



Des infrastructures pour un avenir résilient face au changement climatique



Des infrastructures pour un avenir résilient face au changement climatique

Cet ouvrage est publié sous la responsabilité du Secrétaire général de l'OCDE. Les opinions et les arguments exprimés ici ne reflètent pas nécessairement les vues officielles des pays Membres de l'OCDE.

Ce document, ainsi que les données et cartes qu'il peut comprendre, sont sans préjudice du statut de tout territoire, de la souveraineté s'exerçant sur ce dernier, du tracé des frontières et limites internationales, et du nom de tout territoire, ville ou région.

Merci de citer cet ouvrage comme suit :

OCDE (2024), *Des infrastructures pour un avenir résilient face au changement climatique*, Éditions OCDE, Paris,
<https://doi.org/10.1787/464404b3-fr>.

ISBN 978-92-64-59918-5 (imprimé)

ISBN 978-92-64-53349-3 (PDF)

ISBN 978-92-64-37188-0 (HTML)

ISBN 978-92-64-66271-1 (epub)

Crédits photo : Couverture © 2020 Creative Family/Shutterstock.com.

Les corrigenda des publications sont disponibles sur : www.oecd.org/fr/apropos/editionsocde/corrigendadepublicationsdelocde.htm.

© OCDE 2024

L'utilisation de ce contenu, qu'il soit numérique ou imprimé, est régie par les conditions d'utilisation suivantes : <https://www.oecd.org/fr/conditionsdutilisation>.

Préface

Alors que les événements extrêmes tels que les inondations, les canicules et les feux de forêts dépassent aujourd'hui les normes historiques, les répercussions du changement climatique apparaissent de plus en plus clairement. Il est donc urgent non seulement d'accélérer la transition vers la neutralité carbone pour limiter la gravité des événements à venir, mais aussi d'atténuer leurs répercussions immédiates et futures en renforçant la résilience face aux effets du changement climatique dans tous les pays, régions et villes, et ce, quel que soit leur niveau de développement.

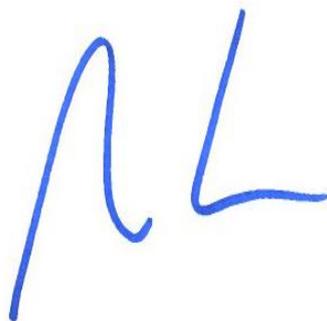
Les infrastructures durables joueront un rôle essentiel dans la réalisation d'une transition équitable et inclusive vers la neutralité carbone, en renforçant la résilience face aux incidences du changement climatique déjà acquises, en luttant contre la pollution et l'appauvrissement de la biodiversité, et en garantissant une résilience accrue face au changement climatique en tant que levier important de la durabilité. Une analyse de l'OCDE, de la Banque mondiale et du Programme des Nations Unies pour l'environnement a révélé que pour atteindre cet objectif, 6 900 milliards USD d'investissements d'infrastructure seront nécessaires chaque année jusqu'à 2030.

Bien que la résilience des infrastructures au changement climatique puisse s'avérer rentable à long terme, la durée de vie de la plupart des actifs d'infrastructure peut constituer un frein aux efforts de financement. Pour atteindre le niveau d'investissement requis, lequel n'est pas toujours lié de manière fidèle au rendement global des investissements, il est essentiel que les secteurs privé et public travaillent de concert. En renforçant la résilience climatique des infrastructures existantes et en garantissant la résilience climatique des nouvelles infrastructures, il est possible d'améliorer la qualité des investissements dans les infrastructures, et ce, tout en contribuant à la croissance et en permettant une meilleure adaptation de ces infrastructures aux objectifs environnementaux.

La résilience face au changement climatique doit devenir la norme pour toutes les nouvelles infrastructures et être intégrée dans les processus de maintenance et d'adaptation des infrastructures existantes. Des ressources supplémentaires sont nécessaires non seulement pour accroître le niveau d'investissement dans la résilience des infrastructures face au changement climatique, mais aussi pour améliorer la qualité des infrastructures qui bénéficient de ces investissements. Pour faire en sorte que les capitaux nécessaires puissent être engagés, il sera indispensable de mobiliser les financements privés en définissant des flux de recettes plus prévisibles et en veillant à ce que les risques encourus soient correctement pris en compte. Les actifs d'infrastructure doivent être planifiés, conçus, mis en œuvre et exploités de manière à assurer leur résilience face aux répercussions du changement climatique qui apparaîtront au cours de leur durée de vie. Pour atteindre ces objectifs, des mesures spécifiques devront être adoptées par les pouvoirs publics, et ce, à tous les niveaux d'administration. Ce rapport s'appuie sur l'expertise de plusieurs comités de l'OCDE pour montrer comment les actifs d'infrastructure peuvent bénéficier d'une meilleure intégration de la résilience face au changement climatique.

Il constitue par ailleurs une publication importante au titre de l'*Approche de haut niveau en vue de renforcer et de mieux intégrer les travaux de l'OCDE sur les infrastructures (2024)* et couvre les différents aspects des infrastructures résilientes face au changement climatique examinés à l'échelle de l'Organisation. Le rapport sera diffusé à l'occasion du Forum de l'OCDE sur les infrastructures du 9 avril 2024.

Je tiens à remercier les différents comités de l'OCDE qui ont participé à l'élaboration de ce rapport pour leur engagement et leurs contributions, et j'ai bon espoir que celui-ci inspirera des discussions plus approfondies sur la question de la résilience des infrastructures au changement climatique.

A handwritten signature in blue ink, consisting of a stylized 'M' followed by a 'C'.

M. Mathias Cormann,
Secrétaire général de l'OCDE

Avant-propos

Le changement climatique a une incidence sur les actifs d'infrastructure et leur exploitation de diverses manières, que ce soit sous la forme d'événements à évolution lente ou par les répercussions de phénomènes météorologiques extrêmes, provoquant des dommages et des perturbations en l'espace de quelques jours ou de quelques heures. Les perturbations qui affectent les actifs d'infrastructure et leur exploitation sont en outre de plus en plus longues, et leurs conséquences sont de plus en plus graves. Dans la mesure où la plupart des actifs d'infrastructure sont interdépendants avec d'autres systèmes et que tout un ensemble de fonctions sociétales et économiques en dépendent, la défaillance d'infrastructures peut entraîner un grand nombre d'effets en cascade.

Investir dans les infrastructures résilientes face au changement climatique présente un intérêt économique non négligeable. Si les mesures de résilience face au changement climatique peuvent prolonger la durée de vie des infrastructures, elles jouent également un rôle essentiel pour protéger le rendement des investissements et la continuité des activités. Les investissements en faveur de la résilience face au changement climatique ont fait la preuve de leur incidence nette positive sur la durée.

Le rapport phare *Infrastructure for a Climate-Resilient Future* présente en détail les principaux domaines d'action à prendre en compte pour garantir la résilience des infrastructures face aux effets du changement climatique. Il aborde ainsi les tendances en matière d'adaptation au changement climatique, la planification, le financement, les solutions inspirées de la nature et la gouvernance pluri-niveaux, afin d'offrir un éclairage précieux aux responsables politiques désireux d'évaluer et d'améliorer leurs cadres juridique, réglementaire et institutionnel en matière de gouvernance des infrastructures.

La mise en place de réseaux d'infrastructures résilients face au changement climatique nécessite une approche à l'échelle de l'ensemble de l'administration, associée à une collaboration étroite entre le secteur public, le secteur privé et autres parties prenantes aux niveaux international et local. Ce rapport rassemble les contributions de différents comités de l'OCDE afin d'examiner les moyens de renforcer la résilience des infrastructures.

Il s'appuie sur des exemples de bonnes pratiques internationales adoptées par des pays membres et non membres de l'OCDE, ainsi que sur les recommandations et analyses de l'OCDE en matière d'infrastructures.

Ce rapport a été élaboré selon son approche multidisciplinaire, multisectorielle et multipartite, fondée sur des éléments factuels et le consensus, en matière d'analyse et de conseil stratégique. Les secrétariats intervenant dans les domaines de l'adaptation au changement climatique, de la gouvernance, du financement, du développement et du développement régional ont contribué à ce rapport, garantissant par là même une approche globale des infrastructures dans le contexte de la résilience face au changement climatique. Le rapport bénéficie des contributions de la Direction de l'environnement, de la Direction des affaires financières et des entreprises, de la Direction de la gouvernance publique, du Centre pour l'entrepreneuriat, les PME, les régions et les villes, et du Centre de développement de l'OCDE.

Il a été élaboré par Catherine Gamper, Anges Szuda (chapitres 1 et 4), Edwin Lau, Robert Addison (chapitre 2), Michael Mullan, Mamiko Yokoi-Arai (chapitre 3), Annalisa Primi (chapitre 5) et

Isabelle Chatry, Courtenay Wheeler et Justin Chen (chapitre 6), sous la direction de Kumi Kitamori et avec le concours de Virginie Marchal.

Le rapport s'appuie également sur les consultations menées auprès du Comité de l'Investissement, du Groupe de travail sur les financements et les investissements à l'appui des objectifs environnementaux, du Comité de la gouvernance publique, du Groupe de travail des experts des marchés publics, du Comité des politiques de développement régional, du Groupe d'experts de la gouvernance pluri-niveaux et de l'investissement public au service du développement régional et du Réseau des Hauts responsables d'infrastructures et de partenariats public-privé de l'OCDE.

Ce rapport a été préparé pour publication par Lucinda Pearson.

Table des matières

Préface	3
Avant-propos	5
Résumé	11
1 Combler les lacunes en matière de résilience climatique des infrastructures	15
1.1. Introduction	16
1.2. Pourquoi créer des infrastructures résilientes face au changement climatique ?	18
1.3. L'occasion de renforcer la résilience face au changement climatique	27
1.4. Comment mettre en place la résilience face au changement climatique des infrastructures ?	28
Aperçu du reste de ce rapport	28
Références	36
2 La planification au service d'infrastructures résilientes face au changement climatique	43
2.1. Introduction	44
2.2. Veiller à la coordination entre les fournisseurs d'infrastructures publics et privés	45
2.3. Identifier les risques pour les infrastructures	48
2.4. Définir des plans et des politiques publiques à long terme qui tiennent compte de la résilience climatique (aux niveaux national et infranational)	52
2.5. Recourir à des dispositifs de budgétisation des investissements pour encourager la mise à disposition d'infrastructures résilientes face au changement climatique	58
2.6. Associer suffisamment les parties prenantes aux décisions visant à assurer la résilience des infrastructures	61
2.7. Recueillir des données et recourir à des techniques innovantes pour améliorer la maintenance et l'exploitation des actifs et réseaux existants	64
Références	67
3 Mobiliser les financements pour des infrastructures résilientes face au changement climatique	69
3.1. Introduction	70
3.2. Présentation des flux de financement des infrastructures résilientes face au changement climatique	73
3.3. Intégration de la résilience face au changement climatique dans le financement des infrastructures	75
3.4. Mobiliser des financements supplémentaires pour des réseaux d'infrastructures résilients	86
Références	94

4 Mettre les solutions fondées sur la nature au service d'infrastructures résilientes face au climat	97
4.1. Introduction	98
4.2. La raison d'être de l'utilisation des solutions fondées sur la nature pour améliorer la résilience au climat dans le secteur des infrastructures	98
4.3. Des solutions fondées sur la nature pour remplacer les infrastructures grises, les compléter ou les préserver	100
4.4. Recourir à plus grande échelle aux SfN pour rendre les infrastructures résilientes	106
4.5. Conclusion	118
Références	119
Notes	129
5 Rendre les infrastructures résilientes face au changement climatique dans les pays en développement	131
5.1. Introduction	133
5.2. Le changement climatique impose un lourd tribut aux pays en développement	134
5.3. Les pays en développement doivent combler les lacunes de leurs infrastructures dans un objectif de résilience climatique	139
5.4. La mise à jour des politiques nationales et des partenariats internationaux sera essentielle pour assurer le progrès	145
5.5. Conclusions	155
Références	157
6 Construire des infrastructures résilientes face au changement climatique avec les régions et les villes	159
6.1. Introduction	161
6.2. Approche territoriale intégrée de la résilience climatique	165
6.3. La gouvernance pluri-niveaux au service de la résilience climatique	173
6.4. Financement infranational pour la résilience climatique	182
Références	195
Notes	201

GRAPHIQUES

Graphique 1.1. Le réchauffement des températures provoque des niveaux de stress thermique inégaux au sein des pays	19
Graphique 1.2. Hausse du nombre de phénomènes extrêmes signalés et des pertes économiques	20
Graphique 1.3. Exposition des actifs routiers et ferroviaires aux précipitations extrêmes selon différents scénarios climatiques	26
Graphique 1.4. Ampleur des risques climatiques pour les ports du monde entier	26
Graphique 1.5. Étapes de la mise en place d'infrastructures résilientes face au changement climatique	29
Graphique 2.1. Mesures adoptées par les pouvoirs publics afin de renforcer la résilience des infrastructures stratégiques	46
Graphique 2.2. Types d'aléas et/ou de menaces répertoriés comme des risques majeurs potentiels	48
Graphique 2.3. Mesures visant à développer les capacités d'anticipation des risques	50
Graphique 2.4. Utilisation par les pays de données sur l'exposition et la vulnérabilité aux risques et aléas climatiques et sur les dégâts et les préjudices économiques résultant de phénomènes extrêmes	51
Graphique 2.5. Aspects environnementaux et climatiques pris en compte dans l'élaboration des stratégies nationales ou sectorielles en matière d'infrastructures	53
Graphique 2.6. Obligation d'intégrer des mesures d'adaptation lors de la conception des infrastructures de transport dans les pays de l'OCDE	54
Graphique 2.7. Mesures incitant les exploitants d'infrastructures stratégiques à investir dans leur résilience	55

Graphique 2.8. Outils décisionnels à l'appui de l'adaptation	56
Graphique 2.9. Pays de l'OCDE utilisant activement des approches de budgétisation verte en 2022	59
Graphique 2.10. Une approche menée à l'échelle de la société pour la communication autour des risques	62
Graphique 2.11. Stades du cycle de vie des infrastructures où, dans les pays de l'OCDE, il est obligatoire de consulter les parties prenantes sur les impacts environnementaux ou climatiques des investissements dans les infrastructures	63
Graphique 2.12. Mécanismes utilisés pour associer les parties prenantes nationales et infranationales	63
Graphique 2.13. Utilisation de mécanismes de suivi et d'atténuation des risques environnementaux et des risques liés au changement climatique tout au long de l'exploitation, de la maintenance et du démantèlement des actifs dans les pays de l'OCDE	65
Graphique 2.14. Mettre en place des infrastructures intelligentes au service de la résilience	66
Graphique 3.1. Pertes économiques imputables aux catastrophes météorologiques	71
Graphique 3.2. Représentation schématique de l'incidence de la résilience face au changement climatique sur le flux de trésorerie des projets	76
Graphique 3.3. Valeur des actifs d'infrastructures et risques climatiques matériels	78
Graphique 5.1. Les PEID et les PMA sont les pays les plus exposés au monde aux catastrophes naturelles	135
Graphique 5.2. Les pays en développement sont particulièrement exposés aux inondations	136
Graphique 5.3. La faible qualité des infrastructures de l'Afrique accroît sa vulnérabilité au changement climatique et aux catastrophes naturelles par rapport aux autres régions du monde	138
Graphique 5.4. Le Bangladesh est l'un des pays au monde les plus exposés aux catastrophes naturelles	139
Graphique 5.5. Vitesse de l'internet à haut débit, par région et par groupe de revenu, 2023	141
Graphique 5.6. En moyenne 36 % de la population des PMA n'a pas accès à l'électricité, 2021	142
Graphique 5.7. Un cadre reposant sur trois piliers pour la résilience des infrastructures aux catastrophes naturelles	146
Graphique 5.8. Les capacités des pays en développement en matière de systèmes d'alerte précoce sont limitées	151
Figure 6.1. Les régions ne sont pas toutes exposées de la même manière aux effets du changement climatique	161
Figure 6.2. Les stratégies de développement, l'aménagement du territoire et la planification des infrastructures sont inextricablement liés	170
Figure 6.3. Les compétences en matière de politique d'infrastructure et d'investissement sont partagées entre les différents niveaux de gouvernement	175
Figure 6.4. L'augmentation des investissements publics significatifs pour le climat doit se poursuivre pour aider les gouvernements régionaux et locaux à améliorer la résilience climatique	183
Figure 6.5. Les recettes fiscales, les dotations et les subventions représentent plus de 80 % des recettes des collectivités territoriales dans les pays de l'OCDE	185
Figure 6.6. Les régions et les villes ont le potentiel de mobiliser davantage le financement durable	193

TABLEAUX

Tableau 1.1. Les risques climatiques affectent différemment les infrastructures selon leur type	21
Tableau 1.2. Quelques phénomènes provoqués par le changement climatique ayant endommagé des infrastructures	22
Tableau 1.3. Sélection de mesures physiques en faveur de la résilience climatique pour faire face aux risques climatiques pesant sur différents types d'infrastructure	32
Tableau 1.4. Sélection de mesures organisationnelles et des mesures physiques correspondantes pour des infrastructures résilientes face au changement climatique	33
Tableau 4.1. Exemples de situations où le bon rapport coût-efficacité des SfN par rapport aux solutions grises a été démontré par des méthodes d'évaluation alternatives	111
Tableau 4.2. Options de financement des SfN destinées à renforcer la résilience climatique dans le secteur des infrastructures	114
Tableau 6.1. Actions clés que les gouvernements régionaux et locaux peuvent entreprendre pour renforcer la résilience climatique	162
Tableau 6.2 - Défis politiques et actions pour construire ensemble des régions et des villes résilientes au changement climatique	164
Tableau 6.3. Méthodes de tarification pour financer les infrastructures résistantes au climat	186
Tableau 6.4. Pour répondre aux différents besoins en infrastructures résilientes face au changement climatique, il faudra mobiliser différents instruments de financement	187

Suivez les publications de l'OCDE sur :



<https://twitter.com/OECD>



<https://www.facebook.com/theOECD>



<https://www.linkedin.com/company/organisation-eco-cooperation-development-organisation-cooperation-developpement-eco/>



<https://www.youtube.com/user/OECDiLibrary>



<https://www.oecd.org/newsletters/>

Résumé

Les températures moyennes mondiales ont atteint un niveau record en 2023 en s'établissant à 1.4 °C au-dessus de la moyenne préindustrielle. Ce réchauffement est synonyme de canicules, d'inondations et d'autres événements extrêmes plus fréquents et plus intenses, ainsi que d'évolutions qui se manifestent de façon plus progressive, comme les sécheresses et les submersions. Certains effets futurs du changement climatique sont à présent devenus inévitables, mais leurs conséquences ne le sont pas. En complément des activités de lutte contre le changement climatique, il est indispensable de redoubler d'efforts pour nous préparer à ces effets.

La résilience face au changement climatique et les infrastructures sont étroitement liées pour plusieurs raisons. Premièrement, la modification du climat menace directement et indirectement les infrastructures elles-mêmes et la fourniture des services correspondants, comme on le voit, par exemple, lorsque des chaussées fondent, des réservoirs s'assèchent et des tunnels sont inondés. Les effets qui s'exercent en un point peuvent se répercuter en cascade sur tout le réseau d'infrastructures et causer des perturbations économiques et sociales. Deuxièmement, les infrastructures peuvent aggraver les risques liés au climat, comme l'ont illustré récemment les feux de forêt déclenchés par des étincelles provenant de lignes de transport d'électricité, ou les effets catastrophiques provoqués par la rupture de digues à la suite d'intenses précipitations. Troisièmement, le changement climatique engendrera de nouvelles demandes en matière d'infrastructure, comme le renforcement des ouvrages de protection contre les inondations.

Compte tenu de ces enjeux, il est urgent de faire de la résilience climatique la norme dans le domaine des infrastructures. Sachant que les choix infrastructurels faits aujourd'hui auront des conséquences pendant des décennies, il est primordial que les infrastructures soient intrinsèquement résilientes et non vulnérables. Concrètement, cela suppose de planifier, concevoir, construire et exploiter les infrastructures en tenant compte de l'évolution du climat, en les y préparant et en les y adaptant. Parallèlement, il faut veiller à ce qu'elles contribuent à la transition vers la neutralité en gaz à effet de serre. La résilience climatique des nouveaux actifs doit être prise en considération dès les toutes premières phases et, parallèlement, il s'agit de redoubler d'efforts pour combler le vide laissé par les infrastructures vieillissantes. Certains actifs existants devront le cas échéant être modernisés ou exploités différemment en raison de leur impact sur le climat au cours de leur durée de vie.

L'intérêt économique d'investir dans des infrastructures résilientes face au changement climatique est indiscutable. Des investissements bien ciblés et réalisés en temps utile peuvent contribuer à la protection des personnes et des moyens de subsistance, fiabiliser la fourniture des services, réduire les besoins en termes d'entretien, allonger la durée de vie des actifs et produire des retombées bénéfiques. Il a ainsi été estimé que chaque euro investi dans des infrastructures résilientes face au climat rapportait des bénéfices d'une valeur de quatre euros.

Pour libérer ce potentiel, il faut faire intervenir l'ensemble de l'administration et prendre en compte la résilience climatique sur la totalité du cycle de vie des infrastructures. Il s'agit notamment d'évaluer et de cerner les risques présents et futurs que le changement climatique fait peser sur les actifs d'infrastructure et leur exploitation, puis de les intégrer dans la planification et les décisions infrastructurelles. Les arguments économiques qui plaident pour l'investissement dans la résilience climatique doivent être

traduits en dossiers argumentaires convaincants appuyant les projets. Les investissements résilients face aux aléas climatiques nécessitent un financement adéquat faisant intervenir différents canaux qui créent des incitations en faveur de financements accrus.

Mettant à profit des contributions qui proviennent de différents secteurs de l'action publique, ce rapport analyse où en sont les infrastructures résilientes face au changement climatique aujourd'hui, met en évidence les bonnes pratiques qui se dessinent dans des domaines importants et apporte des éclairages pour aider les pouvoirs publics à exploiter les possibilités de construire des infrastructures qui contribueront à la résilience future.

Éclairages pour l'action publique

Prendre systématiquement en compte le changement climatique dans la planification des infrastructures pour garantir la résilience des systèmes d'infrastructure et gérer les interdépendances

- Il convient d'intégrer la résilience face au changement climatique dans la planification pour assurer que les infrastructures pourront résister aux aléas climatiques futurs, et d'associer parallèlement les parties prenantes aux décisions qui influenceront l'emplacement des équipements, leur impact et les modalités d'utilisation des terres. Il importe également de recourir à des méthodes pour sélectionner des projets caractérisés par un haut niveau de résilience, et de faire appel à des outils techniques pour que l'exploitation et l'entretien favorisent la résilience sur l'ensemble du cycle de vie.
- Les principales mesures à prendre pour améliorer la planification sont les suivantes :
 - Renforcer la coordination entre les acteurs qui réalisent et qui exploitent les infrastructures, identifier les interdépendances entre les systèmes d'infrastructure et mettre au point des mécanismes de partage de l'information sur les vulnérabilités aux risques climatiques entre exploitants et parties prenantes.
 - Signaler les investissements futurs dans les infrastructures résilientes par la planification, l'action publique et les paramètres urbanistiques budgétaires, et obliger les acteurs qui réalisent et exploitent les infrastructures de se conformer aux normes de résilience.
 - Mettre à profit les données et les nouvelles techniques dans le cadre de l'entretien et de l'exploitation pour garantir le maintien des niveaux de service malgré l'augmentation des risques liés au climat.

Intégrer la résilience climatique dans le financement et l'investissement infrastructurels pour en faire la norme pour l'ensemble des investissements et débloquer des capitaux pour l'adaptation

- Les flux de financements en faveur des infrastructures résilientes face au climat sont limités au regard des besoins créés par l'impact grandissant du changement climatique. Les défaillances du marché, les décalages entre politiques publiques et la sensibilisation insuffisante aux risques empêchent que les avantages d'une meilleure résilience climatique soient pris en compte dans les décisions d'investissement public et privé.
- Voici les principaux éléments d'une approche souhaitable :
 - Mettre en œuvre des régimes de notification et de diffusion de l'information pour garantir que la prise en compte de la résilience climatique constitue la norme dans le cadre du financement.
 - Veiller à ce que les mécanismes de préparation de projets puissent prévoir la fourniture d'un appui et d'orientations techniques et/ou d'un soutien financier aux fins de l'intégration de la résilience climatique dans la planification.

- Mobiliser des financements et des investissements privés en encourageant la diffusion d'informations sur les risques physiques, en levant les obstacles réglementaires, en assurant une mutualisation des risques efficace et, lorsqu'il y a lieu, en utilisant de façon stratégique le soutien public, y compris au travers de financements mixtes, pour encourager le financement de la résilience face au climat.
- Explorer tout l'éventail des possibles sources de financement d'infrastructures résilientes face au changement climatique, pour à la fois financer la mise de fonds initiale et assurer un entretien adéquat. Des approches innovantes du financement, telles que la récupération des plus-values foncières, peuvent compléter utilement les sources de financement classiques comme les taxes et les redevances d'utilisation.

Libérer le potentiel des solutions fondées sur la nature en termes de fourniture de services d'infrastructure efficaces et flexibles et de production de retombées bénéfiques sur les plans social et environnemental.

- Les solutions fondées sur la nature peuvent potentiellement se substituer aux solutions classiques de réduction des risques climatiques, les compléter ou les préserver. Pour pouvoir profiter de ce potentiel, il faut toutefois les intégrer expressément dans les dispositifs stratégiques, réglementaires, financiers et institutionnels qui régissent la mise en place d'infrastructures, ainsi que dans les programmes de formation technique des concepteurs et des exploitants d'infrastructures.
- Voici plusieurs pistes pour renforcer le recours aux solutions fondées sur la nature :
 - Réexaminer les normes et les réglementations techniques afin d'uniformiser les règles du jeu applicables à ces solutions et aux infrastructures classiques.
 - Mettre en place les capacités nécessaires à l'utilisation des solutions fondées sur la nature, par le développement d'outils de connaissance comme les bases de données de bonnes pratiques, la constitution de réseaux et la création de plateformes de renforcement des capacités.
 - Ajuster les méthodes de calcul de la valeur afin que les avantages des solutions fondées sur la nature soient pris en compte dans les processus d'évaluation préalable, de conception et de sélection des projets et des politiques publiques.

Tenir compte des opportunités et des défis particuliers des pays en développement

- Pour les pays en développement, l'impératif de résilience climatique des infrastructures va de pair avec la nécessité de combler le déficit d'infrastructures. Dans ces pays, il est primordial de prendre en considération l'équité et l'inclusion sociales dans le cadre de la planification d'infrastructures résilientes face au changement climatique. Les populations fragiles et marginalisées peuvent y subir de façon plus disproportionnée encore que dans les économies avancées les conséquences de l'infrastructure déficiente.
- La coopération internationale peut aider à répondre aux besoins particuliers des pays en développement de plusieurs façons :
 - Par le partage de connaissances et l'assistance technique pour renforcer les capacités des secteurs privé et public, y compris via des mécanismes de coopération et de coordination, la modernisation des cadres juridiques et le renforcement des capacités d'adaptation et de résilience face au changement climatique, notamment par le biais de meilleurs outils et du renforcement des institutions.
 - Par le partage du savoir-faire en matière de recherche, développement et déploiement de mesures d'adaptation au service d'infrastructures résilientes face au changement climatique.
 - Par une hausse des investissements et des financements, ainsi que par une plus forte mobilisation des banques multilatérales de développement et des institutions de financement

du développement non limitée au financement direct, dans des domaines comme la préparation des projets, la présélection, la diligence raisonnable et l'envoi de signaux.

Adopter une approche intégrée pour rendre les régions et les villes plus résilientes face au changement climatique

- Les infrastructures résilientes face au climat peuvent aider les collectivités à s'adapter à la modification du climat et appuyer ainsi le développement régional et urbain à long terme. Les administrations régionales et locales joueront un rôle essentiel dans la mise en place d'infrastructures résilientes face au changement climatique. Elles sont à l'origine de 69 % des investissements publics présentant un intérêt pour le climat dans les pays de l'OCDE. Les autorités infranationales sont compétentes pour la planification, la réalisation, le financement et l'entretien d'une bonne partie des nécessaires infrastructures résilientes face au climat, et il leur incombe d'instaurer des conditions cadres propices à l'investissement dans la résilience climatique au niveau local.
- Les démarches suivantes peuvent aider les administrations nationales, régionales et locales à appuyer la mise en place d'infrastructures résilientes face au changement climatique pour les régions et les villes :
 - Employer une approche territorialisée pour adapter les mesures de résilience afin d'appuyer une action publique systémique et intégrée au niveau local au côté des populations.
 - Adopter un cadre de gouvernance pluriniveaux pour aider à harmoniser les mesures en faveur de la résilience climatique des différents échelons de l'administration par une coordination améliorée et par le renforcement des capacités des collectivités territoriales.
 - Appliquer une approche infranationale en matière de financement afin de favoriser l'identification des sources de recettes locales appropriées pour la résilience, de mieux cibler les financements sur les besoins les plus pressants et de libérer le financement climatique au niveau local.

1 Comblent les lacunes en matière de résilience climatique des infrastructures

Les infrastructures jouent un rôle clé dans le bon fonctionnement de nos sociétés en permettant la circulation des personnes, des biens et de l'information. Or nombre d'entre elles sont mises à mal, voire à l'arrêt par le dérèglement climatique et son cortège de tempêtes, d'inondations et de feux de forêt. Et d'après les projections, leur exposition aux répercussions du changement climatique ne fera que s'accroître. Ce chapitre explique l'intérêt de mettre en place des infrastructures résilientes face au changement climatique dans le cadre d'efforts plus généraux d'amélioration de la durabilité et de la qualité des infrastructures. Il montre en quoi la résilience économique et sociale au changement climatique dépend de la capacité des infrastructures à s'adapter aux impacts climatiques et à les absorber. Ce chapitre offre un aperçu de la manière dont la planification, le financement et la conception doivent prendre en compte la résilience climatique, sujets traités plus en détail dans les autres chapitres du présent rapport.

Principaux éclairages sur l'action publique

- Les infrastructures, comme d'autres actifs économiques, sont exposées aux effets croissants du changement climatique. La résilience climatique des infrastructures joue un rôle fondamental dans la capacité de la société et des économies à s'adapter aux effets négatifs de la variabilité du climat et aux phénomènes climatiques extrêmes, et à les absorber.
- Des infrastructures résilientes face au changement climatique décrivent des infrastructures qui sont planifiées, conçues, construites et exploitées de manière à anticiper le changement climatique, à s'y préparer et à s'y adapter, tout en étant capables de résister aux perturbations provoquées par l'évolution des conditions climatiques et s'en remettre rapidement tout au long de leur cycle de vie. Cela concerne les nouveaux actifs ainsi que ceux existants, ces derniers pouvant nécessiter une rénovation ou une modification du mode d'exploitation afin de prendre en compte les répercussions du changement climatique.
- Les infrastructures résilientes face au changement climatique ouvrent des possibilités importantes. Les mesures en faveur de la résilience climatique peuvent améliorer la durée de vie des infrastructures, protéger la rentabilité des investissements et assurer la continuité des activités. Les mesures en faveur de la résilience climatique diminuent les coûts des dommages et des réparations tout au long du cycle de vie des infrastructures.
- Il est nécessaire de suivre plusieurs étapes pour garantir la résilience climatique des infrastructures. La première consiste à évaluer et à cerner les risques présents et futurs que le changement climatique fait peser sur les actifs d'infrastructure et leur exploitation, puis des les intégrer dans la planification et les décisions infrastructurelles. Les investissements dans la résilience climatique nécessitent des financements et une capacité technique appropriés. Les risques climatiques évoluant sans cesse, il est nécessaire d'évaluer les résultats des mesures en faveur de la résilience afin d'adapter l'exploitation et l'entretien en conséquence au fil du temps.

1.1. Introduction

Les infrastructures sont essentielles au bon fonctionnement de la société. Elles contribuent de manière cruciale au bien-être des gens et au fonctionnement de l'économie en permettant la circulation des personnes, des biens et des informations, en assurant la connectivité et en fournissant des ressources essentielles telles que l'eau ou l'énergie, qui participent au maintien de fonctions clés pour la société.

Les infrastructures sont grandement exposées aux impacts du changement climatique. Les tempêtes, les inondations ou les incendies causés par le changement climatique entraînent des défaillances et des dégradations massives des infrastructures. Le coût des dommages aux infrastructures causés par des phénomènes climatiques extrêmes représente deux tiers des passifs éventuels des pouvoirs publics (OECD/The World Bank, 2019^[1]). Compte tenu des prévisions de changement climatique, les infrastructures devraient être de plus en plus exposées aux incidences du changement climatique.

En retour, les infrastructures peuvent également jouer un rôle primordial dans la création d'économies et de sociétés plus résilientes en réduisant leur vulnérabilité aux chocs climatiques actuels et futurs. Lorsque les infrastructures restent opérationnelles malgré un aléa climatique, les communautés et les entreprises peuvent continuer à fonctionner et mieux absorber les chocs ayant affecté leurs biens.

Des infrastructures résilientes face au changement climatique sont des infrastructures qui sont planifiées, conçues, construites et exploitées de manière à anticiper le changement climatique, à s'y préparer et à s'y

adapter, tout en étant capables de résister aux perturbations provoquées par l'évolution des conditions climatiques et de s'en remettre rapidement tout au long de leur cycle de vie. Cela concerne les nouveaux équipements ainsi que ceux existants, ces derniers pouvant nécessiter une rénovation ou une modification du mode d'exploitation afin de prendre en compte les répercussions du changement climatique (OCDE, 2018^[2]).

Les infrastructures affichent une forte intensité capitalistique, avec des actifs ayant une durée de vie de plusieurs dizaines d'années ou siècles. Les décisions prises aujourd'hui concernant l'emplacement, la conception et la nature des infrastructures ont des effets à long terme : ces facteurs déterminent notamment si les investissements permettront de concrétiser les objectifs et d'obtenir les avantages escomptés pendant la durée de vie des infrastructures, ainsi que s'il sera nécessaire de les rénover dans le contexte du changement climatique.

Encadré 1.1. La résilience climatique comme élément crucial d'infrastructures résilientes, durables et de qualité

Des infrastructures résilientes face au changement climatique sont une composante essentielle des efforts plus larges déployés pour parvenir à des infrastructures résilientes. Au sens large, la résilience des infrastructures inclut la résilience face aux aléas naturels non liés au climat (comme les tremblements de terre), mais également aux risques d'origine humaine (comme les attaques terroristes ou les accidents industriels) (OCDE, 2021^[3]). L'OCDE définit cette capacité de résilience plus large comme l'« aptitude à résister, à absorber le choc, à retrouver un fonctionnement normal ou à s'adapter avec succès, face à un phénomène adverse ou à un changement de situation » (OCDE, 2014^[4]).

La résilience est une composante essentielle de l'investissement dans des infrastructures durables et de qualité, ainsi que de la conception de telles infrastructures. Ainsi, si ces concepts se recoupent, les infrastructures durables et de qualité renvoient à des concepts plus généraux que les infrastructures résilientes face au changement climatique. Les infrastructures durables comprennent les systèmes construits ou naturels qui fournissent un ensemble de services d'une manière qui garantit la durabilité économique, sociale et environnementale tout au long du cycle de vie des infrastructures (de la planification au démantèlement et à la requalification), conformément aux Objectifs de développement durable (OCDE, 2021^[3]). Les infrastructures durables sont donc un concept plus large, englobant les notions d'utilité, de viabilité, d'efficacité, de stabilité technique, de durabilité financière, de bonne gouvernance, tout en étant durables sur les plans environnemental et social, et en contribuant aux objectifs d'adaptation au changement climatique et d'atténuation de ses effets. Les infrastructures de qualité correspondent à un concept encore plus large : en plus d'être alignées sur les Objectifs de développement durable et de contribuer à leur réalisation, elles visent à maximiser les effets sur les plans économique, social, environnemental et du développement (OCDE, 2021^[5]). En outre, ce concept met l'accent sur l'amélioration de l'efficacité économique de ces infrastructures tout au long du cycle de vie, tout en intégrant des facteurs environnementaux et sociaux et en améliorant la résilience. L'OCDE défend les infrastructures de qualité dans le cadre de plusieurs initiatives, notamment en soutenant la création du concept du G20 pour des investissements de qualité dans les infrastructures.

Source : OCDE (2014^[4]), Recommendation of the Council on the Governance of Critical Risks, <https://www.oecd.org/gov/risk/Critical-Risks-Recommendation.pdf>; OCDE (2021^[3]) Building Resilience New Strategies for Strengthening Infrastructure Resilience and Maintenance; OCDE (2021^[5]), OECD Implementation Handbook for Quality Infrastructure Investment: Supporting a Sustainable Recovery from the COVID-19 Crisis, <https://www.oecd.org/finance/OECD-Implementation-Handbook-for-Quality-Infrastructure-Investment.htm>

Ce chapitre explique l'intérêt de la mise en place d'infrastructures résilientes face au changement climatique. Il met en évidence les possibilités associées à la création d'infrastructures résilientes face au changement climatique. Il donne un aperçu des étapes à suivre pour s'assurer que la résilience climatique soit intégrée à la planification, à la conception et à l'exploitation des infrastructures tout au long de leur cycle de vie. Ce tour d'horizon permet d'introduire les chapitres suivants, qui examinent ces questions de manière plus approfondie. Ce rapport s'appuie sur l'expérience des pays de l'OCDE et inclut des éclairages sur les particularités de l'amélioration de la résilience dans le contexte des pays en développement, notamment dans le chapitre 5 consacré à ce sujet.

1.2. Pourquoi créer des infrastructures résilientes face au changement climatique ?

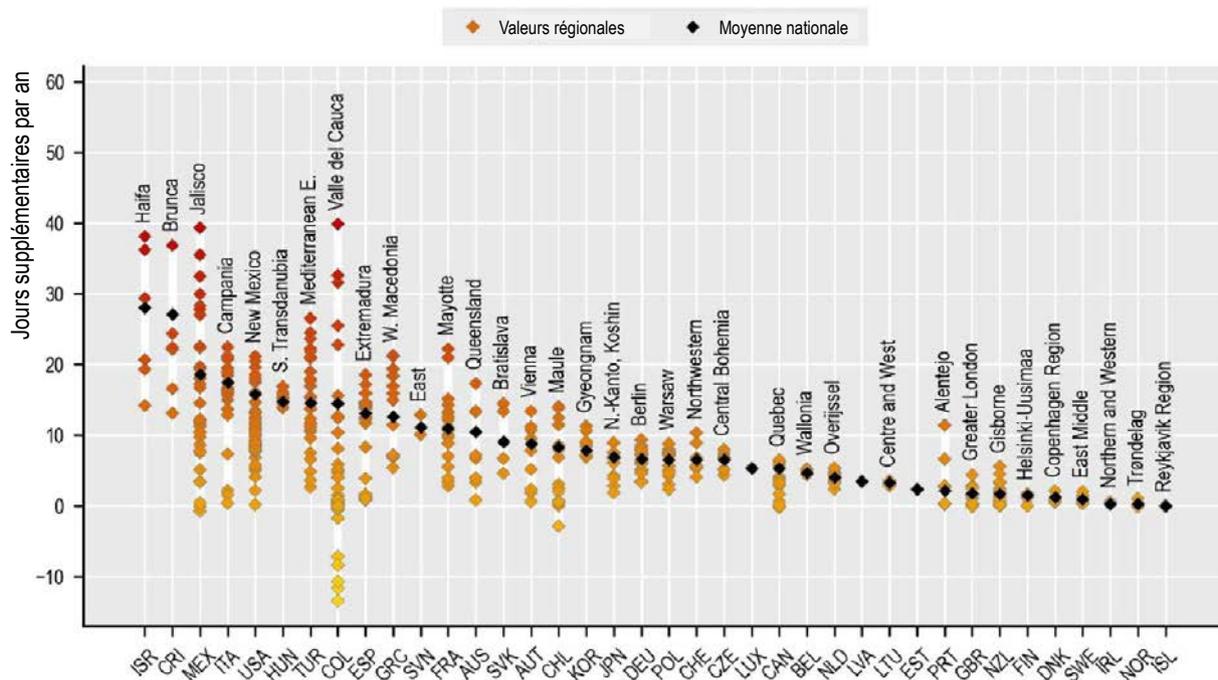
1.2.1. Les dommages et les dégradations causés aux infrastructures par le changement climatique sont de plus en plus graves

Les gaz à effet de serre émis dans l'atmosphère jusqu'à présent ont déjà entraîné un réchauffement très important et ont donc intensifié les risques climatiques. Les températures mondiales moyennes ont dépassé les niveaux préindustriels de plus de 1.4 °C en 2023 (Copernicus, 2023^[6]). La plupart des territoires ont enregistré une hausse de la fréquence et de l'intensité des épisodes de précipitations abondantes depuis 1950 (IPCC, 2021^[7]). De même, la durée, la fréquence et l'intensité des sécheresses ont augmenté dans de nombreuses régions du monde depuis le milieu du siècle dernier (Spinoni et al., 2014^[8]). En Europe, les régions et le nombre de personnes touchés par des sécheresses ont progressé de près de 20 % entre 1976 et 2006 (European Commission, 2007^[9]). La durée de la saison des feux¹ a également augmenté de 27 % à l'échelle mondiale entre 1979 et 2019, avec des hausses significatives dans l'ouest de l'Amérique du Nord, en Europe du Sud, en Australie, en Asie occidentale et centrale, ainsi que dans la majeure partie de l'Afrique (Jones et al., 2022^[10]) (OECD, 2023^[11]). À ce jour, le niveau de la mer s'est élevé en moyenne de 21 à 24 cm par rapport aux niveaux préindustriels (NOAA, 2022^[12]).

On observe d'importantes variations spatiales dans la manifestation de ces phénomènes. Bien que les températures augmentent dans le monde entier, l'impact des épisodes de chaleur extrême varie d'un pays à l'autre et au sein des pays. Il existe de fortes disparités territoriales en matière d'exposition des personnes et des biens au stress thermique (Graphique 1.1).

Graphique 1.1. Le réchauffement des températures provoque des niveaux de stress thermique inégaux au sein des pays

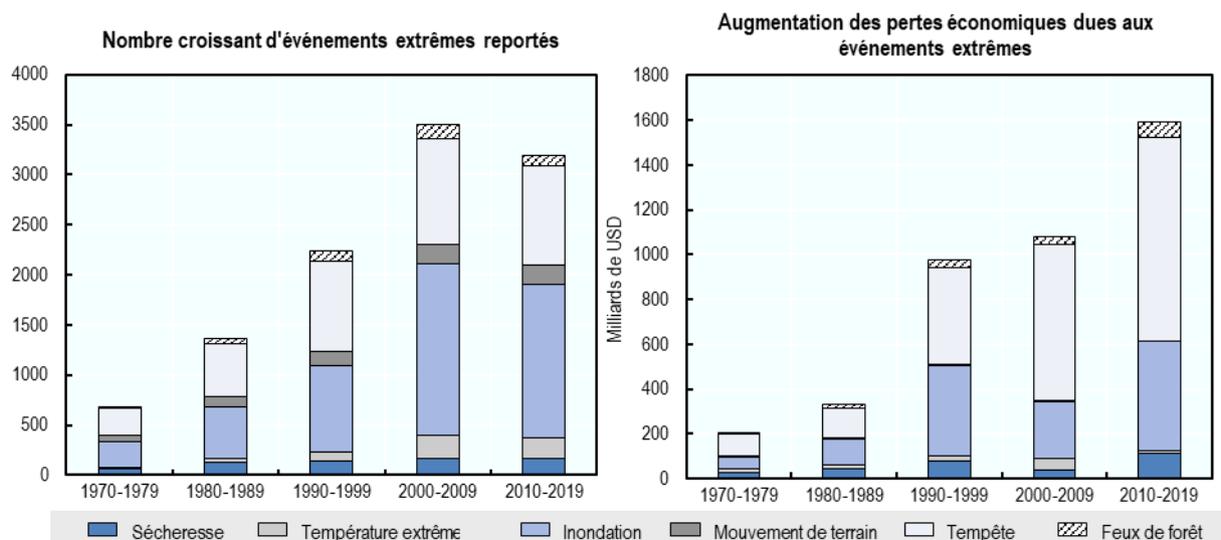
Jours supplémentaires de fort stress thermique par an dans les grandes régions (TL2) de l'OCDE, 2017-21 comparé à 1981-2020



Source : OCDE (2023^[13]), OECD Laboratory for Geospatial Analysis.

Au cours des cinquante dernières années, le nombre de phénomènes climatiques extrêmes a été multiplié par cinq (WMO, 2021^[14]). En parallèle, les pertes économiques découlant des catastrophes ont été multipliées par sept entre les années 1970 et les années 2010, passant d'une moyenne de 198 milliards USD à une moyenne de 1 600 milliards USD (Graphique 1.2). Les actifs d'infrastructure représentent une part importante des dommages économiques, et multiplient à leur tour les pertes (p. ex., manque à gagner) pour les entreprises dont l'activité est perturbée à cause des perturbations des infrastructures.

Graphique 1.2. Hausse du nombre de phénomènes extrêmes signalés et des pertes économiques



Note : Valeur monétaire calculée en USD, corrigée des effets de l'inflation, avec 2021 comme année de référence.

Les mouvements en masse incluent les avalanches, les glissements de terrain, les coulées de boue, les éboulements et les affaissements soudains.

Source : D'après (EM-DAT, 2023^[15]).

