport et les zones de dépôt de poussière allant jusqu'au centre du Pacifique. Comme au centre de Barcelone, les prévisions sur le niveau de concentration de la poussière en surface et sur l'épaisseur optique des poussières sont publiées toutes les trois heures et jusqu'à 72 heures à l'avance. L'objectif de cette initiative est de favoriser la mise au point de techniques de prévision et de produire des bulletins plus précis à l'échelle de la région.

Le centre de Beijing s'appuie sur une autre méthode que le centre de Barcelone pour évaluer ses prévisions. Une échelle d'évaluation des menaces fondée sur plusieurs sources d'observation a été intégrée dans un système d'information géographique. Plusieurs types de données d'observation sont utilisés : les relevés réguliers des conditions météorologiques de surface ; les données sur la concentration en masse des particules en suspension dans l'air ; les données sur l'épaisseur optique des aérosols fournies par le réseau chinois de télédétection des aérosols ; les données des satellites Fēngyún et de la télédétection par laser.

Les tempêtes de poussière sont classées en quatre catégories :

- la poussière en suspension (visibilité horizontale inférieure à 10 km et vent très faible) ;
- les tourbillons de poussière (visibilité comprise entre 1 et 10 km) ;
- les tempêtes de sable et de poussière (visibilité inférieure à 1 km) ; et

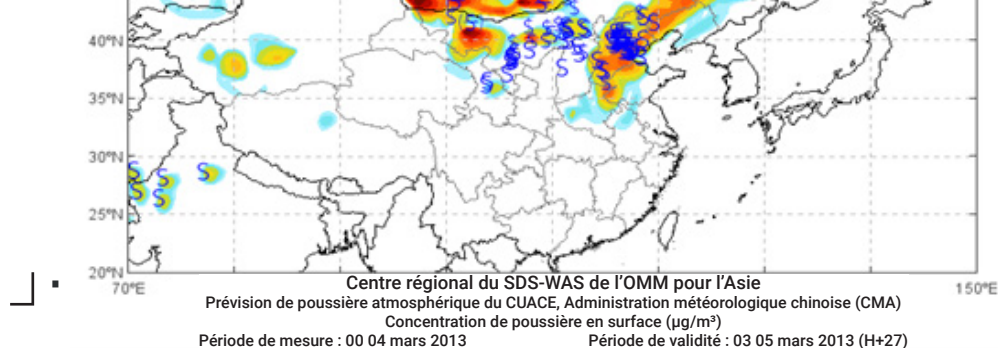


Figure 14.
Vérification à l'aide
de données météo
d'une prévision
de poussière
atmosphérique
publiée par le
CUACE³⁴ de
l'Administration
météorologique
chinoise

Remarque : CUACE est l'acronyme anglais de « modèle chinois unifié de chimie de l'atmosphère et de l'environnement ».

Source : Wang *et al.*, 2008.

Encadré 9. Centre régional panaméricain du SDS-WAS de l'OMM

Le Centre régional panaméricain du SDS-WAS de l'OMM (<http://sds-was.cimh.edu.bb/>), dont le siège se situe à la Barbade, mène un programme similaire à ceux des deux autres centres régionaux. Mais outre les prévisions régionales, il fournit des prévisions SDS-WAS mondiales fondées sur trois modèles conçus respectivement par l'Administration américaine pour les océans et l'atmosphère (NOAA), la NASA et l'US Navy, ainsi que sur l'ensemble des modèles opérationnels mis au point par l'*International Cooperative for Aerosol Prediction* (coopérative internationale pour les prévisions sur les aérosols).

Conformément aux objectifs du SDS-WAS, le centre de la Barbade collabore au sein des Amériques et avec les autres centres du SDS-WAS, dans le cadre de :

- la conception, le perfectionnement et la distribution à la communauté mondiale de produits utiles pour réduire les effets néfastes des tempêtes de sable et de poussière ;
- l'évaluation des effets des tempêtes de sable et de poussière sur les populations et l'environnement.

La principale priorité du centre est de remédier aux effets néfastes des particules de poussière en suspension sur la santé des populations locales. La région est propice aux émissions de poussière provenant notamment des déserts de Mojave, de Sonoran et d'Atacama, mais aussi aux retombées de poussière venue des terres arides d'autres continents, comme les déserts d'Afrique et d'Asie.

11 — Prédiction des tempêtes de sable et de poussière

Les informations communiquées au public via des prévisions axées sur les personnes et les impacts intègrent des précisions sur les risques liés aux conditions météorologiques encourus par la population. Alors que dans les bulletins météorologiques classiques, les tempêtes de poussière sont simplement annoncées quelques jours à l'avance, les prévisions axées sur les personnes et les impacts précisent l'heure à partir de laquelle la tempête commencera et les conséquences potentielles de la poussière pour les individus. Par exemple, les personnes ayant des difficultés respiratoires sont invitées à prendre des mesures pour se protéger.

Les prévisions axées sur les impacts reposent sur :

- une très bonne compréhension en temps quasi réel de l'évolution des conditions météorologiques, fondée sur des modèles de prévision intégrant des données météorologiques précises et à jour provenant de sources au sol et de la télédétection ;
- la classification claire des conditions météorologiques et de leurs différents degrés de conséquence ;
- une évaluation des risques visant à déterminer les effets de la poussière atmosphérique sur certaines zones ou sur certains groupes vivant dans ces zones (les enfants, par exemple).