Le changement climatique affecte les actifs d'infrastructure et leurs activités de différentes façons. Parmi les impacts du changement climatique sur les infrastructures figurent ceux causés par des phénomènes d'apparition lente, qui découlent de phénomènes qui durent longtemps (p. ex., disponibilité limitée des ressources en eau due à la sécheresse) et ceux occasionnés par des phénomènes météorologiques extrêmes (p. ex., tempêtes qui perturbent les réseaux de télécommunications), qui provoquent des dommages et des perturbations en quelques jours ou heures. Plusieurs secteurs des infrastructures sont menacés par différents aléas climatiques (Tableau 1.1). Par exemple, si les sécheresses peuvent fortement entraver le fonctionnement du transport fluvial, leur effet sur les transports ferroviaire, aérien et routier est limité. En revanche, des températures élevées peuvent affecter les infrastructures routières (autoroutes et aéroports), ainsi que les voies ferrées, sans avoir de conséquence sur les voies de transport maritime et fluvial (bien que les travailleurs puissent être affectés par la chaleur extrême). Globalement, l'ampleur des risques que représente le changement climatique pour les infrastructures dépend du type d'aléa climatique et des interactions avec la vulnérabilité et l'exposition des infrastructures à celui-ci.

Tableau 1.1. Les risques climatiques affectent différemment les infrastructures selon leur type

Type d'infrastructure		Aléa climatique	Impacts sur les infrastructures
Transport	Voie terrestre (routes, voies ferrées)	Chaleur extrême	Ramollissement de la chaussée (ornières), dilatation thermique des rails (déformation)
		Précipitations extrêmes	Lessivages, inondation des routes et des voies ferrées
		Crues fluviales	
		Ondes de tempête et élévation du niveau de mer	Inondation et instabilité des routes côtières et des voies ferrées
		Tempêtes, vents violents	Blocage de routes et de voies ferrées dû à des arbres tombés et à d'autres équipements endommagés
		Fonte du pergélisol	Déformation et instabilité des routes et des voies ferrées
	Voie fluviale	Sécheresse	Impraticabilité des voies de transport fluvial (temporaires/saisonniers)
		Crues fluviales	Dommages aux ports, aux navires et aux marchandises ; impraticabilité temporaire des voies de transport fluvial
		Tempêtes, vents violents	
	Voie maritime	Élévation du niveau de la mer et ondes de tempête	Inondation de ports
Élévation des températures		Évolution de la demande de ports ; les eaux arctiques deviennent navigables	
Tempêtes, vents violents		Dommages aux ports, aux navires et aux marchandises ; certaines voies de transport ne sont (temporairement) plus sûres	
Énergie	Hydroélectricité	Sécheresse	Réduction de la production d'hydroélectricité, avec risque d'actifs échoués si la baisse des niveaux d'eau persiste
		Inondations	Dommages aux centrales hydroélectriques
	Énergie nucléaire	Sécheresses ou températures élevées	Disponibilité réduite de l'eau de refroidissement
		Crues fluviales	Dommages aux actifs, problèmes de sûreté, pollution
		Élévation du niveau de la mer et ondes de tempête	
	Énergie solaire	Températures extrêmes	Efficacité réduite des panneaux solaires
	Ensemble du secteur de l'énergie	Températures extrêmes	Hausse de la demande de refroidissement, pressions accrues sur le réseau électrique
		Élévation du niveau de la mer, ondes de tempête	Inondation des centrales électriques côtières, des lignes de transport et de distribution de l'électricité
		Incendies	Dommages causés aux actifs de production d'électricité et aux lignes de transport et de distribution de l'électricité
		Crues fluviales	Perturbation de l'approvisionnement en raison de l'inondation de lignes de transport d'électricité ou de centrales électriques
Tempêtes, vents violents		Coupures de courant, dommages causés aux actifs de production d'électricité et aux lignes de transport et de distribution d'électricité	
Télécommunications	Chaleur extrême	Surchauffe des centres de données	
	Crues fluviales	Inondation des centres de données, des stations de radio/télévision, des tours de télécommunications, des lignes de distribution, etc.	
	Élévation du niveau de la mer et ondes de tempête		
	Précipitations extrêmes		
	Tempêtes, vents violents	Dommages causés aux tours de télécommunications, aux lignes de distribution d'électricité	

Type d'infrastructure	Aléa climatique	Impacts sur les infrastructures
	Incendies	Câbles de transport d'électricité et tours de télécommunications brûlés
Approvisionnement en eau, infrastructures de gestion des eaux pluviales et des eaux usées	Chaleur extrême	Augmentation de l'évapotranspiration dans les retenues, besoin accru de traitement de l'eau
	Précipitations extrêmes	Débordements de réseaux d'égouts, de barrages, de digues et de réservoirs, besoin accru de capacité de stockage de l'eau
	Crues fluviales	Contamination des sources d'eau, débordements de barrages, de digues et de réservoirs, besoin accru de capacité de stockage de l'eau
	Sécheresse	Diminution de la quantité d'eau disponible
	Élévation du niveau de la mer et ondes de tempête	Salinisation des ressources en eau, inondation des infrastructures de traitement de l'eau.

Note : Ce tableau illustre des aléas climatiques et des impacts qui pourraient affecter divers types d'infrastructure, mais ne constitue pas une liste exhaustive des types d'infrastructure, des aléas climatiques et de leurs répercussions.

Source : D'après (OECD, 2018^[2]) et (IISD, 2021^[16])

Les dommages causés aux infrastructures par des phénomènes météorologiques extrêmes ces dernières années fournissent des exemples concrets de la manière dont le changement climatique affecte les infrastructures. Par exemple, lors du passage de l'ouragan Sandy, les réseaux d'infrastructures des régions du Grand New York et du New Jersey ont subi des dommages directs s'élevant à environ 17.1 milliards USD (Martello et Whittle, 2023^[17]). Les perturbations causées par les phénomènes météorologiques extrêmes affichent une tendance à la hausse. Aux États-Unis, le nombre de pannes de courant provoquées par des phénomènes météorologiques extrêmes a augmenté, passant de 5 à 20 coupures dans les années 1990 à 50 à 100 coupures au début des années 2010 (Castillo, 2014^[18]) (Chang, 2016^[19]). Le Tableau 1.2 présente une liste non exhaustive d'exemples de dommages causés aux infrastructures par des phénomènes extrêmes provoqués par le changement climatique récemment.

Tableau 1.2. Quelques phénomènes provoqués par le changement climatique ayant endommagé des infrastructures

Année	Type de phénomène	Lieu	Lien avec le changement climatique	Dommages causés aux infrastructures
2018	Incendie (« Camp Fire »)	États-Unis	Sous l'effet du changement climatique, la fréquence des conditions météorologiques extrêmes ayant facilité l'incendie a doublé. (Williams et al., 2019 ^[20]) (Goss et al., 2020 ^[21])	19 000 structures détruites, dont des maisons, des écoles et des édifices commerciaux (Fischer et al., 2021 ^[22]).
2019	Tempête (« typhon Hagibis »)	Japon	Il apparaît que le typhon avait 67 % plus de chances d'apparaître du fait du changement climatique. (Li et Otto, 2022 ^[23])	Digues détruites à 135 endroits ; 10 trains et 120 wagons endommagés dans un dépôt inondé. En raison des dommages causés aux infrastructures électrique et hydrique, 22 000 foyers ont été privés d'électricité, et 133 000 d'eau pendant plus de deux semaines. (Tulane University Law School, 2021 ^[24])
2021	Inondations de la vallée de l'Ahr	Allemagne	Le changement climatique a accru l'intensité des précipitations associées aux inondations de 3 à 19 % et multiplié leur risque de survenue par 1.2 à 9 (Tradowsky et al., 2023 ^[25]).	Plus de 50 ponts, 600 km de voies ferrées et trois autoroutes fédérales endommagés et inutilisables pendant des mois. Dommages directs et indirects causés aux bâtiments et aux infrastructures et au secteur des transports estimés à environ 14 milliards EUR. (Prognos, 2022 ^[26])

Année	Type de phénomène	Lieu	Lien avec le changement climatique	Domages causés aux infrastructures
2022	Sécheresse	Europe	On estime que la sécheresse avait 5 à 20 fois plus de chances de survenir à cause des températures élevées associées au changement climatique. (Schumacher, 2022 ^[27])	Diminution de 30 % de la production d'hydroélectricité durant les 6 premiers mois de 2022 pour EDF, le fournisseur d'électricité français, ce qui a entraîné un manque à gagner de 1.4 milliard EUR (S&P Global, 2022 ^[28]). Plusieurs perturbations du transport fluvial sur le Danube et le Rhin. (CCNR, 2023 ^[29])

Sources : (CCNR, 2023^[29]) (Fischer et al., 2021^[22]) (Goss et al., 2020^[21]), (Karels, 2019^[30]), (Prognos, 2022^[26]), (Schumacher, 2022^[27]), (S&P Global, 2022^[28]), (Tradowsky et al., 2023^[25]), (Tulane University Law School, 2021^[24]), (Williams et al., 2019^[20]).

Les répercussions du changement climatique peuvent être encore plus importantes dans les pays en développement, en raison des ressources et de la capacité d'adaptation limitées, ainsi que de l'inadéquation des infrastructures (chapitre 5). En outre, les inégalités, qui se manifestent par exemple dans les conditions de logement ou l'accès aux services de soins de santé et d'infrastructure, aggravent la vulnérabilité aux perturbations des infrastructures dans de nombreux pays en développement. En 2019, à la suite d'une sécheresse en Inde, les réservoirs se sont asséchés dans la ville de Chennai, ce qui a eu des effets disproportionnés sur les habitants pauvres (Sebastian, 2022^[31]). En 2023, deux grands barrages ont cédé après de violentes tempêtes dans la ville de Derna, en Libye, entraînant la mort de 4 300 personnes et le déplacement de 40 000 autres au moins (Zachariah, 2023^[32]).

Les effets du changement climatique peuvent être plus marqués à certains endroits des pays. Par exemple, les villes sont particulièrement touchées par les vagues de chaleur, étant donné que les températures y sont généralement plus élevées que dans les zones environnantes en raison du phénomène d'îlot de chaleur urbain. Au cours des cinq dernières années, près de la moitié des villes de l'OCDE ont enregistré un phénomène d'îlot de chaleur urbain supérieur à 3 °C en journée l'été (OECD, 2022^[33]). La répartition spatiale variable des aléas climatiques, qui vient s'ajouter aux différences dans les caractéristiques physiques, économiques et sociales des régions et des villes, signifie qu'il y a une forte dimension spatiale à prendre en compte (voir chapitre 6).

1.2.2. La défaillance des systèmes d'infrastructure se répercute sur l'économie, les communautés et l'environnement

Étant donné que la majorité des actifs d'infrastructure ont des liens d'interdépendance avec d'autres systèmes et que diverses fonctions économiques et sociétales s'appuient sur ces actifs, la défaillance des infrastructures peut avoir des répercussions en cascade très variées (Vallejo et Mullan, 2017^[34]). En Angleterre, 20 millions de propriétés risquent d'être touchées par une interruption des services collectifs durant une inondation, un chiffre huit fois supérieur à celui du nombre de propriétés (2.4 millions) exposé à un risque d'inondation fluviale ou côtière, ce qui illustre l'ampleur des dommages indirects (Hall et al., 2019^[35]). Les inondations survenues en Thaïlande en 2011, provoquées par une mousson particulièrement intense, ont entraîné d'énormes dégradations et des perturbations des infrastructures, notamment la fermeture pendant plusieurs mois de l'aéroport Don Mueang de Bangkok. Le coût des réparations s'est élevé à 52 millions USD (Riverside Technology, 2014^[36]). Les dommages causés aux usines thaïlandaises par les inondations ont perturbé les chaînes d'approvisionnement dans le monde entier. Au Canada et aux États-Unis, la production de véhicules a chuté de 50 % dans les usines de Honda (Riverside Technology, 2014^[36]). De même, la sécheresse ayant affecté le Rhin (et les pénuries d'eau subséquentes) en 2018 a empêché le transport de marchandises 80 % des jours entre juin et décembre (Prognos, 2022^[37]), ce qui a eu de graves conséquences sur les usines qui dépendaient du fleuve pour le transport des matières premières et des produits dans la région allemande de la Ruhr. L'interruption de la chaîne logistique d'approvisionnement en produits chimiques et pétroliers, minerais et autres matières

premières et biens a entraîné une perte de 5 milliards EUR pour l'économie allemande au deuxième semestre 2018 (CCNR, 2019^[38]).

En touchant les biens et les services fondamentaux, les dommages directs et indirects causés aux infrastructures ont des répercussions sociales majeures. Durant les ouragans Irma et Maria en 2017, les infrastructures de télécommunication sur les îles de Porto Rico, Saint Martin, la Dominique et Antigua-et-Barbuda ont été détruites au moment précis où elles s'avéraient indispensables pour émettre des alertes de conditions météorologiques extrêmes et appuyer les interventions d'urgence (GSMA, 2018^[39]). Les dommages aux actifs d'infrastructure peuvent également perturber les déplacements des personnes. En 2012, l'ouragan Sandy a restreint les déplacements de 5.4 millions de passagers (Vallejo et Mullan, 2017^[34]). De la même manière, lors de la grande tempête de neige de 2008 en Chine, 5.8 millions de personnes ont été bloquées dans des gares, tandis que 200 000 véhicules avec 60 000 passagers ont été immobilisés par le gel et la neige sur un segment d'autoroute dans la seule province du Hunan (Zhou et al., 2011^[40]). Les pannes d'électricité associées à la perturbation des infrastructures peuvent également affecter de nombreuses personnes. La tempête de neige susmentionnée a endommagé le réseau électrique de la province du Hunan à un tel point que la ville de Chenzhou, qui compte 4 millions d'habitants, a été privée de courant pendant plusieurs semaines durant les célébrations du Nouvel An chinois (Zhou et al., 2011^[40]). Après le passage de l'ouragan Katrina en 2005, 2.7 millions de personnes se sont retrouvées sans électricité (Hall et al., 2019^[35]). De même, en 2021, le typhon Rai (Odette) ayant frappé les Philippines a privé de courant 269 villes et municipalités, et 348 autres ont subi des coupures de réseau (OCHA, 2021^[41]). Lors de la vague de chaleur de 2009 en Australie, un demi-million de personnes ont été privées d'électricité à Melbourne, le stress thermique ayant provoqué des pannes sur le réseau de transport d'électricité (McEvoy, Ahmed et Mullett, 2012^[42]).

Les dommages aux écosystèmes associés aux perturbations des infrastructures peuvent également être significatifs. En 2012, aux États-Unis, l'ouragan Sandy a entraîné le déversement de près de 42 milliards de litres d'eaux usées, contaminant les systèmes d'eau douce (Kenward, Yawitz et Raja, 2013^[43]). Après l'effondrement de deux grands barrages à Derna, en Libye, à la suite de la tempête Daniel en 2023, des sédiments et des débris pollués ont inondé une partie du parc naturel El Kour, entraînant des effets néfastes pour la faune dans des zones lagunaires côtières protégées par la Convention de Ramsar (CEOBS, 2023^[44]).

1.2.3. Le changement climatique exercera une pression accrue sur les infrastructures à l'avenir

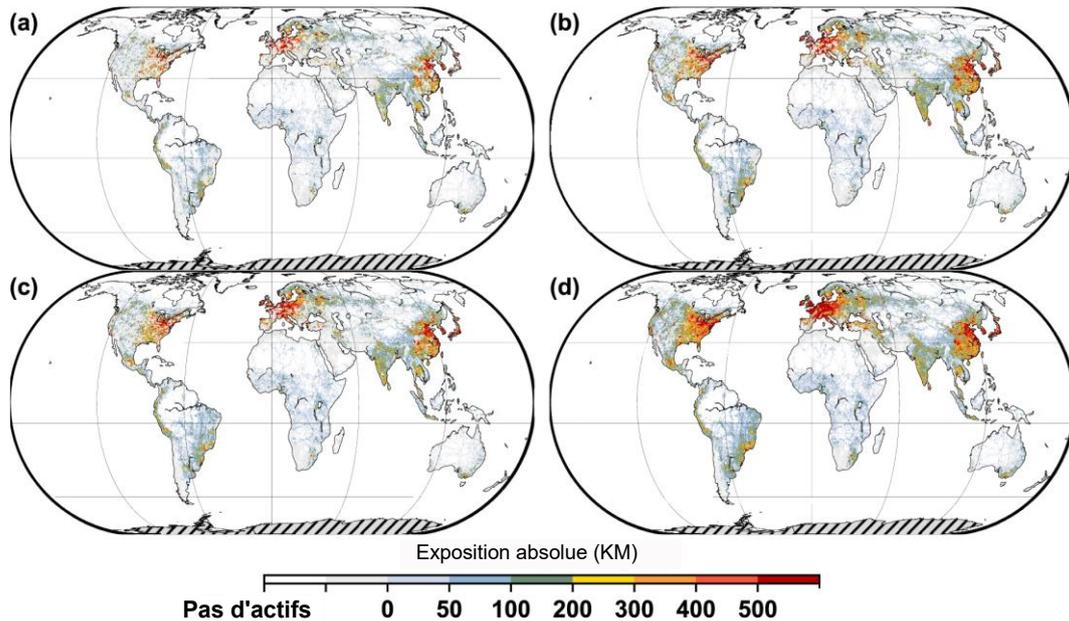
En l'absence de mesures rapides pour atténuer les gaz à effet de serre, les températures terrestres continueront à augmenter et donc à exposer de plus en plus les infrastructures aux risques climatiques. Par exemple, la surface terrestre inondée pendant une tempête centennale devrait augmenter de 64 % d'ici la fin du XXI^e siècle dans un scénario d'émissions élevées (RCP 8.5), avec de fortes variations géographiques (voir chapitre 6). Une telle tempête menacera 1.9 million de foyers supplémentaires, qui représentent 882 milliards USD en termes de risques d'inondation sur le seul territoire des États-Unis (IUCN, 2020^[45]). En Europe, les dommages causés aux infrastructures par les phénomènes météorologiques extrêmes devraient être multipliés par dix d'ici 2100 en l'absence de mesure d'adaptation, atteignant 3.4 milliards EUR par an (Forzieri et al., 2018^[46]). En Alaska, aux États-Unis, les dommages totaux cumulés qui seront causés aux infrastructures sont estimés à 5.5 milliards USD dans un scénario d'émissions élevées (RCP 8.5) et à 4.2 milliards USD dans un scénario d'émissions modérées (RCP 4.5) d'ici la fin du XXI^e siècle, en l'absence de mesure d'adaptation (Melvin et al., 2017^[47]).

Le changement climatique aura une incidence marquée sur les infrastructures électriques. L'efficacité des centrales thermiques et nucléaires devrait diminuer sous l'effet de la multiplication des épisodes de sécheresse et de la hausse des températures (Hallegate, Rentschler et Rozenberg, 2019^[48]). Une augmentation de la température de 1 °C réduit déjà la production nucléaire de 0.8 % (Linnerud, Mideksa et Eskeland, 2011^[49]), tandis que l'efficacité des systèmes photovoltaïques diminue de 0.5 % (Patt,

Pfenninger et Lilliestam, 2013^[50]) (Hallegate, Rentschler et Rozenberg, 2019^[48]). D'après les estimations, la capacité hydroélectrique utilisable pourrait diminuer de 61 à 74 % d'ici 2040-69 dans un scénario d'émissions faibles (RCP 2.6) à élevées (RCP 8.5) du fait de la réduction de l'écoulement associé au changement climatique dans les zones où se situent la plupart des centrales hydroélectriques (van Vliet et al., 2016^[51]). De même, la capacité thermique utilisable devrait diminuer de 81 à 86 % d'ici 2040-69 en raison de la réduction de l'écoulement et de la hausse des températures de l'eau (van Vliet et al., 2016^[51]). Par ailleurs, l'élévation du niveau de la mer entraînée par le changement climatique pourrait rendre nécessaire le déplacement des centrales. Environ 30 % de la capacité de production d'électricité du Bangladesh devra être déménagée entre 2030 et 2100 en raison des inondations provoquées par l'élévation du niveau de la mer (Khan, Alam et Alam, 2013^[52]).

De même, le changement climatique aura une incidence sur les infrastructures de transport. Dans un scénario d'émissions modérées (RCP 4.5), 6.8 millions de kilomètres d'actifs de transport ferroviaire et routier seront exposés à des précipitations extrêmes plus fréquentes d'ici le milieu du XXI^e siècle, et ce chiffre passera à 11 millions de kilomètres d'ici la fin du siècle (Liu et al., 2023^[53]). Parmi les zones particulièrement exposées figurent la côte est de l'Amérique du Nord, de vastes secteurs de l'Europe, le Japon, la péninsule coréenne et la côte est de la Chine (Graphique 1.3). Aux États-Unis, les infrastructures ferroviaires et routières exposées aux précipitations extrêmes dépasseront 1.14 million de kilomètres (soit un tiers des actifs totaux de transport) d'ici le milieu du siècle et 2 millions de kilomètres (deux tiers des actifs totaux) d'ici la fin du XXI^e siècle. En Chine, près de 1.3 million de kilomètres et plus de 1.9 million de kilomètres de routes seront exposés à des précipitations extrêmes d'ici le milieu et la fin du XXI^e siècle respectivement (Liu et al., 2023^[53]). En outre, 13 000 kilomètres de routes et 100 aéroports risquent d'être endommagés par la fonte du pergélisol dans la région arctique d'ici 2050 selon le même scénario climatique, touchant près de quatre millions de personnes (Hjort et al., 2018^[54]). Si un scénario d'émissions élevées se concrétise (RCP 8.5), en Europe, près de 200 aéroports et plus de 850 ports maritimes seront exposés à un risque d'inondation d'ici 2080 en raison de l'élévation du niveau de la mer et des ondes de tempête (Christodoulou A. et Demirel H., 2018^[55]). À l'échelle mondiale, l'activité de 14 % des ports maritimes mondiaux devrait être exposée à un risque élevé de divers impacts du changement climatique dans un scénario d'émissions élevées (RCP 8.5) d'ici la fin du XXI^e siècle (contre moins de 4 % des ports à l'heure actuelle) (Graphique 1.4), les inondations côtières et les débordements provoqués par l'élévation du niveau de la mer entraînant la plus forte hausse des perturbations opérationnelles.

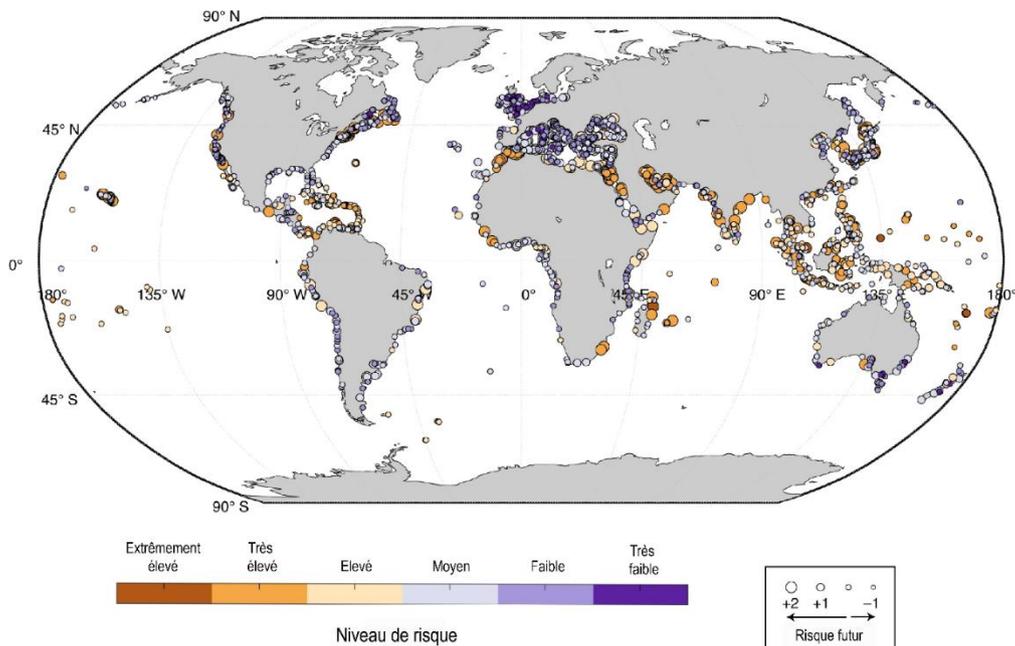
Graphique 1.3. Exposition des actifs routiers et ferroviaires aux précipitations extrêmes selon différents scénarios climatiques



Note : D'ici 2030-59 (a et c) et 2070-99 (b et d) selon un scénario d'émissions modérées (RCP 4.5) (a et b) et un scénario d'émissions élevées (RCP 8.5) (c et d).
 Source : (Liu et al., 2023^[53]).

Graphique 1.4. Ampleur des risques climatiques pour les ports du monde entier

En 2100, dans un scénario d'émissions élevées (RCP 8.5)



Note : La carte se fonde sur une analyse multirisques, qui tient notamment compte de l'évolution de l'élévation du niveau de la mer, des cyclones tropicaux, des ondes de tempête, du vent, des vagues, des précipitations et des températures.
 Source : D'après (Izaguirre et al., 2021^[56]).

Les infrastructures hydrique et d'eaux usées seront également confrontées à des impacts notables découlant du changement climatique. L'évolution attendue des précipitations mettra à rude épreuve la résilience de plusieurs étendues d'eau. Dans les scénarios d'émissions moyennes (RCP 4.5) et élevées (RCP 8.5), la quantité d'eau fournie par le réservoir Descoberto, au Brésil, devrait diminuer de 15 à 50 %, par exemple (Chaves, da Silva et Fonseca, 2023^[57]). Au Royaume-Uni, les pénuries d'eau provoquées par les épisodes de sécheresse pourraient coûter jusqu'à 40 milliards GBP (selon un scénario d'émissions modérées avec un climat sec et une forte croissance démographique) au cours des 30 prochaines années (NIC, 2018^[58]). Dans un scénario d'émissions modérées (RCP 4.5), 208 millions de personnes en Chine pourraient être exposées à l'inondation des stations d'épuration des eaux usées d'ici le milieu du siècle en raison de la hausse de la fréquence de la période de retour des inondations de un à trente ans (Hu et al., 2019^[59]).

L'évolution des conditions climatiques, combinées à d'autres phénomènes démographiques et économiques, influera également sur les besoins sociétaux en matière d'infrastructures. Par exemple, la multiplication des aléas climatiques renforcera le besoin d'actifs d'infrastructure ayant une fonction de protection, comme des digues de mer ou des récifs à huîtres et des mangroves, afin de protéger les gens et les actifs de l'élévation du niveau de la mer et de l'intensification de l'érosion côtière. Le chapitre 4 examine en quoi les solutions fondées sur la nature peuvent contribuer à répondre à cette évolution des besoins d'infrastructure.

1.3. L'occasion de renforcer la résilience face au changement climatique

Si les mesures en faveur de la résilience climatique peuvent améliorer la durée de vie de l'infrastructure, elles jouent également un rôle essentiel pour protéger la rentabilité des investissements et assurer la continuité des activités. Si les mesures en faveur de la résilience climatique peuvent faire augmenter les coûts lors de la phase de conception et de mise en œuvre, elles confèrent des avantages considérables. Le fait de consacrer de l'argent à l'améliorer de la résilience des infrastructures en amont peut réduire les coûts de réparation et les besoins d'entretien dans le temps, ainsi que faire diminuer le coût des interruptions de services et des dommages. Par exemple, avec les projets de renforcement de la résilience face aux dommages causés par le vent et l'eau en Floride, les États-Unis ont évité des pertes de plus de 81 millions USD lorsque l'ouragan Matthew a frappé le pays en 2016, ce qui dépasse de loin le coût de mise en œuvre des mesures de réduction des risques de 19.2 millions USD (C2ES, 2018^[60]). De même, si rendre les infrastructures de transport résilientes aux futures inondations représente entre 3 % et 10 % des coûts d'investissement d'un projet d'après les estimations, les futurs coûts annuels des dommages causés par les inondations pourraient être réduits de 42 % (Hall et al., 2019^[35]). Dans les pays à faible revenu et à revenu intermédiaire, on estime que la construction d'infrastructures plus résilientes a entraîné un bénéfice net de 4.2 milliards USD, rapportant 4 USD pour chaque dollar des États-Unis investi (Hallegate, Rentschler et Rozenberg, 2019^[48]). En Chine, chaque yuan investi dans la résilience face au changement climatique des infrastructures pourrait offrir un rendement de 2 à 20 CNY sur une période de 30 ans (Ding et al., 2021^[61]). Par exemple, les bénéfices découlant d'un investissement dans des infrastructures de « ville éponge » pour améliorer la résilience de la ville de Wuhan (Chine) aux précipitations sont deux fois supérieurs aux coûts sur 30 ans, grâce aux coûts socioéconomiques évités de la saturation des sols en eau, à la réduction des coûts de lutte contre la pollution de l'eau et à l'amélioration de l'alimentation des nappes souterraines (Ding et al., 2021^[61]).

D'autres retombées sociales, environnementales et économiques bénéfiques peuvent inciter encore davantage à investir dans des infrastructures résilientes face au changement climatique. D'après les estimations, chaque milliard de dollars des États-Unis investi dans des infrastructures résilientes face aux inondations dans le pays pourrait créer 40 000 emplois (Khan, McComas et Ravi, 2020^[62]). Si les aspects environnementaux doivent être surveillés de près pour éviter d'éventuels arbitrages, les mesures en faveur de la résilience climatique peuvent également être profitables à l'environnement. Par exemple, le fait

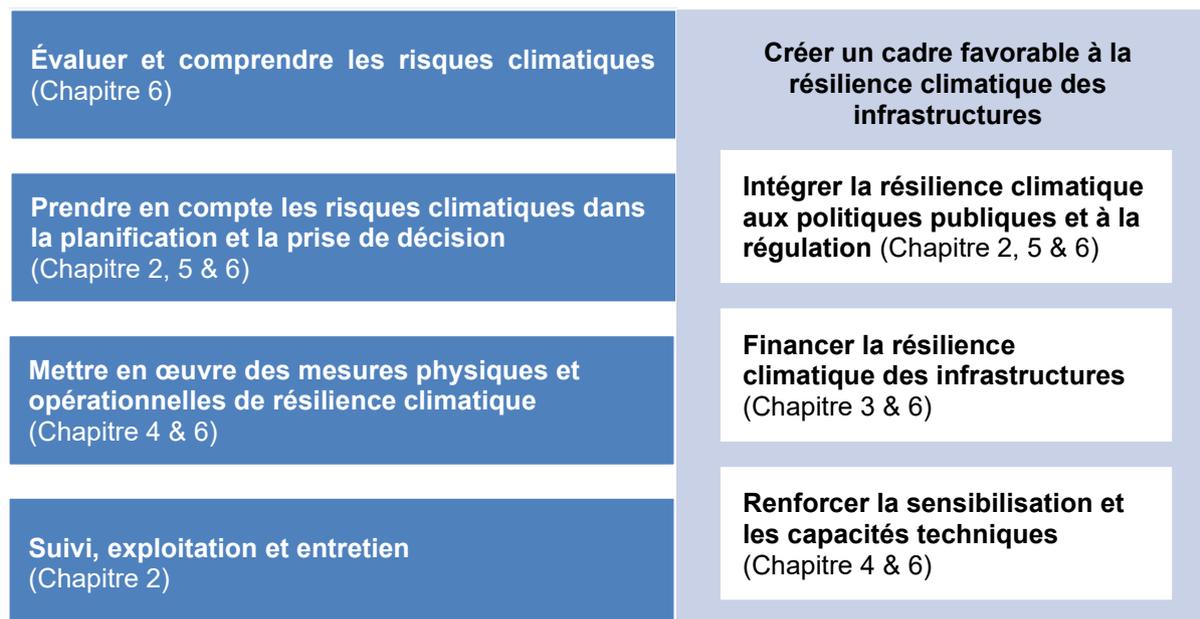
d'avoir rendu l'écluse du lac Mälaren résiliente face au changement climatique a permis au lac d'atteindre un équilibre hydrique plus naturel que la structure précédente, ce qui a bénéficié aux plantes et à la faune présentes au bord du lac et à ses sites protégés Natura 2000 (Vallejo et Mullan, 2017^[34]). Les solutions fondées sur la nature permettent de renforcer la résilience face au changement climatique tout en ayant un large éventail de retombées sociales et écosystémiques bénéfiques (chapitre 4). Par exemple, la remise en état d'environ 6 km de récifs à huîtres à Mobile Bay (Alabama, États-Unis) a aidé à protéger le littoral de l'érosion côtière en réduisant l'énergie et la hauteur des vagues de 91 % et 53 % respectivement, tout en fournissant l'équivalent en fruits de mer de la moitié des récoltes d'huîtres de l'Alabama et en faisant diminuer la pollution par l'azote (World Bank et World Resources Institute, 2022^[63]).

En outre, le report des mesures pourrait s'avérer coûteux. Le report des mesures en faveur de la résilience climatique des infrastructures peut entraîner des dommages aux infrastructures et des perturbations de service, ainsi que des coûts découlant des réparations et des rénovations nécessaires. Dans les pays à faible revenu et à revenu intermédiaire, le coût d'un report de dix ans des investissements dans la résilience climatique des infrastructures a été estimé à 1 000 milliards USD (Hallegate, Rentschler et Rozenberg, 2019^[48]). Aux États-Unis, les réparations des routes liées à la hausse des températures devraient atteindre 200 à 300 milliards USD en cumulé d'ici 2100 en l'absence de mesure d'adaptation (Chinowsky, 2022^[64]). L'adoption rapide de mesures en faveur de la résilience climatique peut donc contribuer à des économies de coût et offre des avantages comparatifs en fournissant des services d'infrastructure solides et fiables.

1.4. Comment mettre en place la résilience face au changement climatique des infrastructures ? Aperçu du reste de ce rapport

Le renforcement de la résilience face au changement climatique implique plusieurs étapes distinctes illustrées par le Graphique 1.5. Ce chapitre présente brièvement chacune de ces étapes, mais les chapitres suivants du présent rapport les décriront de manière plus détaillée. Tout d'abord, il convient d'évaluer les risques actuels et futurs que fait peser le changement climatique sur les actifs d'infrastructure. Les risques climatiques doivent ensuite être intégrés à la planification et à la prise de décision liées aux infrastructures. Puis, pour garantir la résilience climatique des actifs, des mesures physiques et opérationnelles doivent être mises en œuvre, soutenues par un financement et une capacité technique adaptés. Enfin et surtout, il est important de suivre les projets d'infrastructure dans le temps afin d'adapter les activités d'exploitation et d'entretien à l'évolution des risques climatiques.

Graphique 1.5. Étapes de la mise en place d'infrastructures résilientes face au changement climatique



1.4.1. Évaluation et compréhension des risques climatiques

L'évaluation des risques climatiques est la première étape du processus de mise en place d'infrastructures résilientes face au changement climatique. Selon la définition du GIEC, les risques climatiques découlent de l'interaction entre des aléas climatiques (causés par une tendance ou un phénomène lié au changement climatique) et la vulnérabilité (sensibilité aux effets préjudiciables) et l'exposition des biens et des personnes à ceux-ci (IPCC, 2014^[65]).

La plupart des pays de l'OCDE ont réalisé des évaluations nationales des risques climatiques, qui incluent le secteur des infrastructures, bien que dans différentes mesures (OECD, 2018^[2]). Souvent, les données sur les risques climatiques ne sont pas présentées à une échelle suffisamment petite pour éclairer l'évaluation des risques pour chaque actif d'infrastructure. Compte tenu de la forte dimension spatiale des risques et des vulnérabilités liés au climat, il s'avère pertinent d'adopter une approche territorialisée pour comprendre les répercussions locales (chapitre 6). Les travaux de l'OCDE visant à fournir des données infranationales sur les aléas climatiques contribuent substantiellement à combler ce déficit de connaissances (voir la plateforme [OECD Laboratory for Geospatial Analysis](#)).

En plus de comprendre les risques climatiques actuels, il est important d'évaluer les futurs risques prévus. Dans le contexte du changement climatique, la fréquence et l'intensité des effets climatiques devraient évoluer. Si les pays de l'OCDE ont réalisé de nombreuses projections des futurs aléas climatiques, l'intégration de ces travaux dans les modèles de risque reste limitée (OECD, 2023^[11]).

Lorsqu'on analyse les risques pesant sur les actifs d'infrastructure, il est important de recenser les interdépendances entre les actifs et les réseaux d'infrastructure. Étant donné que les effets du changement climatique peuvent se répercuter sur les systèmes d'infrastructure (section 1.2.2), il est essentiel de comprendre de quelle manière les interdépendances affectent les réseaux d'infrastructure afin de minimiser ces effets (OECD, 2018^[2]). Pour comprendre ces interdépendances et ces risques communs potentiels, il est indispensable que les exploitants des infrastructures collaborent. Le réseau d'alerte concernant les infrastructures critiques (Critical infrastructure Warning Information Network) de l'Union européenne, qui facilite le partage d'informations sur les différents types de risques et de vulnérabilités,

ainsi que de mesures et de stratégies pouvant réduire les risques pesant sur les infrastructures essentielles, est un exemple d'une telle collaboration (OECD, 2018^[2]) (European Commission, s.d.^[66]). Une simulation de crise peut également constituer un outil intéressant pour déterminer comment les infrastructures fonctionneront dans les futurs scénarios climatiques. Un tel cadre conceptuel évalue les endroits où des défaillances pourraient apparaître dans le système sous l'effet de phénomènes perturbateurs graves ou plausibles (épisodiques ou prolongés), en mesurant la capacité des systèmes à y résister, ainsi qu'à surmonter ces perturbations (Linkov et al., 2022^[67]) (OECD, 2018^[2]). Appliquée à l'examen de l'interdépendance dans les systèmes, la simulation de crise peut être utilisée pour comprendre les effets en cascade déclenchés par le changement climatique dans les réseaux d'infrastructure et au-delà (Linkov et al., 2022^[67]).

1.4.2. Prise en compte des risques climatiques dans les processus de planification et de prise de décision liés aux infrastructures

Une fois les risques climatiques recensés et évalués, il est indispensable de veiller à ce qu'ils soient pris en compte dans les processus de planification et de prise de décision tout au long du cycle de vie des infrastructures. Plusieurs outils ont été mis au point pour faciliter l'intégration de la résilience climatique aux différentes étapes du cycle de vie des infrastructures. Avant de définir les projets, les pouvoirs publics à tous les paliers peuvent préparer et concevoir des plans de développement urbain, régional ou national résilients face au changement climatique (Encadré 1.2), ainsi que les plans spatiaux et les plans directeurs qui les accompagnent, afin d'établir de manière stratégique ce qui peut être construit et où (chapitre 6). Cette méthode garantit que les risques climatiques sont pris en compte dans le cadre de l'environnement bâti global, ce qui permet de comprendre les interactions avec les autres infrastructures et les actifs hors infrastructure (OECD, 2023^[68] ; OECD, 2023^[69]). La coordination des différents niveaux d'administration est essentielle pour la planification spatiale étant donné que ce sont les collectivités territoriales qui possèdent les compétences clés en la matière (OECD, 2017^[70] ; OECD, 2013^[71]). Lors de la phase d'évaluation des projets, par exemple, il est possible de réaliser une étude d'impact sur l'environnement (EIA) qui, entre autres incidences sur l'environnement, évalue si un projet aggrave les effets du changement climatique ailleurs, ainsi que la vulnérabilité au changement climatique. Au sein de l'Union européenne, la directive 2011/92/EU a rendu les EIA obligatoires pour certains projets de grande ampleur. Elle a été modifiée par la directive 2014/52/EU, qui met davantage l'accent sur l'adaptation et la résilience liées au changement climatique lors des phases de sélection, de détermination de la portée et d'évaluation des projets (Vallejo et Mullan, 2017^[34]) (European Committee of the Regions, s.d.^[72]).

L'un des principaux défis de la planification et de la prise de décision liées à la résilience des infrastructures est l'incertitude. L'incertitude provient des modèles climatiques, qui évoluent en permanence en fonction des efforts d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre au niveau mondial, de leur incidence sur les projections des risques en évolution constante et de l'interaction avec les avancées sociales, économiques et environnementales. Afin de gérer la prise de décision dans un contexte d'incertitude, des approches adaptatives et flexibles de la planification ont été mises au point. Elles permettent de réagir à l'évolution des impacts climatiques tout au long de la durée de vie des infrastructures et de procéder à des ajustements. La planification de scénarios, par exemple, tient compte d'un éventail de conditions possibles à l'avenir, comme l'analyse des options réelles (OECD, 2018^[2]). Avec la planification adaptative, de nombreuses mesures, dont des voies alternatives pour l'élaboration des politiques et l'investissement, sont mises au point lors de la phase de planification. En s'appuyant sur des seuils de déclenchement prédéfinis, les décideurs peuvent s'orienter vers des options différentes, c'est-à-dire des voies alternatives, selon la façon dont la situation évolue. Le projet « Estuaire de la Tamise 2100 » (*Thames Estuary 2100*) a été le premier exemple d'utilisation de l'approche adaptative prévoyant plusieurs voies possibles. À la suite de la construction de la barrière de la Tamise, qui protège actuellement la ville de Londres (Royaume-Uni) des inondations côtières et par les marées, de nouvelles mesures d'adaptation (p. ex., une barrière mobile ou permanente pour assécher le fleuve) seront adoptées lorsque certains seuils d'élévation du niveau de

la mer seront franchis (Hall et al., 2019^[35]). Le chapitre 2 fournit davantage de détails sur la planification et la prise de décision associées aux infrastructures résilientes face au changement climatique.

Encadré 1.2. Intégration d'infrastructures résilientes face au changement climatique grâce à un plan national de développement : le cas des Philippines

L'intégration de la résilience climatique aux plans nationaux de développement peut constituer un point de départ important pour inclure la résilience climatique dans la conception des infrastructures. Aux Philippines, le Plan de développement des Philippines (PDP) 2023-28 est un document fondamental définissant les politiques et les projets qui devraient permettre de concrétiser les objectifs de la nation au cours des six prochaines années. Le PDP sert de document de référence pour déterminer les crédits budgétaires et garantir leur concordance avec ces objectifs formulés, accentuant ainsi son importance, notamment en ce qui concerne les infrastructures, un poste budgétaire important. Un chapitre entier du PDP est consacré au développement et à la modernisation des infrastructures, avec l'objectif d'intégrer la résilience climatique à la conception des infrastructures. Le PDP comporte également un chapitre sur le renforcement de la résilience face au changement climatique et aux catastrophes naturelles au sein du pays. Ces objectifs exposés dans le plan, en particulier ceux concernant les infrastructures, définissent un cadre de gestion pour les principaux projets d'infrastructure du pays et aident les parties prenantes locales et nationales à déterminer les investissements prioritaires. Étant donné que l'Agence nationale de développement économique (NEDA) travaille actuellement à l'établissement d'indicateurs cibles, une occasion unique s'offre de s'assurer que les objectifs présentés dans le PDP se traduisent par des objectifs précis. Dans le cadre du Programme d'infrastructures durables en Asie (SIPA), l'OCDE collabore avec les Philippines afin d'aider le pays à améliorer la qualité et la durabilité des infrastructures nouvelles et existantes grâce au renforcement des capacités, notamment en matière de résilience climatique.

Source : (NEDA, 2023^[73]) (OECD, forthcoming^[74]).

1.4.3. Mise en œuvre de mesures physiques et opérationnelles en faveur de la résilience climatique

Le renforcement de la résilience climatique des actifs d'infrastructure englobe des mesures physiques, comme la création de surfaces perméables afin de réduire le risque d'inondation lié aux fortes précipitations, ainsi que des mesures opérationnelles, comme la modification du calendrier d'entretien afin de rendre l'infrastructure résiliente face aux aléas climatiques de plus en plus fréquents (OECD, 2018^[2]). Ces deux types de mesures doivent être sélectionnés et adaptés au fil du temps afin de tenir compte de l'évolution des schémas de risques climatiques.

Mesures physiques en faveur de la résilience climatique

Les mesures physiques en faveur de la résilience climatique dans le secteur des infrastructures peuvent inclure à la fois des mesures grises, c'est-à-dire conçues par l'homme, et des solutions fondées sur la nature. Selon les risques climatiques et le secteur d'infrastructure concerné, diverses mesures grises et fondées sur la nature, ainsi qu'une combinaison des deux, peuvent être appliquées afin de garantir la résilience climatique. Le Tableau 1.3 donne quelques exemples de ces mesures. Le chapitre 4 se concentrera sur la façon dont les solutions fondées sur la nature peuvent être (et sont de plus en plus) utilisées pour accroître la résilience des infrastructures face au changement climatique

Tableau 1.3. Sélection de mesures physiques en faveur de la résilience climatique pour faire face aux risques climatiques pesant sur différents types d'infrastructure

Type d'infrastructure	Aléa climatique	Impacts possibles sur les infrastructures	Solutions grises	Solutions fondées sur la nature	Solutions grises et fondées sur la nature
Infrastructures de gestion des eaux pluviales et usées	Précipitations extrêmes	Saturation des infrastructures de gestion des eaux pluviales et usées entraînant potentiellement des inondations	Rénovation des canalisations d'évacuation des eaux urbaines pour accroître leur capacité, construction de rigoles de drainage ou de bassins de rétention en béton.	Jardins urbains et autres espaces verts, rigoles de drainage biologiques, bassins de rétention biologiques, restauration et gestion de la végétation riveraine.	Toits végétalisés sur les bâtiments, revêtements perméables.
Infrastructures d'approvisionnement en eau	Sécheresse	Diminution de la quantité d'eau potable disponible	Réservoirs, barrages, aqueducs.	Restauration et gestion du bassin versant (reforestation, boisement, gestion des forêts et des zones humides riveraines).	Restauration du bassin versant autour des barrages et des réservoirs afin d'équilibrer l'approvisionnement en eau.
Infrastructure maritime/côtière (p. ex., ports, quais, routes et bâtiments côtiers)	Élévation du niveau de la mer et ondes de tempête	Inondations côtières, intensification de l'érosion côtière	Digues de mer, remblais, épis, brise-lames, gabions, talus artificiels.	Préservation, gestion et restauration des récifs à huîtres, des récifs coralliens, des zones humides côtières (p. ex., mangroves, marais salés), des dunes de sable, des plages.	Restauration de la bordure des mangroves en les renforçant à l'aide de digues de mer, de remblais, de brise-lames, etc.
Infrastructures de transport	Crues fluviales	Inondation et blocage des voies de transport routier, ferroviaire et riverain, des aéroports	Rehaussement et renforcement des remblais et des levées de terre, construction de réservoirs pour stocker l'excédent d'eau pendant les inondations.	Rétablissement à l'état naturel et agrandissement des zones inondables, restauration et préservation des zones humides/forêts.	Association de remblais et de levées de terres à des zones inondables restaurées, dégagement de davantage d'espace pour les rivières et restauration des forêts et des zones humides.

Source : D'après (IDB, 2020^[75]) et (IISD, 2021^[16]).

Mesures opérationnelles en faveur de la résilience climatique

Les mesures opérationnelles englobent des mesures telles que l'évaluation des risques, la sensibilisation et la communication des risques ou des mesures organisationnelles et réglementaires (section 1.4.5) qui définissent des normes de conception ou des règles d'achat des infrastructures (OECD, 2023^[11]). Elles peuvent également consister à mettre en place de nouvelles modalités d'entretien afin de renforcer la résilience des actifs et des réseaux d'infrastructure en fonction de l'évolution des risques climatiques (OECD, 2018^[2]). En outre, elles peuvent impliquer la réglementation de l'aménagement du territoire afin de garantir que les nouvelles infrastructures sont construites en dehors des zones exposées à des risques climatiques élevés.

Ces dernières années, un nombre croissant de codes et de normes relatifs à la construction et aux infrastructures a été élaboré afin de garantir la résilience climatique des actifs d'infrastructure. Par exemple, le Canada a instauré des codes se rapportant à la construction et aux infrastructures axés sur la résilience qui appuient la résilience face à plusieurs risques climatiques tels que les incendies, les

inondations, la fonte du pergélisol, les chaleurs extrêmes, etc. (Infrastructure Canada, 2023^[76]). Le Tableau 1.4 présente d'autres exemples de mesures prises dans différents secteurs d'infrastructure.

Tableau 1.4. Sélection de mesures organisationnelles et des mesures physiques correspondantes pour des infrastructures résilientes face au changement climatique

Type d'infrastructure	Aléa climatique	Impacts possibles sur les infrastructures	Mesures opérationnelles en faveur de la résilience climatique	Mesures physiques en faveur de la résilience climatique (solutions fondées sur la nature et grises)
Infrastructures de production d'hydroélectricité	Précipitations extrêmes	Sédimentation accrue et débordement des réservoirs	Stratégies et des règles d'exploitation améliorées, mesures de gestion et d'entretien adaptées aux conditions hydrographiques actuelles et prévues (p. ex., retrait plus fréquent des débris).	Renforcement et rehaussement des barrages afin de permettre le débordement ; mise en place de mesures de lutte contre la sédimentation en amont (p. ex., tunnel de contournement pour les sédiments) ; meilleure gestion des pentes (p. ex., protection du bassin versant, reforestation, boisement) ; augmentation de la capacité des réservoirs.
Infrastructures de transport d'électricité	Incendies	Lignes et poteaux brûlés	Instauration de nouveaux modes de gestion de la végétation (gestion précoce ou maintien toute l'année suivant l'évolution de la saison des feux). Réglementation en matière d'aménagement du territoire qui limite l'installation de lignes électriques dans les zones présentant un risque d'incendie très élevé. Obligation d'utilisation de poteaux en béton ou en acier pour les lignes électriques dans la réglementation applicable aux infrastructures et aux constructions.	Enterrement des lignes de distribution et de transport d'électricité ; remplacement des poteaux en bois par des poteaux en béton ou en acier ; gestion de la végétation ; création de zones tampons autour des actifs d'infrastructure.
Infrastructures d'approvisionnement en eau	Sécheresse	Disponibilité limitée des ressources en eau potable	Mise en place d'une gestion de la demande d'eau pour d'autres usages ; renforcement de la réutilisation de l'eau, amélioration des stratégies et des règles d'exploitation grâce à des mesures de gestion et d'entretien adaptées aux conditions hydrographiques actuelles et prévues.	Meilleure gestion des pentes (p. ex., protection du bassin versant, reforestation, boisement) ; augmentation de la capacité des réservoirs afin qu'ils puissent stocker davantage d'eau pour les périodes sèches.

Source : D'après (OECD, 2018^[2]) et (IISD, 2021^[16]).

1.4.4. Suivi, exploitation et entretien

Le suivi est essentiel afin de garantir la gestion adaptative des actifs d'infrastructure. Il est important de suivre les résultats des mesures en faveur de la résilience mises en œuvre pour les nouveaux actifs et réseaux, ainsi que pour ceux existants. Dans les deux cas, le suivi des actifs et des réseaux d'infrastructure à intervalles réguliers et appropriés est indispensable pour garantir le fonctionnement sécuritaire des infrastructures et la continuité de la prestation des services. Une fois le suivi accompli, le mode d'exploitation des infrastructures doit être adapté et des activités d'entretien appropriées doivent être réalisées en temps opportun, conformément au scénario climatique qui se matérialise. La défaillance du déversoir de la retenue de Toddbrook à la suite de fortes précipitations au Royaume-Uni en 2019 a souligné l'importance d'un suivi et d'un entretien adaptés. La surveillance du barrage a été menée conformément aux exigences de la législation en 2018 et l'ingénieur chargé de l'inspection a bien repéré le risque lié au déversoir, demandant à ce que des mesures d'entretien complet soient prises dans les

18 mois. Cependant, il n'a pas insisté sur l'urgence de prendre ces mesures et le déversoir s'est rompu avant que l'entretien n'ait été réalisé, ce qui a entraîné l'évacuation de 1 500 personnes (Balmforth, 2020^[77]). Le chapitre 2 fournit de plus amples informations sur le suivi, l'exploitation et l'entretien des infrastructures en vue de garantir leur résilience climatique.

1.4.5. Création d'un environnement propice aux infrastructures résilientes face au changement climatique

Politiques et réglementation pour une infrastructure résiliente face au changement climatique

Les politiques et la réglementation aux niveaux national et infranational sont des outils clés pour favoriser la résilience climatique des infrastructures (section 1.4.2). Il s'agit en premier lieu d'intégrer la résilience climatique aux stratégies et cadres généraux de planification et d'action relatifs aux infrastructures. Par exemple, en 2020, la Stratégie nationale relative aux infrastructures du Royaume-Uni a intégré l'adaptation au changement climatique (HM Treasury, 2020^[78]). Afin de garantir la résilience climatique des réseaux d'infrastructure, cette question doit également être intégrée aux politiques sectorielles sur les infrastructures. Le chapitre 2 décrit en détail le processus d'élaboration de politiques à suivre pour parvenir à des infrastructures résilientes face au changement climatique et le chapitre 5 fournit des éclairages sur le sujet dans le contexte des pays en développement.

Outre l'intégration des infrastructures résilientes face au changement climatique aux politiques nationales, il est également important de veiller à ce que les cadres stratégiques et réglementaires aux échelles nationale et infranationale se complètent. Étant donné la variation spatiale des impacts et les responsabilités des autorités infranationales en matière d'aménagement du territoire, de délivrance de permis, et d'exploitation et de planification des infrastructures, il est primordial que les politiques infranationales facilitent la création d'infrastructures résilientes face au changement climatique. Le chapitre 5 fournit de plus amples détails sur la gouvernance pluriniveaux et les cadres infranationaux de politique en faveur d'infrastructures résilientes face au changement climatique.

Enfin, la réglementation joue un rôle essentiel dans la résilience climatique des infrastructures en rendant obligatoires certains critères (p. ex., l'application de certains codes et normes techniques) (section 4.3). Par exemple, en Finlande, en vertu de la loi sur le marché de l'électricité de 2009, les réseaux de distribution d'électricité doivent être conçus, construits et entretenus de manière à garantir que les coupures dues aux tempêtes ou à la neige ne durent pas plus de 6 et 36 heures dans les zones densément peuplées et les autres zones respectivement (Vallejo et Mullan, 2017^[34]). En plus d'introduire de nouvelles réglementations imposant des mesures en faveur de la résilience climatique, il est également indispensable de veiller à actualiser la réglementation existante en fonction des conditions climatiques. La rupture de la retenue Toddbrook a souligné l'importance de ces actions (section 1.4.4). Le réservoir était conforme à la loi sur les dispositions de sécurité relatives aux retenues, mais l'examen mené par un tiers après la rupture partielle du déversoir du barrage a révélé que le l'état du barrage ne lui permettait pas de résister aux inondations maximales possibles (Balmforth, 2020^[77]).

Financement des infrastructures résilientes face au changement climatique

Le financement est essentiel pour parvenir à des systèmes d'infrastructure résilientes face au changement climatique. Il est nécessaire d'accroître les financements en faveur des infrastructures résilientes face au changement climatique, ainsi que de s'assurer que l'ensemble des infrastructures sont résilientes face au changement climatique. Ces objectifs nécessiteront des efforts afin de garantir l'utilisation efficace des financements publics, tout en débloquant des fonds privés. Le fait d'encourager les propriétaires et les exploitants des infrastructures à divulguer les risques climatiques pourrait sensibiliser les acteurs à l'importance d'investir dans des mesures en faveur de la résilience climatique. De même, les normes, les

classifications et les labels relatifs aux infrastructures contribuent de façon décisive à encourager les investissements dans la résilience. Par exemple, l'initiative Blue Dot Network vise à faciliter l'intégration des critères de résilience climatique aux investissements dans les infrastructures, en plus des aspects plus généraux de résilience et de qualité des infrastructures (OECD, s.d.[79]). Plusieurs autres approches peuvent être adoptées pour débloquer des financements supplémentaires en faveur de la résilience climatique. Celles-ci incluent de la mise de processus systématiques pour les projets permettant des investissements et la structuration de produits financiers pour des infrastructures résilientes face au changement climatique tels que des obligations. Le chapitre 3 examine en détail ces approches et le chapitre 6 fournit des éclairages supplémentaires sur le sujet d'un point de vue national.

Renforcement de la sensibilisation et de la capacité technique

Il est indispensable que les planificateurs, les concepteurs et les exploitants des infrastructures, ainsi que les acteurs travaillant dans le secteur des infrastructures, soient suffisamment sensibilisés à la résilience climatique et disposent d'une capacité technique adaptée pour la mettre en œuvre afin de parvenir à des infrastructures résilientes face au changement climatique. De plus en plus de programmes de formation sont mis en place afin de soutenir ce processus de renforcement des capacités. Par exemple, Ingénieurs Canada, l'organisation qui fédère les organismes de réglementation régionaux des professions liées aux infrastructures, a mis sur pied un Programme d'accréditation des professionnels de la résilience des infrastructures en 2016. Les cours en ligne du Programme aident les spécialistes des infrastructures à intégrer la résilience climatique à la planification, la conception et la gestion des infrastructures (Climate Risk Institute, 2023[80]). De même, au Royaume-Uni, l'agence britannique pour l'environnement (Environment Agency England) a fait appel à l'Institut agréé pour la gestion de l'eau et de l'environnement (Chartered Institution of Water and Environmental Management) pour proposer des formations sur la résilience des propriétés aux inondations, s'assurant que les professionnels du secteur puissent choisir et mettre en œuvre des mesures en faveur de la résilience des propriétés aux inondations, en se fondant sur le Code de pratique pour la résilience des propriétés aux inondations élaboré par l'Association pour la recherche et l'information du secteur du bâtiment (Construction Industry Research and Information Association) (CIWEM, s.d.[81]) (CIRIA, 2023[82]). D'autres cours sur les inondations côtières et les crues sont proposés pour les professionnels de la gestion des risques (CIWEM, s.d.[83]). À l'échelle locale, de nombreuses autorités municipales commencent à nommer des directeurs de la résilience afin de gérer les programmes en faveur de la résilience des infrastructures dans leur communauté (CEB, 2022[84]).

De plus en plus d'outils sont lancés pour faciliter la mise en œuvre d'infrastructures résilientes face au changement climatique. Par exemple, l'outil Design Value Explorer mis au point par Infrastructure Canada, le Conseil national de recherches Canada, Environnement et changement climatique Canada et le Pacific Climate Impacts Consortium est un outil technique en ligne permettant d'évaluer 19 facteurs climatiques pertinents pour la conception des infrastructures (p. ex., précipitations annuelles), à l'aide de données historiques et des projections climatiques, afin d'aider les ingénieurs, les architectes et les planificateurs des infrastructures à concevoir des infrastructures résilientes face au changement climatique dans l'ensemble du Canada (Government of Canada, 2023[85]). Le chapitre 6 fournit de plus amples informations sur les aspects infranationaux de l'importance de renforcer la sensibilisation et la capacité technique pour parvenir à des infrastructures résilientes face au changement climatique.

Outre les programmes de formation et les outils techniques formels, l'apprentissage mutuel et la coopération internationale sont également essentiels pour renforcer la sensibilisation et la capacité technique, en particulier dans le contexte des pays en développement. Par exemple, le Programme d'infrastructures durables en Asie de l'OCDE aide les pays d'Asie centrale et du Sud en développant leurs capacités et en leur prodiguant des conseils en matière de politiques tout au long des différentes étapes de l'élaboration et de l'investissement liées aux infrastructures.

Références

- Balmforth, D. (2020), « Toddbrook Reservoir Independent Review Report », [77]
<https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5e6f3f56d3bf7f2690785d52/toddbrook-reservoir-independent-review-reporta.pdf> (consulté le 6 novembre 2023).
- C2ES (2018), « Policy Options for Climate Resilient Infrastructure », [60]
<https://www.c2es.org/document/policy-options-for-climate-resilient-infrastructure/> (consulté le 3 août 2023).
- Castillo, A. (2014), « Risk analysis and management in power outage and restoration: A literature survey », *Electric Power Systems Research*, vol. 107, pp. 9-15, [18]
<https://doi.org/10.1016/j.epsr.2013.09.002>.
- CCNR (2023), « CCNR Market Observation - Annual report 2023 ». [29]
- CCNR (2019), *Inland Navigation in Europe. Annual Report 2019*. [38]
- CEB (2022), *From Community Vulnerability to Resilience: The Experience of European Cities*, [84]
https://coebank.org/media/documents/Technical_Brief_From_Community_Vulnerability_to_Resilience.pdf.
- CEOBS (2023), « The environmental dimensions of Libya's flood disaster », [44]
<https://ceobs.org/the-environmental-dimensions-of-libyas-flood-disaster/#2> (consulté le 10 janvier 2024).
- Chang, S. (2016), « Socioeconomic Impacts of Infrastructure Disruptions », dans *Oxford Research Encyclopedia of Natural Hazard Science*, Oxford University Press, [19]
<https://doi.org/10.1093/acrefore/9780199389407.013.66>.
- Chaves, H., C. da Silva et M. Fonseca (2023), « Reservoir Reliability as Affected by Climate Change and Strategies for Adaptation », *Water*, vol. 15/13, p. 2323, [57]
<https://doi.org/10.3390/w15132323>.
- Chinowsky, P. (2022), « Intense heat waves and flooding are battering electricity and water systems, as America's aging infrastructure sags under the pressure of climate change », [64]
<https://www.preventionweb.net/news/intense-heat-waves-and-flooding-are-battering-electricity-and-water-systems-americas-aging> (consulté le 22 décembre 2023).
- Christodoulou A. et Demirel H. (2018), *Impacts of climate change on transport*, European Commission, Joint Research Centre. [55]
- CIRIA (2023), « Code of practice for property flood resilience », [82]
https://www.ciria.org/CIRIA/Resources/Free_publications/CoP_for_PFR_resource.aspx (consulté le 6 novembre 2023).
- CIWEM (s.d.), « Property Flood Resilience Industry Training », [81]
<https://www.ciwem.org/training/pfr-industry-training> (consulté le 6 novembre 2023).
- CIWEM (s.d.), « Training Courses », <https://www.ciwem.org/training/> (consulté le 6 novembre 2023). [83]

- Climate Risk Institute (2023), « Infrastructure Resilience Professional (IRP) Credentialing Program », <https://climateriskinstitute.ca/irp-page/#:~:text=To%20obtain%20the%20IRP%20credential,be%20a%20licenced%20Professional%20Engineer.> (consulté le 31 octobre 2023). [80]
- Copernicus (2023), « Copernicus: November 2023 – Remarkable year continues, with warmest boreal autumn. 2023 will be the warmest year on record », <https://climate.copernicus.eu/copernicus-november-2023-remarkable-year-continues-warmest-boreal-autumn-2023-will-be-warmest-year#:~:text=For%20the%20calendar%20year%20to,warmest%20calendar%20year%20on%20record.> (consulté le 18 décembre 2023). [6]
- Ding, H. et al. (2021), « Accelerating Climate-Resilient Infrastructure Investment in China ». [61]
- EM-DAT (2023), « The international disasters database », *Brussels, Belgium*, <https://www.emdat.be/publications/> (consulté le 30 janvier 2024). [15]
- European Commission (2007), « Communication from the Commission to the European Parliament and the Council - Addressing the challenge of water scarcity and droughts in the European Union {SEC(2007) 993} {SEC(2007) 996} /* COM/2007/0414 final */ », <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52007DC0414&from=bq> (consulté le 9 janvier 2024). [9]
- European Commission (s.d.), « Critical Infrastructure Warning Information Network (CIWIN) ». [66]
- European Committee of the Regions (s.d.), « Spatial planning and governance within EU policies and legislation and their relevance to the New Urban Agenda », vol. 2018. [72]
- Fischer, E. et al. (2021), « Post-Wildfire Damage The 2018 Camp Fire in Paradise, California », <https://hazards.colorado.edu/quick-response-report/post-wildfire-damage> (consulté le 12 janvier 2024). [22]
- Forzieri, G. et al. (2018), « Escalating impacts of climate extremes on critical infrastructures in Europe », *Global Environmental Change*, vol. 48, pp. 97-107, <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.11.007>. [46]
- Goss, M. et al. (2020), « Climate change is increasing the likelihood of extreme autumn wildfire conditions across California », *Environmental Research Letters*, vol. 15/9, p. 094016, <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab83a7>. [21]
- Government of Canada (2023), « Improving access to historical and projected climatic design variables ». [85]
- GSMA (2018), « The 2017 Atlantic Hurricane Season: Mobile industry impact and response in the Caribbean ». [39]
- Hallegate, S., J. Rentschler et J. Rozenberg (2019), *Lifelines: The Resilient Infrastructure Opportunity*, World Bank, Washington D.C., <http://hdl.handle.net/10986/31805> (consulté le 2 août 2023). [48]
- Hall, J. et al. (2019), « Adaptation of Infrastructure Systems: Background Paper for the Global Commission on Adaptation. », *Oxford. Environmental Change Institute, University of Oxford*. [35]

- Hjort, J. et al. (2018), « Degrading permafrost puts Arctic infrastructure at risk by mid-century », *Nature Communications*, vol. 9/1, p. 5147, <https://doi.org/10.1038/s41467-018-07557-4>. [54]
- HM Treasury (2020), « National Infrastructure Strategy », https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/938051/NIS_final_print.pdf (consulté le 10 août 2023). [78]
- Hu, X. et al. (2019), *Methodology and Findings for the Exposure Analysis of the Chinese Wastewater Sector to Flooding and Earthquakes Hazards*, Policy Research Working Paper 8903, Washington, D.C.: World Bank Group. [59]
- IDB (2020), « Increasing infrastructure resilience with Nature-based Solutions (NbS) ». [75]
- IISD (2021), « Advancing the Climate Resilience of Canadian Infrastructure: A review of literature to inform the way forward ». [16]
- Infrastructure Canada (2023), « Codes, standards and guidance for climate resilience ». [76]
- IPCC (2021), « Summary for Policymakers », dans *Climate Change 2021 – The Physical Science Basis*, Cambridge University Press, <https://doi.org/10.1017/9781009157896.001>. [7]
- IPCC (2014), « Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change », *IPCC, Geneva, Switzerland*. [65]
- IUCN (2020), « Blue Infrastructure Finance: A new approach, integrating Nature-based Solutions for coastal resilience ». [45]
- Izaguirre, C. et al. (2021), « Climate change risk to global port operations », *Nature Climate Change*, vol. 11/1, pp. 14-20, <https://doi.org/10.1038/s41558-020-00937-z>. [56]
- Jones, M. et al. (2022), « Global and Regional Trends and Drivers of Fire Under Climate Change », *Reviews of Geophysics*, vol. 60/3, <https://doi.org/10.1029/2020RG000726>. [10]
- Karels, J. (2019), « Wildland Urban Interface: A Look at Issues and Resolutions », *FEMA, US Fire Administration*, <https://www.usfa.fema.gov/downloads/pdf/publications/wui-issues-resolutions-report.pdf> (consulté le 4 août 2023). [30]
- Kenward, A., D. Yawitz et U. Raja (2013), « Sewage Overflows From Hurricane Sandy ». [43]
- Khan, I., F. Alam et Q. Alam (2013), « The global climate change and its effect on power generation in Bangladesh », *Energy Policy*, vol. 61, pp. 1460-1470, <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.05.005>. [52]
- Khan, M., M. McComas et V. Ravi (2020), « The Local Economic Impact of Flood-Resilient Infrastructure Projects ». [62]
- Linkov, I. et al. (2022), « Resilience stress testing for critical infrastructure », *International Journal of Disaster Risk Reduction*, vol. 82, p. 103323, <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2022.103323>. [67]
- Linnerud, K., T. Mideksa et G. Eskeland (2011), « The Impact of Climate Change on Nuclear Power Supply », *The Energy Journal*, vol. 32/1, <https://doi.org/10.5547/ISSN0195-6574-EJ-Vol32-No1-6>. [49]

- Li, S. et F. Otto (2022), « The role of human-induced climate change in heavy rainfall events such as the one associated with Typhoon Hagibis », *Climatic Change*, vol. 172/1-2, p. 7, <https://doi.org/10.1007/s10584-022-03344-9>. [23]
- Liu, K. et al. (2023), « Global transportation infrastructure exposure to the change of precipitation in a warmer world », *Nature Communications*, vol. 14/1, p. 2541, <https://doi.org/10.1038/s41467-023-38203-3>. [53]
- Martello, M. et A. Whittle (2023), « Estimating coastal flood damage costs to transit infrastructure under future sea level rise », *Communications Earth & Environment*, vol. 4/1, p. 137, <https://doi.org/10.1038/s43247-023-00804-7>. [17]
- McEvoy, D., I. Ahmed et J. Mullett (2012), « The impact of the 2009 heat wave on Melbourne's critical infrastructure », *Local Environment*, vol. 17/8, pp. 783-796, <https://doi.org/10.1080/13549839.2012.678320>. [42]
- Melvin, A. et al. (2017), « Climate change damages to Alaska public infrastructure and the economics of proactive adaptation », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 114/2, <https://doi.org/10.1073/pnas.1611056113>. [47]
- NEDA (2023), *Philippine Development Plan 2023-2028*. [73]
- NIC (2018), « Preparing for a drier future England's water infrastructure needs », *London, National Infrastructure Commission*. [58]
- NOAA (2022), « Climate Change: Global Sea Level », [https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-sea-level#:~:text=Global%20average%20sea%20level%20has,4%20inches\)%20above%201993%20levels](https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-sea-level#:~:text=Global%20average%20sea%20level%20has,4%20inches)%20above%201993%20levels). (consulté le 9 janvier 2024). [12]
- OCHA (2021), « Philippines: Super Typhoon Rai (Odette) Humanitarian Needs and Priorities ». [41]
- OECD (2023), *A Territorial Approach to Climate Action and Resilience*, OECD Regional Development Studies, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/1ec42b0a-en>. [13]
- OECD (2023), *A Territorial Approach to Climate Action and Resilience*, OECD Regional Development Studies, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/1ec42b0a-en>. [68]
- OECD (2023), *Financing Cities of Tomorrow : G20/OECD Report for the G20 Infrastructure Working Group under the Indian Presidency*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/51bd124a-en>. [69]
- OECD (2023), *Taming Wildfires in the Context of Climate Change*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/dd00c367-en>. [11]
- OECD (2022), *OECD Regions and Cities at a Glance 2022*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/14108660-en>. [33]
- OECD (2021), « Building Resilience New Strategies for Strengthening Infrastructure Resilience and Maintenance », *OECD Public Governance Policy Papers No. 05*. [3]

- OECD (2021), « OECD Implementation Handbook for Quality Infrastructure Investment: Supporting a Sustainable Recovery from the COVID-19 Crisis », <https://www.oecd.org/finance/OECD-Implementation-Handbook-for-Quality-Infrastructure-Investment.htm> (consulté le 23 janvier 2024). [5]
- OECD (2018), *Climate-resilient Infrastructure*, OECD Environment Policy Paper No. 14, OECD Publishing. Paris. [2]
- OECD (2017), *The Governance of Land Use in OECD Countries : Policy Analysis and Recommendations*, OECD Regional Development Studies, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264268609-en>. [70]
- OECD (2014), « Recommendation of the Council on the Governance of Critical Risks », <https://www.oecd.org/gov/risk/Critical-Risks-Recommendation.pdf> (consulté le 23 janvier 2024). [4]
- OECD (2013), *Recommendation of the OECD Council on Effective Public Investment Across Levels of Government*, <https://www.oecd.org/regional/regional-policy/recommendation-effective-public-investment-across-levels-of-government.htm>. [71]
- OECD (forthcoming), « Fostering climate resilience building in the Philippines: Insights from an OECD policy dialogue ». [74]
- OECD (s.d.), *OECD and the Blue Dot Network*. [79]
- OECD/The World Bank (2019), *Fiscal Resilience to Natural Disasters : Lessons from Country Experiences*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/27a4198a-en>. [1]
- Patt, A., S. Pfenninger et J. Lilliestam (2013), « Vulnerability of solar energy infrastructure and output to climate change », *Climatic Change*, vol. 121/1, pp. 93-102, <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0887-0>. [50]
- Prognos (2022), *Schäden der Dürre- und Hitzeextreme 2018 und 2019*. [37]
- Prognos (2022), « Schäden der Sturzfluten und Überschwemmungen im Juli 2021 in Deutschland, [Damages of the Floods in July 2021 in Germany] », *Prognos, AG, Düsseldorf*, https://www.prognos.com/sites/default/files/2022-07/Prognos_KlimawandelfolgenDeutschland_Detailuntersuchung%20Flut_AP2_3b_.pdf (consulté le 9 août 2023). [26]
- Riverside Technology (2014), « Climate Risks Study for Telecommunications and Data Center Services ». [36]
- S&P Global (2022), « Droughts rattle Europe's hydropower market, intensifying energy crisis », <https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/market-insights/latest-news/electric-power/080522-droughts-rattle-europes-hydropower-market-intensifying-energy-crisis> (consulté le 4 août 2023). [28]
- Schumacher, D. (2022), « High temperatures exacerbated by climate change made 2022 Northern Hemisphere soil moisture droughts more likely », *World Weather Attribution*. [27]
- Sebastian, T. (2022), « A 'Chennai' in Every City of the World: The Lethal Mix of the Water Crisis, Climate Change, and Governance Indifference », *Law, Technology and Humans*, vol. 4/1, pp. 79-101, <https://doi.org/10.5204/lthj.2165>. [31]

- Spinoni, J. et al. (2014), « World drought frequency, duration, and severity for 1951-2010 », [8]
International Journal of Climatology, vol. 34/8, pp. 2792-2804,
<https://doi.org/10.1002/joc.3875>.
- Tradowsky, J. et al. (2023), « Attribution of the heavy rainfall events leading to severe flooding in [25]
 Western Europe during July 2021 », *Climatic Change*, vol. 176/7, p. 90,
<https://doi.org/10.1007/s10584-023-03502-7>.
- Tulane University Law School (2021), « Typhoon Hagibis and Japan's Climate Change [24]
 Adaptation Strategy », <https://online.law.tulane.edu/blog/typhoon-hagibis-and-japans-climate-change-adaptation-strategy> (consulté le 4 août 2023).
- Vallejo, L. et M. Mullan (2017), *Climate-resilient infrastructure: Getting the policies right.*, OECD [34]
 Environment Working Papers No. 121. , OECD Publishing. Paris.
- van Vliet, M. et al. (2016), « Power-generation system vulnerability and adaptation to changes in [51]
 climate and water resources », *Nature Climate Change*, vol. 6/4, pp. 375-380,
<https://doi.org/10.1038/nclimate2903>.
- Williams, A. et al. (2019), « Observed Impacts of Anthropogenic Climate Change on Wildfire in [20]
 California », *Earth's Future*, vol. 7/8, pp. 892-910, <https://doi.org/10.1029/2019EF001210>.
- WMO (2021), « WMO Atlas of Mortality and Economic Losses from Weather, Climate and Water [14]
 Extremes (1970–2019) », vol. (WMO-No. 1267).
- World Bank et World Resources Institute (2022), « Nature-based solutions for disaster risk [63]
 management », <https://documents1.worldbank.org/curated/en/253401551126252092/pdf/Booklet.pdf>
 (consulté le 3 octobre 2023).
- Zachariah, M. (2023), « Interplay of climate change-exacerbated rainfall, exposure and [32]
 vulnerability led to widespread impacts in the Mediterranean region ».
- Zhou, B. et al. (2011), « The Great 2008 Chinese Ice Storm: Its Socioeconomic–Ecological [40]
 Impact and Sustainability Lessons Learned », *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 92/1, pp. 47-60, <https://doi.org/10.1175/2010BAMS2857.1>.

Notes

¹ Période annuelle où les conditions météorologiques sont propices au déclenchement d'incendies (OECD, 2023_[11]).

2

La planification au service d'infrastructures résilientes face au changement climatique

Le présent chapitre examine de quelle manière les pays peuvent définir leurs dispositifs de gouvernance des infrastructures de façon à pouvoir faire face aux menaces liées au changement climatique. Plus précisément, les auteurs analysent comment les pays peuvent déterminer les risques et adopter les mesures nécessaires en associant les acteurs et les parties prenantes qui mettent à disposition, exploitent et utilisent les infrastructures, en répertoriant les interdépendances existantes entre les systèmes d'infrastructures et en partageant avec les exploitants d'infrastructures et les parties prenantes des informations sur les vulnérabilités face aux risques climatiques. Ce chapitre étudie également de quelle façon les pays peuvent s'appuyer sur les politiques publiques et la réglementation dans le but de mettre en place des mesures incitatives et des exigences ciblant les fournisseurs d'infrastructures. Enfin, les auteurs se penchent sur les modalités selon lesquelles les fournisseurs d'infrastructures peuvent collecter des données et utiliser les technologies pendant la phase d'exploitation et de maintenance du cycle de vie des infrastructures afin d'améliorer leur résilience.

Principaux éclairages sur l'action publique

- Afin de faire face aux menaces liées au changement climatique, les pays vont devoir adopter une approche globale de la planification et du financement des infrastructures. Ils peuvent créer des conditions propices à la résilience des infrastructures face au changement climatique en coordonnant les acteurs qui mettent à disposition et exploitent les infrastructures, en répertoriant les interdépendances existantes entre les systèmes d'infrastructures et en élaborant des solutions permettant de partager avec les exploitants d'infrastructures et les parties prenantes des informations sur les vulnérabilités face aux risques climatiques.
- Les pays peuvent également travailler avec un large éventail de parties prenantes afin de déterminer les risques liés au climat, puis d'évaluer leur probabilité et leur gravité au regard de l'ensemble des risques (climatiques et non climatiques).
- Les pays peuvent aussi ajuster certains curseurs en matière de planification et d'action publique pour manifester leur intention d'investir dans des infrastructures résilientes et obliger les acteurs qui mettent à disposition et exploitent les infrastructures à respecter des normes de résilience.
- Enfin, les pays peuvent recourir aux données et aux techniques récentes pendant la phase de maintenance et d'exploitation afin de maintenir les niveaux de service face à la montée des risques liés au climat. Par exemple, de nouvelles technologies comme la télédétection, les données massives, l'internet des objets (IoT), l'infonuagique et l'apprentissage automatique révolutionnent le fonctionnement et la maintenance des infrastructures.

2.1. Introduction

Compte tenu des risques liés à l'ensemble des aléas et des menaces, notamment les risques liés au climat, les pays doivent adopter une approche globale de la planification et de la mise à disposition des infrastructures. En particulier, en raison de l'évolution de l'intensité et de la fréquence des risques climatiques, la nature des risques auxquels sont exposés les actifs et les réseaux d'infrastructures peut évoluer de façon significative au cours de leur durée de vie. Les fournisseurs d'infrastructures doivent non seulement éviter le risque de se retrouver piégés dans une situation de vulnérabilité, mais aussi anticiper un niveau de service plus élevé à l'avenir pour leurs actifs, à mesure de l'amplification des risques climatiques. Les infrastructures devront donc être conçues, construites, entretenues et exploitées de manière à prendre en compte l'évolution des risques tout au long de leur cycle de vie. Dans ce contexte, la *Recommandation de l'OCDE sur la gouvernance des infrastructures* met en relief la nécessité, pour les pouvoirs publics, d'améliorer leur démarche au service de la résilience des infrastructures et de nouer une collaboration avec le secteur privé et la société civile pour y parvenir.

Ce chapitre présente les mesures que les pays peuvent prendre afin de renforcer la résilience des infrastructures face aux risques climatiques actuels et futurs. Il montre qu'il est important de planifier des infrastructures capables de résister aux futurs risques liés au climat tout en associant les parties prenantes aux décisions qui auront une influence sur l'emplacement des futures infrastructures et sur les modalités d'occupation des sols. Ce chapitre montre également qu'il est important de s'appuyer sur des méthodologies permettant de sélectionner des projets à haut niveau de résilience ainsi que sur des outils techniques permettant de placer l'exploitation et la maintenance des infrastructures sous le signe de la résilience tout au long de leur cycle de vie. Enfin, bien que le présent rapport soit axé sur la résilience climatique, les études de cas et les comparaisons internationales proposées dans ce chapitre évoquent aussi les moyens mis en œuvre par les pays pour se préparer face à un large éventail de différents risques. Ce chapitre souligne l'importance d'une démarche multialéas pour les pays et montre comment ces

derniers peuvent appliquer aux risques liés au climat les enseignements tirés d'une large gamme de risques autres que climatiques.

2.2. Veiller à la coordination entre les fournisseurs d'infrastructures publics et privés

2.2.1. Assurer une coordination entre les différents acteurs

Compte tenu du large éventail d'acteurs concernés par les décisions relatives à la planification, à la mise à disposition et à la maintenance d'infrastructures résilientes face au changement climatique, il est important que les pays mobilisent les administrations nationales et infranationales, les entreprises publiques, le secteur privé et les autres parties prenantes intéressées. L'instauration d'un dialogue et de partenariats avec les citoyens autour des décisions relatives aux infrastructures résilientes face au changement climatique revêt également une importance particulière. Ce point est abordé à la section 2.7. Dans l'idéal, une mobilisation aussi vaste autour de la gouvernance devrait aussi associer les ministères et organismes sectoriels chargés de superviser la mise à disposition et la réglementation des infrastructures dans tous les secteurs concernés, ainsi que ceux chargés de la résilience face à l'ensemble des aléas et des menaces. Autre point important, les pays doivent garder à l'esprit le fait que les acteurs impliqués peuvent varier selon le stade du cycle de vie concerné. Dans plusieurs pays, la coordination est assurée au niveau du centre de gouvernement, dans le but de gérer les intérêts des parties prenantes et d'opérer les arbitrages nécessaires à l'efficacité des politiques relatives à la résilience. Par ailleurs, les pays optent souvent pour une gouvernance multi-niveaux afin de soutenir l'investissement public à l'échelle voulue et de coordonner les actions entre les différents échelons administratifs (voir Chapitre 6).

À ces fins, les pouvoirs publics doivent endosser des rôles multiples et complexes. Les gestionnaires de risques et les responsables de la gouvernance de l'ensemble des risques, y compris ceux liés au climat, doivent assurer une coordination entre plusieurs fonctions de l'administration mais aussi veiller, au nom de l'intérêt général, à ce que les objectifs de résilience puissent être atteints, avec les arbitrages que cela implique.

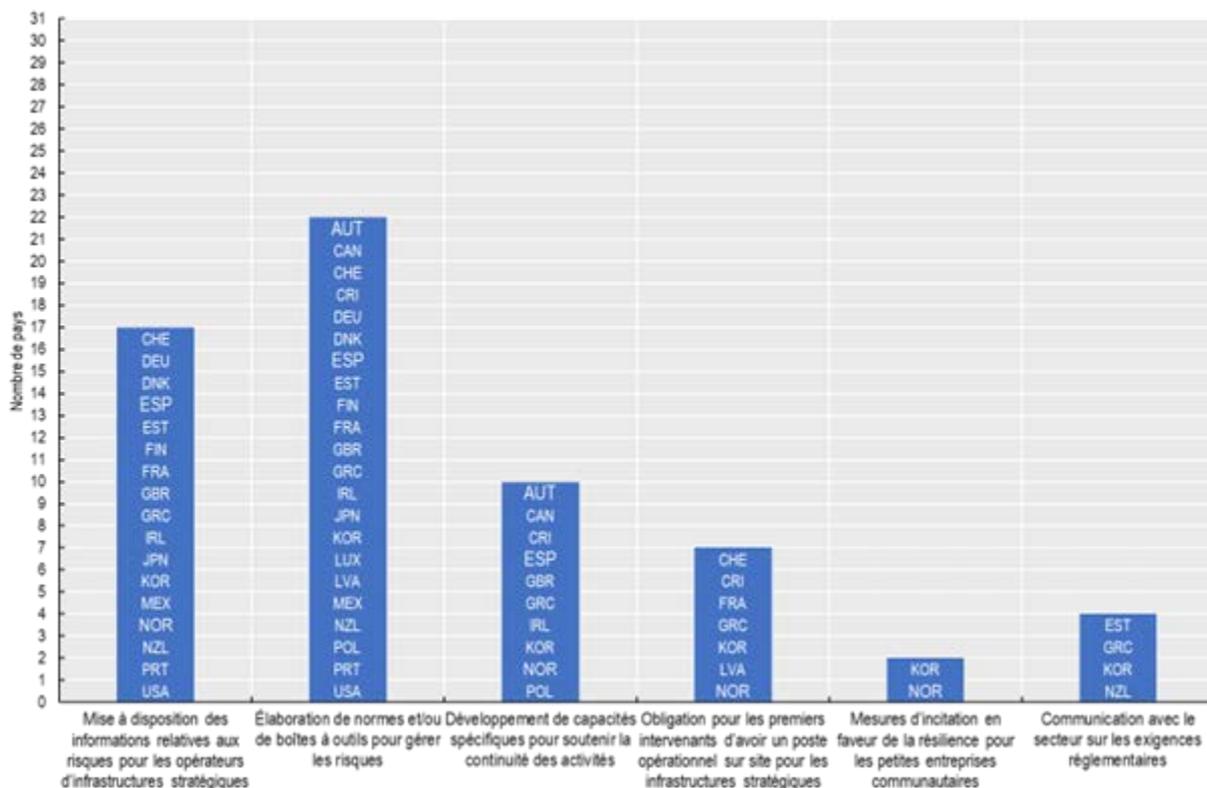
Il est important que, dans un premier temps, les pouvoirs publics s'associent aux exploitants d'infrastructures relevant des administrations nationales et infranationales et du secteur privé afin de convenir d'une vision commune de la résilience des infrastructures face au changement climatique et d'objectifs communs et réalisables en matière de résilience (OCDE, 2019^[1]) e. Ce point est crucial car, si exploitants et pouvoirs publics s'accordent sur la nécessité de protéger les actifs et de maintenir les prestations de services, les avis peuvent diverger concernant le niveau de résilience requis, les moyens pour y parvenir et les exigences réglementaires qui devraient s'appliquer. Les mesures susceptibles d'être adoptées ont des implications sur le plan financier et soulèvent la question de savoir qui assumera les coûts supplémentaires liés aux investissements destinés à favoriser la résilience (voir Chapitre 4). Des visions stratégiques en matière de résilience peuvent également être définies aux niveaux régional ou local, ce qui permet d'adopter des démarches plus ciblées, notamment géographiquement, sachant que les risques climatiques peuvent être plus concentrés dans certaines zones (voir Chapitre 6).

La mise en place de partenariats entre les pouvoirs publics et les exploitants (publics et privés) peut aider à élaborer une vision commune de la résilience des infrastructures stratégiques et à définir des objectifs communs. Il convient d'aborder différents enjeux d'action publique, et notamment de déterminer la « durée d'indisponibilité » acceptable, de préserver l'équité des conditions de concurrence entre les exploitants et de contourner les risques de « parasitisme » dans les secteurs concurrentiels. Veiller à ce que les parties prenantes, y compris les citoyens, participent à des réunions régulières, à des dialogues institutionnalisés et à des exercices conjoints peut aider à parvenir à un consensus (OCDE, 2019^[1]). En outre, l'existence d'une vision commune de la résilience peut permettre aux exploitants d'infrastructures de programmer

leurs interventions en fonction d'un niveau de service convenu, ce qui leur permet de planifier la maintenance des actifs de façon à garantir un niveau prédéterminé de fonctionnement des infrastructures face aux risques.

D'après des données récentes, de nombreux pays de l'OCDE ont posé les bases nécessaires afin d'assurer cette coordination. En 2022, sur les 27 pays de l'OCDE pour lesquels des informations sont disponibles, 25 étaient dotés d'une stratégie nationale relative à la résilience des infrastructures stratégiques (93 %). En outre, 21 d'entre eux (78 %) avaient désigné une institution de tutelle pour coordonner les efforts de mise en œuvre. En 2022, qu'ils soient dotés ou non d'une telle stratégie, sur 31 pays de l'OCDE, 29 (94 %) avaient défini la notion d'infrastructure stratégique, et l'ensemble des 32 pays de l'OCDE considérés avaient répertorié les secteurs d'infrastructures stratégiques. En outre, 19 pays sur 23 (82 %) indiquaient avoir dressé des inventaires nationaux de leurs actifs, systèmes ou fonctions d'infrastructures stratégiques (OECD, 2021^[2]). Le Graphique 2.1 montre comment, au sein des pays de l'OCDE, les pouvoirs publics coopèrent avec les exploitants d'infrastructures stratégiques pour renforcer la résilience.

Graphique 2.1. Mesures adoptées par les pouvoirs publics afin de renforcer la résilience des infrastructures stratégiques



Source : OECD (2022^[3]), *Questionnaire on the Governance of Critical Risks*, https://qdd.oecd.org/subject.aspx?Subject=GOV_RISK.

2.2.2. Prendre en compte les interdépendances entre les différents actifs et réseaux d'infrastructures

Les pays peuvent également mieux planifier la résilience des infrastructures à l'aide de méthodologies et d'indicateurs qui permettent de recenser les fonctions, systèmes et actifs stratégiques qui devraient bénéficier en priorité de l'investissement à l'appui de la résilience. Il faut pour cela bien comprendre de

quelle manière les perturbations peuvent affecter les infrastructures, et dans quels cas des dépendances et des interdépendances susceptibles d'amplifier leurs effets sont à l'œuvre aux niveaux infranational, national et international. Une fois les nœuds et pôles prioritaires repérés parmi les systèmes interdépendants, il convient d'évaluer leur résilience à l'aide d'indicateurs pertinents et de comparer les résultats réels et attendus afin de déterminer les lacunes existantes (OECD, 2019^[1]).

De nombreux pays de l'OCDE (14) étudient les interactions entre différents types des principaux risques (OECD, 2022^[4]). Ils peuvent toutefois aller plus loin en adoptant une approche à trois niveaux, dont la première étape consiste à cartographier les interdépendances (physiques, numériques, géographiques, logiques) entre les actifs et systèmes d'infrastructures stratégiques. Cette étape est essentielle pour estimer l'impact total de la perte de service en cas de perturbation. Il convient ensuite d'évaluer la criticité, ce qui permet aux pays de classer les systèmes, les réseaux et les actifs en fonction de l'impact de la perturbation subie sur un ensemble de critères préétablis. La troisième étape, qui consiste à analyser la résilience et à effectuer des tests de résistance, aide à déceler les points faibles où les défaillances potentielles qui sont les plus susceptibles de survenir. Enfin, la mise au point d'indicateurs pertinents pour les actifs et les systèmes d'infrastructures permet de comparer au mieux leur niveau de résilience (OECD, 2019^[1]).

2.2.3. Mettre en place des mécanismes de partage de l'information

Les pays peuvent renforcer la résilience des infrastructures en mettant en place des plateformes d'échanges d'informations avec les exploitants d'infrastructures stratégiques, de sorte que toutes les parties prenantes concernées aient une vision globale et commune des risques et des vulnérabilités. Les informations partagées couvrent la capacité d'un actif ou d'un réseau à fonctionner pendant des aléas naturels sur des sites particuliers, leur durée de vie prévue face à des menaces croissantes, les dispositions prises pour la remise en état des infrastructures en cas de panne, et toute autre information susceptible d'avoir une incidence sur les activités d'autres fournisseurs d'infrastructures. Le partage d'informations de ce type aide les exploitants à cerner et comprendre leurs propres vulnérabilités, leur dépendance à l'égard d'autres infrastructures et la façon dont les perturbations touchant leurs services pourraient affecter d'autres infrastructures, voire leurs propres infrastructures. Il est essentiel de veiller à ce que la conception de ces plateformes garantisse la sécurité et la confidentialité des informations partagées, avec des règles d'accès claires permettant de partager en confiance des informations sensibles. Il est aussi important que les pays tiennent compte du fait que les informations qu'il est nécessaire de partager peuvent varier selon le stade du cycle de vie de l'infrastructure.