Les prévisions sont généralement établies au moyen de modèles de prévision météorologique numériques. Plusieurs modèles sont disponibles aux niveaux national, régional et mondial. La prévision d'ensemble est l'une des techniques étudiées pour améliorer les résultats des prévisions. Elle permet de décrire l'état futur de l'atmosphère selon une perspective probabiliste. Plusieurs simulations sont réalisées pour tenir compte du niveau d'incertitude de l'état initial, et/ou de l'inexactitude des modèles et des méthodes de calcul employés dans le processus de simulation (Palmer *et al.*, 1993).

L'élaboration des prévisions liées aux tempêtes de sable et de poussière au niveau national relève de la responsabilité des services météorologiques et hydrologiques nationaux. En fonction de la taille du pays et des capacités de ces services, l'élaboration des prévisions peut être déléguée aux bureaux locaux (États ou provinces). Ces prévisions, ainsi que les éventuels bulletins d'alerte, doivent être transmis aux autorités

infranationales de gestion des catastrophes, ainsi qu'aux autres organisations et acteurs jouant un rôle dans la prévention et la lutte contre les tempêtes de sable et de poussière.

Les capacités des différents services météorologiques et hydrologiques nationaux à gérer le processus de prévision et à analyser les données liées aux tempêtes peuvent varier considérablement. Lorsque leurs ressources en matière de modélisation et de prévision sont limitées, ils peuvent s'appuyer sur les outils de portée mondiale ou régionale mis à disposition par les centres du SDS-WAS de l'OMM et le site Internet de l'OMM (<https://public.wmo.int/fr/notre-mandat/domaines-d'action/environnement/tempetes-de-sable-et-de-poussiere>). Ces supports, associés aux modélisations effectuées par les services nationaux, peuvent être utilisés pour l'élaboration de bulletins quotidiens ou de prévisions à court terme (trois jours) des tempêtes de sable et de poussière.

Pour faire en sorte que les prévisions de tempête soient cohérentes et que les alertes soient précises, coordonnées et émises en temps opportun, une collaboration entre les services nationaux de météorologie et d'hydrométéorologie et les instituts de prévision privés est souhaitable, en vue d'élaborer un plan coordonné de diffusion des prévisions et des alertes. Il peut être nécessaire d'y inclure les prévisions provenant d'autres pays, certains signalements étant habituellement transmis par des canaux tels que les médias internationaux.

12 — Alerte précoce en cas de tempêtes de sable et de poussière

L'efficacité des systèmes et plans d'alerte en cas de tempêtes de sable et de poussière dépend moins du degré de sophistication et de précision du dispositif de prévision et de modélisation que des dispositions prises par les populations concernées pour prévenir ces phénomènes ou limiter leurs conséquences. Pour qu'un système d'alerte soit efficace, les populations cibles doivent recevoir et comprendre les informations communiquées, ainsi que les actions à mettre en œuvre pour atténuer les effets de la tempête.

Selon la méthode axée sur les personnes et les impacts tenant compte des questions de genre, on considère qu'en cas d'alerte, les personnes vulnérables prendront des mesures concrètes pour limiter les effets des

tempêtes de sable et de poussière sur les individus et la société dans son ensemble.

L'attention portée aux impacts permet de déterminer la nature des risques encourus par les populations menacées, ainsi que les mesures d'atténuation à mettre en place.

La **figure 15** présente les quatre volets d'un système d'alerte axé sur les personnes et les impacts tenant compte des questions de genre : 1) connaissance du risque de catastrophe ; 2) détection, surveillance,

analyse et prévision des aléas et de leurs éventuels effets ; 3) diffusion de messages d'alerte et communication ; 4) capacités en matière de préparation et d'intervention.

Pour être efficace, le système d'alerte doit cibler l'ensemble de la communauté, c'est-à-dire que toutes les parties prenantes, notamment les populations vulnérables (**encadré 10**), sont alertées rapidement et de manière ciblée, et que des mesures appropriées sont prises pour atténuer ou éviter les conséquences des tempêtes.

Figure 15.
Méthode de
prévision
axée sur les
personnes et les
impacts



Source : Stratégie internationale de prévention des catastrophes (SIPC) et ministère fédéral allemand des Affaires étrangères, 2006.

Le système d'alerte pour les tempêtes de sable et de poussière repose sur un plan global d'alerte contenant les sources d'information et d'analyse, les méthodes de diffusion employées, ainsi que les procédures opérationnelles normalisées garantissant la réception rapide des messages d'alerte. Ce plan global est complété par des plans secondaires qui portent sur des secteurs particuliers (santé, etc.), sur des établissements (cliniques, etc.) ou sur des thématiques précises (alertes concernant les trafics routier ou aérien, par exemple). La planification et la coordination d'ensemble des procédures d'alerte relèvent le plus souvent de la responsabilité de l'autorité nationale de gestion des catastrophes.

Les dispositifs d'alerte en cas de tempêtes de sable et de poussière peuvent varier considérablement d'un pays à l'autre, les points ci-dessous doivent donc être clairs pour toutes les parties prenantes :

- Qui est juridiquement compétent pour lancer des alertes ?
- Qui veille à ce que l'intervention soit mise en œuvre en cas d'alerte ? Des organismes distincts peuvent être responsables de l'émission des alertes (le bureau météorologique local, par exemple) et de l'intervention en cas d'alerte (les autorités locales, le personnel du bureau de gestion des catastrophes, les forces de police, etc.).
- À qui les bulletins de prévision et d'alerte élaborés par les services nationaux de météorologie et d'hydrométéorologie (ou ses filiales) doivent-ils être transmis, et selon quelles modalités, afin que les alertes soient émises en temps opportun ?

Encadré 10. Parties prenantes des systèmes d'alerte précoce

L'élaboration, la transmission et l'utilisation des alertes relatives aux tempêtes de sable et de poussière mobilisent un large éventail de parties prenantes aux prévisions. Parmi celles-ci, on retrouve :

- les groupes vulnérables particulièrement exposés aux effets néfastes des tempêtes de sable et de poussière, notamment sur la santé ;
- les centres de prévision régionaux, notamment les chercheurs et les spécialistes de la prévision et de la modélisation des tempêtes de sable et de poussière ;
- les services météorologiques et hydrologiques nationaux, notamment les spécialistes de la prévision et de la modélisation et les formateurs en météorologie ;
- les agences nationales de gestion des catastrophes et leurs filiales infranationales, notamment les planificateurs, les gestionnaires du système d'alerte précoce, les responsables d'intervention et les formateurs ;
- les opérateurs de télécommunications, notamment les techniciens responsables de la fiabilité du système et de la gestion des messages (notamment la transmission vers les sites ou publics ciblés) ;
- les prestataires de soins de santé, notamment les spécialistes de la santé, les responsables d'établissement de santé, les gestionnaires de patientèle et les urgentistes ;
- les autorités de gestion des trafics (aérien, terrestre et maritime), notamment les planificateurs, les agents d'entretien et les forces de police afin d'assurer la sécurité des populations en cas de tempête de sable et de poussière ;
- les médias, notamment la radio, la télévision et les services Internet, ainsi que les professionnels travaillant dans ces secteurs (présentateurs de journaux, blogueurs, etc.) ;
- les professionnels de l'agriculture et de l'élevage, notamment les agronomes, les spécialistes de l'élevage, les agents de vulgarisation et les gestionnaires d'infrastructure, afin de réduire au maximum les dommages et pertes liés aux tempêtes de sable et de poussière ;
- le secteur industriel, notamment les sites d'activité exposés à un niveau de concentration élevé de sable ou de poussière dans l'air ambiant, par exemple ceux qui assurent une production de haute précision ou à faible contamination ;
- les métiers de l'éducation, notamment les centres de formation, les enseignants animant des formations sur les tempêtes de sable et de poussière, et les directeurs d'établissement scolaire responsables de la sécurité des élèves en cas de tempête de sable et de poussière ;
- les groupes de proximité et d'entraide locaux, qui accompagnent les personnes les plus exposées aux effets néfastes des tempêtes de sable et de poussière.

Les modalités de transmission des prévisions et des alertes varient selon les pays. Dans certains pays, les communications portant sur la vigilance et les alertes se font toujours au format écrit ; dans d'autres, le niveau d'alerte est présenté au moyen d'une échelle de couleurs ou d'une graduation. Parmi les outils de diffusion des alertes couramment utilisés, on retrouve la presse écrite, la radio, la télévision, Internet (courriels, médias sociaux et sites d'alerte) et la messagerie mobile.

Les dispositifs de prévision et d'alerte relatives aux tempêtes de sable et de poussière permettent d'améliorer la préparation de trois façons :

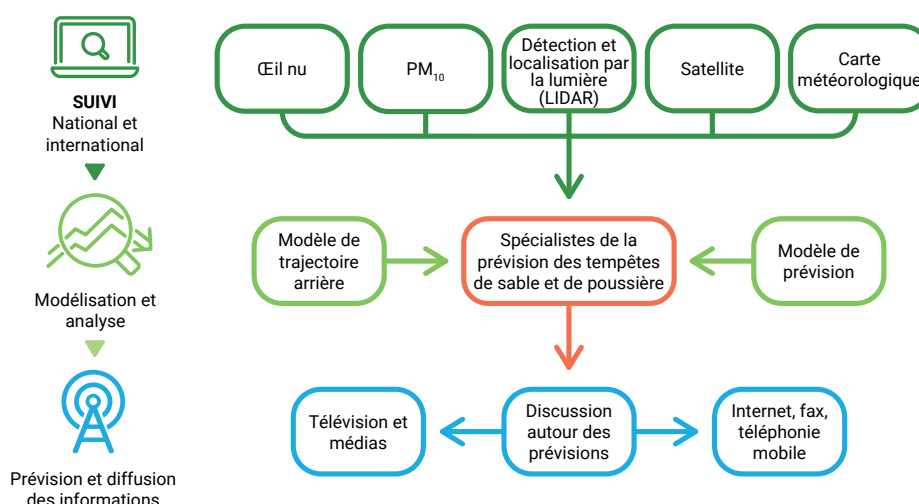
- ils permettent de mieux comprendre la nature des tempêtes de sable et de poussière, donc de reconnaître le danger qu'elles posent et ainsi de mieux s'y préparer ;
- les prévisions permettent de déclencher des alertes, qui entraînent alors la mise en œuvre d'actions visant à réduire les effets néfastes des tempêtes de sable et de poussière ;
- la sensibilisation des personnes vulnérables aux tempêtes de sable et de poussière améliore la préparation aux niveaux individuel et collectif en plus de permettre aux populations de réagir promptement et efficacement en cas d'alerte.