Le partage des informations se heurte à un manque de confiance entre les parties, qui redoutent que les informations partagées sur la base du volontariat soient dévoilées publiquement. Les exploitants ne sont pas enclins à partager des informations sensibles concernant leurs vulnérabilités, leurs principaux liens de dépendance et tout incident perturbateur en dehors d'espaces sécurisés, car la divulgation de certaines de ces informations pourrait entraîner une obligation de réparation, amoindrir la compétitivité sur le marché ou nuire à la réputation d'une entreprise.

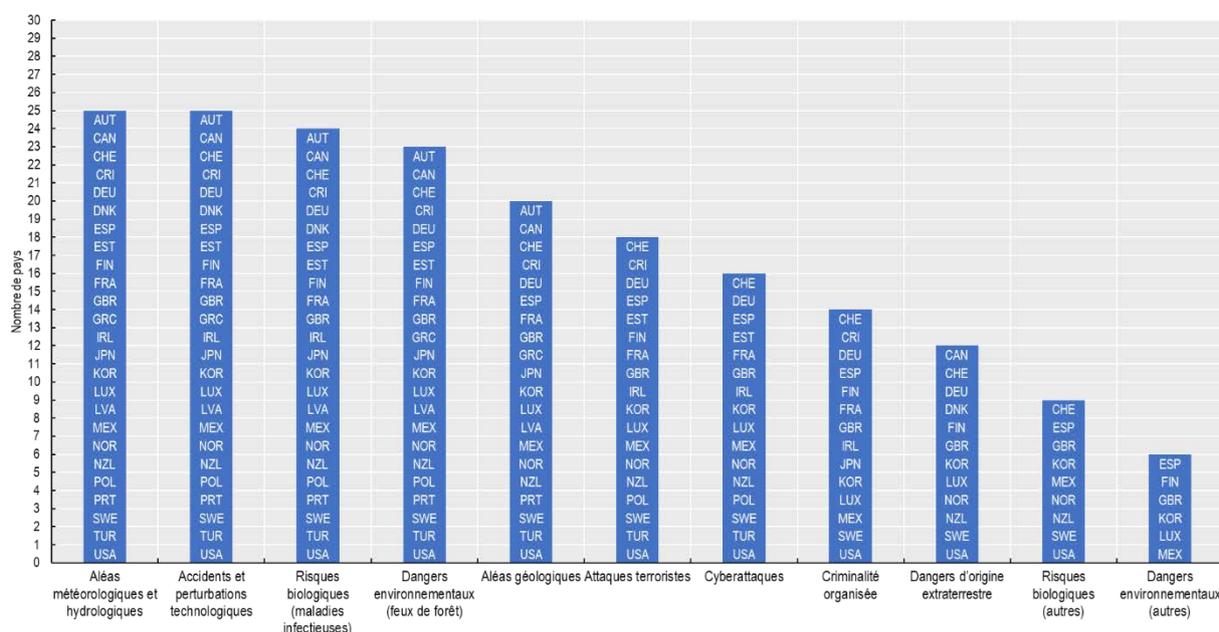
Cela étant, la transparence des informations relatives aux risques peut renforcer la redevabilité des exploitants et les mesures prises en matière de résilience. À l'heure où les systèmes interconnectés prédominent, c'est au niveau de leur maillon le plus faible que se mesure la vulnérabilité des systèmes d'infrastructures interdépendants. Par conséquent, le partage d'informations aux niveaux international, national et infranational aide les exploitants à se forger une compréhension commune de ce qui est nécessaire pour atteindre un niveau acceptable de résilience (OECD, 2019^[1]).

2.3. Identifier les risques pour les infrastructures

2.3.1. Adopter une « démarche multialéas »

Lors de la planification des infrastructures, les pays doivent aborder la résilience face aux risques liés au climat avec en perspective un contexte plus large qui englobe d'autres risques susceptibles de survenir, notamment les cybermenaces, le terrorisme et les pandémies. Il est crucial d'adopter une démarche multialéas, car les risques auxquels sont confrontées les infrastructures stratégiques évoluent constamment. Face aux nouvelles menaces qui se profilent, les pays doivent faire preuve d'agilité et de souplesse, en veillant à ne pas accorder une importance excessive à certaines menaces et certains risques, sous peine de se faire surprendre par d'autres. Ce type de démarche permet également aux pays de maintenir leur attention sur le niveau de perturbation des infrastructures induit par certains risques, plutôt que de se focaliser sur des événements à risque spécifiques. Le Graphique 2.2 indique où se situent les risques courants liés au climat, tels que les aléas naturels, par rapport à d'autres types de risques majeurs auxquels sont exposés les Membres de l'OCDE.

Graphique 2.2. Types d'aléas et/ou de menaces répertoriés comme des risques majeurs potentiels



Source : OECD (2022^[3]), *Questionnaire on the Governance of Critical Risks*, https://qdd.oecd.org/subject.aspx?Subject=GOV_RISK.

2.3.2. Déterminer la gravité, la probabilité et l'impact prévisionnel des risques

Il est important que les pays comprennent les risques qui pèsent sur leurs infrastructures, afin de pouvoir déterminer avec précision la probabilité de la survenue d'un événement porteur de risque et l'ampleur de ce dernier, ainsi que les préjudices d'ordre économique, les perturbations d'ordre social et les conséquences d'ordre environnemental susceptibles d'en découler. En plus d'évaluer et d'analyser les risques climatiques auxquels ils sont exposés, les pays peuvent également évaluer des risques futurs relevant de la prospective (voir Chapitre 1). À l'aide d'exemples concrets, l'Encadré 2.1 montre comment le Royaume-Uni et le Canada s'appuient sur des méthodologies précises pour déterminer la gravité, la probabilité et l'impact des risques.

Encadré 2.1. Déterminer la gravité, la probabilité et l'impact des risques climatiques

Royaume-Uni

Au Royaume-Uni, le ministère de l'Environnement, de l'Alimentation et des Affaires rurales recommande de tenir compte des facteurs suivants lors de la prise en compte des impacts sur les infrastructures des événements induits par le changement climatique :

- Danger : risque de pertes en vies humaines, de dommages corporels ou d'autres effets sanitaires, de dommages aux biens et aux infrastructures, de pertes de moyens de subsistance et de services, de dégradation des écosystèmes et des ressources environnementales.
- Exposition : personnes, écosystèmes, services, ressources susceptibles d'être affectés.
- Vulnérabilité : propension ou prédisposition à être affecté.
- Capacité d'adaptation : capacité à s'adapter à un événement porteur de risque.
- Sensibilité : degré d'impact positif ou négatif sur le système, par l'intermédiaire d'effets directs ou indirects.
- Calendrier : être particulièrement attentif aux activités qui ont des horizons temporels, des durées de vie ou des implications à long terme. Cela peut également concerner les délais de décision.
- Points de bascule (et seuils) : dans le cas du changement climatique, un point de bascule est un seuil critique au-delà duquel le climat passe d'un état stable à un autre état stable. Il peut s'agir de seuils (ou points de bascule) biophysiques, techniques, de performance ou stratégiques, au-delà desquels des impacts beaucoup plus importants se produisent.
- Irréversibilité : compte tenu de l'incertitude qui entoure de nombreux risques, toute décision sur laquelle il serait difficile ou coûteux de revenir par la suite devra faire l'objet d'un examen particulièrement approfondi.

Canada

L'Optique des changements climatiques est une exigence propre au projet applicable dans le cadre du Programme d'infrastructure Investir dans le Canada d'Infrastructure Canada et du Fonds d'atténuation et d'adaptation en matière de catastrophe. Son principal objectif est de sensibiliser aux risques et aux répercussions des changements climatiques associés aux projets et d'encourager les planificateurs, les concepteurs et les décideurs à faire de meilleurs choix. L'Optique des changements climatiques aide également Infrastructure Canada à mesurer ses progrès vers l'atteinte des objectifs en matière de climat.

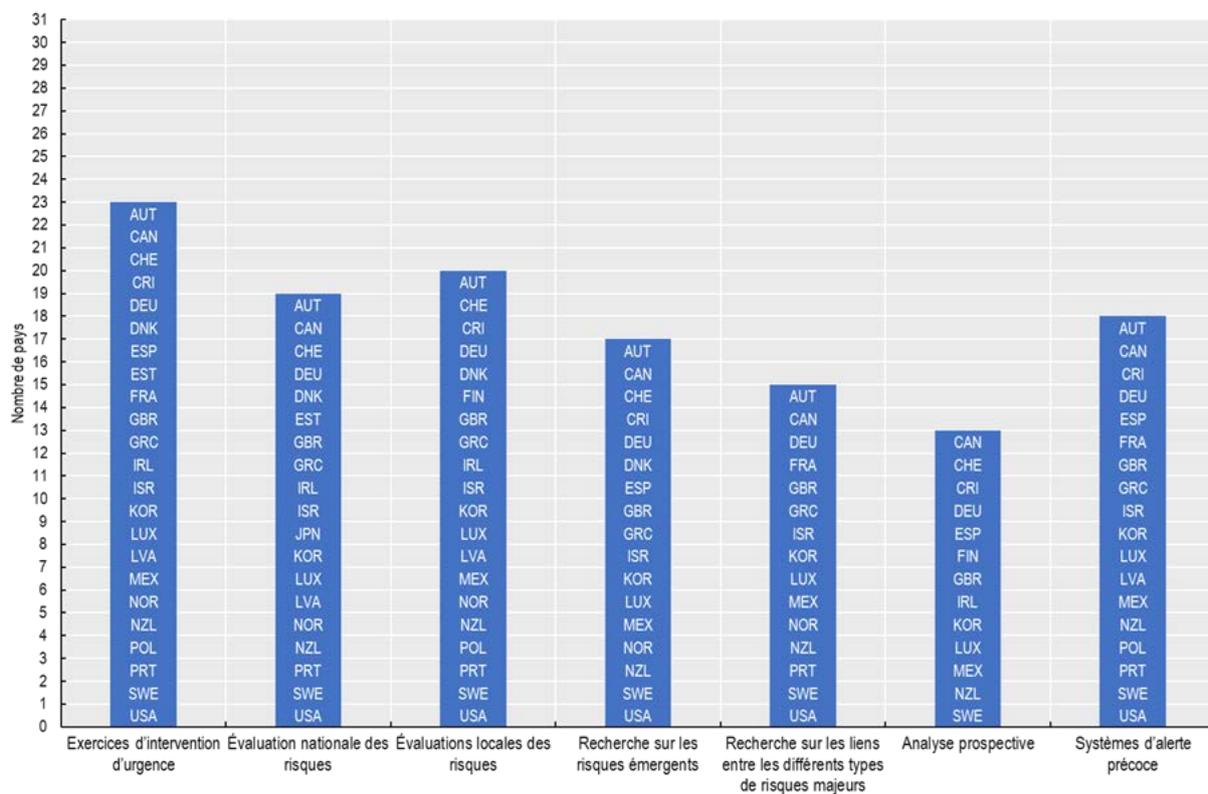
Dans le cadre de l'Optique des changements climatiques, on examine l'impact prévisionnel d'un projet d'infrastructure sur les émissions de gaz à effet de serre (GES) ainsi que les risques que présente le projet et sa résilience face aux perturbations ou aux répercussions liées aux changements climatiques. La résilience climatique est évaluée en suivant les étapes suivantes :

- Étape 1 : Évaluer la gravité ou les conséquences de l'incidence de l'aléa sur le projet.
- Étape 2 : Évaluer la probabilité de l'incidence de l'aléa sur le projet.
- Étape 3 : Déterminer le nombre et le niveau des risques de chaque aléa sur le projet.
- Étape 4 : Enregistrer les risques.

Source : DEFRA (2020^[5]), Accounting for the Effects of Climate Change –Supplementary Green Book Guidance, https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5fabacf98fa8f56da26ba375/Accounting_for_the_Effects_Of_Climate_Change_-_Supplementary_Green_Book_...pdf; INFC (2023^[6]), Investing in Canada Infrastructure Program Climate Lens – General Guidance, <https://www.infrastructure.gc.ca/pub/other-autre/cl-occ-eng.html#Introduction>.

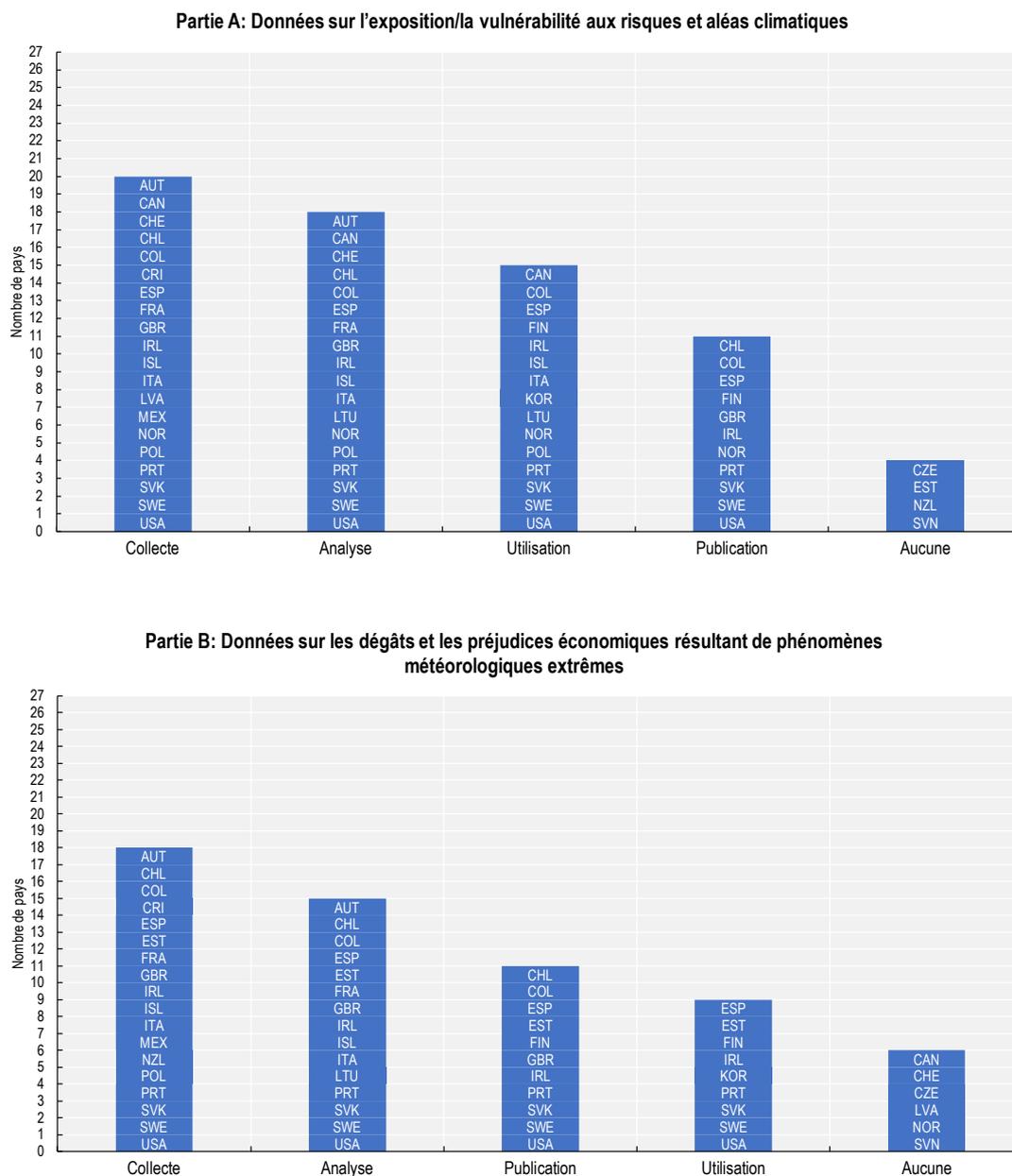
Le Graphique 2.3 présente les différentes méthodes utilisées par les pays de l'OCDE pour anticiper tous les types de risques, tandis que le Graphique 2.4 montre comment les pays utilisent les données recueillies sur le degré d'exposition et la vulnérabilité des infrastructures face aux risques et aléas climatiques et sur les dégâts et les préjudices économiques susceptibles d'en découler.

Graphique 2.3. Mesures visant à développer les capacités d'anticipation des risques



Source : OECD (2022^[3]), Questionnaire on the Governance of Critical Risks, https://qdd.oecd.org/subject.aspx?Subject=GOV_RISK.

Graphique 2.4. Utilisation par les pays de données sur l'exposition et la vulnérabilité aux risques et aléas climatiques et sur les dégâts et les préjudices économiques résultant de phénomènes extrêmes



Source : OECD (2022^[3]), Questionnaire on the Governance of Critical Risks, https://qdd.oecd.org/subject.aspx?Subject=GOV_RISK.

2.4. Définir des plans et des politiques publiques à long terme qui tiennent compte de la résilience climatique (aux niveaux national et infranational)

2.4.1. Procurer une plus grande certitude aux citoyens et au secteur privé au moyen de plans à long terme

Les plans à long terme déterminent le calendrier et l'enchaînement des principaux investissements dans les infrastructures, y compris les mesures à prendre afin de mettre à disposition de nouvelles infrastructures résilientes ou de renforcer la résilience des infrastructures existantes. Ils définissent l'occupation future des sols, par exemple en désignant des zones proscrites pour tout aménagement futur ou en protégeant des corridors ou des sites pour le développement futur d'infrastructures, et ils précisent le calendrier envisagé.

Les plans de développement à long terme diffèrent selon les pays (OECD, 2017^[7]), mais les plus couramment utilisés dans des contextes nationaux, régionaux et urbains sont en général les suivants :

- les stratégies de développement (par exemple, stratégie de développement urbain), qui fixent des objectifs intersectoriels globaux en matière de développement et qui peuvent être appliquées aux niveaux national ou infranational,
- les plans d'aménagement du territoire (plans stratégiques d'aménagement du territoire, plans directeurs), qui précisent et encadrent les futurs plans d'occupation des sols et les futurs corridors d'infrastructures,
- les plans de travaux d'équipement, qui définissent des engagements spécifiques en lien avec des projets, soit par territoire, soit par secteur.

Il ne s'agit pas toujours d'un processus parfaitement linéaire, puisque des événements inattendus peuvent survenir à tout moment, lesquels peuvent imposer une remise en service immédiate des infrastructures. Toutefois, dans la durée, il est important que ces trois types de plans à long terme soient en phase, de façon à ce que les engagements en matière d'infrastructures permettent d'atteindre les objectifs stratégiques de haut niveau et que les terrains nécessaires à leur concrétisation soient répertoriés et protégés, et mis à disposition en amont.

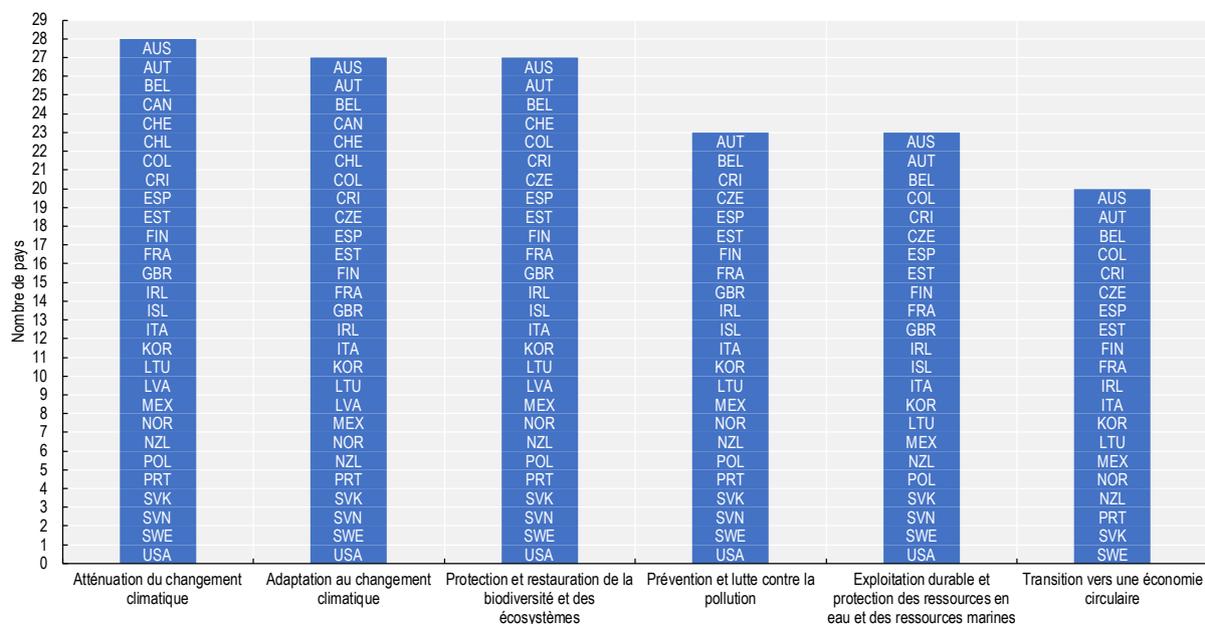
Les choix en matière d'occupation des sols ont une influence sur la résilience climatique. Dans ce domaine, les pays de l'OCDE s'appuient sur divers systèmes de réglementation, qui orientent la trajectoire d'aménagement des différents territoires, et les administrations infranationales disposent souvent de compétences clés dans ce domaine (OECD, 2017^[8]). Les processus de planification en matière d'occupation des sols, ou encore les réglementations environnementales et les codes de construction, qui aident à définir ce qui peut être construit, et où, sont des exemples de réglementation. Compte tenu de l'étroite corrélation entre l'occupation des sols et la planification des infrastructures, les choix des pouvoirs publics concernant le développement des infrastructures publiques devraient suivre une démarche territorialisée afin de tenir rigoureusement compte des systèmes existants pour la planification de l'occupation des sols (voir Chapitre 6).

Les plans de travaux d'équipement jouent eux aussi un rôle majeur dans la mise à disposition d'infrastructures résilientes face au changement climatique, sachant que les risques climatiques s'inscrivent dans une perspective à long terme, que les délais de livraison incompressibles pour les principaux actifs physiques sont longs et que l'exploitation peut s'étendre sur plusieurs décennies. Au regard des risques à long terme, tels que ceux liés au changement climatique, il est essentiel d'instaurer une planification à longue échéance afin de procurer autant de certitude et de prévisibilité que possible aux citoyens. Cette démarche revêtira une importance particulière pour les citoyens installés dans des zones dont l'évolution future est entourée d'incertitude, comme celles exposées à l'élévation du niveau de la mer et à la fréquence accrue des tempêtes et des incendies, qui pourraient à l'avenir rendre certains

endroits inhabitables. Pour le bien-être et la sécurité des populations, il est fondamental d'apporter de la certitude et de la prévisibilité dans les processus décisionnels, que ce soit sur le calendrier des investissements clés visant à protéger les citoyens contre des risques futurs ou sur l'éventuelle nécessité de déplacer certaines zones d'habitation.

Le Graphique 2.5 montre les aspects environnementaux et climatiques que les Membres de l'OCDE prennent en compte dans leurs stratégies nationales ou sectorielles en matière d'infrastructures.

Graphique 2.5. Aspects environnementaux et climatiques pris en compte dans l'élaboration des stratégies nationales ou sectorielles en matière d'infrastructures



Source : OECD (2022^[3]), Questionnaire on the Governance of Critical Risks, https://qdd.oecd.org/subject.aspx?Subject=GOV_RISK.

2.4.2. Définir des politiques publiques qui permettent et favorisent la planification et la mise à disposition d'infrastructures résilientes

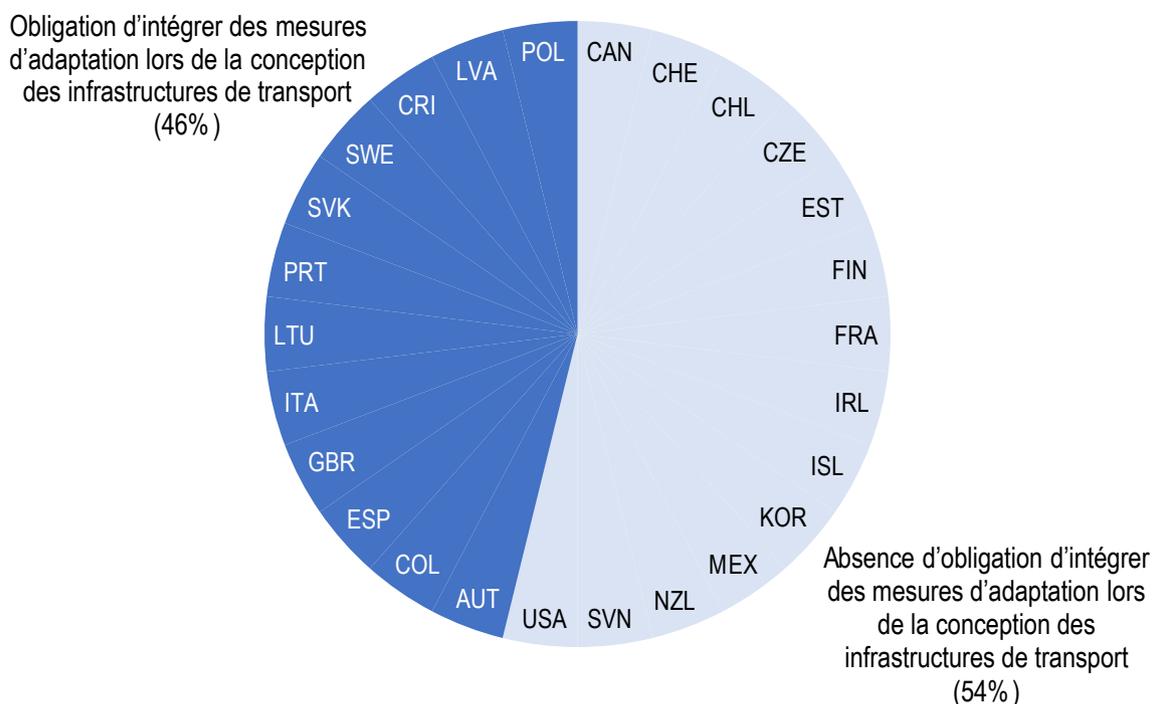
En définissant un ensemble d'instruments qui incitent les exploitants à investir dans la résilience et à atteindre des objectifs communs en la matière, les pays peuvent mettre la planification au service d'une résilience accrue des infrastructures. Il faut que les mesures de ce type couvrent tout le cycle de vie des infrastructures, de la planification à l'exploitation en passant par la maintenance, la rénovation ou la modernisation. La majorité des pays de l'OCDE (26 sur 29) utilisent les résultats des mesures d'anticipation des risques afin d'étayer leurs décisions stratégiques (OECD, 2022^[4]). De même, 20 d'entre eux disposent d'orientations consacrées à l'adaptation, à l'échelon national ou infranational (OECD, 2022^[9]).

Pour progresser dans la mise en œuvre des objectifs liés à la résilience, les pouvoirs publics peuvent choisir parmi un large éventail d'outils et de mécanismes, qu'il s'agisse de cadres volontaires, de mécanismes d'incitation ou d'outils réglementaires ou juridiques. De nombreux exploitants ont tout intérêt à maintenir la continuité de leurs services et à préserver leur réputation en investissant dans la résilience. Toutefois, ce type d'investissement implique souvent des coûts en amont, même si une plus grande fiabilité des services et une résilience accrue aux chocs devraient venir les compenser. En d'autres termes, les exigences supplémentaires imposées par les pouvoirs publics afin de renforcer la résilience pourront entraîner des coûts supplémentaires, qui seront en fin de compte supportés par les clients, les citoyens et

les entreprises. Il est donc important de calibrer les instruments d'action publique de manière à instaurer des incitations qui poussent les exploitants à investir dans la résilience, tout en tenant compte des répercussions financières. Le Chapitre 5 (Rendre les infrastructures résilientes face au changement climatique dans les pays en développement) aborde les politiques nationales nécessaires dans ces pays. Autre point important, les pays doivent garder à l'esprit le fait que différentes interventions réglementaires et mesures incitatives peuvent s'avérer indispensables selon le stade du cycle de vie concerné. Par exemple, les mesures nécessaires pour imposer ou encourager les investissements en faveur de la résilience pourraient être différentes des mesures visant à imposer ou encourager les investissements à l'appui de l'exploitation et de la maintenance.

L'approche réglementaire présente l'avantage d'imposer des obligations claires et mesurables, par exemple en prévoyant des contraintes en matière de fiabilité ou en exigeant la mise en place de plans de continuité de l'activité et de mécanismes d'assurance, ainsi que la mise en conformité avec des normes minimales de sécurité. Le Graphique 2.6 donne un exemple d'application concrète de l'approche réglementaire, en montrant dans quelle mesure les pays de l'OCDE exigent ou non l'intégration de mesures d'adaptation lors de la conception des actifs de transport.

Graphique 2.6. Obligation d'intégrer des mesures d'adaptation lors de la conception des infrastructures de transport dans les pays de l'OCDE



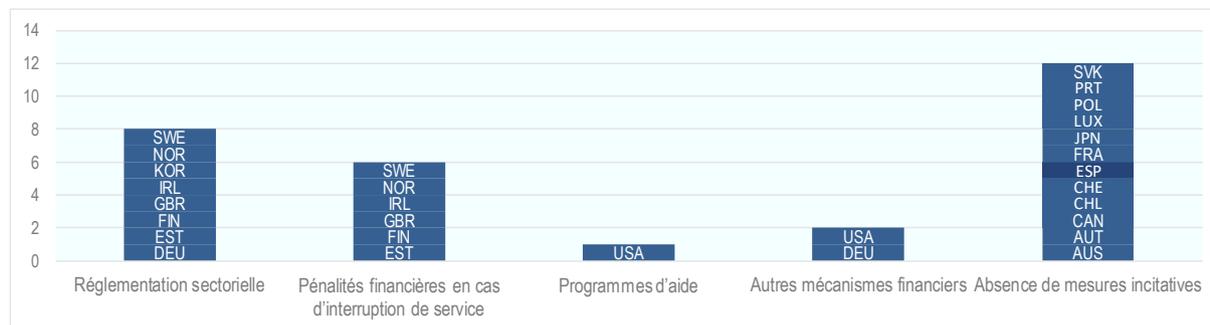
Source : (OECD, 2022^[9]), Enquête de l'OCDE sur la gouvernance des infrastructures https://data-explorer.oecd.org/vis?lc=en&fs%5b0%5d=Topic%2C1%7CGovernment%23GOV%23%7CGeneral%20government%23GOV_GG%23&pg=20&fc=Topic&bp=true&snb=22&df%5bds%5d=dsDisseminateFinalDMZ&df%5bid%5d=DSD_QDD_GOV_INFRA_PH_2%40DF_GOV_INFRA_P_H_2&df%5bag%5d=OECD.GOV.

Toutefois, si elle est trop normative, l'approche réglementaire peut s'avérer coûteuse, ne pas permettre de suivre le rythme rapide des évolutions technologiques et rendre la mise en conformité difficile. Le fait d'imposer, comme type de pénalités, un système de dédommagement des clients qui subissent des

perturbations de service peut être un levier efficace pour encourager les investissements à l'appui de la résilience, notamment dans le cadre des partenariats public-privé. Ce type de démarche laisse également aux exploitants la liberté de choisir de quelle façon ils vont accroître leur résilience. Les dispositifs basés sur le volontariat, comme l'élaboration de lignes directrices en matière de résilience, les activités de sensibilisation ou encore le partage de bonnes pratiques, sont souvent privilégiés pour favoriser le dialogue avec les parties prenantes, mais ils recèlent d'importantes incertitudes. Afin de trouver un juste équilibre entre soutien financier public et investissements privés pour ce type de mesures à l'appui de la résilience, il est possible de recourir à des méthodes d'analyse coûts-avantages qui permettent de déterminer les solutions les plus efficaces pour partager les coûts d'un effort collectif global en vue d'atteindre des objectifs de résilience communs.

Le Graphique 2.7 présente différents exemples de mesures d'incitation auxquelles les pays ont recours afin de renforcer la résilience des infrastructures stratégiques.

Graphique 2.7. Mesures incitant les exploitants d'infrastructures stratégiques à investir dans leur résilience

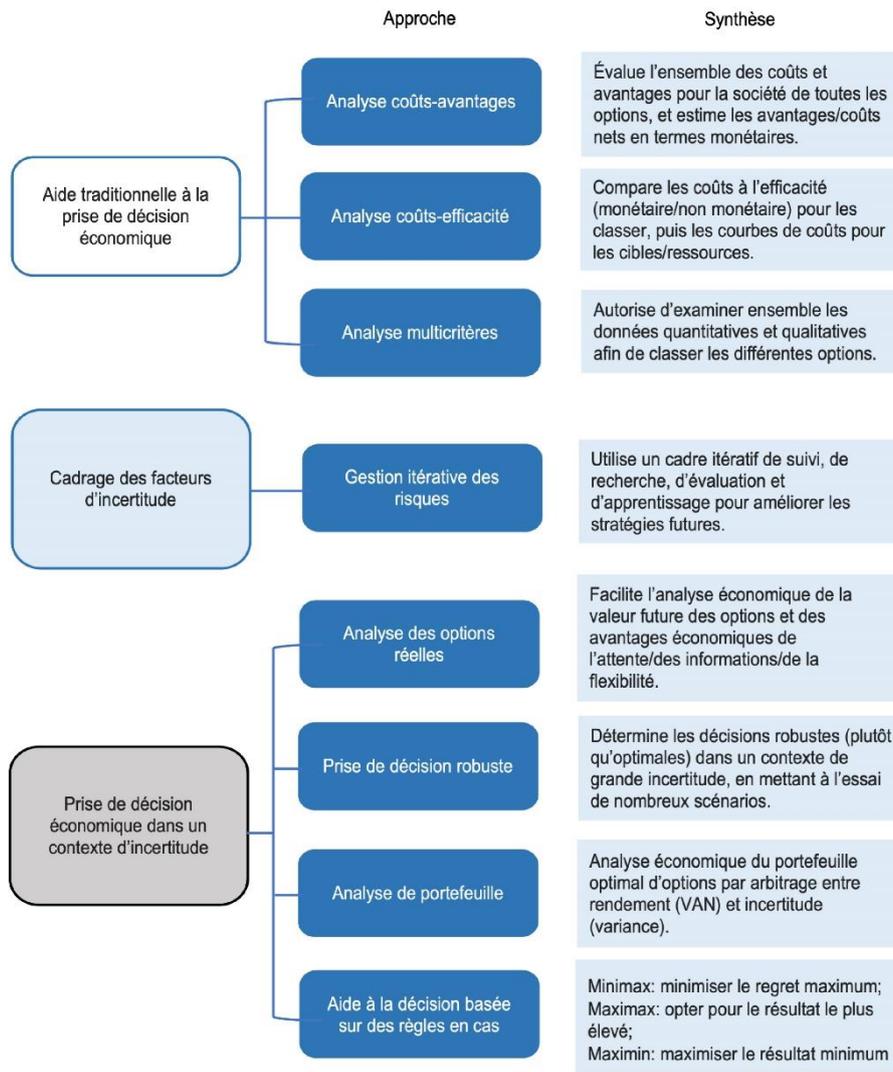


Source : OECD (2021^[2]), *Government at a Glance 2021*, <https://doi.org/10.1787/1c258f55-en>.

2.4.3. Veiller à ce que l'analyse des projets fasse ressortir des solutions permettant de tirer parti des avantages de la résilience

Les outils d'évaluation des projets servent à évaluer les avantages et les coûts actuels et futurs des projets à l'appui de la résilience, comme la remise en état des infrastructures après des glissements de terrain. Des facteurs tels que la fréquence des aléas naturels ou les coûts en termes de vies humaines, d'activités économiques ou d'accès aux services essentiels peuvent être pris en compte pour aider les décideurs à envisager un éventail plus large d'options face à des aléas naturels. Par exemple, l'analyse coûts-avantages peut être utilisée pour décider s'il est préférable de remplacer un actif à l'identique, ou si une solution plus résiliente à long terme peut générer des avantages plus ou moins importants. Le Graphique 2.8 présente une gamme complète d'outils de sélection de projets et l'utilisation qui peut en être faite pour examiner les coûts et les avantages de différentes options au service d'infrastructures résilientes face au changement climatique.

Graphique 2.8. Outils décisionnels à l'appui de l'adaptation



Source : OECD (2015_[10]), *Climate Change Risks and Adaptation: Linking Policy and Economics*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264234611-en>.

Bien sûr, les aléas naturels peuvent survenir brusquement, et obliger les prestataires de services d'urgence et les fournisseurs d'infrastructures à agir rapidement afin de remettre en état les infrastructures et de permettre aux populations de reprendre le cours normal de leur vie. Toutefois, sans attendre qu'un aléa naturel se produise, une évaluation du projet peut être réalisée sur les sites à risque en dehors des situations d'urgence, en prévision d'aléas similaires ultérieurs (OECD, 2023_[11]). L'Encadré 2.2 détaille une méthodologie adoptée par la Nouvelle-Zélande, pays très exposé aux risques naturels, afin d'évaluer en termes monétaires les avantages de la résilience.

Les solutions fondées sur la nature, qui sont évoquées plus en détail au Chapitre 4, constituent une forme particulière d'infrastructure susceptible de générer des avantages connexes supplémentaires sur les plans social, économique et environnemental. Même si la tâche est complexe, il est possible de mesurer ces avantages connexes en combinant des outils d'évaluation traditionnels et des méthodes non traditionnelles ; cela permet de rendre compte de façon plus inclusive des indicateurs qui font ressortir les avantages des solutions fondées sur la nature, notamment dans le cadre d'une évaluation de l'impact environnemental. On peut également intégrer ces éléments dans l'analyse coûts-avantages réalisée aux

fins de l'évaluation et de la comparaison des différentes solutions envisageables dans le cadre des projets, mais en les complétant, par exemple, par une analyse multicritères qui permet de comparer les différentes options au regard de leurs scores sur des critères quantitatifs et qualitatifs. Il est par conséquent possible d'établir une comparaison plus équitable pour les projets qui n'obtiennent pas nécessairement de bons résultats sur le plan monétaire, mais qui présentent des avantages d'un point de vue social et environnemental (OECD, 2023_[12]).

Encadré 2.2. Mesurer les avantages de la résilience

La Nouvelle-Zélande est particulièrement exposée aux tremblements de terre, à l'activité volcanique et à des phénomènes météorologiques extrêmes qui provoquent des inondations et des glissements de terrain.

Pour aider à repérer les projets présentant les niveaux de résilience les plus élevés, l'Agence des transports de Nouvelle-Zélande a mis au point une méthodologie qui permet d'estimer les avantages de la résilience en termes monétaires. Ces avantages sont alors évalués par rapport au contexte hors perturbation. Si les options envisagées présentent différents niveaux de résilience, la valeur d'une option par rapport à la valeur de référence peut être évaluée comme suit :

Valeur de l'option par rapport au cas de référence =

- variation nette des prestations dans un contexte hors perturbation plus
- variation nette des avantages de la résilience

Où :

Augmentation nette des avantages de la résilience = Réduction nette des coûts attendus de la perturbation

- coûts anticipés de la perturbation dans le scénario de référence moins
- coûts anticipés des perturbations dans le scénario de l'option.

Par exemple, sur un itinéraire existant, une inondation entraîne des coûts annuels de perturbation de 1 million EUR. Un autre tracé est envisagé, avec en perspective des économies de transport d'un montant de 3 millions EUR par an. Ce nouveau tracé est également exposé aux inondations, mais le coût annuel de la perturbation est estimé à 0.4 million EUR. Les avantages annuels du tracé de substitution par rapport au scénario de référence sont alors estimés à 3.6 millions EUR (3 millions EUR, montant auquel s'ajoute une diminution de 0.6 million EUR des coûts de perturbation).

Cette méthodologie tient également compte d'un éventail plus large de coûts et d'impacts, dont : les coûts pour les usagers (obligation de changer d'itinéraire, attente) ; d'autres coûts directs (décès, blessures, réparations et remise en route) ; et les impacts indirects (avantages économiques plus larges).

Source : McWha and Tooth (2020_[13]), Better measurement of the direct and indirect costs and benefits of resilience, <https://www.nzta.govt.nz/assets/resources/research/reports/670/670-Better-measurement-of-the-direct-a>.

De façon générale, les pays pourraient davantage recourir à des outils méthodologiques permettant d'intégrer les considérations environnementales et climatiques dans le processus d'évaluation des projets. Alors que tous les pays de l'OCDE pour lesquels des données sont disponibles exigent une évaluation de l'impact environnemental pour estimer les retombées possibles d'un projet d'infrastructures de transport,

seuls 68 % d'entre eux (19 sur 28) utilisent de façon systématique les résultats de l'évaluation pour étayer la sélection et la hiérarchisation des projets. De même, alors que 63 % des pays (17 sur 27) imposent une évaluation de l'impact climatique pour estimer les émissions potentielles d'un projet de ce type, seuls 44 % (12 sur 27) exploitent de façon systématique les résultats pour sélectionner ou hiérarchiser les projets. De même, moins de la moitié des pays de l'OCDE ayant répondu à l'enquête (12 sur 26, soit 46 %) exigent l'intégration de mesures d'adaptation au changement climatique dans la conception des projets d'infrastructures de transport. Enfin, seuls 35 % d'entre eux (9 sur 26) se réfèrent systématiquement à des critères de résilience climatique pour éclairer la sélection et la hiérarchisation des projets (OECD, 2021^[2]).

2.5. Recourir à des dispositifs de budgétisation des investissements pour encourager la mise à disposition d'infrastructures résilientes face au changement climatique

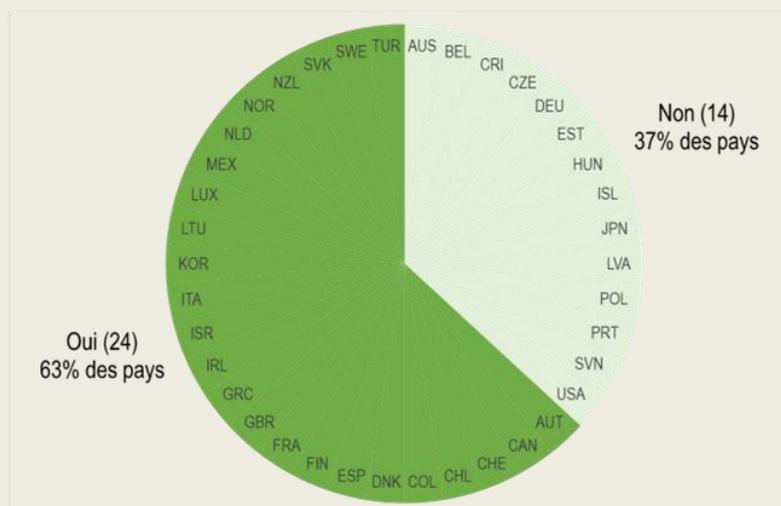
2.5.1. Mettre en place des mécanismes de budgétisation des investissements à long terme à l'appui d'infrastructures résilientes face au changement climatique

Les décisions relatives au financement d'infrastructures résilientes peuvent donner lieu à des engagements de dépenses conséquents. La majorité (67 %) des pays de l'OCDE ont adopté une budgétisation verte, expression qui désigne la prise en compte de considérations climatiques et environnementales dans les processus budgétaires pour éclairer les décisions de financement et d'affectation des ressources. L'Encadré 2.3 montre que, d'après l'édition 2022 de l'enquête de l'OCDE sur la budgétisation verte, 24 pays de l'OCDE sur 36 recourent activement à des démarches de budgétisation verte pour hiérarchiser les dépenses d'investissement et les dépenses courantes dans les budgets publics. Depuis peu, on observe également ce phénomène au niveau infranational (OECD, 2022^[14]).

Encadré 2.3. La budgétisation verte dans les pays de l'OCDE

La budgétisation verte a un rôle à jouer dans la mise en place d'infrastructures résilientes face au changement climatique, car elle garantit que les cadres de budgétisation des investissements tiennent compte des priorités écologiques (stratégies nationales de réduction des émissions et d'adaptation, par exemple) pour éclairer les décisions budgétaires dans un contexte de ressources limitées. Les pays de l'OCDE renforcent actuellement leurs approches en matière de prévision, de modélisation et de gestion des risques budgétaires en y intégrant des considérations relatives au changement climatique.

Graphique 2.9. Pays de l'OCDE utilisant activement des approches de budgétisation verte en 2022



Ces évolutions contribuent à l'adoption de décisions d'investissement public plus éclairées car intégrant, aux côtés d'autres objectifs, celui de la résilience climatique. Elles concernent notamment :

- **Les prévisions** : La composition des recettes et des dépenses publiques évolue sous l'effet des politiques relatives au climat, ce qui a des répercussions sur les prévisions budgétaires et sur la situation budgétaire des administrations publiques. Les ministères des Finances intègrent ces évolutions dans les prévisions budgétaires, et les institutions budgétaires indépendantes (conseils budgétaires, par exemple) tiennent compte des considérations liées au changement climatique afin de prendre position sur la viabilité des finances publiques.
- **La modélisation** : La modélisation des impacts attendus des propositions de dépenses d'investissement peut prendre en compte la résilience climatique, mais aussi l'effet attendu sur les émissions et les contraintes en matière de capacités pesant sur la mise en œuvre des propositions.
- **La gestion des risques budgétaires** : De plus en plus, les cadres de gestion des risques budgétaires tiennent compte des risques physiques liés aux phénomènes météorologiques extrêmes ainsi que des risques de transition résultant des politiques conçues pour tenir les engagements climatiques, en particulier la neutralité en gaz à effet de serre prévue par l'Accord de Paris.