Encadré 11. Dispositif de surveillance et de prévision de la poussière atmosphérique de l'Administration météorologique coréenne

L'Administration météorologique coréenne (KMA) assure la surveillance de la poussière atmosphérique sur le continent asiatique et élabore des prévisions en quatre étapes :

- Premièrement, elle analyse les observations de poussière effectuées à l'œil nu en Asie, ainsi que les relevés du niveau de concentration des particules dont le diamètre est inférieur à $10\text{ }\mu\text{m}$ (PM_{10}) établis par le Réseau commun Chine-KMA de surveillance des tempêtes de sable et de poussière dans les régions source et le long des trajectoires vers la Corée.
- Deuxièmement, elle analyse les données météorologiques internationales transmises toutes les trois heures par le Système mondial de télécommunication, ainsi que les images des satellites de télécommunications, océanographique et météorologique, de la NOAA, du satellite Himawari-8, et des satellites MODIS Aqua et Terra, afin de localiser la présence de poussière en Asie et de mesurer son niveau de concentration.
- Troisièmement, les résultats des simulations par supercalculateur du modèle *Asian Dust and Aerosol Model* (modèle asiatique des aérosols et poussières) sont transmis à l'intranet de la KMA, qui établit les prévisions en matière de poussière sur le continent asiatique, et au centre du SDS-WAS de l'OMM pour l'Asie, qui les intègre dans l'ensemble régional.
- Enfin, les données sur le niveau de concentration des PM_{10} provenant de 29 sites et les données fournies par les compteurs de particules de sept sites sont analysées pour déterminer la trajectoire et l'intensité des déplacements de poussière en Asie.

À partir des données du système de surveillance et de prévision, la KMA, dans le cadre de son dispositif d'alerte à la poussière atmosphérique en Asie, émet une alerte lorsque le niveau de concentration des PM_{10} moyen par heure attendu est supérieur à $800\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ pendant plus de deux heures. Une fois l'alerte émise, les informations sont communiquées au public et aux sociétés de radiodiffusion en ligne, notamment par le biais des réseaux sociaux.



13 — Action à la source et atténuation des effets

Les mesures visant à atténuer les effets des tempêtes de sable et de poussière se déclinent en deux catégories visant à réduire : 1) les émissions de sable et de poussière dans les zones sources (mesures préventives/action à la source) ; 2) les effets des retombées de sable et de poussière dans les zones de dépôt (mesures de protection/atténuation des effets).

Les mesures de contrôle effectuées à titre préventif peuvent être réparties en trois sous-groupes selon le milieu visé : 1) les milieux naturels, notamment les forêts et les pâturages ; 2) les terres cultivées ; 3) les milieux industriels, y compris les sites d'extraction minière. Les mesures de protection concernent la protection physique des biens de valeur (villes, infrastructures et canaux d'irrigation), les systèmes de prévision et d'alerte précoce, ainsi que les protocoles de préparation et d'intervention d'urgence.

Les mesures de contrôle mises en place dans les milieux naturels, les pâturages et les terres cultivées ont pour but de réduire la vitesse du vent et l'érodibilité du sol. Le sable en suspension dans l'air et le mouvement des dunes sont également surveillés, bien que ces phénomènes se produisent lorsque le vent souffle à une vitesse inférieure à celle nécessaire pour générer une tempête de sable et de poussière.

La gestion durable des terres (**encadré 12**) et la gestion intégrée des paysages (**encadré 13**) sont des notions importantes pour l'application coordonnée des mesures de contrôle. La plus grande attention doit être accordée à la gestion intégrée des paysages dans les zones sources potentielles. En effet, celle-ci vise à assurer la gestion durable de l'ensemble des éléments paysagers, notamment grâce à la mise en place d'une stratégie d'utilisation de l'eau, et la réduction des émissions de poussières par les sites industriels tels que les dépôts de résidus miniers et les zones de stockage à ciel ouvert.

Étant donné les divers facteurs qui aggravent l'érosion éolienne et la fréquence des tempêtes de sable et de poussière, les stratégies de contrôle les plus efficaces sont probablement les méthodes de gestion durable des terres qui :

- enrayent la disparition de la couverture végétale à grande échelle ;
- réduisent l'étendue des zones sans couverture végétale afin de diminuer la force du vent ;
- améliorent la cohésion du sol ou la stabilité des agrégats du sol et rendent la surface du sol plus résistante pour empêcher le soulèvement des particules par le vent ;
- réduisent la vitesse du vent près du sol et dévient sa trajectoire ;
- surveillent la source des matériaux de formation des dunes (Ben Salem, non daté).

En fonction des paramètres biophysiques de la zone, diverses pratiques de gestion durable des terres peuvent être mises en œuvre pour réduire l'érosion éolienne et améliorer la gestion des sources, afin de contrôler les tempêtes de sable et poussière.

La gestion durable des pâturages joue également un rôle central pour diminuer l'étendue des sources de tempête de sable et de poussière. En règle générale, le contrôle de l'érosion éolienne et de la dégradation des sols dans les pâturages est de type préventif : mise en repos pastoral et pâturage tournant ou contrôlé, réduction du taux d'occupation, maintien et promotion de pratiques écologiques de transhumance pastorale.

Ce mode de gestion nécessite toutefois que les communautés pastorales se voient garantir le droit d'usage des pâturages, qu'elles reçoivent des mesures incitatives adéquates, et qu'elles soient soutenues afin de pouvoir s'organiser et agir collectivement, en particulier dans les systèmes de pâturages en libre accès. Il est de plus en plus reconnu que pour être durable, la gestion des pâturages dans les zones arides doit composer avec les réalités locales d'ordre économique, culturel et social et avec les paramètres biophysiques, sur de multiples échelles spatiotemporelles.

Encadré 12. Principes de la gestion durable des terres

Le partenariat TerraAfrica (<http://terrafrica.org/>) présente les trois principes relatifs à la gestion durable des terres, ainsi que les principes applicables à sa transposition à grande échelle (<https://www.wocat.net/library/media/26/>) :

Principe 1 – Amélioration de la productivité des terres

- Améliorer l'utilisation efficiente de l'eau et la productivité hydrique (réduire les pertes, améliorer le stockage et optimiser l'irrigation)
- Accroître la fertilité des sols et améliorer le cycle de la biomasse et des nutriments
- Améliorer la gestion des plantes et le matériel végétal, notamment grâce à la lutte intégrée contre les ravageurs
- Améliorer les conditions microclimatiques
- Principe directeur : amélioration de la couverture du sol

Principe 2 – Amélioration des moyens de subsistance et du bien-être humain

- Soutenir financièrement les petits exploitants dans le lancement de leur activité, car l'investissement de départ est généralement élevé et la rentabilité n'est pas immédiate
- Veiller à ce que l'entretien soit assuré par les exploitants agricoles eux-mêmes
- Tenir compte des valeurs et normes culturelles

Principe 3 – Amélioration des écosystèmes

- Prévenir et atténuer la dégradation des terres et les réhabiliter
- Préserver et améliorer la biodiversité
- Atténuer les effets des changements climatiques et s'y adapter (augmenter la quantité de carbone stockée dans le sol et au-dessus, par exemple en améliorant la couverture végétale et les diverses matières organiques du sol)

Principes de la transposition à grande échelle de la gestion durable des terres

1. Créer un environnement favorable dans le cadre institutionnel, politique et juridique
2. Garantir la participation locale et la planification régionale
3. Former les communautés et renforcer leurs compétences
4. Assurer le suivi et l'évaluation des pratiques de gestion durable des terres et de leurs effets
5. Soutenir la prise de décisions à l'échelle locale et régionale pour :
 - recenser, documenter et évaluer les pratiques en matière de gestion durable des terres,
 - sélectionner les pratiques de gestion durable des terres et les adapter,
 - déterminer les domaines d'intervention prioritaires.

Encadré 13. Gestion intégrée des paysages

La gestion intégrée des paysages se caractérise par cinq éléments clés, qui favorisent tous le développement participatif :

1. Des objectifs communs ou convenus qui tiennent compte des multiples avantages du paysage ;
2. Des pratiques de terrain conçues pour contribuer à la réalisation de multiples objectifs ;
3. La gestion des interactions écologiques, sociales et économiques, de sorte à créer des synergies positives et éviter de faire des compromis susceptibles d'être préjudiciables ;
4. Des processus de planification, de gestion et de surveillance axés sur la collaboration et sur la participation de la communauté ;
5. Le réaménagement des marchés et des politiques publiques, en vue d'atteindre divers objectifs de gestion du paysage (Scherr *et al.*, 2012).

Sayer *et al.* (2013) proposent dix principes relatifs à la gestion intégrée des paysages. L'approche paysagère vise à fournir des outils et des idées en matière d'attribution et de gestion des terres, afin d'atteindre les objectifs sociaux, économiques et environnementaux dans les zones où l'utilisation des terres aux fins de production, notamment agricole et minière, est en concurrence avec les objectifs en matière d'environnement et de biodiversité. L'accent est mis sur plusieurs objectifs, notamment la gestion adaptative et la mobilisation des parties prenantes :

1. Apprentissage continu et gestion adaptative
2. Gestion des préoccupations partagées
3. Échelles d'intervention multiples
4. Multifonctionnalité
5. Parties prenantes multiples
6. Logique de changement négociée et transparente
7. Clarification des droits et des responsabilités
8. Suivi participatif et facile
9. Résilience
10. Renforcement des capacités des parties prenantes

L'idéal est que les politiques en matière de gestion durable des terres et de gestion intégrée des paysages soient mises en œuvre dans le cadre d'un programme de neutralité en matière de dégradation des terres, afin d'aborder la problématique des sources de tempêtes de sable et de poussière à l'échelle nationale. Le processus de définition des objectifs relatifs à la neutralité en matière de dégradation des terres donne l'occasion de réfléchir aux options permettant d'atténuer en particulier les sources d'origine anthropique des tempêtes de sable et de poussière, notamment en évaluant les tendances et les facteurs de la dégradation des terres, en concertation avec les parties prenantes concernées par les ressources en terre et en eau. Une stratégie intégrée et globale en matière de gestion durable des terres et de gestion intégrée des paysages peut faire partie intégrante de diverses actions visant à réduire les émissions de poussière d'origine anthropique à plus grande échelle et à long terme, et maximiser les synergies entre ces actions.