Source OECD (2022^[15]) Green Budgeting Survey, https://qdd.oecd.org/subject.aspx?Subject=GOV_GREENBUD; OECD (2015^[16]), Recommendation of the Council on Budgetary Governance, <https://legalinstruments.oecd.org/en/instruments/OECD-LEGAL-0410>; OECD (2023^[17]), *Government at a Glance 2023*, <https://doi.org/10.1787/3d5c5d31-en>.

2.5.2. Établir des principes applicables au financement juste et équitable des infrastructures résilientes

Puisque de nombreuses parties sont mobilisées autour de la résilience des infrastructures, il est important que les coûts soient répartis entre elles de façon équitable, tout en ayant conscience des facteurs qui limiteront la capacité de nombre de ces parties à financer pleinement leur part. En outre, il convient d'éviter de donner aux exploitants d'infrastructures les moyens de poursuivre l'implantation d'infrastructures — ou de les encourager à le faire — dans des zones qui seront plus à risque à l'avenir, comme les zones susceptibles de subir l'élévation du niveau de la mer, l'érosion côtière et des inondations à une fréquence croissante. Le Chapitre 3 fournit davantage d'informations sur l'articulation entre la planification et le financement et sur l'utilisation d'outils de financement innovants, et le Chapitre 6 livre de plus amples indications sur le financement des investissements réalisés par les administrations infranationales au service de la résilience climatique.

La majorité des pays de l'OCDE (20 répondants sur 29) se sont dotés de mécanismes visant à promouvoir la résilience des infrastructures grâce au financement de mesures d'adaptation et de prévention (OECD, 2022^[9]). Les pays peuvent toutefois pallier les contraintes de financement en tenant compte des considérations suivantes :

- Identification des principaux bénéficiaires : si certaines parties prenantes, comme les propriétaires de biens immobiliers ou les fournisseurs d'infrastructures privés, peuvent tirer parti des investissements publics réalisés à l'appui de la résilience, une contribution financière de leur part peut être justifiée (par le biais de contributions en faveur du développement, d'instruments de récupération des plus-values foncières, de taxes, etc.).
- Part des subventions croisées : certaines parties prenantes ne seront tout simplement pas en mesure de financer leur part des investissements en faveur de la résilience, et les coûts liés au changement climatique pèseront de manière inégale sur certains groupes ; des subventions croisées seront donc nécessaires. Ce sera notamment le cas pour certaines populations des pays en développement et des territoires les moins favorisés des pays développés. Dans de nombreux pays, les administrations nationales peuvent avoir un rôle à jouer à l'appui des administrations infranationales, car une grande partie des coûts de la résilience climatique pèsera lourdement sur ces dernières (voir Chapitre 6).
- Équité : certaines parties prenantes seront plus à même que d'autres de financer des infrastructures résilientes. Les communautés vulnérables pourraient avoir besoin d'un soutien financier supplémentaire, de la part des administrations nationales ou de tiers, pour parvenir à un niveau acceptable de résilience des infrastructures. Par exemple, lorsqu'il est jugé pertinent que des acteurs privés contribuent à la résilience du territoire où ils sont implantés, il pourrait être possible de recourir à des mécanismes de partage des coûts, à l'image des systèmes reposant sur le principe du paiement à l'usage. Dans d'autres cas marqués par de fortes inégalités, par exemple lorsque les administrations infranationales sont dans l'incapacité de lever les fonds nécessaires auprès de leurs administrés, l'approche la plus adaptée pourrait consister pour les administrations centrales à lever directement des fonds ou à accorder des rehaussements de crédit (comme des garanties) aux administrations infranationales [voir Chapitre 6].
- Mesures incitatives et dissuasives : l'objectif est de dissuader les propriétaires d'actifs et les propriétaires fonciers de construire des infrastructures dans des zones à haut risque à l'avenir. Pour y parvenir, l'un des moyens efficaces consiste à transférer à ces acteurs une part raisonnable et proportionnelle du risque financier. Il est également raisonnable d'attendre de ces acteurs qu'ils prennent en charge une partie des coûts liés à la résilience, puisqu'ils bénéficient directement de ces investissements.
- Indemnisation et responsabilité : se demander, par exemple, qui supporterait les conséquences financières d'une décision déclarant qu'un terrain n'est plus habitable est une étape importante

afin de déterminer qui devrait contribuer financièrement à la résilience et, par conséquent, quels seraient les mécanismes de financement adaptés. Les assurances peuvent amortir le choc financier en cas de catastrophe, même s'il convient de reconnaître les limites de cette approche (International Coalition for Sustainable Infrastructure, 2023^[18]).

2.6. Associer suffisamment les parties prenantes aux décisions visant à assurer la résilience des infrastructures

Pour les décisions relatives aux actifs physiques de grande taille, il est important de tenir compte des avis exprimés par les parties prenantes, au vu de l'impact immédiat des routes, des services de distribution d'eau, des infrastructures électriques et des équipements publics sur le bien-être des personnes, sur la productivité et le fonctionnement des entreprises ainsi que sur les décisions des administrations nationales et infranationales. Du fait du droit reconnu aux entreprises de travaux publics d'exproprier les propriétaires de terrains privés, il s'agit d'un autre domaine où il est important d'associer les parties prenantes. Tout particulièrement dans le cadre de leur dialogue avec les propriétaires fonciers concernés, il est essentiel que les pouvoirs publics agissent de façon transparente, équitable et rapide, puisqu'il s'agit de décisions susceptibles d'affecter le patrimoine de particuliers et d'entreprises (OECD, 2023^[11]).

Encadré 2.4. Association des parties prenantes au service de la résilience des zones côtières au Danemark

Face aux risques climatiques liés à l'élévation du niveau de la mer et à l'intensification des ondes de tempête, le Danemark a lancé les initiatives « BaltCICA » (2009-2012) et « Cities and the Rising Sea Level – Dialogue on Climate Adaptation » (Les villes et l'élévation du niveau de la mer – Dialogue sur l'adaptation au changement climatique) (2018-2022) afin de renforcer la résilience de ses villes côtières. Les deux projets ont mis l'accent sur la participation des citoyens à l'élaboration des stratégies d'adaptation au changement climatique.

Axé sur les problématiques liées au recul des côtes et sur les menaces pour la qualité des eaux souterraines, le projet BaltCICA a facilité la participation des citoyens au travers d'un atelier consacré à divers scénarios, au cours duquel les parties prenantes ont pris part à des discussions sur les scénarios futurs et les options d'adaptation. Cet atelier a donné lieu à un sommet citoyen, pendant lequel les débats des participants sur les options d'adaptation ont orienté la stratégie d'adaptation de la municipalité locale, qui a ensuite été partagée avec les différents pays baltes. Pour le projet « Cities and the Rising Sea Level », une approche globale de la participation citoyenne a été adoptée, dans le but d'améliorer plus largement le socle de connaissances sur la résilience climatique du Danemark. Des ateliers, des consultations et des réunions en ligne de citoyens consacrées au climat ont permis de réunir des parties prenantes, des experts et des citoyens dans l'optique de débattre autour de thèmes tels que la nature, les transports, le logement et les entreprises, et la diffusion de lettres d'informations et d'articles a encouragé la participation continue des citoyens.

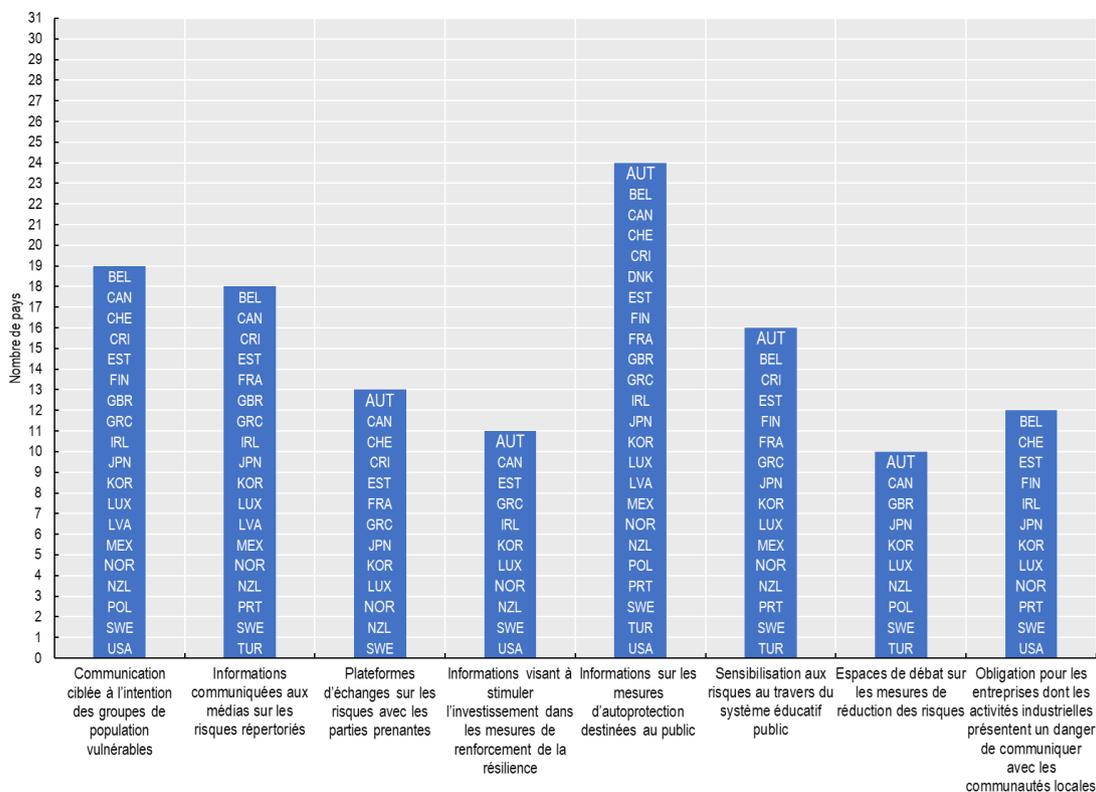
Source : Tekno (Tekno, n.d.^[19]), Cities and rising sea levels – Securing coastal cities against future sea level rise?, <https://tekno.dk/project/hvordan-skal-vi-sikre-kystbyer-mod-fremtidens-havstigninger/>

2.6.1. Aider les parties prenantes à comprendre les avantages et les coûts économiques, sociaux et environnementaux des différents niveaux de résilience

Compte tenu des contraintes auxquelles les pays seront confrontés pour financer l'ensemble de leurs initiatives en faveur de la résilience, il sera essentiel d'instaurer un dialogue avec les citoyens et les autres parties prenantes sur les niveaux de risques auxquels ceux-ci sont prêts à faire face, au vu des coûts qu'il serait nécessaire d'engager pour maîtriser les facteurs de risque correspondants. Cette démarche revêt une importance particulière, car les communautés ne seront pas toutes confrontées aux mêmes types et niveaux de risques, et elles ne disposeront pas toutes des mêmes moyens financiers pour financer les efforts visant à accroître la résilience grâce aux infrastructures. Cela signifie que les pays peuvent cerner l'appétence pour le risque de leurs citoyens et de leurs parties prenantes en communiquant des informations sur les risques et en indiquant les options requises pour faire face à ces risques par la planification, la mise à disposition et la maintenance des infrastructures.

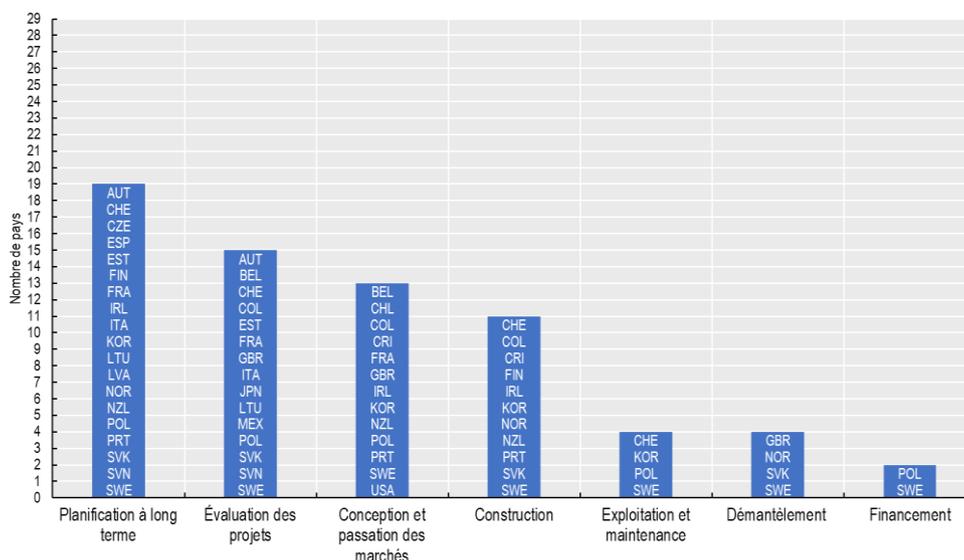
Graphique 2.10 illustre les différentes mesures de partage de l'information couramment adoptées par les pays de l'OCDE. Le Graphique 2.11 montre les stades du cycle de vie des infrastructures où il est obligatoire de consulter les parties prenantes sur les impacts environnementaux ou climatiques. Le Graphique 2.12 présente les méthodes appliquées par les pays pour associer les parties prenantes.

Graphique 2.10. Une approche menée à l'échelle de la société pour la communication autour des risques



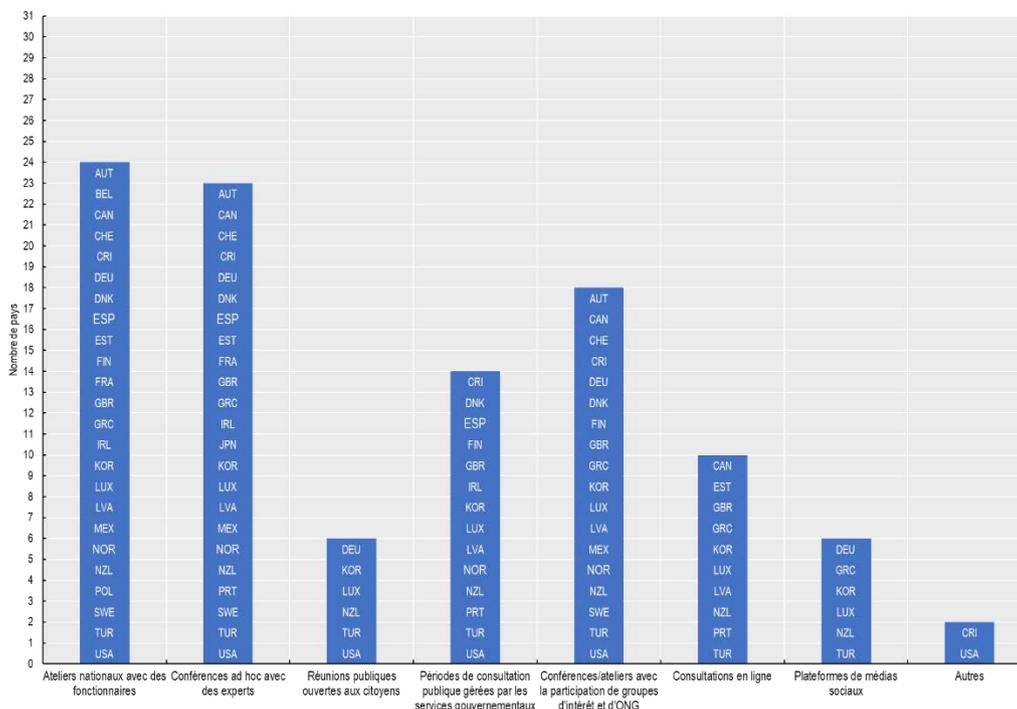
Source : OECD (2022^[3]), Questionnaire on the Governance of Critical Risks, https://qdd.oecd.org/subject.aspx?Subject=GOV_RISK.

Graphique 2.11. Stades du cycle de vie des infrastructures où, dans les pays de l’OCDE, il est obligatoire de consulter les parties prenantes sur les impacts environnementaux ou climatiques des investissements dans les infrastructures



Source : OECD (2022^[20]). Survey on the Governance of Infrastructure, https://data-explorer.oecd.org/vis?lc=en&fs%5b0%5d=Topic%2C1%7CGovernment%23GOV%23%7CGeneral%20government%23GOV_GG%23&pg=20&fc=Topic&bp=true&snb=22&df%5bds%5d=dsDisseminateFinalDMZ&df%5bid%5d=DSD_QDD_GOV_INFRA_PH_2%40DF_GOV_INFRA_P_H_2&df%5bag%5d=OECD.GOV.

Graphique 2.12. Mécanismes utilisés pour associer les parties prenantes nationales et infranationales



Source : OECD (2022^[3]), Questionnaire on the Governance of Critical Risks, https://qdd.oecd.org/subject.aspx?Subject=GOV_RISK.

2.7. Recueillir des données et recourir à des techniques innovantes pour améliorer la maintenance et l'exploitation des actifs et réseaux existants

Du fait de la longue durée de vie des infrastructures, les pays doivent les construire, en assurer la maintenance et les rénover de façon à ce qu'elles résistent aussi bien aux risques de demain qu'à ceux d'aujourd'hui. C'est particulièrement important pour les infrastructures exposées à des risques qui augmentent progressivement, tels que l'élévation du niveau de la mer, l'érosion côtière, la multiplication et l'aggravation des tempêtes ainsi que les autres risques liés au changement climatique. La planification et le financement de la maintenance et de l'exploitation des actifs et des réseaux seront des aspects cruciaux pour la capacité des infrastructures à fournir un niveau de service acceptable sur toute leur durée de vie, à mesure que la gravité, la probabilité et la récurrence des risques augmenteront.

Alors même que les pays devront réaliser de nouveaux investissements publics et privés dans les infrastructures, beaucoup d'entre eux auront du mal à répondre aux attentes croissantes en matière d'infrastructures avec ces seuls engagements de fonds. Afin de maintenir un niveau de résilience acceptable, les pays peuvent collecter davantage de données, suivre les performances et adopter des méthodes innovantes pour la maintenance et l'exploitation des infrastructures existantes. De cette manière, ils peuvent reporter ces nouveaux engagements de fonds, tout en continuant à assurer les niveaux de service requis pour le maintien du bien-être des citoyens.

2.7.1. Recueillir des données afin d'éclairer les décisions relatives à la résilience des actifs et des réseaux

Les pays rencontrent souvent des difficultés pour recueillir des informations et des données concernant leurs actifs et leurs réseaux, comme des données sur les constructions et réparations réalisées par le passé ou sur l'utilisation et les performances d'un actif. Sur le plan technique, tenir à jour les registres des actifs publics est une tâche exigeante, qui implique de valoriser et de réévaluer des actifs non financiers. En outre, la majorité des pays ne tiennent pas compte des actifs non financiers dans les états financiers des administrations publiques — seuls quelques-uns d'entre eux établissent des registres complets des actifs, à l'image de l'Estonie et de l'Irlande (International Monetary Fund, 2020^[21]).

Par ailleurs, peu de pays produisent de manière régulière des données exhaustives sur les dépenses liées à la maintenance. Les études empiriques ciblent pour la plupart des secteurs spécifiques, comme les transports, à la faveur d'une plus grande disponibilité des données, y compris au niveau international. Au Canada, les informations sont recueillies dans le cadre de l'enquête annuelle sur les dépenses en immobilisations et réparations et, au Royaume-Uni, ce processus s'inscrit dans le cadre du rapport annuel sur le portefeuille de grands projets publics (OECD, 2021^[22]).

2.7.2. Suivre la performance des actifs et des réseaux

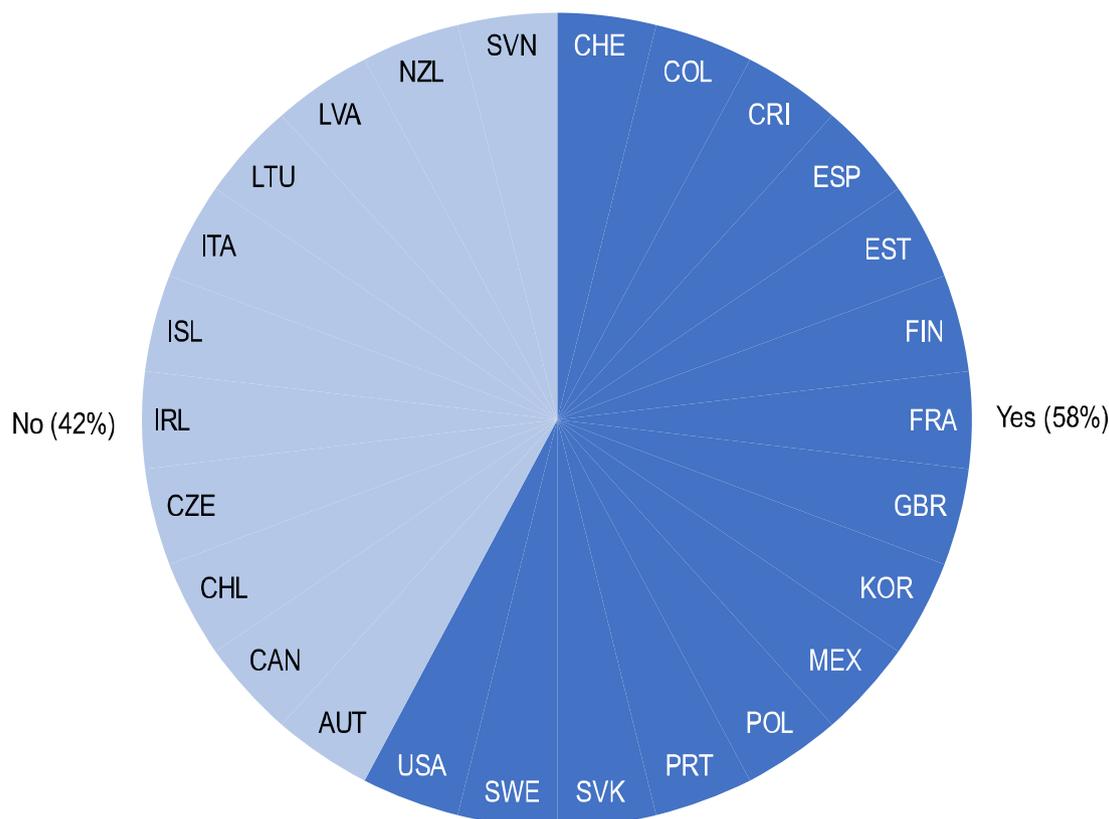
Les actions de suivi sont primordiales pour garantir la résilience des infrastructures stratégiques. La constance du suivi renforce la redevabilité et favorise l'adoption rapide de mesures de résilience. Outre les évaluations régulières des performances visant à privilégier les investissements en faveur de la résilience, d'autres outils peuvent être utilisés, notamment des amendes en cas de manquement et des incitations positives telles que des marques de reconnaissance ou des récompenses pour la mise en œuvre de bonnes pratiques, des évaluations en libre accès ou l'établissement de classements. En Corée, le ministère de l'Intérieur et de la Sécurité publique chaque année le classement des capacités d'intervention des exploitants d'infrastructures stratégiques en cas de catastrophe. La pression des pairs qui en résulte incite davantage les exploitants à faire le nécessaire pour préserver leur image publique (OECD, 2021^[22]).

S'agissant des risques liés au climat, l'évaluation systématique de l'impact climatique des projets met en lumière les principaux éléments à prendre en considération, les risques et les stratégies d'atténuation,

aidant ainsi à prendre de meilleures décisions dans le cadre des projets d'infrastructures actuels et futurs. Le Graphique 2.13 montre dans quelle mesure ces processus sont déjà à l'œuvre dans les pays de l'OCDE. Ces initiatives de suivi et d'atténuation pourraient étayer la planification et la conception d'infrastructures présentant un impact environnemental et climatique moindre.

Si plus de la moitié des pays étudiés (15 sur 26, soit 57 %) ont recours à des mécanismes de suivi et d'atténuation des risques environnementaux et des risques liés au changement climatique tout au long des phases d'exploitation, de maintenance et de démantèlement des actifs, des améliorations demeurent possibles. Par exemple, la France a lancé un guide méthodologique pour l'évaluation de l'impact des projets sur les émissions de GES. Ce guide propose une suite de mesures d'évitement, de réduction et de compensation tout au long de la construction, de l'exploitation et du démantèlement des actifs, qui sont obligatoires dans le cas des projets pour lesquels les émissions de GES sont quantifiées et les incidences négatives identifiées. Il en fournit des exemples à différents stades du cycle de vie, et recommande de suivre leur avancement ainsi que leur efficacité (Ministère de la Transition écologique, 2022^[23]).

Graphique 2.13. Utilisation de mécanismes de suivi et d'atténuation des risques environnementaux et des risques liés au changement climatique tout au long de l'exploitation, de la maintenance et du démantèlement des actifs dans les pays de l'OCDE



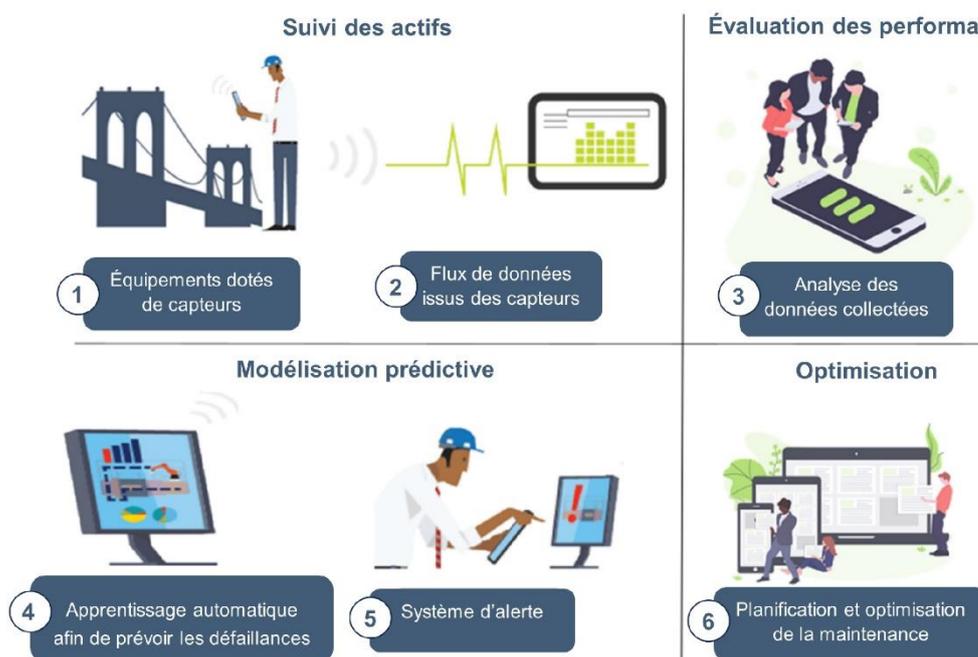
Note : Les données pour l'Allemagne, l'Australie, la Belgique, le Danemark, la Grèce, la Hongrie, Israël, le Japon, le Luxembourg, la Norvège, les Pays-Bas et la Turquie ne sont pas disponibles.

Source: OECD (2022^[20]), Survey on the Governance of Infrastructure, https://data-explorer.oecd.org/vis/?lc=en&fs%5b0%5d=Topic%2C1%7CGovernment%23GOV%23%7CGeneral%20government%23GOV_GG%23&pg=20&fc=Topic&bp=true&snb=22&df%5bds%5d=dsDisseminateFinalDMZ&df%5bid%5d=DSD_QDD_GOV_INFRA_PH_2%40DF_GOV_INFRA_PH_2&df%5bag%5d=OECD.GOV.

2.7.3. Appliquer des méthodes innovantes pour la maintenance et l'exploitation des actifs et des réseaux

Les nouvelles technologies telles que la télédétection, les données massives, l'internet des objets (IoT), l'infonuagique et l'apprentissage automatique révolutionnent le fonctionnement et la maintenance des infrastructures. Les technologies liées aux infrastructures, ou InfraTech, peuvent intégrer du matériel, des machines et des technologies numériques tout au long du cycle de vie des infrastructures — du développement à la mise à disposition et à l'exploitation. Les InfraTech améliorent également la résilience en permettant de réagir plus rapidement et de façon plus ciblée aux chocs perturbateurs ou aux variations de l'offre et de la demande. Par exemple, un jumeau numérique d'un actif ou d'un réseau d'infrastructures peut être mis à jour en permanence à l'aide de données massives provenant de multiples sources, ce qui permet de mieux tester les scénarios de simulation, d'analyser l'interdépendance de systèmes multiples et de simuler les risques et les vulnérabilités, le tout dans une optique de renforcement de la résilience. Le Graphique 2.14 montre comment ces technologies peuvent contribuer à la mise en place d'infrastructures intelligentes.

Graphique 2.14. Mettre en place des infrastructures intelligentes au service de la résilience



Source: OECD (2021^[2]), *Government at a Glance 2021*, <https://doi.org/10.1787/1c258f55-en>.

Un grand nombre d'acteurs et de territoires intervenant dans la planification et la mise à disposition des infrastructures, l'adoption plus large des technologies numériques est freinée par l'absence de normes et d'approches nationales qui favoriseraient la normalisation des démarches, l'interopérabilité et les économies d'échelle. En outre, comme certaines solutions innovantes reposent sur de nouvelles technologies qui n'ont pas encore été réellement testées ou éprouvées, l'incertitude technologique qui prévaut à ce jour peut affaiblir la volonté de certains acteurs d'investir dans l'utilisation de ces solutions. Plus spécifiquement, les nouvelles technologies de suivi, d'intervention et de prévision des besoins de maintenance des infrastructures impliquent que les processus décisionnels du secteur public continuent de se réorienter vers l'examen des retombées de l'action publique, s'ouvrent davantage aux parties prenantes externes et fonctionnent en temps réel sur la base de données et d'analyses, ce qui nécessite des changements de fond au niveau des processus réglementaires, d'audit et décisionnels (OECD,

2021^[22]). Les pays émergents étant particulièrement dépourvus en matière de technologies numériques, il pourrait s'agir d'un domaine dans lequel les pays les plus avancés seront en mesure de fournir une assistance technique à l'avenir. Le Chapitre 6 présente en détail des stratégies de coopération internationale en matière de développement et de gestion des infrastructures, par le biais d'un examen du Mécanisme de financement de l'adaptation des modes de vie au climat local proposé par le Fonds d'équipement des Nations Unies.

Références

- Department of Environment, Food & Rural Affairs (United Kingdom) (2020), *Accounting for the Effects of Climate Change - supplementary Green Book guidance*. [5]
- Government of Canada | Gouvernement de Canada (2023), *Investing in Canada Infrastructure Program Climate Lens - General Guidance*. [6]
- International Coalition for Sustainable Infrastructure (2023), *Upscaling Infrastructure Resilience Through Innovative Financial Approaches, Governance and Practice (final draft)*. [18]
- International Monetary Fund (2020), *Maintaining and Managing Public Infrastructure Assets, Well Spent: How strong infrastructure governance can end waste in public investment*. [21]
- Ministère de la Transition écologique (2022), *Prise en compte des émissions de gaz à effet de serre dans les études d'impact : Guide méthodologique*, <http://mtes.fr/218>. [23]
- New Zealand Transport Agency (2020), *Better Measurement of the Direct and Indirect Costs and Benefits of Resilience*, <https://www.nzta.govt.nz/assets/resources/research/reports/670/670-Better-measurement-of-the-direct-a>. [13]
- OECD (2023), *Developing an Integrated Approach to Green Infrastructure in Italy*. [12]
- OECD (2023), *Government at a Glance*. [17]
- OECD (2023), *Public Investment in Bulgaria - planning and delivering infrastructure*. [11]
- OECD (2022), *Aligning Regional and Local Budgets with Green Objectives : Subnational Green Budgeting Practices and Guidelines*, OECD Multi-level Governance Studies, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/93b4036f-en>. [14]
- OECD (2022), *Green Budgeting Survey*, https://qdd.oecd.org/subject.aspx?Subject=GOV_GREENBUD. [15]
- OECD (2022), *Questionnaire on the Governance of Critical Risks*, https://qdd.oecd.org/subject.aspx?Subject=GOV_RISK (consulté le 26 March 2024). [4]
- OECD (2022), *Questionnaire on the Governance of Critical Risks*, webpage, https://qdd.oecd.org/subject.aspx?Subject=GOV_RISK (consulté le 26 March 2024). [3]
- OECD (2022), *Survey on the Governance of Infrastructure*, <https://qdd.oecd.org/Home/ApplyFilter> (consulté le 2 January 2024). [9]

- OECD (2022), *Survey on the Governance of Infrastructure*, (database), https://data-explorer.oecd.org/vis?lc=en&fs%5b0%5d=Topic%2C1%7CGovernment%23GOV%23%7CGeneral%20government%23GOV%23GG%23&pg=20&fc=Topic&bp=true&snb=22&df%5bds%5d=dsDisseminateFinalDMZ&df%5bid%5d=DSD_QDD_GOV_INFRA_PH_2%40DF_GOV_INFR_A_PH_2&df%5bag%5d=OECD.GOV. (consulté le 2 January 2024). [20]
- OECD (2021), *Building Resilience: new strategies for strengthening infrastructure resilience and maintenance*. [22]
- OECD (2021), *Government at a Glance*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/1c258f55-en>. [2]
- OECD (2019), *OECD Reviews of Risk Management Policies, Good Governance for Critical Infrastructure Resilience*, <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/02f0e5a0-en.pdf?expires=1703235901&id=id&accname=ocid84004878&checksum=1FD341DD195028DB865DE72B2068ACF5>. [1]
- OECD (2017), *Land-use Planning Systems in the OECD : Country Fact Sheets*, OECD Regional Development Studies, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264268579-en>. [7]
- OECD (2017), *The Governance of Land Use in OECD Countries : Policy Analysis and Recommendations*, OECD Regional Development Studies, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264268609-en>. [8]
- OECD (2015), *Climate Change Risks and Adaptation: Linking Policy and Economics*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264234611-en>. [10]
- OECD (2015), *Recommendation of the Council on Budgetary Governance*, <https://legalinstruments.oecd.org/en/instruments/OECD-LEGAL-0410>. [16]
- Tekno (n.d.), *Cities and rising sea levels – Securing coastal cities against future sea level rise?*, <https://tekno.dk/project/hvordan-skal-vi-sikre-kystbyer-mod-fremtidens-havstigninger/>. [19]

3 Mobiliser les financements pour des infrastructures résilientes face au changement climatique

Ce chapitre aborde le rôle essentiel que peuvent jouer les financements pour bâtir des infrastructures résilientes face au changement climatique. Il met en évidence la nécessité de faire de la résilience face au changement climatique la norme pour le financement et l'investissement en matière d'infrastructures, et ce, en développant la sensibilisation aux risques liés au changement climatique, en améliorant les accords de partage des risques et en renforçant l'environnement d'opportunités. Ce chapitre met également en avant les possibilités offertes par une utilisation stratégique des financements publics pour mobiliser l'investissement privé dans les infrastructures.

Principaux éclairages sur l'action publique

- L'intégration de la résilience face au changement climatique dans le financement et l'investissement en matière d'infrastructures est actuellement l'exception plutôt que la norme. Les flux de financement en faveur d'infrastructures résilientes face au changement climatique sont limités par rapport aux niveaux nécessaires pour lutter contre les effets croissants du changement climatique.
- Investir dans les infrastructures résilientes face au changement climatique présente un intérêt économique certain. Si cet investissement dans la résilience climatique se fait d'emblée, il peut en outre produire des avantages sur toute la durée de vie des actifs financés. Ces avantages incluent notamment une meilleure qualité et une meilleure fiabilité des services, des coûts d'entretien plus faibles, une exposition réduite aux risques liés au changement climatique et, dans certains cas, des coûts globaux moins élevés pour lutter contre le risque climatique.
- Un environnement d'opportunités défaillant et une sensibilisation insuffisante aux risques peuvent limiter la prise en compte des avantages d'une résilience accrue au changement climatique dans les décisions d'investissement public et privé. Une approche systémique s'avère nécessaire pour rendre visibles les aléas climatiques matériels dans les décisions d'investissement et par là même pour montrer que la résilience constitue une source de valeur plutôt qu'un simple coût.
- Il sera indispensable de mobiliser le financement et l'investissement privés pour mettre en place des systèmes d'infrastructure résilients. Pour libérer ce potentiel, il sera donc essentiel de lever les obstacles réglementaires, de garantir un partage des risques efficace et, dans certains cas, d'assurer une utilisation stratégique de l'aide publique.
- L'intégration de la résilience face au changement climatique dans la planification à long terme et l'établissement d'un lien entre la planification et le financement seront de rigueur pour garantir une utilisation efficace des ressources publiques, réduire les risques perçus par le secteur privé et prévoir la flexibilité nécessaire pour faire face aux incertitudes sur la durée.
- Compte tenu des pressions qui pèsent sur les sources existantes de financement des infrastructures, le développement de modèles de financement (dont la récupération des plus-values foncières) a un rôle important à jouer.

3.1. Introduction

Alors que les conditions météorologiques s'écartent des normes historiques, les répercussions matérielles du changement climatique deviennent de plus en plus visibles (voir l'Encadré 3.1). Le changement climatique accentue les risques liés à la prestation de services d'infrastructure, par exemple en cas d'inondation des liaisons de transport. Il a également une influence sur la demande de services d'infrastructure. Ainsi, lorsque les hivers sont plus doux et les étés plus chauds, la demande d'énergie diminue en hiver et augmente en été. L'élévation du niveau de la mer exigera quant à elle une amélioration des défenses côtières.

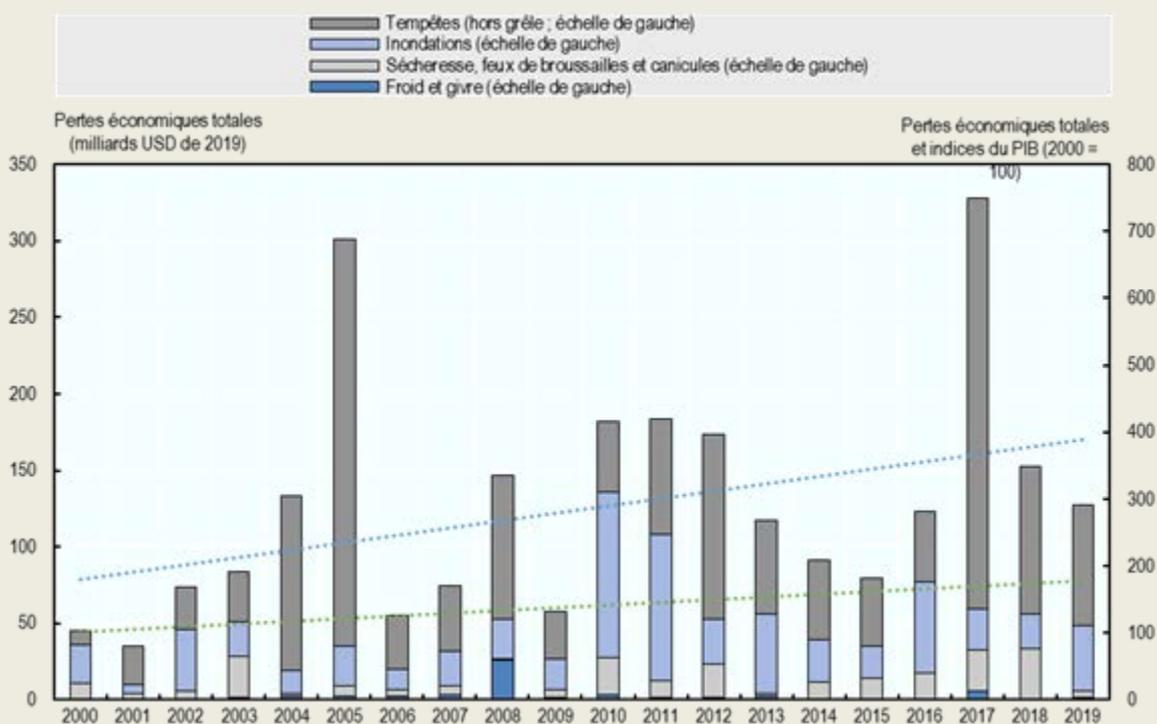
Investir de manière proactive pour mettre en place des réseaux d'infrastructures résilients face au changement climatique est rentable. Une telle approche peut également sauver des vies et soutenir une croissance économique durable. Une étude importante a par exemple montré que chaque dollar investi dans des infrastructures résilientes face au changement climatique génère en moyenne 4 USD d'avantages (Hallegatte, Rentschler et Rozenberg, 2019^[1]). Une analyse réalisée aux États-Unis a révélé que l'adaptation au changement climatique pourrait réduire d'un ordre de grandeur les pertes annuelles

subies par les infrastructures (Neumann et al., 2021^[2]). Ce potentiel n'a toutefois pas encore été pleinement exploité. Pour déployer des réseaux d'infrastructures résilients face au changement climatique, il sera indispensable de mobiliser des financements en ce sens, mais aussi de garantir que l'ensemble des financements dans les infrastructures œuvrent en faveur de la résilience face au changement climatique.

Encadré 3.1. Pertes historiques imputables aux catastrophes météorologiques

Les données de la base sigma de Swiss Re montrent que les pertes dues aux catastrophes météorologiques ont augmenté à un rythme plus soutenu que le PIB mondial. Ces résultats sont cohérents avec l'augmentation du nombre d'événements météorologiques, comme les périodes de sécheresse, les inondations et les feux de friches, provoqués par le changement climatique. Ils sont également influencés par l'amélioration du recensement de ces événements et par la hausse de la valeur des actifs situés dans les zones exposées. Les pertes économiques annuelles moyennes imputables aux catastrophes météorologiques étaient plus de 3 fois supérieures en 2015-19 qu'elles ne l'étaient en 2000-04 (en dollars constants).

Graphique 3.1. Pertes économiques imputables aux catastrophes météorologiques



Note : ce graphique présente les pertes économiques totales déclarées imputables aux catastrophes météorologiques pour l'ensemble des pays entre 2000 et 2019 (échelle de gauche, en milliards USD constants de 2019), ainsi que les tendances des pertes totales et du PIB mondial (échelle de droite, ligne de tendance basée sur un indice de 100 pour l'année 2000).

Source : calculs de l'OCDE à partir des données sur les pertes fournies par la base *sigma* de Swiss Re et des données du PIB déclarées recueillies dans la base des Perspectives de l'économie mondiale du FMI (Swiss Re sigma, 2020^[4]).

La nécessité d'accroître les flux d'investissement dans les infrastructures résilientes face au changement climatique s'inscrit dans le contexte d'un déficit global important de financement des infrastructures et de conditions macroéconomiques particulièrement difficiles. Les répercussions économiques du COVID-19,

ainsi que les problèmes géopolitiques et les difficultés économiques qui ont suivi, ont contribué à l'augmentation de la dette publique, de l'inflation et des taux d'intérêt (OCDE, 2023^[3]). Ceci a entraîné une hausse du coût des nouvelles infrastructures et a limité la capacité du public à financer de nouveaux investissements, mais aussi détourné les activités du secteur privé vers d'autres domaines. Compte tenu de ces tensions, et de l'urgente nécessité d'améliorer la résilience face au changement climatique, il conviendra d'optimiser les effets et l'efficacité de l'investissement public, et ce, tout en mobilisant toujours plus d'investissement privé.

Le défi du financement des infrastructures résilientes face au changement climatique repose sur deux aspects critiques¹ :

- Faire de la résilience climatique la norme pour tous les nouveaux investissements dans les infrastructures : une action ciblée et anticipée visant à intégrer la résilience climatique dans les projets d'infrastructure correspond en moyenne à un coût supplémentaire de 3 % pour l'ensemble du projet (Hallegatte, Rentschler et Rozenberg, 2019^[1]). Cette difficulté concerne principalement l'intégration de la résilience face au changement climatique dans les flux de financement et les processus de prise de décision habituels, plutôt que le volume total de financement requis.
- Des investissements dans les infrastructures qui visent la résilience face au changement climatique : des investissements d'infrastructure supplémentaires seront nécessaires pour lutter contre les effets du climat. Cela passe notamment par la construction d'infrastructures de protection (défenses contre les inondations, par exemple), ainsi que par de nouveaux investissements nécessaires pour remédier aux faiblesses des réseaux d'infrastructures existants (par exemple en enterrant les lignes de transport d'électricité ou en garantissant la redondance des réseaux de transport). Des financements supplémentaires seront nécessaires pour assurer ces investissements.

L'intégration de la résilience face au changement climatique dans les actifs d'infrastructures a une incidence sur l'intérêt que présente l'investissement dans ces actifs. Bien que cela dépende du contexte, un arbitrage doit généralement être fait entre les coûts d'investissement et les recettes, dans la mesure où un coût en capital initial (légèrement) plus élevé permet d'assurer des recettes plus fiables, des besoins de maintenance moins contraignants, des risques moins élevés et des retombées bénéfiques potentiellement supérieures. Autrement dit, si une décision d'investissement peut déjà prendre en compte le coût du capital nécessaire à l'intégration de la résilience face au changement climatique, le coût global de la lutte contre les risques climatiques pourrait être géré de manière plus efficace. La difficulté est que ces avantages ne sont pas pleinement pris en compte dans les processus de prise de décision publics et privés ; les investissements dans la résilience apparaissent alors comme un coût à réduire plutôt que comme une source de valeur à exploiter.