La stabilisation des dunes et le reboisement constituent une première étape importante dans la restauration des paysages. Ces deux pratiques sont essentielles à la protection des sols contre l'érosion éolienne dans les zones arides et désertiques (**figure 16**).

La coopération régionale joue un rôle crucial dans la réduction des émissions de poussière d'origine anthropique au niveau des paysages, notamment lorsqu'elle vise à favoriser l'utilisation durable des ressources en eau. La mise en place de dispositifs régionaux fondés sur un engagement politique fort est donc nécessaire pour coordonner l'élaboration des politiques entre les zones sources et les zones de dépôt de poussière.

Figure 16.
Stabilisation
des dunes
dans le désert
de Kubuqi,
dans le nord
de la Chine



Remarque : Les images ci-dessus montrent des palissades constituées de paille et de branchages sont installées en damier. Des arbustes endémiques xérophiles sont ensuite plantés en utilisant une technique au jet d'eau. Vingt-cinq ans plus tard, une barrière verte protège la route. On aperçoit à l'arrière-plan les dunes normalement présentes.
Source : PNUE, 2015.

14 — Préparation et atténuation des effets

Les mesures de préparation et d'intervention d'urgence jouent un rôle essentiel dans la réduction des risques de catastrophe, car elles contribuent à atténuer les risques et les effets. Pour les tempêtes de sable et de poussière, ces mesures peuvent être prises au niveau individuel, local et organisationnel. Pour élaborer des stratégies de préparation, d'atténuation et de protection, il faut définir et cartographier l'aléa en question, analyser la vulnérabilité et évaluer les risques, en tenant compte des questions liées au genre. L'efficacité de chacune des mesures et leur rapport coûts-bénéfices doivent être évalués en fonction des conditions locales.

Une préparation efficace réduit la vulnérabilité, améliore l'atténuation des effets et garantit la mise en œuvre rapide et efficace d'interventions en cas de catastrophe. De ce fait, elle raccourcit la période de relèvement tout en augmentant la résilience de la population locale. Elle nécessite également de comprendre les particularités des communautés, notamment les inégalités entre les genres pertinentes au regard de la gestion des catastrophes.

Les plans de gestion des tempêtes de sable et de poussière élaborés pour un lieu ou une activité en particulier (ville, école, site industriel, etc.) doivent reprendre la même structure que les autres plans de gestion des risques de catastrophe élaborés pour le site ou l'établissement en question. Selon les bonnes pratiques actuelles, les plans d'urgence ou de gestion de catastrophe doivent être élaborés au niveau des ménages, des villages, des bourgs, des villes, des comtés, des provinces ou États, et du pays, ainsi que des secteurs d'activité et entreprises.

Ces plans suivent généralement un modèle similaire : au niveau des ménages, ils sont axés sur la survie juste après une catastrophe (par exemple, faire des réserves de nourriture, d'eau et de médicaments) ; et chaque niveau supérieur des plans met l'accent sur le support au niveau immédiatement inférieur (par exemple, les États ou provinces définissent les mesures d'aide aux comtés ; les comtés définissent les mesures d'aide aux villes, bourgs et villages, etc.).

D'après les bonnes pratiques actuelles, un plan de gestion des tempêtes de sable et de poussière au-delà du niveau des ménages devrait comprendre les éléments suivants :

- les organismes responsables du plan (ils peuvent également figurer dans le plan global de gestion des catastrophes) ;
- des informations générales sur les tempêtes de sable et de poussière en tant qu'aléa dans la zone concernée ;
- une évaluation des risques ;
- une analyse des disparités entre les genres ;
- des mesures d'atténuation des effets et des sources basées sur l'évaluation des risques. Les liens vers les sous-plans sectoriels ou thématiques (hôpitaux, transport routier, etc.) mis en place peuvent être inclus dans cette section ;
- des protocoles d'alerte, de diffusion des informations et de sensibilisation du public. Le protocole d'alerte peut inclure les procédures opérationnelles habituelles garantissant une diffusion efficace des alertes en s'appuyant sur des prévisions axées sur les impacts ;
- le seuil de déclenchement du plan de préparation ;
- des exemples de mesures d'atténuation, le cas échéant ;
- les liens vers les autres programmes (conservation des sols, etc.) susceptibles de contribuer à l'atténuation des tempêtes de sable et de poussière ;
- les sources d'information et les contacts.

Les annexes du plan peuvent inclure des procédures spécifiques d'atténuation des effets et des sources et indiquer qui sont les responsables principal et secondaire de la mise en œuvre de ces procédures.

Des plans sectoriels spécifiques sont élaborés pour les principaux secteurs économiques ou sociaux, tels que l'agriculture, le bâtiment, l'éducation, l'électricité, la santé, l'hygiène, l'élevage, la production, la sensibilisation du public, le sport et les loisirs, les transports, ou encore l'approvisionnement en eau et l'assainissement. De manière générale, les plans de gestion des tempêtes de sable et de poussière doivent intégrer suffisamment d'informations pour que les mesures nécessaires puissent être prises, sans trop entrer dans les détails, car cela pourrait compromettre la bonne utilisation du plan.

Différents types de mesures peuvent être adoptées pour atténuer les effets des

tempêtes de sable et de poussière. Le choix des mesures dépend du type de tempête susceptible de se produire, de la possibilité d'émettre une alerte, ainsi que de la nature des activités en cours au moment de l'épisode. Dans tous les cas, il faudrait éduquer toute personne vulnérable (même pour une courte période) sur les tempêtes de sable et de poussière et sur les mesures d'atténuation de leurs effets, en soutenant ces efforts par des plans de préparation et d'alerte.

Le plan d'atténuation des aléas naturels de l'Oregon (2015) contient un exemple de plan de préparation aux tempêtes de sable et de poussière au niveau infranational (province ou État dans ce cas précis). Ce plan inclut une évaluation des tempêtes de sable et de poussière, des exemples d'épisodes antérieurs et de leurs impacts, des références aux alertes et aux effets, ainsi que des mesures d'atténuation des sources.



15 — Bibliographie

- Ai, N., et Polenske, K. R., « Socioeconomic impact analysis of yellow dust storms: An approach and case study for Beijing », *Economic Systems Research*, vol. 20, n° 2, 2008, p. 187-203.
- Basart, S. et al., « The WMO SDS-WAS Regional Center for Northern Africa, Middle East and Europe ». *E3S Web of Conferences*, vol. 99, 2019, no 04008. DOI : <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20199904008>.
- Ben Salem, B., « Combattre et prévenir l'érosion éolienne dans les régions arides ». Non daté. Disponible à l'adresse suivante : <https://www.fao.org/3/U1510F/u1510f07.htm>.
- Benedetti, A. et al., « Aerosol analysis and forecast in the European Centre for Medium-Range Weather Forecasts Integrated Forecast System: 2. Data assimilation ». *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, vol. 114, 2009, n° D13.
- Benedetti, A., et al., « Operational dust prediction » dans *Mineral Dust: A Key Player in the Earth System*. P. Knippertz et J.-B.W. Stuut (dir.). Springer, Dordrecht, p. 223-265, 2014. DOI : 10.1007/978-94-017-8978-3_10.
- Costanigro, M., et McCluskey, J. J., « Hedonic price analysis in food markets » dans *The Oxford Handbook of the Economics of Food Consumption and Policy*. Jayson L. Lusk, Jutta Roosen et Jason F. Shogren (dir.). Oxford University Press, Oxford, 2011.
- Hanley, N., et Spash, C. L. *Cost-benefit analysis and the environment*. Edward Elgar Publishing, Cheltenham, 1993.
- Horridge, M. J., Madden, J. et Wittwer, G., « The impact of the 2002-2003 drought on Australia ». *Journal of Policy Modelling*, vol. 27, n° 3, 2005, p. 285-308.
- Huszar, P. C., et Piper, S. L., « Estimating the off-site costs of wind erosion in New Mexico ». *Journal of Soil and Water Conservation*, vol. 41, n° 6, 1986, p. 414-416.
- Stratégie internationale de prévention des catastrophes (SIPC) et ministère fédéral allemand des Affaires étrangères, *Developing Early Warning Systems: A Key Checklist. Working Draft*. Troisième conférence internationale sur les systèmes d'alerte précoce. Du concept à l'action. Bonn, 2006. Disponible à l'adresse suivante : <https://www.unisdr.org/2006/ppew/info-resources/ewc3/Checklist-english.pdf>.
- Lu, H., et Shao, Y., « Toward quantitative prediction of dust storms: an integrated wind erosion modeling system and its applications ». *Environmental Modelling & Software*, vol. 16, n° 3, 2001, p. 233-249.
- Middleton, N., et Kang, U., « Sand and dust storms: impact mitigation ». *Sustainability*, vol. 9, n° 6, 2017, p. 1053.
- Miri, A., et al., « Environmental and socio-economic impacts of dust storms in Sistan Region, Iran ». *International Journal of Environmental Studies*, vol. 66, n° 3, 2009, p. 343-355.
- Morcrette, J.-J., et al., « Aerosol analysis and forecast in the European Centre for Medium-Range Weather Forecasts Integrated Forecast System: Forward modeling ». *Journal of Geophysical Research*, vol. 114, n° D06206, 2009.
- Nickovic, S., et al., *WMO Sand and Dust Storm Warning Advisory and Assessment System (SDS-WAS). Science and Implementation Plan 2015-2020*. Organisation météorologique mondiale, Rapport du Programme mondial de recherche sur la prévision du temps 2015-5, 2015. Disponible à l'adresse suivante : https://www.researchgate.net/publication/323384367_WMO_Sand_and_Dust_Storm_Warning_Advisory_and_Assessment_System_SDS-WAS_Science_and_Implementation_Plan_2015-2020.
- Ninan, K. N., *Valuing ecosystem services: methodological issues and case studies*. Edward Elgar Publishing, Cheltenham, 2014.
- Palmer, T. N., et al., « Ensemble prediction », dans *Proceedings of the ECMWF Seminar on Validation of Models over Europe*, vol. 1, 1993, p. 21-66.
- Rodríguez, S., Alastuey, A., et Querol, X., « A review of methods for long term in situ characterization of aerosol dust ». *Aeolian Research*, vol. 6, 2012, p. 55-74.
- Rose, A., et Lim, D., « Business interruption losses from natural hazards: conceptual and methodological issues in the case of the Northridge earthquake ». *Environmental Hazards*, vol. 4, 2002, p. 1-14. Disponible à l'adresse suivante : doi.org/10.3763/ehaz.2002.0401.