Pour mobiliser les financements en faveur d'infrastructures résilientes face au changement climatique, il sera nécessaire de comprendre la valeur d'une résilience accrue (ou les « dividendes de la résilience face au changement climatique »), de refléter cette valeur dans les décisions d'investissement et de mettre au point les structures financières qui répondent aux besoins des investisseurs potentiels, ce qui pourrait présenter un défi de taille dans les marchés émergents et en développement.

Ce chapitre souligne la nécessité de permettre un financement adéquat des investissements dans les infrastructures résilientes face au changement climatique, et ce :

- en renforçant les domaines clés de l'environnement d'opportunités pour aider à récolter les dividendes de la résilience dans les investissements publics et privés, et par là même soutenir les flux de financement au niveau des projets grâce à une meilleure sensibilisation aux risques ;
- en adoptant une approche stratégique pour comprendre la manière dont les risques climatiques affecteront les réseaux d'infrastructures, en établissant des priorités et en renforçant la résilience dans les filières d'investissement ;

- en exploitant les différentes sources de financement pour les infrastructures résilientes face au changement climatique.

3.2. Présentation des flux de financement des infrastructures résilientes face au changement climatique

L'augmentation des financements en faveur d'infrastructures résilientes face au changement climatique s'inscrit dans le cadre du défi plus large que représente le comblement du déficit de financement des infrastructures (voir l'Encadré 3.2). Plusieurs milliers de milliards de dollars d'investissements supplémentaires devront être mobilisés chaque année en faveur des infrastructures ; il existe notamment d'importants besoins d'investissement pour remplacer et adapter les infrastructures vieillissantes. Les pays en développement sont également confrontés à la nécessité d'étendre l'accès aux services d'infrastructure (eau potable et électricité, par exemple) pour soutenir les progrès vers la réalisation des objectifs de développement durable, ce qui peut être particulièrement difficile dans les pays à faible revenu confrontés à des catastrophes liées au climat (voir le chapitre 5).

La transition vers la neutralité des émissions de carbone constitue l'un des facteurs déterminants des besoins d'investissement en infrastructures. Celle-ci nécessitera une augmentation et une réaffectation importante des investissements pour décarboner les principaux secteurs d'infrastructures, y compris par un déploiement à grande échelle des énergies renouvelables et par l'électrification du secteur des transports. Le rapport *Investing in Climate, Investing in Growth* (2017) a estimé que 6 900 milliards USD par an seront nécessaires jusqu'en 2030 pour atteindre les objectifs climatiques et de développement. Plus récemment, une analyse de l'Agence internationale de l'énergie (AIE) a évalué à 4 500 milliards USD par an les besoins d'investissement nécessaires pour la seule transition vers la production d'une énergie propre d'ici au début des années 2030 (IEA, 2023^[5]).

Il n'existe pas d'ensemble de données récent, complet et mondial sur les flux de financement des infrastructures. Une étude du Global Infrastructure Hub a estimé qu'en 2015 les investissements mondiaux d'infrastructures s'élevaient à 2 300 milliards USD (Global Infrastructure Hub, 2017^[6]). En 2022, les pays du G20 avaient prévu un budget de 978 milliards USD pour les investissements d'infrastructure, soit environ 1 % du PIB. L'équivalent de 424 milliards USD ont également été investis dans des projets d'infrastructures par le secteur privé à l'échelle mondiale, et 71 % des financements privés suivis ont été affectés à des projets dans des pays à revenu élevé. L'investissement privé des entreprises dans les infrastructures (comme les projets de financement privé de services collectifs à partir de leur propre bilan) constitue une troisième source de financement. Dans certains secteurs, les financements d'entreprise dépassent les financements de projets, même si aucune donnée n'est actuellement disponible sur les tendances générales. Les données disponibles révèlent toutefois qu'il est probable que les investissements mondiaux d'infrastructures restent en deçà des niveaux requis, dans la mesure où les projets susceptibles d'attirer les investissements ne sont pas suffisamment développés dans les pays émergents et en développement notamment. Pour que le financement privé soit orienté vers la résilience face au changement climatique, les investisseurs devront y trouver un intérêt, notamment si les flux de financement doivent augmenter.

Encadré 3.2. Mobiliser l'investissement institutionnel dans les infrastructures

Compte tenu de l'ampleur des besoins de financement et des tensions permanentes qui pèsent sur les budgets publics, il sera essentiel de mobiliser l'investissement privé pour combler le déficit global de financement des infrastructures. Plus particulièrement, les investisseurs institutionnels sont considérés comme une source clé de financement en raison du volume considérable d'actifs dont ils assurent la gestion (estimés à 53 000 milliards USD en 2022 dans le cas des actifs de retraite) (OCDE, 2023) et de la possibilité de faire correspondre les actifs d'infrastructure à long terme avec les engagements à long terme. Les investisseurs institutionnels interrogés par l'OCDE, avec environ 9 800 milliards de dollars d'actifs sous gestion en 2022, ont alloué 302,6 milliards de dollars (soit 3 %) aux investissements dans les infrastructures (OCDE, 2024).

Pour libérer ce potentiel, les domaines d'action suivants ont été identifiés :

- une normalisation accrue, lorsque cela est possible, des clauses contractuelles, des données, des spécifications techniques, etc. ;
- un regroupement des investissements d'infrastructure pour répondre aux besoins des investisseurs ;
- une amélioration de l'environnement d'opportunités pour l'investissement dans les infrastructures, y compris en termes de capacités, de solidité des institutions et d'indépendance du système judiciaire ;
- le développement du marché des infrastructures par les gouvernements via la mise en œuvre de réserves de projets et une meilleure prévisibilité des politiques ;
- un examen de l'affectation et du partage des risques entre les secteurs public et privé, de sorte à garantir que les projets présentent un intérêt pour les investisseurs et, dans les pays en développement, le recours à des instruments de financement mixte pour répondre aux attentes des investisseurs institutionnels en matière de risque et de rendement.

Source : OCDE (2020), *Green Infrastructure in the Decade for Delivery: Assessing Institutional Investment*, Green Finance and Investment, Éditions OCDE, Paris <https://doi.org/10.1787/f51f9256-en> ; G20/OECD Report on the Collaboration with Institutional Investors and Asset Managers on Infrastructure, OCDE ; OCDE (2023), *Pension Markets in Focus 2023*, Éditions OCDE, <https://doi.org/10.1787/28970baf-en> ; OCDE (2024), *Report on Long term Investing of Large Pension Funds and Public Pension Reserve Funds 2023*.

Une étude exploratoire de la Climate Policy Initiative s'est intéressée à la mesure dans laquelle les flux de financement des infrastructures respectent les cinq principes de la résilience face au changement climatique, notamment en ce qu'ils veillent à ce que la conception des projets s'appuie sur des évaluations des aléas climatiques matériels (CPI, 2022^[7]). Ces principes reposent sur (Mullan et Ranger, 2022^[8]) et sont conformes à l'approche du présent rapport (chapitre 1). D'après cette analyse, les projets résilients face au changement climatique ont bénéficié de 31 milliards USD de financement en 2019/2020, ce qui ne représente qu'une part minimale de l'ensemble des investissements d'infrastructure. Au niveau des villes, une analyse similaire a montré que seulement 9 % de l'ensemble du financement urbain lié au climat contribue à l'adaptation au changement climatique, le reste étant consacré aux efforts d'atténuation de ses effets (CCFLA, 2021^[9]) et chapitre 6).

Ces flux estimés de financement en faveur d'infrastructures résilientes face au changement climatique ne représentent qu'une fraction des besoins globaux. Pour illustrer l'ampleur des besoins d'investissement, si l'on appliquait le coût moyen estimé de l'intégration de la résilience face au changement climatique retenue par (Hallegatte, Rentschler et Rozenberg, 2019^[11]) (soit une majoration de 3 %) aux 6 900 milliards USD nécessaires pour couvrir l'ensemble des investissements d'infrastructure (OECD/The World Bank/UN Environment, 2018^[10]), cela représenterait 207 milliards USD par an. Par ailleurs, le coût

du financement d'infrastructures supplémentaires pour faire face aux catastrophes météorologiques, comme les défenses contre les inondations, et entretenir les actifs d'infrastructures existants devrait être considérable. À titre d'exemple, le coût de l'amélioration des dispositifs de protection contre les inondations à Londres est estimé à 20 milliards USD au cours du siècle à venir.

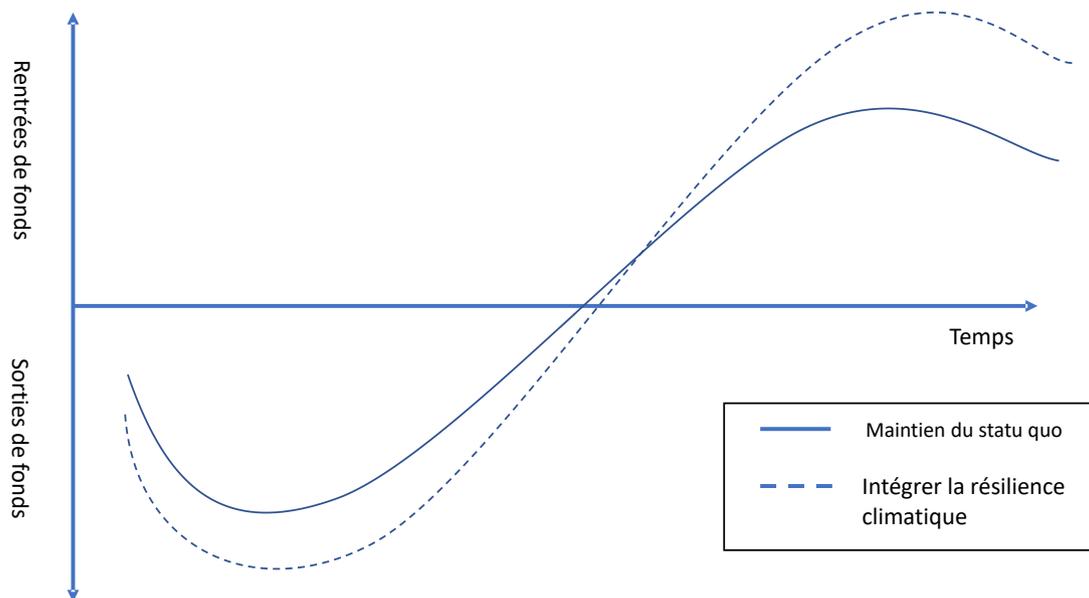
3.3. Intégration de la résilience face au changement climatique dans le financement des infrastructures

Pour assurer la viabilité financière d'un projet d'infrastructure, les recettes escomptées doivent être suffisantes pour couvrir les dépenses d'exploitation et garantir le retour sur investissement des dépenses en capital, et ce, proportionnellement au niveau de risque. L'attractivité d'un investissement est par conséquent accentuée lorsque celui-ci présente des délais de production plus courts avant mise en service, des dépenses d'exploitation et en capital plus faibles, des risques moins élevés ou des recettes escomptées plus importantes.

Ces considérations s'appliquent également aux infrastructures financées sur fonds publics, même si l'évaluation de ces projets repose généralement sur les coûts et avantages sociaux escomptés sur toute la durée de vie des actifs concernés, que ces avantages bénéficient directement ou non aux pouvoirs publics. Par exemple, l'investissement public dans les défenses contre les inondations est en partie justifié par la réduction attendue sur la durée des dégâts provoqués par les inondations, même lorsque ces défenses profitent principalement aux propriétaires des zones concernées. Comme dans le cas des infrastructures financées sur fonds privés, l'augmentation des avantages sociaux escomptés ou la réduction attendue des coûts initiaux associée à un projet contribue à la probabilité que celui-ci soit viable.

Le diagramme schématique ci-dessous (Graphique 3.2) illustre comment ces facteurs peuvent avoir une incidence sur le flux de trésorerie des actifs d'infrastructures en renforçant la résilience face au changement climatique sur l'ensemble du cycle de vie des actifs concernés. Les travaux préparatoires initiaux visant à comprendre la vulnérabilité aux risques climatiques et à développer des solutions d'adaptation peuvent augmenter les coûts initiaux, voire la durée de réalisation d'un projet. Tout allongement du calendrier de réalisation d'un projet entraîne une baisse du rendement escompté. Ces coûts initiaux devraient toutefois être plus que compensés par l'accès, à terme, à des flux de trésorerie plus fiables. Les recettes seront davantage prévisibles dans la mesure où les risques de perturbations non anticipées et de pertes économiques seront moins élevés. Les recettes pourraient également être plus conséquentes si la perception d'une fiabilité accrue et de risques plus limités entraîne une augmentation de la demande par rapport à d'autres solutions. Les infrastructures résilientes face au changement climatique devraient également être moins exposées aux risques de détérioration ou d'obsolescence prématurée découlant d'effets futurs du changement climatique. En principe, cette réduction des risques devrait entraîner une baisse des coûts de financement ou des primes d'assurance pour les dommages subis au cours du cycle de vie des actifs d'infrastructures.

Graphique 3.2. Représentation schématique de l'incidence de la résilience face au changement climatique sur le flux de trésorerie des projets



Source : outil *Physical Climate Risk Assessment Methodology* (PCRAM) de la *Coalition for Climate Resilient Investment* (CCRI).

Cependant, comme démontré par (OECD, 2018^[111]) (CPI, 2022^[7]), l'intégration de la résilience face au changement climatique relève davantage de l'exception que de la norme. Le fait que les risques matériels ne soient pas systématiquement pris en compte par les décideurs des secteurs public et privé constitue l'une des principales difficultés sous-jacentes. Il n'existe ainsi aucune incitation à réaliser des investissements initiaux lorsque les avantages de ces investissements ne sont pas perçus comme pertinents. Cela peut être dû à un manque de capacités et de sensibilisation nécessaires pour comprendre et gérer les risques climatiques, ou au fait que les avantages d'un renforcement de la résilience ne se traduisent pas en flux de trésorerie en raison de carences de l'environnement d'opportunités et de l'insuffisance des données témoignant de l'intérêt d'investir dans la résilience face au changement climatique. Ces carences peuvent par exemple relever de réglementations insuffisantes, de codes de conception inadaptés ou d'aléas moraux résultant de l'attente d'un renflouement possible par les pouvoirs publics en cas de catastrophe liée au climat, ainsi que de risques de transition découlant de l'évolution des modèles d'offre et de demande face au changement climatique.

Les exemples de bonnes pratiques observées dans les pays de l'OCDE montrent comment l'environnement d'opportunités peut être renforcé pour contribuer à faire de la résilience face au changement climatique la norme, en cherchant à éliminer les obstacles qui empêchent les avantages économiques de la résilience face au changement climatique d'être intégrés dans les décisions d'investissement et en mettant en place des incitations susceptibles de favoriser des investissements plus importants. Les quatre axes d'action suivants seront essentiels pour accroître les flux de financement en faveur d'infrastructures résilientes face au changement climatique : la transparence et la sensibilisation, l'intégration de la résilience face au changement climatique dans les financements publics, l'analyse de la réglementation applicable aux infrastructures privées et l'examen des accords de financement des risques.

3.3.1. Renforcer la transparence et la sensibilisation aux risques liés au changement climatique dans les décisions d'investissement

Une transparence accrue en matière de risques liés au changement climatique permettra de contribuer à l'intégration des risques climatiques matériels et des coûts futurs potentiels dans les décisions d'investissement, et par là même d'envoyer un signal de marché pour mieux gérer les risques applicables. Un manque général de sensibilisation face à ces risques peut s'avérer préjudiciable pour les investisseurs, du fait de la complexité perçue de ces risques et de l'insuffisance de données et d'indicateurs comparables. Les dispositifs et mécanismes suivants peuvent contribuer à résoudre ces difficultés.

Divulgaration d'informations

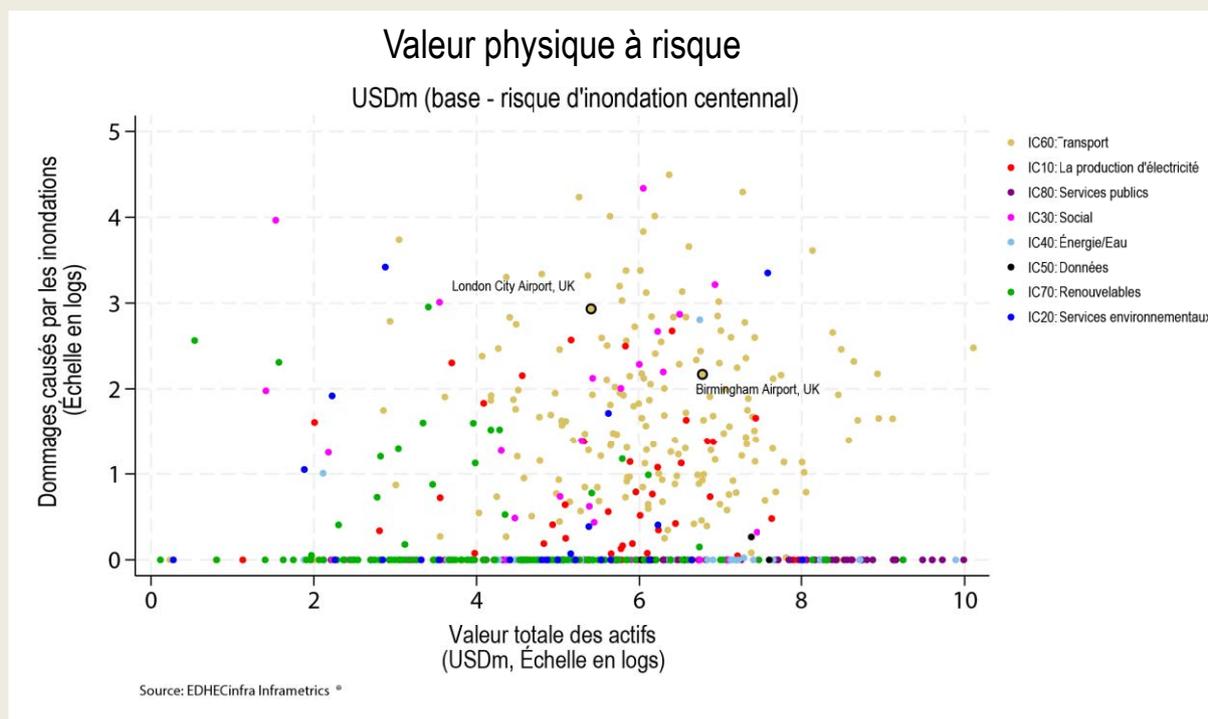
L'exigence de divulgation d'informations sur les risques liés au changement climatique imposée aux exploitants d'infrastructures a été utilisée pour renforcer la sensibilisation au sein des organisations, tout en facilitant les efforts visant à comprendre les interdépendances entre différents réseaux d'infrastructures. Au Royaume-Uni, la loi de lutte contre le changement climatique (Climate Change Act) donne notamment aux pouvoirs publics la possibilité d'exiger des entreprises de services collectifs qu'elles réalisent une évaluation des risques et publient un rapport sur la manière dont elles comptent appréhender ces risques (Adaptation Reporting Power). Une évaluation de la dernière série de rapports a révélé que leur qualité était généralement élevée et qu'il existait des éléments montrant que ces rapports conduisaient à un meilleur niveau de préparation du secteur des infrastructures (CCC, 2022^[12]).

Les efforts plus larges déployés par le secteur financier pour publier des informations sur les risques liés au changement climatique devraient également donner l'impulsion nécessaire pour rendre visibles les risques climatiques matériels. Une analyse réalisée par (EDHECInfra, 2023^[13]) a montré que ces risques étaient susceptibles de réduire la valeur nette des actifs des portefeuilles d'infrastructures de 4 % en moyenne et de 27 % dans le pire des cas. Les recommandations du Groupe de travail sur la publication d'informations financières relatives au climat (*Task Force on Climate-related Financial Disclosure*, TCFD) prévoyaient le caractère facultatif de l'établissement de tels rapports (TCFD, 2017^[14]). Ces recommandations ont contribué à l'élaboration de normes de déclaration en matière de développement durable (*Sustainability Disclosure Standards*) au sein des *International Financial Reporting Standards* (IFRS), lesquelles normes sont destinées à être intégrées dans les cadres réglementaires des différentes juridictions. Ces normes sont axées sur les informations financièrement significatives et couvrent donc les risques liés aux infrastructures dès lors que ces risques sont susceptibles d'être eux-mêmes financièrement significatifs. Les normes d'information en matière de durabilité de l'Union européenne adoptent une approche plus large, dans la mesure où elles couvrent également les répercussions sur l'environnement (« double matérialité »), ainsi qu'un ensemble étendu de facteurs environnementaux, sociaux et de gouvernance.

Encadré 3.3. Valeur des actifs d'infrastructures et risques climatiques matériels

Une analyse réalisée par EDHECInfra propose une modélisation de l'exposition potentielle des actifs d'infrastructures aux risques climatiques matériels (tempêtes, inondations et cyclones). Celle-ci révèle que l'exposition aux risques varie considérablement en fonction des actifs d'infrastructures concernés, mais que le secteur des transports est particulièrement exposé au risque d'inondation.

Graphique 3.3. Valeur des actifs d'infrastructures et risques climatiques matériels



Source : EDHEC (2023), *It's getting physical: Some investors in infrastructure could lose more than half of their portfolio to physical climate risks by 2050* (<https://edhec.infrastructure.institute/wp-content/uploads/2023/07/p1102.pdf>).

La plupart des sociétés cotées établissent aujourd'hui des rapports en matière de durabilité, lesquels ne sont généralement pas normalisés mais incluent des éléments de la résilience face au changement climatique et, dans de nombreux cas, respectent les recommandations de la TCFD. La résilience face au changement climatique peut être guidée par la gouvernance, la stratégie et la gestion des risques mises en avant dans les recommandations de la TCFD, et exige des entreprises qu'elles divulguent leurs procédés d'identification, d'évaluation et de gestion des risques liés au climat (TCFD, 2021^[15]). Ces rapports de durabilité offrent un éclairage important sur le niveau d'engagement et de gestion des risques climatiques d'une entreprise, et l'application de telles obligations d'information aux actifs d'infrastructures contribuerait à améliorer la communication d'informations sur la résilience face au changement climatique.

Des mesures supplémentaires permettraient de faire en sorte que ces obligations d'information contribuent à renforcer la visibilité des risques climatiques matériels. Une analyse des rapports produits dans le cadre de la TCFD a montré que moins de la moitié d'entre eux couvraient les risques climatiques matériels. Le traitement des risques n'était par ailleurs que partiel, puisque ces rapports avaient tendance à couvrir uniquement un sous-ensemble d'aléas climatiques potentiels. Les informations publiées ne se prêtaient

en outre pas aisément à une comparaison entre les différentes institutions en raison des indicateurs et hypothèses retenus (Zhou et Smith, 2022^[16]). Pour combler ces lacunes, il conviendra ainsi d'élaborer des indicateurs et hypothèses communs en s'appuyant sur les travaux déjà entrepris (EBRD et GCECA, 2018^[17]). Des efforts devront également être déployés pour fournir les données et informations nécessaires sur les aléas climatiques, comme des cartes des risques actualisées régulièrement.

Normes, labels et taxonomies

Une analyse rigoureuse de l'exposition des actifs d'infrastructures aux risques climatiques matériels est une condition essentielle à l'intégration de la résilience face au changement climatique dans le financement des infrastructures. Un écosystème croissant de fournisseurs de données privées a émergé et contribué à rendre les risques visibles dans les décisions d'investissement. Une analyse récente a toutefois montré que les résultats produits par les différents fournisseurs ne sont pas homogènes, y compris lorsque la même méthode d'analyse est utilisée (Hain, Kölbl et Leippold, 2022^[18]). Déployer des efforts pour simplifier le partage de données et de méthodologies de meilleures pratiques permettrait d'encourager une meilleure compréhension et une meilleure cohérence dans l'analyse des risques climatiques sur la durée.

La Physical Climate Risk Assessment Methodology (PCRAM) a été élaborée pour établir une méthodologie commune d'évaluation de l'incidence des risques climatiques matériels sur les investissements d'infrastructure. Cette approche a également pour objectif de définir un langage commun afin de faciliter les échanges entre le secteur financier et le secteur des infrastructures sur la question des risques climatiques matériels. La PCRAM propose une méthode pour transformer les risques climatiques matériels et les mesures d'adaptation en indicateurs de performance clés, comme le taux de rendement (financier) interne et les coûts sur l'ensemble du cycle de vie, et ce, selon différents scénarios futurs possibles. Le Groupe des investisseurs institutionnels sur le changement climatique poursuit actuellement le développement de la PCRAM.

Les normes et labels en matière d'infrastructures jouent également un rôle fondamental pour rendre visibles les dividendes associés à la résilience. L'intégration de la résilience face au changement climatique dans les normes met en évidence que les risques climatiques ont été identifiés et pris en compte. Ces normes sont un moyen de formaliser les exigences en matière de résilience dans les procédures de passation de marchés. Des efforts supplémentaires devront néanmoins être déployés pour intégrer la résilience face au changement climatique dans les normes qui couvrent l'ensemble de cycle de vie des infrastructures (Cançado et Mullan, 2020^[19]). Signe encourageant, la résilience est actuellement intégrée dans deux initiatives de premier plan développées pour améliorer la qualité des investissements d'infrastructure : d'une part, le Blue Dot Network (dont le développement est notamment motivé par le renforcement de la résilience) et le mécanisme FAST-Infra (qui définit le binôme adaptation et résilience comme l'un des quatre piliers de la durabilité). Les considérations relatives à la résilience apparaissent en outre dans les normes de durabilité régissant l'émission et la souscription de divers instruments du marché des capitaux grâce auxquels sont financés des projets d'infrastructures, comme abordé dans l'encadré 3.4.

Les taxonomies de la finance verte constituent un signal positif pour l'investissement dans les infrastructures résilientes face au changement climatique. La taxonomie de l'Union européenne sur les activités durables (*EU Taxonomy for Sustainable Activities*) propose des critères pour déterminer quels investissements, y compris d'infrastructures, contribuent de manière significative à l'adaptation au changement climatique. L'identification et la prise en compte des risques climatiques constituent les conditions minimales, même si le recours à des solutions inspirées de la nature ou à des infrastructures bleues et vertes est particulièrement recommandé.

Encadré 3.4. Améliorer la résilience face au changement climatique des infrastructures grâce aux normes et lignes directrices relatives aux obligations vertes, sociales et durables

Les normes et les taxonomies qui mettent en avant la résilience face au changement climatique dans le financement des infrastructures peuvent encore être renforcées grâce à leur application à l'émission d'obligations durables. Un nombre croissant de lignes directrices sont utilisées sur les marchés de la dette pour réglementer l'émission et la souscription d'obligations qui servent des objectifs verts et sociaux, dont l'adaptation au changement climatique et la résilience. À titre d'exemple, les obligations vertes, sociales et durables impliquant l'utilisation du produit des émissions sont des instruments de financement très prisés qui permettent aux investisseurs de contribuer à la transition verte, ainsi qu'à certaines causes sociales, en mobilisant le produit des obligations pour financer des projets éligibles. Le marché du financement durable a connu une croissance considérable ces 15 dernières années, au point d'atteindre au premier semestre 2023 un total 4 200 milliards USD d'émissions, dont la majorité sont des obligations vertes.

Dans le cadre de l'émission de ces obligations, les émetteurs s'appuient sur des normes et des lignes directrices pour garantir la qualité verte et sociale des projets financés. Les normes d'émission applicables au secteur privé incluent notamment les principes et lignes directrices en matière de finance durable de l'*International Capital Market Association* (ICMA) pour les obligations vertes et sociales, mais aussi la norme et la certification relatives aux obligations climatiques de la *Climate Bonds Initiative* (CBI) pour les obligations vertes. Ces lignes directrices d'application volontaire ont pour objectif de définir la nature, la portée et les caractéristiques des instruments verts, sociaux et durables, et de définir un cadre pour la sélection, le financement, le suivi et l'évaluation d'impact des projets éligibles qui bénéficieront du produit des obligations vertes, sociales et durables.

Les activités liées à l'adaptation et à la résilience sont classées selon des catégories de projets éligibles spécifiques conformément aux normes ICMA et CBI appliquées aux obligations vertes, même si les définitions sous-jacentes ne sont elles-mêmes pas normalisées. Il est essentiel d'élaborer des principes directeurs et des taxonomies normalisés en matière de financement de l'adaptation et de la résilience face au changement climatique, dans la mesure où ils permettent de définir plus clairement les conditions d'éligibilité des projets et de garantir la comparabilité pour les investisseurs. Il est également important que les financements s'appuient sur ces normes de manière à permettre une affectation efficace des fonds aux projets offrant les meilleurs avantages en termes de résilience et d'adaptation, tout en favorisant un suivi transparent des progrès réalisés et en encourageant la collaboration entre les différentes parties prenantes.

En tant que catégorie d'actifs, les infrastructures durables peuvent être au cœur de différents projets bénéficiant de financements par l'émission d'obligations vertes, sociales et durables, dans la mesure où elles couvrent de nombreuses catégories d'actifs éligibles en vertu des conditions d'application des labels. Cela est notamment le cas des catégories de projets liés à l'adaptation et à la résilience face au changement climatique, étant donné que les caractéristiques des projets d'infrastructures durables correspondent aux définitions de l'adaptation et de la résilience utilisées dans les normes du secteur privé pour les obligations impliquant l'utilisation du produit des émissions.

De manière générale, l'utilisation de normes et de taxonomies liées à la résilience face au changement climatique dans les applications des marchés financiers pourrait s'avérer avantageuse aussi bien pour les mécanismes de financement en question, dans la mesure où ils intègrent une importante composante de durabilité, que pour les normes elles-mêmes, étant donné qu'une application financière pourrait améliorer leur développement, leur orientation et leurs possibilités d'application.

Source : *Climate Bonds Initiative* (2023), *Sustainable Debt Market Summary H1 2023*

Le recours à un outil obligatoire d'analyse des risques climatiques constitue un instrument supplémentaire pour identifier et gérer les risques liés au changement climatique. L'application d'une analyse des risques climatiques dans le cadre des processus d'évaluation environnementale stratégique et d'étude d'impact sur l'environnement est un autre outil essentiel à la disposition des pouvoirs publics. Les établissements de prêt ont également adopté l'analyse des risques pour gérer leur exposition aux risques liés au changement climatique. La Banque européenne d'investissement, par exemple, analyse systématiquement tous les projets qu'elle finance afin de s'assurer qu'ils sont bien adaptés au changement climatique.

3.3.2. Intégrer la résilience face au changement climatique dans les financements publics

Il est possible qu'une révision des mécanismes publics de financement des infrastructures soit nécessaire afin de veiller à ce qu'ils contribuent à l'intégration de la résilience face au changement climatique dans le financement des infrastructures. Les principaux domaines d'action en ce sens sont notamment les dotations budgétaires, l'évaluation des projets et la passation de marchés.

Le changement climatique aura une incidence sur les besoins budgétaires en matière de fourniture d'infrastructures. Le rôle du processus budgétaire dans le soutien à la résilience face au changement climatique n'est pas systématiquement pris en compte et les données qui permettraient de savoir dans quelle mesure les processus et les résultats budgétaires actuels sont alignés sur cet objectif restent insuffisantes (Mullan et Ranger, 2022^[8]). Cela peut avoir pour conséquence que l'accent soit mis sur la fourniture d'infrastructures au coût initial le plus bas plutôt que sur une optimisation des avantages nets sur la durée de vie des actifs. Des distorsions peuvent également apparaître si les responsabilités en matière de financement sont réparties entre différentes institutions. Les Fonds structurels et d'investissement européens, par exemple, couvrent les coûts d'investissement, alors que les coûts de fonctionnement sont couverts par les autorités locales et régionales (voir le chapitre 6). Même si ces initiatives sont encore peu répandues, certains pays étudient de nouvelles approches de budgétisation verte à l'appui d'une affectation plus efficace des ressources publiques en faveur des priorités vertes, comme la France (Bretagne) et l'Italie (ville de Venise) (OECD, 2022^[20]).

Les méthodes utilisées par le secteur public pour l'évaluation des projets et la passation de marchés doivent tenir compte des performances des projets sur l'ensemble de leur cycle de vie, y compris face aux effets du changement climatique. À titre d'exemple, le Royaume-Uni a élaboré des orientations supplémentaires pour intégrer l'adaptation au changement climatique dans les décisions d'évaluation des politiques, parmi lesquelles des méthodes pour assurer la prise en compte des incertitudes. Un nombre croissant de pays de l'OCDE, dont certains États membres de l'UE, le Japon et les États-Unis, ont adopté le calcul du coût sur l'ensemble du cycle de vie dans leurs procédures de passation de marchés. Ces procédures peuvent également faciliter l'innovation en définissant des normes de performance, plutôt qu'en exigeant l'utilisation de technologies ou d'approches spécifiques. Le recours aux normes (abordé ci-dessus) peut s'avérer utile pour identifier les indicateurs de performance pertinents.

Les partenariats public-privé sont des contrats à long terme par lesquels le secteur privé finance et réalise des infrastructures publiques, en partageant les risques associés. La capacité des partenariats public-privé à bâtir des infrastructures résilientes face au changement climatique dépend essentiellement de la manière dont les risques liés au changement climatique sont répartis dans le contrat applicable. L'incapacité à définir correctement les risques en amont, une mauvaise répartition des risques et des différences entre la répartition des risques dans les faits et en droit constituent toutes des défaillances préjudiciables à la résilience (OECD, 2018^[11]). Des efforts actuellement déployés pour renforcer les capacités en matière de partenariats public-privé résilients face au changement climatique. Le *Global Centre on Adaptation*, par exemple, a développé une formation et une certification sur ce thème à destination des professionnels du secteur des infrastructures. Le centre de ressources juridiques des

partenariats public-privé (*Legal Resource Centre*) de la Banque mondiale propose tout un éventail de ressources pour la conception et la mise en œuvre de partenariats public-privé intégrant les considérations de résilience face au changement climatique. Quels que soient les efforts engagés, il conviendra de mettre en place une procédure ouverte et concurrentielle de passation de marchés et des mesures de lutte contre la corruption pour garantir que le développement des infrastructures repose sur de solides fondations.

3.3.3. Réglementation économique des infrastructures privées

Il existe dans de nombreux pays de l'OCDE des monopoles naturels en matière d'infrastructures (réseaux d'assainissement et d'approvisionnement en eau, distribution d'électricité, etc.) détenus, exploités et gérés par des entreprises privées de services collectifs. Compte tenu de cette position de monopole, les services collectifs assurés par des entreprises privées sont soumis à une réglementation économique en termes de normes de service et de niveaux de prix. Il s'agit du modèle habituel adopté aux États-Unis et de plus en plus couramment dans les pays de l'OCDE depuis la vague de privatisations des années 80 et 90.

L'intérêt et la capacité des services collectifs réglementés à investir dans des infrastructures résilientes face au changement climatique dépendront du régime réglementaire auquel ils sont soumis. Bien que différents modèles réglementaires soient utilisés, l'objectif global reste généralement de parvenir à un équilibre entre la qualité de service et les prix, tout en permettant aux investisseurs d'obtenir un rendement satisfaisant. Aux États-Unis par exemple, les commissions fédérales de régulation des services collectifs (Public Utility Commissions, PUC) déterminent les prix, les investissements admissibles et les normes de service applicables aux services collectifs assurés par des entreprises privées qui assurent les télécommunications et l'approvisionnement en eau, gaz et électricité (Monast, 2021^[21]).

Plusieurs aspects de la réglementation des services collectifs peuvent contribuer à l'intégration de la résilience face au changement climatique dans les décisions d'investissement, et ce, selon le régime spécifique en vigueur. Au Royaume-Uni par exemple, l'organisme de réglementation de l'eau a pour objectif explicite de « mettre en place un secteur de l'eau résilient », lequel objectif se reflète dans ses activités.

Les éléments suivants du cadre réglementaire pourraient être examinés pour soutenir l'investissement des fournisseurs réglementés de services collectifs dans les infrastructures résilientes face au changement climatique :

- **Investissements admissibles** : il convient de garantir que les règles qui déterminent si des investissements sont raisonnables tiennent compte des avantages d'une résilience accrue au changement climatique.
- **Normes de performance** : les règles en vigueur doivent être examinées pour déterminer si elles sont adaptées au changement climatique, que ce soit en termes de risques pour la fourniture d'infrastructures (perte de service, par exemple) ou en termes de risques découlant de la fourniture d'infrastructures (ruptures de barrages ou feux de friches provoqués par les réseaux de transport d'électricité, par exemple).
- **Obligations supplémentaires** : les organismes de réglementation peuvent également soutenir les efforts visant à donner de la visibilité aux risques climatiques matériels, en exigeant la réalisation de tests de résistance, l'identification des interdépendances et l'élaboration de plans d'adaptation.

Comme pour d'autres aspects de la politique réglementaire, il est nécessaire de trouver un équilibre entre des objectifs concurrents comme l'accessibilité financière et la fiabilité. L'approche fondée sur les risques (abordée au chapitre 1) constitue un socle pour procéder à des arbitrages et définir des cibles, des attentes et des objectifs clairs pour guider les décisions d'investissement.

3.3.4. Examiner les accords de financement et de partage des risques afin d'encourager la gestion des risques et permettre une reprise rapide

La répartition des risques liés au changement climatique, qu'elle soit contractuelle ou de fait, constitue un moteur important de l'investissement dans la résilience climatique. Ces risques incluent notamment la dégradation des actifs d'infrastructures en raison de conditions climatiques extrêmes, les pertes de service (coupures d'électricité, par exemple) et l'obsolescence prématurée d'actifs qui n'ont pas été conçus pour tenir compte du changement climatique. Des risques mal définis ou mal répartis peuvent générer des aléas moraux, et par là même limiter les incitations à investir dans l'adaptation et alourdir le coût des conditions climatiques extrêmes en retardant les efforts de reconstruction, ce qui peut représenter un risque pour les pouvoirs publics, même si les infrastructures concernées sont détenues par des entreprises privées. La Recommandation du Conseil sur le renforcement de la résilience financière aux risques de catastrophe met en évidence les meilleures pratiques en matière de gestion des conséquences financières d'événements extrêmes.

Le modèle adapté de répartition des risques entre les différentes parties dépendra du contexte. Les Principes de l'OCDE pour la participation du secteur privé aux infrastructures rappelle le principe général selon lequel les risques doivent être affectés à la partie la mieux à même d'évaluer et de gérer ces risques. Dans le contexte de la résilience face au changement climatique, cela implique que les risques pertinents soient identifiés et clairement répartis en application de dispositions juridiques et contractuelles. La répartition juridique des risques doit concorder avec la capacité de chaque partie à supporter ces risques. À titre d'exemple, suite aux importantes inondations qui ont eu lieu en Colombie en 2010-11, les pouvoirs publics ont renforcé les exigences imposées aux concessionnaires d'infrastructures afin qu'ils souscrivent une couverture d'assurance adéquate contre les événements extrêmes (OECD, 2014^[22]).

Encadré 3.5 Assurance des actifs publics

Les pouvoirs publics (au niveau national ou infranational) pourraient se doter d'une assurance sur les biens basées sur un principe d'indemnisation de sorte auprès de compagnies d'assurance privés à se protéger contre les dommages subis des actifs d'infrastructure publics (et autres actifs publics). Dans quelques cas, les ministres responsables pour le gestion des actifs publics sont obligés ou encouragés à souscrire une couverture d'assurance adéquate sur les marchés privés (la Colombie et le Viet Nam, par exemple).

Dans quelques pays, un dispositif d'assurance publique à été établi pour offrir une assurance pour les actifs publics du gouvernement fédéral, incluant les actifs d'infrastructure. En Australie, par exemple, Comcover assure les actifs publics, incluant les actifs d'infrastructure, et perçoit des primes d'assurance des ministres responsable pour ces biens. En Australie, un certain nombre d'Etats ont établis des dispositifs similaires. Aux Philippines, un assureur public (*Government Service Insurance System* (GSIS)) est chargé de fournir une couverture d'assurance pour l'ensemble des biens publics détenus tant au niveau local qu'au niveau national de l'administration. Tous les organismes gouvernementaux et les entités sous contrôle public sont tenus de souscrire une assurance auprès de GSIS. GSIS transfère une partie des risques qu'il a assumé vers les marchés de la réassurance. En Islande et la France, des programmes établissent pour soutenir le disponibilité de l'assurance pour les risques naturels (et autres catastrophes) offrent aussi une couverture assurantielle pour les actifs publics (incluant les actifs d'infrastructure) (en Islande, l'acquisition de cette couverture par les propriétaires des actifs publics est obligatoire).

De nombreux pays assurent eux-mêmes (implicitement) ces risques. A cette fin, ils ne prennent aucune disposition ex ante pour gérer les conséquences financières des catastrophes météorologiques sur les actifs publics (autrement dit, tout dommage ou perte est financé par le biais d'outils budgétaires ou d'un financement par l'emprunt ex post). Le transfert des risques liés aux infrastructures publiques vers les marchés privés d'assurance ou de réassurance sera particulièrement bénéfique pour les pays confrontés à des contraintes en matière de capacité budgétaire ou d'accès aux marchés de la dette, car la reconstruction des infrastructures publiques après une catastrophe peut entraîner des coûts importants qui, s'ils ne sont pas assurés, devraient être supportés par le secteur public. Les dispositifs d'assurance publique qui regroupent les risques liés aux actifs publics pourraient permettre aux pays de parvenir à une plus grande diversification des risques avant de transférer ces risques vers les marchés de réassurance privés, ce qui devrait se traduire par une réduction des coûts d'assurance.

Source : OCDE (2022), *Building Financial Resilience to Climate Impacts: A Framework for Governments to Manage the Risks of Losses and Damages*, Éditions OCDE, Paris, <https://doi.org/10.1787/9e2e1412-en>.

Le secteur de l'assurance a un rôle essentiel à jouer pour renforcer la gestion efficace des risques liés au changement climatique et encourager la résilience face au changement climatique de différentes manières. De toute évidence, la souscription d'une couverture d'assurance par les propriétaires privés ou publics d'actifs d'infrastructures fournit, en échange d'une prime, une source de financement pour faire face à toute dégradation ou perte encourue suite à une catastrophe météorologique, comme une tempête ou une inondation (voir l'encadré 3.5). Un accès accéléré aux financements peut permettre une remise en état plus rapide des actifs d'infrastructures et réduire le niveau d'interruption de service (et de perte de recettes, le cas échéant). Les villes philippines, par exemple, souscrivent une assurance paramétrique par l'intermédiaire d'un pool d'assurances afin de réduire leurs coûts et de garantir un décaissement rapide des indemnités suite à des catastrophes (voir l'Encadré 3.6).

Encadré 3.6. Pool d'assurances des villes philippines contre les risques de catastrophe

Les Philippines se trouvent dans l'une des régions du monde les plus sujettes aux catastrophes naturelles et sont exposées à de nombreux aléas climatiques, tels que les cyclones, les inondations et les périodes de sécheresse. Au lendemain de catastrophes, des financements sont nécessaires pour apporter une réponse humanitaire aux populations et reconstruire en vue d'une plus grande résilience. Bien que les villes philippines aient accès à des fonds de relance après sinistre, la mobilisation rapide de ces fonds peut présenter certaines difficultés. Tout retard dans la mise en œuvre des premières mesures de relance est susceptible de nuire au bien-être à court terme et au redressement à long terme.

Avec le soutien technique de la Banque asiatique de développement, le ministère philippin des Finances a développé spécifiquement pour les villes philippines un pool d'assurances contre les risques de catastrophe (*Philippine City Disaster Insurance Pool*, PCDIP) afin de permettre aux collectivités locales de bénéficier d'indemnités rapides à la suite de catastrophes. Ce pool d'assurances permet aux municipalités de souscrire de manière collective des assurances par l'intermédiaire d'une même plateforme et de bénéficier ainsi d'une réduction du montant des primes et ce, en établissant un partage des risques et des coûts de mise en œuvre, en renforçant la stabilité des financements et en réduisant les exigences en matière de capitalisation. Financé par un prêt de la Banque asiatique de développement, le PCDIP est parfaitement adapté aux besoins et capacités spécifiques des municipalités afin d'assurer des paiements rapides et de renforcer leur viabilité financière à long terme, et fait également office de plateforme de partage des connaissances et de renforcement des capacités.

Le PCDIP fonctionne de la manière suivante :

- Un prestataire externe établit une modélisation des risques afin de définir le montant des primes pour chaque ville.
- Les municipalités souscrivent une assurance paramétrique en fonction du type de risques naturels qu'elles considèrent comme une menace, puis choisissent la fréquence et le montant des indemnités qu'elles souhaitent percevoir, en fonction des fonds disponibles pour le paiement des primes. L'assurance paramétrique permet un décaissement plus rapide que l'assurance non paramétrique traditionnelle dans la mesure où elle permet le versement d'indemnités en fonction des caractéristiques physiques des catastrophes (comme la vitesse du vent) plutôt que des dommages subis (dont l'évaluation peut nécessiter davantage de temps).
- Une fois la catastrophe passée, un organisme scientifique indépendant vérifie les paramètres utilisés pour déterminer les indemnités, lesquelles sont ensuite versées dans un délai maximum de 15 jours ouvrés après la date de la catastrophe couverte.

Un projet pilote, le premier de ce type en Asie du Sud-Est, est actuellement mis en œuvre dans dix villes. Cette amélioration de la prévisibilité et de l'accès aux indemnités devrait renforcer la résilience budgétaire des villes et offrir une plus grande marge de manœuvre budgétaire pour l'intervention et la reprise après sinistre.

Source : OCDE (2022), *G20-OECD Policy Toolkit to Mobilise Funding and Financing for Inclusive and Quality Infrastructure Investment in Regions and Cities*, <https://doi.org/10.1787/99169ac9-en>.

Le secteur de l'assurance jouit également d'une expertise importante en matière d'évaluation et de gestion des risques qui peut être partagée en cas de souscription d'une assurance. L'acquisition d'une couverture d'assurance implique généralement une évaluation des risques (entre autres) climatiques pesant sur les

actifs, ainsi que des conseils sur la manière dont les exploitants d'infrastructures peuvent atténuer ces risques en investissant dans l'adaptation et la réduction des risques.

L'assurance peut jouer un rôle essentiel pour déterminer le coût des risques liés au changement climatique. Le montant des primes demandées pour une couverture d'assurance reflète généralement le niveau de risque et peut inciter les exploitants d'infrastructures à investir dans la réduction des risques afin de bénéficier d'une baisse de leurs primes d'assurance. Il convient toutefois de noter que les assurances ne sont qu'un moyen parmi d'autres de financer les travaux de réparation des infrastructures endommagées. Certains exploitants d'infrastructures (publics et privés) peuvent en effet choisir de gérer ces coûts par l'auto-assurance (épargne et réserves y compris) ou par le financement des risques (prêts et dette).

3.4. Mobiliser des financements supplémentaires pour des réseaux d'infrastructures résilients

L'ampleur et la gravité des incidences du changement climatique façonneront la demande et les besoins en matière de services d'infrastructure. Il est par conséquent nécessaire non seulement de rendre tous les actifs d'infrastructures résilients face au changement climatique, mais aussi de renforcer ceux qui permettent de lutter directement contre ses effets. La modification des flux touristiques induite par le changement climatique, par exemple, entraînera une évolution de la demande de liaisons de transport. L'augmentation du risque de sécheresse nécessitera un ensemble de mesures, parmi lesquelles une augmentation de la capacité de stockage, la récupération de l'eau, l'adoption de pratiques de gestion de la réduction de la demande et la rénovation des canalisations de manière à limiter les fuites. Bien que l'intégration de la résilience face au niveau des projets soit nécessaire, elle n'est pas suffisante pour parvenir à la transformation et à la prise de conscience nécessaires face aux risques. Cette section examine les possibilités qui existent pour élaborer et mettre en œuvre une approche stratégique visant à mobiliser les financements publics et privés afin d'assurer les investissements supplémentaires requis pour rendre les services d'infrastructure résilients face au changement climatique.

3.4.1. Développer une réserve de projets présentant un intérêt pour les investisseurs

Des processus solides de planification des infrastructures (voir les chapitres 2 et 6) constituent la base nécessaire à l'identification des besoins engendrés par le changement climatique. Aux Pays-Bas par exemple, dans le cadre d'un ensemble plus large de mesures, le programme Delta a mis en évidence la nécessité de renforcer 1 500 km de défenses contre les inondations à l'horizon 2050. À Paris (France), les autorités locales ont entrepris un exercice de planification afin d'identifier les mesures nécessaires pour faire face aux conséquences de périodes de canicule dont l'intensité et la fréquence ne font qu'augmenter. Cet exercice a permis de déceler le potentiel de solutions inspirées de la nature pour réduire les températures urbaines (voir les chapitres 4 et 6).

Il apparaît globalement nécessaire de renforcer les processus de planification stratégique et de les associer au développement de réserves de projets susceptibles d'attirer les investissements. Au Ghana, le processus relatif aux filières d'investissement dans les infrastructures nationales du *Global Centre on Adaptation* s'est appuyé sur l'expertise des banques multilatérales de développement dès le début du processus de planification afin de s'assurer que les résultats seraient utiles à la constitution d'une réserve de projets. Au Royaume-Uni, la commission nationale pour les infrastructures (*National Infrastructure Commission*, NIC) a fait de la résilience une composante de l'évaluation régulière des besoins du pays en matière d'infrastructures. De manière générale, les réserves de projets d'infrastructures devraient faire partie intégrante de plans de développement plus larges aux niveaux territoriaux appropriés (voir les chapitres 5 et 6).

L'intégration de la résilience face au changement climatique dès le début du processus de planification des infrastructures offre davantage de souplesse pour identifier les besoins éventuels concernant ce type d'infrastructures. La mise en œuvre d'approches innovantes ou transversales, telles que les solutions inspirées de la nature, peut ainsi s'en trouver facilitée, tout comme l'intégration de la résilience face au changement climatique au niveau des projets, dans la mesure où ces processus sont capables d'utiliser les données et les informations recueillies au cours de l'étape de planification, plutôt que de partir de zéro pour chaque projet.

Les défis spécifiques auxquels sont confrontés les pays en développement pour mobiliser des financements du secteur privé sont examinés plus en détail au chapitre 5.).

Assistance technique à la préparation des projets

La concrétisation de plans d'infrastructures nouvelles en projets susceptibles d'attirer des investissements peut nécessiter un processus de préparation long, complexe et incertain, mais qui reste essentiel pour combler le déficit d'investissement dans les infrastructures, en particulier dans les pays émergents et en développement. Cela peut notamment être le cas des infrastructures résilientes face au changement climatique, compte tenu de la nécessité d'intégrer des données climatiques dès la conception des projets. L'assistance technique, dont les dispositifs de préparation des projets, permet de soutenir ce processus sur un plan à la fois technique et financier, et de réduire ainsi le risque que des projets restent bloqués à la phase d'ébauche, tout en contribuant à générer une réserve de projets susceptibles d'attirer les investissements. L'assistance technique permet également d'intégrer la résilience face au changement climatique dès le début de l'élaboration des projets, dans la mesure où cette étape offre une plus grande marge de manœuvre si des changements sont nécessaires.

Les pouvoirs publics peuvent soutenir le développement d'investissements d'infrastructure financièrement viables en proposant une assistance et des conseils techniques aux développeurs de projets. L'Agence de protection de l'environnement des États-Unis, par exemple, héberge le *Water Infrastructure and Resiliency Finance Center*, lequel aide les communautés locales à identifier et à mettre en œuvre des solutions de financement pour des infrastructures résilientes. Cette initiative vise également à mettre en contact les autorités locales, à leur proposer des formations et à les orienter vers des mécanismes de financement potentiels (voir également le chapitre 6).

Le renforcement des ressources et de l'efficacité des dispositifs de préparation des projets contribuerait à accroître les flux d'investissement dans les infrastructures résilientes face au changement climatique (rapport du GIE). Le Mécanisme mondial de financement des infrastructures (*Global Infrastructure Facility*, GIF), par exemple, propose un soutien à la préparation de projets ayant un impact en matière de développement. Créé à l'initiative du G20, ce dispositif bénéficie désormais du soutien financier de 7 pays et de la Banque mondiale. En partenariat avec les gouvernements des pays en développement et les banques multilatérales de développement, il couvre la planification des infrastructures, ainsi que la définition et la structuration des projets, et la passation des marchés correspondants. Le GIF entend en outre veiller à ce que les projets qu'il soutient soient en phase avec les objectifs de lutte contre le changement climatique.

La plupart des banques multilatérales de développement proposent aujourd'hui des dispositifs de préparation des projets qui soutiennent les infrastructures durables et répondent aux ambitions de la transition verte, y compris de la résilience face au changement climatique.

3.4.2. Structurer des produits financiers en faveur d'infrastructures résilientes face au changement climatique

Développer le recours aux obligations vertes et de résilience

Les obligations vertes, sociales et durables sont des produits financiers qui permettent aux investisseurs de mobiliser des financements en faveur de la réalisation d'objectifs de durabilité, tout en leur garantissant des rendements stables. Ces instruments sont bien établis sur les marchés financiers. Leur volume d'échange a en effet augmenté de manière significative au cours des dix dernières années, du fait d'une préférence relativement marquée des marchés.

Les obligations vertes, sociales et durables financent des activités durables en utilisant les produits générés pour soutenir des projets d'infrastructures ayant des effets positifs sur l'environnement ou la société. De ces trois catégories d'obligations, ce sont les obligations vertes qui enregistrent les plus fortes parts en termes d'émissions et de souscription puisqu'elles représentent près de 85 % du marché des obligations vertes, sociales et durables (Luxembourg Stock Exchange, 2023^[23]). Elles permettent en outre de financer des projets variés, allant de l'atténuation du changement climatique à la préservation de la biodiversité. La popularité des obligations vertes, sociales et durables ne cesse d'augmenter depuis les dix dernières années, notamment car elles constituent une solution d'investissement facile d'accès dans le domaine de la finance durable.

Les projets liés à l'adaptation et à la résilience peuvent généralement bénéficier de financements par obligations vertes, même si ces financements sont principalement mobilisés pour soutenir les efforts d'atténuation. Une analyse a en effet révélé que seulement 4 % des obligations vertes émises (en valeur) étaient liées à des efforts d'adaptation et de résilience (S&P Global, 2023^[24]). Une autre analyse a montré que 13 % des obligations vertes, sociales et durables, et les instruments de 23 % des émetteurs sélectionnés par la *Climate Bonds Initiative* en 2022 comportaient une composante de résilience impliquant l'utilisation du produit des émissions (Climate Bonds Initiative, 2022^[25]).

Pour développer le recours aux obligations vertes, il conviendra de remédier au manque de connaissances et de capacités nécessaires pour évaluer les risques climatiques et déterminer les projets éligibles, dans la mesure où l'identification des activités liées à la résilience repose sur des critères de haut niveau, ce qui rend ce processus d'autant plus complexe. Par ailleurs, même lorsque des projets de résilience sont clairement identifiés, ils n'atteignent souvent pas la taille minimale d'émissions d'obligations exigée par les investisseurs, ou sont émis dans des monnaies faibles et ne correspondent donc pas aux préférences des investisseurs (Global Center on Adaptation, 2021^[26]). Ces difficultés peuvent être particulièrement prononcées pour les administrations infranationales, qui peuvent être soumises à des contraintes en matière d'emprunt et disposer de capacités techniques et financières plus limitées (voir le chapitre 6).

Les obligations bleues constituent un autre instrument potentiel de financement des infrastructures résilientes face au changement climatique. Ces obligations permettent de financer des projets et des initiatives de promotion des activités durables en milieu marin et de conservation des océans, et sont l'un des types d'obligations susceptibles d'être utilisées pour financer les efforts d'adaptation. Les entités souveraines sont parmi les émetteurs les plus actifs pour cette catégorie d'obligations, notamment pour financer des projets visant à renforcer la conservation et la résilience du milieu marin. Les projets d'infrastructures résilientes face au changement climatique peuvent bénéficier de financements au titre des obligations bleues, à condition de respecter les normes et les taxonomies employées par les émetteurs pour déterminer l'éligibilité des projets (voir l'encadré 3.7).

Encadré 3.7. Exemples d'obligations bleues, d'adaptation et de résilience susceptibles de contribuer à la résilience face au changement climatique des actifs d'infrastructures

Obligation bleue souveraine des Seychelles

La République des Seychelles a lancé en 2018 la première obligation bleue souveraine au monde, conçue pour montrer le potentiel de ce type d'instrument à soutenir les projets marins et halieutiques durables dans le pays. La mise au point de cette obligation, qui a permis de lever 15 millions USD pour une durée de dix ans, a été soutenue par la Trésorerie de la Banque mondiale et bénéficie d'une garantie partielle de 5 millions USD de la Banque mondiale.

Le produit de cette obligation a financé l'expansion des zones marines protégées, l'amélioration de la gouvernance des pêcheries prioritaires et le développement de l'économie bleue des Seychelles, et ce, dans les catégories sectorielles de la préservation de la biodiversité terrestre et aquatique, et de la gestion écologiquement durable des ressources naturelles vivantes et de l'utilisation des terres.

Cette obligation n'est pas émise conformément à un cadre d'émission spécifique et ne respecte pas les normes internationales du secteur privé pour l'émission d'obligations vertes, sociales et durables, mais s'appuie sur des systèmes et des pratiques internationalement reconnus en matière de pêche durable.

Obligation verte et projets bleus aux Pays-Bas

L'unique obligation verte des Pays-Bas a été émise en 2019 et a depuis permis de lever 15.6 milliards EUR. Cette obligation est axée sur l'adaptation au changement climatique, qui constitue l'un des piliers de la stratégie environnementale du pays dans le cadre d'initiatives tant nationales qu'internationales. Elle bénéficie en outre d'une certification de la *Climate Bonds Initiative (CBI Certification Mark)*.

Le cadre de cette obligation verte respecte les critères de la proposition de taxonomie de l'Union européenne concernant la prévention et la protection contre les risques d'inondation et les solutions inspirées de la nature pour la prévention et la protection contre les risques d'inondation et de sécheresse, tout en se conformant dans la mesure du possible aux principes applicables consistant à « ne pas causer de préjudice important » et à assurer des « garanties sociales minimales ».

Certains projets financés peuvent être définis comme « bleus » dans la mesure où ils font partie du programme Delta, lequel œuvre pour que la gestion des risques d'inondation, l'approvisionnement en eau douce et l'aménagement du territoire soient à l'épreuve du climat et résilients face aux risques liés à l'eau d'ici à 2050.

En pratique, les dépenses portent notamment sur le renforcement des infrastructures de défense contre les inondations, la surveillance et la gestion du niveau des eaux, les infrastructures de distribution d'eau et les mesures connexes visant à anticiper la montée des eaux. Elles sont par ailleurs conformes aux objectifs de développement durable n^{os} 6 et 13, ainsi qu'aux objectifs environnementaux d'adaptation au changement climatique, d'utilisation durable et de protection des ressources aquatiques et marines de la taxonomie de l'Union européenne.

Obligation d'adaptation souveraine des Fidji

En 2017, en émettant une obligation verte de 19.5 millions USD, les îles Fidji sont devenues la première économie en développement à proposer une obligation verte souveraine. Le cadre correspondant a été élaboré conformément aux principes applicables aux obligations vertes de l'*International Capital Market Association (ICMA)* et prend en compte les éléments éligibles impliquant l'utilisation du produit des

émissions, tels que la résilience face au changement climatique, l'optimisation de l'utilisation de l'eau ou la gestion durable des ressources naturelles.

En pratique, 91 % du produit de cette obligation ont été affectés à des activités d'adaptation au changement climatique, et les projets financés ont porté entre autres sur la gestion des forêts, le boisement et la construction et le renouvellement des infrastructures de collecte, de traitement et de distribution de l'eau.

L'émission de cette obligation a montré l'intérêt que pouvait présenter l'adaptation au changement climatique pour les investisseurs, et ce, dans une économie en développement où il est souvent difficile de mobiliser le secteur privé pour des financements à grande échelle.

Soutenir l'investissement privé grâce au financement mixte public

Une utilisation stratégique des ressources publiques peut permettre d'améliorer le profil de risque/rendement des investissements d'infrastructure. Cette approche peut prendre la forme de garanties publiques, de prises de participation ou encore de prêts à conditions favorables. Dans le cas des pays en développement, cela inclut également le financement mixte, défini par l'OCDE comme « l'utilisation stratégique du financement du développement pour mobiliser des financements supplémentaires en faveur du développement durable dans les pays en développement ». Le financement mixte est principalement assuré par les banques multilatérales de développement et les donateurs qui, tout en contribuant aux efforts de développement de base, cherchent également à établir les conditions de marché qui permettront à terme d'attirer les investisseurs privés (Migliorati, 2020^[27]). Le financement mixte est axé sur le développement et la production de résultats par la mobilisation de capitaux privés. Le financement mixte est considéré comme un instrument jouant un rôle catalyseur car, en mobilisant des capitaux, il génère un effet de causalité directe qui permet d'autres mobilisations et investissements potentiels (OCDE, 2019^[28]).

Dans les pays de l'OCDE, les pouvoirs publics utilisent des instruments comme les garanties pour rendre les investissements dans les infrastructures nationales plus attrayants pour les investisseurs privés, mais aussi pour soutenir l'accès au financement des administrations infranationales (voir le chapitre 6). Au Royaume-Uni par exemple, la *UK Infrastructure Bank* assure l'octroi de garanties publiques aux projets répondant aux conditions requises, dans le but de mobiliser des financements privés, et donne au secteur privé et aux autorités locales l'accès à d'autres outils de financement à conditions favorables.

Au niveau international, des initiatives comme le *Private Infrastructure Development Group* (PIDG) permettent une mobilisation plus systématique du financement mixte, en établissant des liens plus directs entre le financement assuré par des donateurs et la mobilisation de capitaux du secteur privé. La dernière stratégie annuelle du PIDG l'engage à ne financer que des projets d'infrastructures qui contribuent à l'adaptation, à la résilience ou à l'atténuation des effets du changement climatique.

Lorsque les financements issus du secteur privé s'accompagnent d'objectifs d'adaptation à court terme et des efforts de mise en œuvre nécessaires pour y parvenir, le financement mixte peut être un moyen efficace pour s'assurer que l'adaptation est correctement soutenue. Le financement mixte peut plus particulièrement être utilisé comme une incitation à intégrer des éléments d'adaptation dans le développement des projets. L'une des conditions essentielles serait alors un engagement rapide, ainsi que la définition des types d'instruments financiers utilisés à ces fins.

Des subventions peuvent être utilisées pour soutenir l'intégration de l'adaptation dans les premières phases des projets et améliorer le rendement des infrastructures résilientes face au changement climatique. Il pourrait alors s'agir de financer des études de faisabilité ou de soutenir l'adaptation à un stade précoce malgré des flux de trésorerie potentiellement incertains. Le financement privé est ainsi

protégé par une tranche junior assurée par un financement à conditions favorables et par une tranche mezzanine assurée par un financement public à conditions favorables (OECD, 2023^[29]).

3.4.3. Identifier les dispositifs de financement pertinents

Le financement d'infrastructures résilientes face au changement climatique dépend de l'obtention de fonds suffisants pour récupérer les coûts d'investissement, couvrir les activités et les opérations de maintenance courantes, et assurer un rendement adéquat aux investisseurs (le cas échéant). Un financement insuffisant peut nuire à la résilience climatique en empêchant la réalisation de projets, mais aussi en entraînant une maintenance insuffisante, réduisant par là même la durée de vie des actifs et augmentant leur vulnérabilité aux effets du changement climatique (Hallegatte, Rentschler et Rozenberg, 2019^[11]).

Les mécanismes de financement dépendront du type d'actif et du contexte plus général, mais les dispositifs de financement pertinents pour les infrastructures résilientes face au changement climatique seront généralement les mêmes que pour tout autre type d'infrastructure et seront soumis aux mêmes exigences. Les dispositifs de financement généralement mobilisés sont les suivants (OECD, 2022^[30]) :

- **Fiscalité** – Fourniture d'aides et de subventions sur la base de la fiscalité générale ; recettes fiscales affectées. Ces recettes peuvent être transférées entre les différents niveaux d'administration.
- **Redevances d'utilisation** – Paiements effectués par les bénéficiaires de services d'infrastructures, comme les recettes des péages routiers, des services collectifs ou de la vente de services.
- **Recettes auxiliaires** – Publicité, vente de données, revenus de la propriété (par exemple, les loyers des commerces de détail dans les points nodaux de transport).
- **Récupération des plus-values foncières** – Captation d'une partie de l'augmentation de la valeur de l'immobilier résultant de la fourniture d'infrastructures.
- **Transferts internationaux** – Aide au développement, financement de la lutte contre le changement climatique, philanthropie et financements de l'UE.

Compte tenu de l'ampleur des investissements nécessaires, les pouvoirs publics pourraient devoir compter en grande partie sur les taxes et redevances d'utilisation pour combler le déficit de financement des infrastructures résilientes face au changement climatique. Le transfert de la charge que représente la mise en place d'infrastructures vers les redevances d'utilisation pourrait favoriser l'efficacité et générer des ressources supplémentaires, mais les effets redistributifs doivent être clairement identifiés et correctement gérés, par exemple, en associant la tarification de l'eau à des subventions ciblées pour les ménages à faible revenu.

Ces transferts peuvent être particulièrement pertinents pour les infrastructures résilientes face au changement climatique en ce qu'ils contribuent à remédier aux contraintes financières auxquelles sont confrontées les communautés les plus touchées par le changement climatique. Au niveau national, ces transferts peuvent également s'effectuer vers les administrations infranationales (voir le chapitre 6). Au niveau international, le financement de la lutte contre le changement climatique constitue une ressource précieuse pour soutenir les investissements dans les infrastructures résilientes face au changement climatique dans les pays en développement. Entre 2016 et 2021, 31 % des financements publics pour l'adaptation au changement climatique ont bénéficié à deux secteurs d'infrastructures en particulier, à savoir l'approvisionnement en eau et l'assainissement (21 %), et le transport et le stockage (10 %) (OECD, 2023^[29]). Le financement public moyen de la lutte contre le changement climatique pour ces secteurs s'élève à environ 5.4 milliards USD par an, majoritairement sous la forme de prêts à conditions favorables.

Les sections suivantes abordent certains des nouveaux dispositifs pouvant être utilisés pour financer les infrastructures résilientes face au changement climatique.

Financement public pour des avancées en matière de résilience

Les pays soutiennent directement la mise en place d'infrastructures résilientes face au changement climatique par le biais d'aides et de subventions destinées à couvrir les coûts initiaux d'investissement, que ce soit par la mise en place de dispositifs dédiés de financement de la résilience face au changement climatique, ou en donnant la priorité aux propositions axées sur la résilience face au changement climatique lors de l'attribution de subventions pour les infrastructures. Dans le cadre des Fonds structurels et d'investissement européens sont notamment prévues des subventions pour la fourniture d'infrastructures dans les États membres. Conformément à l'engagement de l'UE de consacrer 30 % de son budget à l'action pour le climat, certains dispositifs de subvention s'appuient sur des critères qui favorisent les propositions axées sur la résilience face au changement climatique. Aux États-Unis, la loi sur la réduction de l'inflation (*Inflation Reduction Act*, IRA) prévoyait une enveloppe de plus de 1 milliard USD d'incitations et de subventions pour soutenir la mise en place d'infrastructures résilientes face au changement climatique. Le Canada a quant à lui créé un Fonds d'atténuation et d'adaptation en matière de catastrophes de 2 milliards CAD afin de subventionner la construction ou la rénovation d'infrastructures résilientes.

Les pouvoirs publics pourraient également soutenir la prestation de « services de résilience », sur le modèle des paiements pour services écosystémiques. Les projets permettant une réduction du ruissellement des eaux pluviales, par exemple par la mise en place d'infrastructures vertes, génèrent alors des crédits. Ces crédits ont une valeur marchande car ils peuvent être vendus à d'autres propriétaires, qui peuvent ensuite les utiliser pour se conformer à leurs propres obligations réglementaires en matière de gestion des eaux pluviales. Cette approche pourrait en principe être étendue à d'autres formes d'externalités positives, telles que la réduction de l'effet d'îlot de chaleur urbain ou la protection contre d'autres formes de risques d'inondation. Elle a d'ailleurs déjà été mise en œuvre dans certaines régions pour réduire le ruissellement des eaux pluviales et, par conséquent, le risque d'inondation de surface. Un programme d'échange de crédits de rétention des eaux pluviales (*Stormwater Retention Credit Trading Programme*) a par exemple été mis en place aux États-Unis par le district de Columbia.

Récupération des plus-values foncières pour les investissements dans la résilience face au changement climatique

Certaines formes d'investissement dans la résilience face au changement climatique entraîneront une augmentation de la valeur des terres avoisinantes. La construction de défenses contre les inondations, par exemple, peut contribuer à l'augmentation de la valeur des habitations situées à proximité, dans la mesure où celles-ci ne sont plus exposées à un risque d'inondation. Les solutions de gestion des inondations inspirées de la nature (voir le chapitre 4) peuvent également renforcer la valeur d'agrément des zones concernées, par exemple par la création d'espaces verts urbains. La perception d'une partie de ces gains peut constituer pour les pouvoirs publics locaux une importante source de revenus pour financer la résilience face au changement climatique (OECD, 2022^[30]).

L'expression « récupération des plus-values foncières » se rapporte aux différents droits, taxes, redevances d'utilisation et autres sources de revenus qui visent à capter ces plus-values. Ces instruments existent dans la plupart des pays sous une forme ou une autre, mais la majorité d'entre eux ne disposent pas d'une définition juridique de la récupération des plus-values foncières ou d'une base légale justifiant cette pratique (OECD/Lincoln Institute of Land Policy, PKU-Lincoln Institute Center, 2022^[31]). L'OCDE et le *Lincoln Institute of Land Policy* ont développé une taxonomie des instruments de récupération des plus-values foncières qui met en avant cinq principaux types de procédés (2022^[31]) :

- **Taxe sur les avantages d'infrastructures** : prélèvements ou redevances imposés aux propriétaires fonciers de terrains qui ont pris de la valeur en raison du développement d'infrastructures à l'initiative des pouvoirs publics.

- **Impôt de développement** : contributions en espèces ou en nature visant à couvrir le coût des infrastructures ou des services supplémentaires devant être mis en œuvre en raison d'un développement privé.
- **Redevances pour droits de développement** : contributions en espèces ou en nature dues en échange de droits de développement ou d'un potentiel de développement supérieur à une densité de base déterminée.
- **Réajustement foncier** : mise en commun de parcelles fragmentées en vue d'un développement conjoint, les propriétaires cédant une partie de leurs terrains à des fins d'utilisation publique.
- **Gestion foncière stratégique** : achat, développement, vente et location de terrains par les pouvoirs publics dans le but de répondre aux besoins collectifs et de récupérer les plus-values générées par l'action publique.

Tous ces instruments de récupération des plus-values foncières peuvent s'avérer pertinents aux fins de la résilience face au changement climatique. Les taxes sur les avantages d'infrastructures, par exemple, peuvent être appliquées aux propriétaires tirant parti des avantages présentés par des infrastructures publiques créées pour protéger des actifs existants confrontés à des risques climatiques accrus. De la même manière, il est possible de mettre en place des impôts de développement et des redevances pour droits de développement afin de garantir que les investissements initiaux seront bien réalisés pour protéger les nouveaux actifs. Une version de la taxe sur les avantages d'infrastructures a été adoptée en Allemagne, où les mesures de rénovation urbaine (y compris en faveur de l'adaptation au changement climatique) sont répercutées sur les propriétaires fonciers locaux (Encadré 3.8).

Encadré 3.8. Taxe sur les avantages d'infrastructures dans le cadre des mesures de rénovation urbaine en Allemagne

En Allemagne, la taxe sur les mesures de rénovation urbaine (*Städtebauliche Sanierungsmaßnahmen*) s'applique dans des zones de rénovation définies. Cette redevance est mise en œuvre par les pouvoirs publics locaux, qui perçoivent des recettes en récupérant l'augmentation de la valeur foncière. Sont autorisés à participer aux consultations les propriétaires fonciers, les locataires, les détenteurs de baux et toute autre partie concernée. Cette taxe est couramment appliquée et largement acceptée. Quelques exemples de cas où les propriétaires fonciers doivent s'acquitter de cette taxe sont répertoriés ci-dessous :

- espaces verts et ouverts pour la protection et l'adaptation au changement climatique ;
- construction ou développement de systèmes d'énergie renouvelable ;
- rénovation des infrastructures visant à réduire la pollution et le bruit des bâtiments, des entreprises et des installations de transport ;
- aménagement d'aires de jeux et de terrains de sport.

Source : OCDE (2022), *Global Compendium of Land Value Capture Policies*.

Recyclage d'actifs

Le recyclage d'actifs consiste à vendre ou à céder des actifs dans le but d'utiliser le produit de leur vente pour financer d'autres investissements. Cette pratique permet de disposer d'un financement à court terme, mais ne génère pas de financement « supplémentaire » à long terme, dans la mesure où plus aucun revenu n'est perçu grâce à ces actifs (OCDE, 2022^[30]). Le recyclage d'actifs peut être utilisé pour soutenir le financement de la lutte contre le changement climatique, et notamment de la résilience face au

changement climatique, pour laquelle il peut être difficile d'attirer des financements qui nécessitent un flux de recettes identifié.

Le recyclage d'actifs implique, d'une part, que le partenaire du secteur privé assume les risques financiers et, d'autre part, que le propriétaire public soutienne l'opération par le partage d'informations et de données. Néanmoins, dans le cas des opérations liées au financement de la lutte contre le changement climatique et à la résilience face au changement climatique, le partenaire du secteur public peut être amené à assumer une part plus importante des risques financiers. Cela pourrait permettre de mobiliser des financements en faveur de la résilience climatique grâce à la participation du secteur public au partage des risques.

Références

- Cançado, D. et M. Mullan (2020), « Stocktake of Climate-resilient Infrastructure Standards », [19]
Global Centre on Adaptation.
- CCC (2022), *Understanding climate risks to UK infrastructure: Evaluation of the third round of the Adaptation Reporting Power*, <https://www.theccc.org.uk/publication/understanding-climate-risks-to-uk-infrastructure-evaluation-of-the-third-round-of-the-adaptation-reporting-power/> (consulté le 4 décembre 2023). [12]
- CCFLA (2021), *2021 State of Cities Climate Finance*, [9]
<https://citiesclimatefinance.org/publications/2021-state-of-cities-climate-finance/>.
- Climate Bonds Initiative (2023), *Sustainable Debt Market Summary H1 2023*, [35]
https://www.climatebonds.net/files/reports/cbi_susdebtsum_h12023_01b.pdf.
- Climate Bonds Initiative (2022), *Sustainable Debt Global State of the Market*, [25]
https://www.climatebonds.net/files/reports/cbi_sotm_2022_03e.pdf.
- Climate Bonds initiative (2021), *Sustainable Debt Global State of the Market*, [36]
<https://www.climatebonds.net/resources/reports/sustainable-debt-global-state-market-2021>
(consulté le 21 mars 2023).
- CPI (2022), *Tracking Investments in Climate Resilient Infrastructure Building Resilience Against Floods and Droughts*, Climate Policy Initiative. [7]
- EBRD et GCECA (2018), *ADVANCING TCFD GUIDANCE ON PHYSICAL CLIMATE RISKS AND OPPORTUNITIES*, https://www.physicalclimaterisk.com/media/EBRD-GCECA_draft_final_report_full.pdf (consulté le 4 décembre 2023). [17]
- EDHECInfra (2023), *Highway to Hell*, https://edhec.infrastructure.institute/wp-content/uploads/2023/12/p108_Highway-to-Hell.pdf. [13]
- EDHECInfra (2023), *It's getting physical: Some investors in infrastructure could lose more than half of their portfolio to physical climate risks by 2050*, <https://edhec.infrastructure.institute/wp-content/uploads/2023/07/p1102.pdf>. [34]
- Environmental Finance (2023), *ISS ESG - ESG Muni QualityScore*, <https://www.environmental-finance.com/content/guides/esg-guide-entry.html>. [37]

- Global Center on Adaptation (2021), *Green Bonds for Climate Resilience – State of Play and Roadmap to Scale*. [26]
- Global Infrastructure Hub (2017), *Global Infrastructure Outlook*, <https://outlook.gihub.org/>. [6]
- Hain, L., J. Kölbl et M. Leippold (2022), « Let's get physical: Comparing metrics of physical climate risk », *Finance Research Letters*, vol. 46, p. 102406, <https://doi.org/10.1016/j.frl.2021.102406>. [18]
- Hallegatte, S., J. Rentschler et J. Rozenberg (2019), *Lifelines*, <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1430-3>. [1]
- IEA (2023), *Net Zero Roadmap A Global Pathway to Keep the 1.5 °C Goal in Reach*, International Energy Agency, Paris, <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022/an-updated-roadmap-to-net-zero-emissions-by-2050> (consulté le 31 janvier 2024). [5]
- Luxembourg Stock Exchange (2023), *Luxembourg Stock Exchange DataHub*, <https://www.luxse.com/discover-lqx/additional-lqx-services/lqx-datahub>. [23]
- Migliorati, F. (2020), *Alternative Infrastructure Financing: Catalysing Institutional Investments in the Energy Sector to Help Meet the Green Energy Target in Asean Countries*, LUISS, http://tesi.luiss.it/29069/1/704761_MIGLIORATI_FRANCESCO.pdf (consulté le 14 avril 2022). [27]
- Monast, J. (2021), « Ratemaking as Climate Adaptation Governance », *Frontiers in Climate*, vol. 3, <https://doi.org/10.3389/fclim.2021.738972>. [21]
- Mullan, M. et N. Ranger (2022), « Climate-resilient finance and investment : Framing paper », *OECD Environment Working Papers*, n° 196, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/223ad3b9-en>. [8]
- Neumann, J. et al. (2021), « Climate effects on US infrastructure: the economics of adaptation for rail, roads, and coastal development », *Climatic Change*, vol. 167/3-4, p. 44, <https://doi.org/10.1007/s10584-021-03179-w>. [2]
- OCDE (2023), *Perspectives économiques de l'OCDE, Volume 2023 Numéro 2*, Éditions OCDE, Paris, <https://doi.org/10.1787/b07667cd-fr>. [3]
- OCDE (2019), *Mettre le financement mixte au service des Objectifs de développement durable*, Éditions OCDE, Paris, <https://doi.org/10.1787/2e236a6b-fr>. [28]
- OECD (2023), « Enhancing the insurance sector's contribution to climate adaptation », *Business and Finance Policy Papers*, vol. 26. [32]
- OECD (2023), *Scaling Up Adaptation Finance in Developing Countries : Challenges and Opportunities for International Providers*, Green Finance and Investment, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/b0878862-en>. [29]
- OECD (2022), *Aligning Regional and Local Budgets with Green Objectives : Subnational Green Budgeting Practices and Guidelines*, OECD Multi-level Governance Studies, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/93b4036f-en>. [20]
- OECD (2022), *Building Financial Resilience to Climate Impacts : A Framework for Governments to Manage the Risks of Losses and Damages*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9e2e1412-en>. [38]

- OECD (2022), *G20-OECD Policy Toolkit to Mobilise Funding and Financing for Inclusive and Quality Infrastructure Investment in Regions and Cities*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/99169ac9-en>. [30]
- OECD (2018), « Climate-resilient Infrastructure », *OECD Environment Policy Paper*, n° 14, <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/4fdf9eaf-en.pdf?expires=1544611997&id=id&accname=ocid84004878&checksum=B009593E6602C22D8855D6537C8E2211> (consulté le 12 décembre 2018). [11]
- OECD (2014), *Climate resilience in development planning : experiences in Colombia and Ethiopia.*, OECD Publishing. [22]
- OECD/Lincoln Institute of Land Policy, PKU-Lincoln Institute Center (2022), *Global Compendium of Land Value Capture Policies*, OECD Regional Development Studies, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/4f9559ee-en>. [31]
- OECD/The World Bank/UN Environment (2018), *Financing Climate Futures : Rethinking Infrastructure*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264308114-en>. [10]
- Parliament of Australia (n.d.), *Infrastructure Growth Package—Asset Recycling Fund*, https://www.aph.gov.au/About_Parliament/Parliamentary_Departments/Parliamentary_Library/pubs/rp/BudgetReview201415/InfrastructureGrowth. [33]
- S&P Global (2023), *Crunch Time: Can Adaptation Finance Protect Against the Worst Impacts From Physical Climate Risks?*, <https://www.spglobal.com/en/research-insights/featured/special-editorial/look-forward/crunch-time-can-adaptation-finance-protect-against-the-worst-impacts-from-physical-climate-risks>. [24]
- Swiss Re sigma (2020), *Natural catastrophes and man-made disasters: 1990-2019 (dataset)*, Swiss Re. [4]
- TCFD (2017), *Recommendations of the Task Force on Climate-related Financial Disclosures i*, <https://www.fsb-tcfd.org/wp-content/uploads/2017/06/FINAL-TCFD-Report-062817.pdf> (consulté le 21 février 2018). [14]
- TFCD (2021), *Implementing the Recommendations of the Task Force on Climate-related Financial Disclosure*, https://assets.bbhub.io/company/sites/60/2021/07/2021-TCFD-Implementing_Guidance.pdf. [15]
- Zhou, L. et P. Smith (2022), *Physically Fit? How Financial Institutions Can Better Disclose Climate-Related Physical Risks in Line with the Recommendations of the TCFD*, <https://www.wri.org/research/physically-fit-financial-institutions-climate-recommendations-tcfd> (consulté le 10 février 2023). [16]

Notes

¹ Comme indiqué au chapitre 1, ces deux éléments doivent être guidés par une approche fondée sur le risque, qui met en balance les coûts supplémentaires liés à l'amélioration de la résilience et les avantages des différents scénarios.

4 Mettre les solutions fondées sur la nature au service d'infrastructures résilientes face au climat

Les solutions fondées sur la nature (SfN) suscitent un intérêt grandissant dans les débats nationaux et internationaux sur l'action publique. Elles sont de plus en plus considérées comme des solutions flexibles et d'un bon rapport coût-efficacité qui peuvent aider les pays à s'adapter à l'accélération des effets du changement climatique, notamment sur les infrastructures. Pourtant, même si ces solutions sont souvent louées pour leurs retombées bénéfiques sur les plans social et environnemental, elles demeurent insuffisamment comprises et appliquées dans le contexte des infrastructures. Ce chapitre porte sur la manière d'intégrer les solutions fondées sur la nature (SfN) à l'ensemble des mesures destinées à renforcer la résilience climatique des infrastructures. Il montre comment ces solutions peuvent se substituer aux solutions grises, les compléter ou les préserver. Il examine ensuite les applications positives de SfN dans le renforcement de la résilience climatique de différentes infrastructures sectorielles. Enfin, il présente les facteurs favorables nécessaires pour accroître la prise en compte des SfN dans la planification et la mise en place des infrastructures.

Principaux éclairages sur l'action publique

- Les solutions fondées sur la nature (SfN) offrent des possibilités considérables pour accroître la résilience climatique des infrastructures de manière efficiente et flexible afin de profiter de leurs retombées bénéfiques sur les plans social et environnemental.
- Ces solutions permettent de mettre en place des infrastructures résilientes face au climat qui se substituent aux solutions grises, les complètent ou les préservent. Elles peuvent être utilisées en milieu aussi bien urbain que rural, et contribuer à faire face à tout type de risques climatiques.
- Pour améliorer leur utilisation, il faut toutefois les intégrer expressément et plus efficacement dans les dispositifs stratégiques, réglementaires et institutionnels qui régissent la mise en place des infrastructures, ainsi que dans les programmes de formation technique des concepteurs et des exploitants d'infrastructures.
- Un certain nombre d'initiatives nationales et internationales ont été lancées pour favoriser le recours aux SfN afin d'améliorer la résilience climatique des infrastructures, tout en profitant de leurs avantages en matière d'atténuation des effets du changement climatique, d'amélioration des services écosystémiques et de protection de la biodiversité.

4.1. Introduction

Les solutions fondées sur la nature renvoient aux mesures visant à protéger, gérer durablement ou restaurer la nature dans l'objectif de préserver ou d'améliorer les services écosystémiques et, par ce biais, de remédier à divers problèmes sociaux, environnementaux et économiques (OECD, 2020^[1]). Elles font l'objet d'une attention croissante dans les débats nationaux et internationaux en tant que solutions efficaces et flexibles pouvant contribuer à l'adaptation aux effets de plus en plus graves du changement climatique, notamment l'adaptation des infrastructures. Elles sont souvent jugées bénéfiques pour les retombées qu'elles produisent sur le plan social et environnemental. Toutefois, la compréhension et l'utilisation réelle de ces solutions dans le secteur des infrastructures demeurent limitées. Ce chapitre vise à démontrer l'utilité des SfN pour des infrastructures résilientes face au climat et à déterminer comment renforcer leur utilisation.

4.2. La raison d'être de l'utilisation des solutions fondées sur la nature pour améliorer la résilience au climat dans le secteur des infrastructures

Les infrastructures sont très vulnérables aux effets du changement climatique, et cette vulnérabilité accroît l'exposition des économies dans leur globalité (chapitre 1). Les infrastructures représentent les deux tiers des engagements conditionnels publics, si l'on s'en tient aux impacts et aux coûts des phénomènes extrêmes liés au changement climatique comptabilisés à ce jour (OECD/The World Bank, 2019^[2]). Selon certaines estimations, les infrastructures compteront pour environ 66 %¹ de l'ensemble des coûts des mesures d'adaptation (UNOPS, 2021^[3]) si le monde veut assurer la continuité des services essentiels aux populations et les protéger des effets du climat.

Les solutions fondées sur la nature (SfN) sont de plus en plus répandues pour accroître la résilience climatique dans le secteur des infrastructures, tant dans les programmes d'action nationaux qu'internationaux. Aux États-Unis, elles sont devenues une priorité nationale à la suite d'un récent décret présidentiel qui, à l'instar de la loi bipartite sur les infrastructures (*Bipartisan Infrastructure Law*) (The White House, 2022^[4]), reconnaît les SfN pour le rôle qu'elles jouent dans la construction d'infrastructures

résilientes face au changement climatique, et associe les sources de financement affectées à la réalisation de projets y afférents (section 4.4.3). Publiée en 2013, la stratégie de l'Union européenne en matière d'infrastructures vertes est également axée depuis dix ans sur leur préservation, leur restauration et leur amélioration afin de contribuer à enrayer la perte de biodiversité et de fournir des services écosystémiques à la population (European Commission, s.d.^[5]). Dans sa feuille de route, le groupe de travail du G20 sur la réduction des risques de catastrophe a récemment mis en avant l'importance des infrastructures résilientes face au changement climatique et le rôle joué par les solutions fondées sur la nature (G20 Brasil 2024, s.d.^[6]). Parallèlement à ces politiques ambitieuses, plusieurs instruments de financement ont encouragé l'utilisation de SfN pour construire des infrastructures résilientes face au climat. Dans l'UE, on peut citer les sources faisant partie de budgets globaux, notamment celui du programme LIFE doté de 5,4 milliards EUR (European Commission, 2021^[7]), du programme Horizon Europe doté de 95,5 milliards EUR (European Commission, s.d.^[8]) et de l'objectif stratégique « Une Europe plus verte » du Fonds européen de développement régional (FEDER) doté de 104 milliards EUR (European Commission, s.d.^[9]) entre 2021-27. De même, des pays comme l'Allemagne ont mis en place des programmes ciblés, tels que le plan d'action fédéral sur les solutions fondées sur la nature pour le climat et la biodiversité, qui investit 4 milliards EUR pour transposer à plus grande échelle ces solutions afin de renforcer la résilience climatique en plus de l'atténuation des effets du changement climatique et des objectifs en matière de biodiversité (BMUV, 2022^[10]) (OECD, 2023^[11]). Par ailleurs, la récente résolution adoptée par l'Assemblée des Nations Unies pour l'environnement souligne l'importance de mettre les SfN au service du développement durable, notamment de l'ODD 9 relatif aux infrastructures (UNEA, 2022^[12]).

Bien que le degré de sensibilisation aux SfN ait été faible pendant longtemps, ces solutions suscitent désormais un intérêt grandissant parmi les décideurs et une adhésion des citoyens aux mesures qu'elles impliquent. À titre d'exemple, en Hongrie, au cours de la dernière décennie, 70 % des autorités infranationales ayant participé à l'enquête² ont recouru aux SfN dans le cadre de leurs activités au travers du concept d'infrastructures verte et bleue, et près de 80 % d'entre elles ont estimé que les SfN étaient importantes pour l'adaptation au changement climatique et la réduction des risques climatiques (OECD, 2023^[13]). De même, les citoyens ont davantage confiance dans l'utilisation des SfN que dans les solutions grises et les préfèrent : 60 % des personnes interrogées dans le cadre d'une enquête représentative à l'échelle de l'UE choisiraient les SfN plutôt que les solutions grises pour relever les défis sociaux, environnementaux et économiques (European Union, 2018^[14]). En outre, des enquêtes menées dans un large éventail de villes, telles que Catane, en Italie, et Catterline, au Royaume-Uni, montrent que les citoyens apprécient les SfN et qu'ils les associent à un air plus pur, à des possibilités de loisirs, au bien-être mental, à l'amélioration du paysage, aux avantages pour la biodiversité et à la réduction des risques (Sturiale, Scuderi et Timpanaro, 2023^[15]) (Anderson et al., 2022^[16]).

Il existe différentes définitions de « solutions fondées sur la nature », chacune d'entre elles mettant l'accent sur des aspects particuliers. L'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) les définit comme des « actions visant à protéger, gérer de manière durable et restaurer des écosystèmes naturels ou modifiés, pour relever directement les enjeux de société de manière efficace et adaptative tout en assurant le bien-être humain et des avantages pour la biodiversité » (Cohen-Shacham et al., 2016^[17]), mettant ainsi l'accent sur la restauration et la conservation de la nature (OECD, 2020^[11]). La Commission européenne met davantage l'accent sur la rentabilité (De los Casares et Ringel, 2023^[18]), en définissant les SfN comme des « solutions pour relever les défis sociétaux inspirées par la nature et reposant sur cette dernière, qui sont rentables, qui offrent des avantages à la fois environnementaux, sociaux et économiques et qui favorisent la résilience » (EEA, 2021^[19]). L'Assemblée des Nations Unies pour l'environnement les définit comme des « mesures axées sur la protection, la conservation et la restauration, ainsi que l'utilisation et la gestion durables d'écosystèmes terrestres, d'eau douce, côtiers et marins naturels ou modifiés, qui s'attaquent efficacement et de manière souple aux problèmes sociaux, économiques et environnementaux, et procurent simultanément des avantages en termes de bien-être humain, de services écosystémiques, de résilience et de biodiversité » (UNEA, 2022^[12]).