- Sayer, J., et al., « Ten principles for a landscape approach to reconciling agriculture, conservation, and other competing land uses ». *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 110, n° 21, 2013.
- Scherr, S. J., Shames, S., et Friedman, R., « From climate-smart agriculture to climate-smart landscapes ». *Agriculture & Food Security*, vol. 1, 2012.
- État de l'Oregon, *Natural Hazards Mitigation Plan 2015*. 2015.
- Terradellas, E., Nickovic, S., et Zhang, X.-Y., « La poussière atmosphérique : un danger pour la santé humaine, l'environnement et la société ». *Bulletin de l'OMM*, vol. 64, n° 2, 2015, p. 44-48.
- Tozer, P. R., et Leys, J. F., « Dust storms – What do they really cost? ». *The Rangeland Journal*, vol. 35, 2013, p. 131-142.
- Nations Unies, *Cadre d'action de Sendai pour la réduction des risques de catastrophe 2015-2030*. 2015a. Disponible à l'adresse suivante : https://www.unisdr.org/files/43291_frenchsendaiframeworkfordisasterris.pdf
- Nations Unies, *Gender Responsive Disaster Risk Reduction. A Contribution by the United Nations to the Consultation Leading to the Third UN World Conference on Disaster Risk Reduction. Version 2*, 2015b. Disponible à l'adresse suivante : https://www.preventionweb.net/files/40425_gender.pdf.
- Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification, *Projets de cadres directifs pour les activités de plaidoyer : genre, sécheresse et tempêtes de sable et de poussière*. Conférence des Parties, 2017. ICCD/COP(13)19.
- Programme des Nations Unies pour le développement, « Gender and disaster risk reduction », Policy Brief 3, 2013. Disponible à l'adresse suivante : <http://www.undp.org/content/dam/undp/library/gender/Gender%20and%20Environment/PB3-AP-Gender-and-disaster-risk-reduction.pdf>.
- Programme des Nations Unies pour l'environnement, *Review of the Kubuqi Ecological Restoration Project: A Desert Green Economy Pilot Initiative*. Nairobi, 2015.
- Programme des Nations Unies pour l'environnement, Organisation météorologique mondiale, Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification, *Global Assessment of Sand and Dust Storms..* Programme des Nations Unies pour l'environnement, Nairobi, 2016.
- Assemblée générale des Nations Unies, *Rapport du groupe de travail intergouvernemental d'experts à composition non limitée chargé des indicateurs et de la terminologie relatifs à la réduction des risques de catastrophe*, A/71/644. 1^{er} décembre 2016.
- Bureau des Nations Unies pour la prévention des catastrophes et Conseil international des sciences, *Hazard Definition & Classification Review. Technical Report*. Nations Unies, Suisse, 2020. Disponible à l'adresse suivante : <https://www.undrr.org/media/47681/download>.
- Wang, Y. Q., et al., « Surface observation of sand and dust storm in East Asia and its application in CUACE/dust ». *Atmospheric Chemistry and Physics*, vol. 8, n° 3, 2008, p. 545-553.
- Organisation météorologique mondiale, *Recommendations for a Composite Surface-Based Aerosol Network. Rapport VAG n° 207*, Suisse, 2009. Disponible à l'adresse suivante : <https://www.wmo-gaw-wcc-aerosol-physics.org/files/gaw-207.pdf>.
- Organisation météorologique mondiale, *Bulletins sur les poussières atmosphériques n° 1 à 4*. Genève, Suisse, 2017-2020. Disponibles à l'adresse suivante : https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=19878#_Yil43-jP1PY.
- Organisation mondiale de la Santé, « *Sand and Dust Storm Warning Advisory and Assessment System* ». *Science Progress Report*, 2020. Sous la direction du Prof. Alexander Baklanov (OMM) et du Prof. Xiaoye Zhang (CMA). Organisation météorologique mondiale (OMM), Rapport VAG n° 254 et Rapport du Programme mondial de recherche sur la prévision du temps 2020-4. Genève (Suisse) juin 2020, 55 p. Disponible à l'adresse suivante : https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10346



Nations Unies
Convention sur la lutte
contre la désertification

Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification

Platz der Vereinten Nationen 1,
D-53113 Bonn, Allemagne
Tel: +49 (0) 228 815 2873

www.unccd.int