Pour les besoins de cette publication et dans le prolongement des travaux antérieurs de l'OCDE, les SfN sont ici définies comme des mesures visant à protéger, gérer durablement ou restaurer la nature dans l'objectif de préserver ou d'améliorer les services écosystémiques et, par ce biais, de remédier à divers problèmes sociaux, environnementaux et économiques (OECD, 2020_[11]). Il s'agit d'un terme générique qui englobe plusieurs approches, telles que l'adaptation fondée sur les écosystèmes, la réduction écosystémique des risques de catastrophe et l'infrastructure verte (OECD, 2020_[11]). Cette définition correspond à une compréhension globale du terme qui peut inclure la protection et la restauration de caractéristiques naturelles, ainsi que la création de caractéristiques imitant la nature (IDB, 2020_[20]). Ces caractéristiques peuvent être fournies en tant que solutions autonomes ou en complément de solutions « techniques » grises, c'est-à-dire les structures construites et les solutions mécaniques (World Bank, 2021_[21]). Cette définition ne fait référence à aucune échelle prédéfinie, ce qui implique qu'un toit végétalisé couvrant une surface limitée peut être considéré comme une SfN tout autant qu'un projet de restauration forestière à l'échelle du paysage couvrant des centaines d'hectares.

Les SfN, en tant que solutions pouvant potentiellement se substituer aux infrastructures grises, les compléter ou les préserver (section 4.3), peuvent constituer des mesures de renforcement de la résilience climatique. Les mangroves, les zones humides côtières, ainsi que les récifs coralliens et ostréicoles peuvent réduire les risques d'inondations côtières, d'ondes de tempête et d'érosion induits par le changement climatique, tandis que les forêts saines et les zones humides riveraines atténuent les risques d'inondations fluviales également induits par le changement climatique. Par exemple, en 2011, lors de l'ouragan Irène, le débit de pointe mesuré dans la ville de Middlebury, dans le Vermont, aux États-Unis, a été deux fois moins important que celui de la ville de Rutland, située à 50 km en amont, malgré une aire de drainage plus étendue : en effet les 6 000 ha de zones humides ont permis d'atténuer le risque d'inondation, et ainsi d'éviter des dommages estimés à 1.7 million USD (Opperman et Galloway, 2022_[22]). Les noues et fossés, les bassins de biorétention et les revêtements perméables peuvent réduire les effets des fortes précipitations sur les infrastructures d'assainissement urbaines, protégeant ainsi la population et les activités économiques des crues éclair, tandis que les toits végétalisés, les arbres de rue et les façades végétales peuvent apporter un rafraîchissement dont le besoin se fait fortement sentir face à la hausse des températures.

Les SfN peuvent également atténuer les répercussions négatives des actifs et des réseaux d'infrastructures sur les écosystèmes. Certains grands projets d'infrastructure sont prévus dans des endroits où se trouvent d'importants puits de carbone naturels ou des zones critiques de biodiversité, tels que les bassins de l'Amazonie ou du Congo, ou encore les forêts de l'Asie du Sud-Est (IUCN, 2019_[23]). Actuellement, le développement des infrastructures menace environ un sixième des espèces exposées au risque d'extinction figurant sur la Liste rouge de l'Union internationale pour la conservation de la nature (IUCN) (IUCN, 2019_[23]). Bien qu'il ne s'agisse pas d'une panacée, l'application de SfN en remplacement ou en complément des infrastructures grises peut aider à relever ces défis, car en fonctionnant avec les écosystèmes, les SfN peuvent mobiliser la biodiversité pour contribuer à la séquestration du carbone.

4.3. Des solutions fondées sur la nature pour remplacer les infrastructures grises, les compléter ou les préserver

En fournissant une protection physique contre les risques climatiques, les SfN peuvent se substituer aux infrastructures grises, les compléter ou les préserver (IDB, 2020_[20]). En tant que substitut, les SfN peuvent constituer une alternative aux solutions d'infrastructures grises, offrant souvent davantage de retombées bénéfiques que ces dernières. Par exemple, les récifs d'huîtres peuvent contribuer à réduire l'érosion côtière et les inondations lors des ondes de tempête, représentant ainsi des alternatives aux brise-lames. Aux États-Unis, en Alabama, la restauration de 5,9 km de récifs d'huîtres dans la baie de Mobile a fait baisser la hauteur de houle de 53 % et l'énergie des vagues sur le littoral de 91 %, contribuant ainsi à réduire l'érosion côtière, tout en permettant de produire 6 500 kg de fruits de mer par an (l'équivalent de

la moitié des huîtres récoltées en Alabama en 2015) et en atténuant la pollution azotée (World Bank et World Resources Institute, 2022^[24]). Même s'il n'est pas toujours possible de substituer les SfN aux infrastructures grises, on estime qu'au moins 11 % des besoins mondiaux en infrastructures pourraient être couverts par des infrastructures fondées sur la nature (IISD, 2021^[25]). Dans certains secteurs, tels que l'eau et l'assainissement, cette part peut atteindre 25 %, et elle pourrait être d'environ 20 % dans le secteur de l'irrigation, de 10 % dans les domaines des transports et de l'efficacité énergétique et de 5 % dans le secteur de l'approvisionnement en énergie (IISD, 2021^[25]). En couvrant tous les besoins en infrastructures de cette façon plutôt qu'avec des options grises, on réaliserait des économies annuelles de 248 milliards USD, tout en bénéficiant de 489 milliards USD d'avantages supplémentaires par an, principalement grâce aux services écosystémiques (IISD, 2021^[25]).

En tant que complément, les SfN sont associées à des solutions grises pour permettre une meilleure résilience globale des réseaux d'infrastructures et des populations. Autour de la capitale tanzanienne, Dar es-Salaam, une combinaison de SfN (restauration de 3 000 m² de récifs coralliens et de 1 245 ha de mangroves) et d'infrastructures grises (2,8 km de digues, d'épis et d'ouvrages de protection contre la mer) protège les collectivités de l'élévation du niveau de la mer et des inondations provoquées par les pluies, ce qui profite directement à environ 58 000 personnes (UNEP, 2022^[26]). Ces solutions associant SfN et solutions grises sont de plus en plus importantes pour renforcer la résilience. Comme l'a montré la rupture de grands barrages lors de la crue de l'Elbe en 2013, les structures grises ne peuvent pas toujours offrir une protection totale contre les inondations. Les SfN, telles que la restauration de la végétation des rives, la reconnexion des cours d'eau avec les plaines inondables et la revitalisation des zones humides peuvent contribuer à réduire le risque d'inondation (Haase, 2017^[27]). En Allemagne, un projet de 35 millions EUR dans la forêt de Lödderitzer, achevé en 2018, a permis de supprimer les levées de terre existantes et de les reconstruire en les éloignant davantage des berges du fleuve. Grâce à l'association de SfN et de solutions grises, en reconnectant 600 ha de forêts inondables avec l'Elbe et en laissant plus d'espace au fleuve, le projet devrait abaisser de 30 cm le niveau de crue centennale et réduire ainsi le risque d'inondation dans la ville d'Aken (WWF, 2019^[28]).

En tant que protection, les SfN peuvent être mises en place pour protéger les actifs d'infrastructures grises, assurer leur fonctionnement sûr et prolonger leur durée de vie utile. Par exemple, aux États-Unis, au lendemain de l'ouragan Sandy et d'autres tempêtes qui ont endommagé les infrastructures routières en raison des inondations, des ondes de tempête et de l'érosion liée aux marées, un projet de restauration des marais et des zones humides a été lancé à Little Egg Harbor (New Jersey) afin de protéger les infrastructures routières du littoral des inondations, dans l'intérêt des 20 000 habitants de la région et des touristes (Worth, 2021^[29]). En tant que protection vivante, les mangroves des Philippines permettent d'éviter plus d'un milliard USD de dommages aux infrastructures résidentielles et industrielles, tout en protégeant plus de 600 000 personnes des inondations chaque année (Tercek et Beck, 2017^[30]). De même, les toits végétalisés pouvant retenir jusqu'à 50 à 100 % des eaux pluviales qui s'écoulent sur eux (World Bank et World Resources Institute, 2022^[24]) sont utilisés dans de nombreuses villes pour réduire la pression sur les infrastructures d'eaux pluviales grises dans le contexte de fortes précipitations de plus en plus fréquentes et intenses.

Les avantages des solutions fondées sur la nature dans la construction d'infrastructures résilientes face au climat

Outre la protection qu'elles assurent contre les risques climatiques, les SfN, lorsqu'elles sont adoptées pour préserver ou compléter les infrastructures grises, peuvent également améliorer la durée de vie des actifs et des réseaux d'infrastructures grises, ainsi que leur efficacité. À titre d'exemple, pour contrer les effets des précipitations de plus en plus variables dues au changement climatique sur le débit des cours d'eau et réduire la sédimentation, 44 millions d'arbres ont été plantés dans le bassin versant du barrage hydroélectrique d'Itaipú, qui fournit 90 % de l'électricité du Paraguay et 19 % de celle du Brésil. Grâce à la restauration, au reboisement et à la préservation de plus de 100 000 hectares de terres dans le but de

renforcer la résilience du barrage et d'assurer son bon fonctionnement en réduisant la sédimentation et en garantissant des débits plus stables du cours d'eau, le projet a apporté 45 millions USD d'avantages financiers directs au seul fonctionnement du barrage (Rycerz et al., 2020^[31]). Aux États-Unis, dans la vallée de Sacramento, les responsables de la gestion des inondations ont complété les levées de terre et autres infrastructures grises de protection contre les inondations par la reconnexion de 60 000 hectares de plaines inondables en utilisant les canaux de dérivation de Sutter et de Yolo. En réduisant d'environ 80 % le débit pendant les inondations, les canaux de dérivation et la reconnexion des plaines inondables réduisent la pression sur les levées de terre, et l'association des SfN et des solutions grises contribuent à protéger la ville de Sacramento contre les inondations (Opperman et Galloway, 2022^[22]).

En outre, les SfN peuvent apporter des solutions flexibles et adaptables dans le contexte du changement climatique. Grâce à leur capacité naturelle d'adaptation et de régénération, de nombreuses SfN peuvent s'adapter à l'évolution des conditions climatiques, contribuant ainsi à faire face aux incertitudes liées au changement climatique. Par exemple, les zones humides côtières peuvent migrer vers l'intérieur des terres en réponse à la montée des eaux (si le taux d'élévation du niveau de la mer reste dans certaines limites et s'il existe un espace non aménagé pour leur expansion) (Borchert et al., 2018^[32]) (UNEP, 2022^[33]). Il peut s'agir d'un avantage particulier des SfN par rapport aux solutions grises. Contrairement aux infrastructures grises construites pour les remplacer, les mangroves peuvent mieux s'accommoder du changement climatique grâce à leur capacité naturelle d'adaptation et de régénération, et ainsi protéger les collectivités des tempêtes (Van Zanten et al., 2021^[34]). De même, les SfN ont le potentiel de se restaurer à la suite de phénomènes météorologiques extrêmes. Contrairement aux digues, les mangroves peuvent se régénérer après avoir été endommagées par un ouragan (tant que l'ouragan ne modifie pas de façon persistante la topographie du sol) (UNEP, 2022^[33]) (Imbert, 2018^[35]). Ainsi, grâce à leur dynamisme, les SfN contribuent à éviter le verrouillage qu'impliquent les infrastructures grises.

4.3.1. Les raisons économiques en faveur des solutions fondées sur la nature pour améliorer la résilience au climat dans le secteur des infrastructures

Bien qu'il soit difficile de faire des estimations globales, il existe un nombre croissant de projets qui font apparaître les avantages économiques des SfN. En 2018, au Canada, dans la province de l'Ontario, les SfN appliquées au secteur des infrastructures ont généré 4.64 milliards CAD de PIB direct et 8.6 milliards CAD de recettes brutes. D'ici 2030, ces chiffres pourraient atteindre respectivement 7 milliards CAD et 13.2 milliards CAD (Green Infrastructure Ontario Coalition, 2020^[36]). À Singapour, le programme « Eaux actives, belles et propres » (*ABC Waters*) a permis de remettre à l'état naturel les rivières, les ruisseaux et les lacs. Tout en divisant par 100 la zone inondable (qui est passée de 3 200 à 32 ha), entre 2007 et 2011, l'investissement de 300 millions USD a permis d'économiser plus de 390 millions USD sur les coûts liés à l'eau (Kapos et al., 2019^[37]). À Porto Rico et en Floride, aux États-Unis, la restauration des récifs coralliens pourrait permettre d'économiser près de 273 millions USD par an en évitant les dommages directs et indirects causés par les inondations (Storlazzi et al., 2019^[38]). Globalement, aux États-Unis, on estime que les récifs coralliens offrent une protection contre les inondations d'une valeur annuelle de 1.8 milliard USD et sauvent plus de 18 000 vies chaque année (Storlazzi et al., 2019^[38]). Au Viet Nam, un investissement de 9 millions USD pour restaurer les mangroves (dégradées en raison de l'expansion de l'aquaculture) le long du littoral de 166 communes a réduit l'érosion côtière et les dommages causés par les inondations, ce qui représente 15 millions USD en dommages évités (World Bank et World Resources Institute, 2022^[24]). Au niveau mondial, les dommages liés aux inondations qui ont été évités grâce à la présence de mangroves sont estimés à au moins 65 milliards USD (Menéndez et al., 2020^[39]) (World Bank et IBRD, 2023^[40]).

Lorsque les SfN se substituent aux solutions grises, les estimations montrent que leur utilisation dans l'infrastructure coûte plus de deux fois moins cher et génère un surcroît de valeur ajoutée de 28 % (IISD, 2021^[25]). S'agissant de protection côtière, les marais salants et les mangroves sont deux à cinq fois moins coûteux que les brise-lames immergés pour réduire la hauteur des vagues de 50 cm et faire reculer

l'érosion côtière (Narayan et al., 2016^[41]) (Dasgupta, 2021^[42]). En outre, les estimations montrent que les pouvoirs publics et les investisseurs pourraient économiser jusqu'à 248 milliards USD par an en remplaçant les solutions grises par des SfN dans seulement 11 % des infrastructures nécessaires dans le monde (c'est-à-dire dans les cas où cela est pratique et réalisable), et que cela générerait 489 milliards USD d'avantages (IISD, 2021^[25]). En suivant cette logique, la ville de New York, aux États-Unis, a évité le coût de la construction d'une usine de traitement d'eau potable (coûtant environ 8 à 10 milliards USD) grâce à un investissement de 1.5 milliard USD réparti sur près de trois décennies pour protéger le bassin hydrographique qui fournit l'eau (Gartner et al., 2013^[43]).

Bien que ces cas montrent que les SfN sont généralement moins coûteuses que les solutions grises, l'inverse est également possible, et ces avantages supplémentaires et pertes évitées peuvent être des éléments clés pour justifier l'utilisation des SfN. Par exemple, les coûts de mise en place des revêtements perméables peuvent être deux à trois fois plus élevés que ceux de l'asphalte et du béton, tout comme l'installation des toits végétalisés est deux à cinq fois plus coûteuse que celle de leurs équivalents traditionnels (World Bank et World Resources Institute, 2022^[24]). En outre, ils nécessitent un entretien plus fréquent que leurs équivalents traditionnels pour conserver une bonne efficacité (Enzi et al., 2017^[44]) et, dans certains cas, ces coûts d'entretien à long terme sont supportés par d'autres acteurs que ceux ayant réalisé l'investissement ponctuel dans la mise en place de la SfN. Par exemple, l'autorité nationale peut (co)financer la création d'espaces verts urbains, mais les coûts d'entretien à long terme seront supportés par les autorités locales. Cependant, les avantages supplémentaires qu'offrent les SfN peuvent souvent justifier leur mise en place. Les revêtements perméables peuvent réduire le volume des eaux de ruissellement de 90 % (World Bank et World Resources Institute, 2022^[24]). De même, les toits végétalisés peuvent retenir 50 à 100 % des précipitations excédentaires dans les villes et leur durée de vie plus longue ainsi que leurs retombées bénéfiques peuvent compenser le coût de leur mise en place (World Bank et World Resources Institute, 2022^[24]). En Australie, à Sydney, une étude de cas a montré qu'un toit végétalisé peut être jusqu'à 20 °C plus frais que son équivalent traditionnel, tout en assurant l'isolation du bâtiment, en augmentant la biodiversité urbaine (en particulier les espèces d'oiseaux et d'insectes) et en réduisant la pollution de l'air (Irga et al., 2021^[45]).

Les SfN peuvent également offrir des avantages économiques non négligeables lorsqu'elles préservent les actifs en infrastructures grises, ou lorsqu'elles font partie de solutions mixtes. Aux États-Unis, à Philadelphie, une étude de cas sur les options de gestion des eaux pluviales a révélé que les solutions hybrides associant les SfN (tels que les toits végétalisés et les revêtements perméables) et les options traditionnelles ont généré plus de 23 fois plus d'avantages supplémentaires que les solutions grises (c'est-à-dire les tunnels de stockage) seules, soit 2 846 millions contre 122 millions USD, grâce à des avantages tels que l'amélioration de l'esthétique environnementale, la réduction du stress thermique et une meilleure qualité de l'eau et de l'air (Stratus Consulting, 2009^[46]). De même, la ville de Portland, dans l'Oregon, aux États-Unis, en investissant dans les SfN en milieu urbain, avec notamment la création de noues et de fossés pour compléter les solutions grises visant à lutter contre les volumes croissants d'eaux usées et d'eaux de ruissellement, a fait baisser de 80 à 94 % des débits de pointe dans les zones ciblées depuis 2007. Un investissement de 9 millions USD dans les SfN a ainsi permis de réduire de 224 millions USD les coûts d'entretien liés aux débordements des réseaux unitaires et de diminuer la pression sur l'infrastructure grise (World Bank et World Resources Institute, 2022^[24]).

Les SfN ont également une incidence positive nette sur le marché du travail. Bien que l'on ne dispose pas de chiffres pour le secteur des infrastructures en particulier, on estime que près de 75 millions de personnes travaillent déjà dans le domaine des SfN, ce qui correspond à 14.5 millions d'équivalents temps plein, étant donné qu'une grande partie de ces emplois sont à temps partiel (ILO, UNEP et IUCN, 2022^[47]). Considérant que les coûts de main-d'œuvre se taillent la part du lion dans l'entretien des espaces verts (la ville de Rennes, en France, a estimé qu'ils représentaient 80 à 99 % des coûts d'entretien des espaces verts (Barometres, 2017^[48])), les SfN créent donc plusieurs possibilités d'emploi à long terme. En particulier, la mise en place et la gestion d'espaces verts urbains peuvent créer un à cinq emplois à temps

plein par hectare, tandis que l'utilisation de SfN pour l'amélioration des bassins versants peut en créer un à trois (WWF et ILO, 2020^[49]). On estime que la protection des écosystèmes côtiers crée 17 emplois pour chaque million de dollars dépensé (Edwards, Sutton-Grier et Coyle, 2013^[50]). Pour souligner encore leur importance pour l'emploi, on peut citer l'exemple de la province de l'Ontario, au Canada, où les SfN appliquées aux infrastructures employaient directement plus de 84 000 personnes en 2018, chiffre qui pourrait atteindre 103 000 d'ici 2030 (Green Infrastructure Ontario Coalition, 2020^[36]).

Les SfN peuvent également avoir des retombées positives sur l'économie en contribuant à compenser partiellement la hausse des températures, qui est un vecteur de baisse de la productivité. Même dans le cadre d'un scénario de hausse des températures de 1.5 °C, des estimations prudentes prévoient que 2.2 % du nombre total d'heures de travail pourraient être perdues d'ici 2030 en raison des températures élevées dans le monde, ce qui équivaut à 80 millions d'emplois à temps plein. Cela pourrait coûter 2 400 milliards USD en 2030 (près de 9 fois plus qu'en 1995), les pays à revenu faible et intermédiaire subissant les conséquences les plus fortes (ILO, 2019^[51]). Grâce à l'évapotranspiration et à la composition favorable des espaces verts par rapport aux surfaces artificialisées qui permet d'éviter l'absorption de la chaleur, ils peuvent contribuer à diminuer ces incidences en réduisant les températures extrêmes. Par exemple, en Autriche, à Vienne, un mur végétal de 850 m² sur un bâtiment public a permis un refroidissement équivalent à 712 kWh, soit la production de 80 climatiseurs de 3 000 watts fonctionnant pendant huit heures (Enzi et al., 2017^[44]), qui a fait baisser la température de l'air dans le bâtiment. En capitalisant sur ces avantages de refroidissement naturel, au Royaume-Uni, à Glasgow, une augmentation de 20 % des espaces verts (petits parcs, arbres de rue, toits et murs végétalisés, etc.) pourrait réduire les températures de surface de 2 °C en 2050, soit entre un tiers et la moitié de l'effet d'îlot de chaleur urbain supplémentaire prévu pour la ville dans un scénario de réchauffement élevé (Emmanuel et Loconsole, 2015^[52]).

Grâce à leur fort potentiel de réduction des risques, les SfN peuvent également être appliquées pour garantir l'assurabilité des actifs d'infrastructure dans le contexte de l'augmentation des risques climatiques. Afin de réduire progressivement la valeur des pertes assurées et les sinistres indemnisés, le secteur de l'assurance se tourne de plus en plus vers les SfN (Costa et al., 2020^[53]) (EIB, 2023^[54]). Aux États-Unis, un projet consistant à reculer les levées de terre sur la rivière Missouri a permis de réduire le risque d'inondation pour 1 455 habitations, leur offrant une protection contre les crues ayant une période de retour de 160 à 200 ans. En permettant un débit plus proche de l'optimum écologique et en reconnectant environ 420 ha de plaines inondables avec la rivière pour éviter que les débordements ne submergent les levées, le projet a fait baisser de moitié les primes d'assurance des biens immobiliers (MunichRe, 2022^[55]). Dans le cadre d'une collaboration récente entre des universitaires et des assureurs, une étude a été publiée sur la manière dont l'association des SfN et de l'assurance peut renforcer la résilience des côtes et combler le déficit croissant de protection. Compte tenu du potentiel des récifs coralliens pour réduire l'énergie des vagues et protéger les côtes contre les dégâts causés par les tempêtes et les submersions, l'étude a montré qu'une restauration hypothétique d'un récif corallien de 5 km, d'un coût de 6.45 millions USD, pourrait réduire de 50 % le risque d'inondations côtières dues aux ondes de tempête sur une période de deux ans et diminuer de plus de 56 % les primes d'assurance pour les biens situés sur le littoral sur une période de cinq ans (Reguero et al., 2020^[56]).

4.3.2. Retombées bénéfiques des SfN sur les plans social et environnemental

En plus de renforcer la résilience des actifs d'infrastructures, les SfN peuvent produire des retombées bénéfiques sur les plans social et environnemental, qui constituent des incitations non négligeables en faveur de leur mise en œuvre. Comme elles améliorent le bien-être humain et la qualité de vie sur plusieurs plans, ces retombées sociales sont souvent considérées comme un avantage important des différentes SfN. En outre, ces solutions protègent les populations des risques climatiques et autres aléas naturels. Les mangroves, par exemple, protègent environ 15 millions de personnes contre les inondations (Menéndez et al., 2020^[39]). Plusieurs mesures relatives aux SfN mettent à profit ce potentiel de protection.

Aux États-Unis, dans le cadre du projet « *Living Breakwaters* » doté d'un budget de 60 millions USD, des récifs d'huîtres sont mis en place au large de Staten Island afin de protéger les habitants de la zone métropolitaine voisine de New York des ondes de tempête et des submersions côtières (IUCN, 2020^[57]).

Les avantages en matière de santé constituent d'autres incitations à la réalisation de projets intégrant des SfN. En contribuant à réduire l'effet d'îlot de chaleur urbain, les SfN peuvent aider à sauver la vie des citoyens vulnérables à la chaleur. Les toits végétalisés ayant la capacité d'abaisser la température de l'air intérieur de 1.5 à 3 °C, une simulation a montré que l'installation de ce type de toit sur tous les bâtiments abritant des personnes âgées réduirait la mortalité liée aux vagues de chaleur en 2030 de 63 % dans la ville de Szeged, en Hongrie, et de 71 % dans la commune de Çankaya, en Turquie (Marvuglia, Koppelaar et Rugani, 2020^[58]). De même, on estime que les arbres permettent d'abaisser les températures de 7 à 15 °C grâce à l'ombre et à l'évapotranspiration, atténuant ainsi l'effet d'îlot de chaleur urbain (UNEP, 2021^[59]), tout en offrant des avantages pour la santé grâce à un air plus pur. Ainsi, les arbres plantés dans seulement dix mégapoles du monde apportent des avantages en matière de santé estimés à 482 millions USD par an grâce à la diminution de la pollution atmosphérique (Endreny et al., 2017^[60]). En Espagne, à Barcelone, on a estimé que 200 000 arbres avaient permis d'éliminer 5 000 tonnes nettes de CO₂ et 305 tonnes de composés polluants en 2008 (Ajuntament de Barcelona, 2013^[61]) (Cohen-Shacham et al., 2016^[17]). Les espaces verts urbains élimineraient chaque année de 1.97 à 3.8 g d'ozone par mètre carré (Aevermann et Schmude, 2015^[62]) (Le Coent et al., 2021^[63]). En outre, les toits végétalisés pouvant réduire la transmission du son de 10 à 20 dB, plusieurs mesures impliquant les SfN ont des effets bénéfiques sur la santé en réduisant les niveaux de bruit (Liberalesso et al., 2020^[64]).

Parmi les retombées bénéfiques des SfN sur le plan environnemental figurent le stockage du carbone et la réduction de la pollution. Les mangroves, par exemple, peuvent stocker plus de 900 tonnes de carbone par hectare (Alongi, 2012^[65]). De même, un projet de restauration et de protection des forêts humides, des marécages, des lacs d'eau douce et des prairies autour de la capitale du Sri Lanka, Colombo, a contribué à protéger les habitants des inondations, tout en absorbant jusqu'à 90 % des émissions de gaz à effet de serre de la ville et en purifiant l'air. Combiné à des solutions grises (stations de pompage et tunnels de dérivation de l'eau), le projet a bénéficié à 2.5 millions de citoyens (World Bank, 2023^[66]). En outre, une étude de cas réalisée dans la ville de Tshwane, en Afrique du Sud, a révélé que 67 000 m² de toits végétalisés pouvaient stocker plus de 25 tonnes de carbone par an, tout en réduisant les besoins en énergie de près de 690 000 kWh et en évitant ainsi 605 tonnes d'émissions de CO₂ chaque année (WWF, 2021^[67]).

Les SfN peuvent également contribuer à réduire la pollution et à améliorer la qualité des écosystèmes, notamment de l'air, du sol et de l'eau. Par exemple, les zones humides peuvent abaisser de plus de 80 % les concentrations de nitrates dans l'eau qui les traverse (Millennium Ecosystem Assessment, 2005^[68]), contribuant ainsi à réduire l'eutrophisation et à éviter l'exposition des animaux d'eau douce à des taux de nitrates toxiques. En Finlande, la zone humide de recherche d'Hovi, qui s'étend sur 0.6 ha, a été créée en 1998 pour réduire le ruissellement des éléments nutritifs d'origine agricole et prévenir l'eutrophisation et des concentrations d'éléments nutritifs nocives pour les êtres vivants. En 10 ans, cette zone humide a fait reculer les concentrations de phosphore et d'azote de 62 % et 50 % respectivement, en retenant 90 % des matériaux du sol et de la charge en éléments nutritifs circulant dans la zone humide. Les eaux traversant la zone humide ont atteint un niveau de propreté supérieur à celui des eaux purifiées dans les stations d'épuration (WWF Finland, 2013^[69]). De même, il a été observé que les noues, les fossés et les jardins de pluie éliminaient jusqu'à 90 % des métaux lourds présents dans les eaux de ruissellement (World Bank et World Resources Institute, 2022^[24]). Outre leur rôle dans la protection des côtes contre les ondes de tempête et l'érosion causée par les marées, les récifs d'huîtres recèlent également un important potentiel de purification de l'eau. Une seule huître purifie en moyenne près de 190 litres d'eau par jour des algues, du phosphore, de l'azote et d'autres substances qu'ils contiennent (NCCOS, 2020^[70]).

4.4. Recourir à plus grande échelle aux SfN pour rendre les infrastructures résilientes

Bien que les SfN offrent de larges possibilités de renforcer la résilience climatique dans le secteur des infrastructures, leur utilisation reste fragmentaire et cantonnée principalement à l'échelle de projets pilotes. Comme l'a relevé l'Agence européenne pour l'environnement dans une récente étude, même si plusieurs cadres stratégiques continuent de faire la promotion des SfN, dont les stratégies de l'UE en matière d'infrastructure verte et de biodiversité (EEA, 2021_[19]), leur application reste limitée dans l'UE et concerne surtout des projets à petite échelle (EEA, 2021_[19]). Sur près de 1 400 projets de SfN étudiés dans l'UE et au Royaume-Uni, près des trois quarts couvrent une superficie de moins de 1 km² (EIB, 2023_[54]). Cela démontre que les projets de SfN sont aujourd'hui le plus souvent réalisés à des échelles spatiales restreintes, même si elles peuvent être appropriées pour certaines de ces solutions (toitures et façades végétalisées, par exemple).

Si les SfN peinent à monter en puissance, c'est principalement parce que les conditions générales ne sont pas propices à leur application. Les politiques publiques et les cadres réglementaires et financiers classiques créent des barrières qui empêchent les SfN d'être envisagées à égalité avec les solutions « grises », lesquelles sont perçues comme plus simples, moins risquées et plus familières. D'autres obstacles au développement des SfN tiennent aux échelles spatiales particulières exigées par ces solutions, ou au fait que leurs avantages attendus prennent souvent plus de temps à se concrétiser que dans le cas des solutions grises (OECD, 2020_[1]). En outre, comme les SfN imposent de travailler avec des écosystèmes dynamiques, leur planification, leur mise en œuvre et leur maintenance nécessitent un ensemble de compétences spéciales (OECD, 2020_[1]). Les capacités techniques limitées des acteurs publics et privés constituent un obstacle supplémentaire à leur déploiement à plus grande échelle (OECD, 2020_[1]) (OECD, 2021_[71]). Il va souvent de pair avec une faible sensibilisation aux SfN, les décideurs, les responsables de la planification des infrastructures et les citoyens ayant tendance à se focaliser plutôt sur les solutions grises classiques.

Pour promouvoir un plus large déploiement des solutions fondées sur la nature, les administrations nationales doivent concevoir des dispositifs institutionnels, stratégiques, réglementaires et financiers novateurs qui créent les conditions de leur application par les organismes publics et les autorités publiques, ainsi que par des acteurs privés. Et surtout, il importe de veiller à ne pas dissuader sans le vouloir les différents acteurs d'opter pour des SfN par des dispositions complexes en matière de gouvernance, des réglementations sectorielles qui manquent de cohérence et des possibilités de financement insuffisantes. L'investissement dans la sensibilisation et le renforcement des capacités techniques constitue un autre impératif. Les acteurs publics et privés connaissent souvent mal les usages et les avantages des SfN et considèrent celles-ci comme trop coûteuses et trop compliquées (OECD, 2020_[1]).

4.4.1. Environnement porteur

Dispositions institutionnelles

Les dispositifs de gouvernance existants sont souvent mal adaptés à la promotion de la planification et de la mise en œuvre de SfN. Comme les SfN transcendent souvent les limites sectorielles, géographiques et administratives, leur application nécessite généralement la collaboration d'un ensemble varié de décideurs publics et de praticiens (Bisello et al., 2019_[72]). Leur planification et leur mise en œuvre mettent en jeu des réglementations, des politiques publiques et des instruments qui ne relèvent pas d'un organisme ou d'une juridiction unique. Il s'agit plutôt d'un ensemble varié de mesures appliqué par de nombreux acteurs, dont les ministères de l'Environnement, les organismes nationaux chargés de la gestion des crues et des sécheresses, ceux chargés des travaux publics et des infrastructures, les opérateurs d'infrastructures et les autorités régionales et locales. Il faut y ajouter des acteurs non gouvernementaux (propriétaires fonciers, populations autochtones...), qui jouent également un rôle important dans le déploiement des SfN

(OECD, 2020^[11]). Par exemple, la création d'espaces verts pour atténuer le risque et les répercussions d'inondations peut nécessiter une coopération réunissant des organismes d'aménagement et des acteurs privés, ainsi que les autorités chargées du logement, de l'environnement et de la gestion de l'eau à différents niveaux de l'administration. Autrement dit, tout effort entrepris pour sensibiliser les acteurs ou renforcer les capacités techniques, ainsi que pour améliorer les politiques publiques et le cadre réglementaire applicables aux SfN suppose une approche intersectorielle associant plusieurs secteurs et échelons de l'administration. Or les différents acteurs concernés ont tendance à travailler de façon cloisonnée et à ne pas beaucoup collaborer et se coordonner (OECD, 2021^[71] ; OECD, 2023^[73] ; Nature Squared, 2021^[74]).

Pour que les SfN puissent monter en puissance, il est donc primordial de créer un cadre institutionnel qui permet et encourage la coordination, la coopération et l'échange de connaissances entre les différents organismes, secteurs et niveaux de l'administration (national, régional et local). La coordination entre les organismes publics est particulièrement importante pour favoriser les synergies entre les politiques publiques et les initiatives qui ont une influence sur les SfN, ainsi que pour gérer les éventuelles corrélations négatives entre elles (OECD, 2020^[11]) (OECD, 2021^[71]). En outre, le cadre institutionnel doit définir clairement les missions, les rôles et les responsabilités de chacun aux différents stades du cycle de vie des SfN, de la conception, de l'évaluation préalable et de l'approbation du projet à la construction, l'exploitation, la surveillance et l'entretien (OECD, 2023^[73]). Conjugée au partage de l'information, à la constitution de partenariats et aux échanges de bonnes pratiques, cette démarche peut faciliter la coordination tout en évitant l'inertie et les projets ou efforts qui font double emploi (OECD, 2020^[11]).

Il est essentiel de mettre en place des dispositifs de gouvernance pour que les acteurs non gouvernementaux eux aussi soient associés aux différentes phases des projets de SfN, de sorte qu'ils s'approprient ces projets et s'investissent dans leur réussite. Il peut s'agir, par exemple, de faire participer les propriétaires fonciers privés, qui peuvent contribuer au financement de la réalisation des SfN, et les citoyens, y compris les peuples autochtones et d'autres groupes sociaux, qui peuvent prendre part au processus de conception au côté des urbanistes (conception conjointe). Pour impliquer les acteurs non gouvernementaux, il faut souvent élaborer des outils et des mécanismes nouveaux, comme des processus de consultation publique, mais la démarche peut être porteuse d'avantages significatifs à toutes les étapes des projets de SfN, de la conception à la maintenance (OECD, 2020^[11]) (OECD, 2021^[71]) (OECD, 2023^[73]).

Action publique et planification à long terme

Les politiques publiques, y compris les stratégies à long terme, les feuilles de route et les stratégies sectorielles établies aux différents échelons de l'administration, jouent un rôle crucial dans le déploiement à plus grande échelle des SfN au service d'infrastructures résilientes face au climat. Conscientes du rôle des SfN dans le renforcement de la résilience climatique des infrastructures, de plus en plus d'autorités publiques définissent une vision stratégique à long terme pour ces solutions afin d'encourager les acteurs publics et privés à y recourir plus largement. C'est ainsi que la Commission européenne a lancé en 2013 une stratégie en matière d'infrastructure verte³, qui met en avant le potentiel de renforcement de la résilience climatique que recèlent les approches écosystémiques. Surtout, cette stratégie vise à créer un cadre propice à la mise en œuvre de l'infrastructure verte pour faire en sorte qu'elle devienne la norme en matière d'aménagement et de développement du territoire, y compris au niveau national (European Commission, 2013^[75]). La France s'est dotée de la Trame verte et bleue (TVB), qui participe de sa stratégie nationale de développement durable et favorise la résilience au changement climatique au travers d'une infrastructure naturelle. La prise en considération de la TVB dans l'aménagement du territoire et du paysage est obligatoire partout dans le pays (Office Français de la Biodiversité, 2022^[76]). Dans le même ordre d'idées, un cadre stratégique pour le développement d'infrastructures vertes a aussi été défini en Allemagne (BfN, 2017^[77]) et en Angleterre (Natural England, 2024^[78]).

Au-delà des stratégies qui visent spécifiquement leur déploiement à plus grande échelle dans le secteur des infrastructures, les SfN sont aussi de plus en plus souvent reconnues dans les politiques

infrastructurelles en général pour leur rôle dans le renforcement de la résilience climatique. Aux États-Unis, la loi bipartisane sur les infrastructures adoptée en 2022 prend acte du fait que ces solutions peuvent faire office d'infrastructures et aider à allonger la durée de vie utile et les performances globales des infrastructures grises (The White House, 2022^[4]). En complément de cette loi, la Maison Blanche a publié une feuille de route qui désigne cinq domaines stratégiques dans lesquels les SfN doivent être déployées à plus grande échelle (White House, 2022^[79]). De même, au Royaume-Uni, la Stratégie nationale en matière d'infrastructures reconnaît le rôle des SfN dans le renforcement de la résilience climatique (HM Treasury, 2020^[80]).

Alors que ces stratégies spécialisées établies au niveau national définissent des orientations générales pour faciliter le recours aux SfN à l'appui de la résilience climatique des infrastructures, il importe aussi de veiller à ce que ces orientations soient intégrées dans les principales politiques et activités environnementales. Vu leur importance pour le renforcement de la résilience climatique dans différents secteurs de l'économie, les stratégies d'adaptation sont des instruments clés pour promouvoir le recours aux SfN dans cette optique dans plusieurs secteurs, dont celui des infrastructures. Dans de nombreux pays de l'OCDE, ces solutions font désormais partie intégrante des plans nationaux d'adaptation (PNA). C'est ainsi que les PNA de l'Australie, du Canada, du Danemark et de la Norvège présentent les SfN comme un outil qui complète les infrastructures grises dans certains domaines, comme les zones humides et la végétalisation urbaine. Celui de l'Australie évoque également le rôle clé des SfN face aux submersions côtières et aux inondations fluviales et urbaines (OECD, 2020^[11]). Les stratégies en faveur de la biodiversité jouent elles aussi un rôle essentiel dans la promotion des SfN. Ces solutions sont d'ailleurs mentionnées dans les stratégies nationales pour la biodiversité de nombreux pays européens, dont l'Allemagne, l'Autriche, la Belgique, l'Espagne, la Finlande, la Grèce, la Hongrie, l'Italie, le Luxembourg et Malte. En outre, la stratégie à 2030 de l'UE en matière de biodiversité encourage tous les pays de l'Union à investir dans l'infrastructure verte et bleue, et à prendre systématiquement en compte les SfN et la santé des écosystèmes dans l'aménagement urbain (European Commission, s.d.^[5]).

Si les stratégies nationales générales en matière de climat et de biodiversité contribuent à promouvoir l'application des SfN, il faut aussi intégrer ces solutions dans d'autres politiques sectorielles qui influent sur les infrastructures – comme celles relatives aux transports, à la gestion de l'eau et à la réduction des risques de catastrophe – pour stimuler leur montée en puissance dans le contexte de la résilience climatique des infrastructures et leur application sur le terrain (OECD, 2021^[71]). Certains pays ont commencé à intégrer les SfN dans les politiques visant différents secteurs. Ainsi, ces solutions sont aujourd'hui mentionnées parmi les principales mesures stratégiques de protection du littoral aux États-Unis, au Mexique, en Nouvelle-Zélande et au Royaume-Uni (OECD, 2020^[11]). En Belgique et aux Pays-Bas, elles jouent un rôle central dans les plans de restauration des cours d'eau. En Italie, l'application de mesures de retenue naturelle est présentée dans le plan national stratégique prévu par la Politique agricole commune de l'UE comme une solution pour intégrer la nécessaire atténuation du risque hydrogéologique et la protection et la remise en état des écosystèmes et de la biodiversité. Les SfN sont aussi utilisées dans le domaine de l'eau, comme l'illustre entre autres la nouvelle stratégie de l'eau de l'Allemagne, qui reconnaît leur importance dans le développement des infrastructures hydrauliques (BMUV, 2021^[81]). Au niveau de l'UE, le Plan d'action sur le Cadre de Sendai pour la réduction des risques de catastrophe 2015-2030 encourage l'emploi de SfN pour réduire ces risques, tandis que le Programme urbain mentionne explicitement la promotion des SfN et de l'infrastructure verte en milieu urbain pour renforcer l'adaptation et la résilience au changement climatique (EEA, 2021^[19]). Malgré cette reconnaissance croissante des SfN dans les stratégies sectorielles, leur mise en œuvre reste lacunaire, ce qui tient en partie à des conflits avec d'autres objectifs de l'action publique. Ainsi, beaucoup de solutions fondées sur la nature sont consommatrices de foncier alors que la concurrence pour l'accès aux terres est souvent vive, surtout dans les zones urbaines et périurbaines. De nouveaux travaux sont donc nécessaires afin de comprendre les arbitrages et les synergies entre différents objectifs publics et d'apporter des éclairages utiles pour définir des garde-fous permettant d'éviter que les SfN aient des conséquences indésirables (OECD, 2021^[71] ; OECD, 2020^[11]). Enfin, au-delà de ces stratégies nationales qui consacrent les SfN comme un moyen de

renforcement de la résilience climatique, il faut reconnaître l'importance des stratégies infranationales pour garantir une prise en compte systématique de ces solutions à tous les échelons de l'administration (Chapitre 6).

Les solutions fondées sur la nature sont reconnues par un nombre croissant de collectivités territoriales. Ainsi, dans la capitale de la Hongrie, leur application est favorisée par le plan d'action pour le développement et l'entretien des infrastructures vertes (Plan *Dezső Radó*) de la ville de Budapest (City of Budapest, 2021^[82]) (OECD, 2023^[13]). De même, la ville de Leicester (Royaume-Uni) s'est dotée d'une stratégie en matière d'infrastructures vertes (2015-25) qui facilite le recours aux SfN pour améliorer la résilience aux effets du changement climatique (Leicester City Council, 2015^[83]).

Cadre réglementaire

Les cadres réglementaires régissant l'aménagement du territoire, l'occupation des sols, l'approvisionnement en eau, la construction et les bâtiments peuvent jouer un rôle essentiel en ouvrant des perspectives d'application des SfN et en promouvant leur mise en œuvre sur le terrain (OECD, 2020^[1]). Ainsi, l'aménagement du territoire détermine la façon d'envisager la construction de logements et d'infrastructures et la préservation des terres, et par voie de conséquence la place que les SfN peuvent et devraient y occuper. De même, les règles de construction sont des prescriptions légales qui encadrent les matériaux et la conception des bâtiments, et qui peuvent donc créer de nouvelles possibilités d'application des SfN. Les pays qui ont réformé récemment leurs règles de construction ou sont en train de le faire ont commencé à promouvoir le recours aux SfN, pour certains en rendant obligatoires une végétalisation minimum des bâtiments neufs ou de leurs abords et l'utilisation de matériaux perméables pour les allées afin d'accroître les capacités d'absorption et de retenue de l'eau (OECD, 2021^[71]).

Comme on l'a déjà mentionné, les règles et les normes techniques existantes ont été le plus souvent élaborées dans un contexte où les infrastructures grises étaient considérées comme la principale, voire la seule solution disponible et réalisable, ce qui a entraîné un parti-pris systématique des administrations nationales, des collectivités locales et des acteurs privés en faveur de ces infrastructures qui perdure. Pour faire monter en puissance les SfN, il est donc nécessaire de réformer les cadres et les prescriptions réglementaires en vigueur afin de les adapter à ces solutions ou même de faire de celles-ci l'option par défaut. En Norvège, par exemple, l'État a défini des lignes directrices pour la planification de l'adaptation qui encouragent les collectivités territoriales à recourir aux SfN dans le cadre des processus d'aménagement de l'espace et de planification générale. Depuis 2018, les comtés et les communes sont tenus d'envisager d'abord des SfN dans la planification, et ensuite seulement d'autres solutions comme les infrastructures grises. Si une autre solution est finalement retenue, cette décision doit être justifiée devant l'administration nationale (OECD, 2021^[71] ; Norwegian Ministry of Local Government and Rural Affairs, 2018^[84]). Dans le même ordre d'idées, la loi sur la protection du rivage vivant (*Living Shoreline Protection Act*) adoptée en 2008 par l'État du Maryland (États-Unis) établit une hiérarchie des mesures pour préserver le milieu naturel et autorise la mise en place d'infrastructures grises dans des cas particuliers seulement (State of Maryland, 2008^[85]).

Certains pays ont commencé à moderniser leurs règlements et normes techniques pour permettre le recours aux SfN. Ainsi, aux États-Unis, le Corps des ingénieurs de l'armée a rationalisé la procédure d'autorisation de la technique des rivages vivants afin d'encourager son utilisation et de supprimer l'avantage comparatif dont bénéficient les infrastructures matérielles du fait des délais d'autorisation plus courts (OECD, 2020^[1]). En outre, la norme fédérale de gestion des risques d'inondation des États-Unis, instituée par le décret présidentiel 13690 de 2021, oblige les organismes fédéraux à modifier les mesures relatives aux plaines d'inondation afin qu'elles tiennent compte des SfN. (The White House, 2022^[86]) Au Royaume-Uni, le Pays de Galles exige que tous les bâtiments neufs de plus de 100 m² soient équipés de systèmes de drainage durables (SuDS) – bassins d'infiltration, arbres urbains, toitures et autres surfaces végétalisées... – pour faciliter la filtration de l'eau en cas de fortes précipitations. Les SuDS doivent être conformes à la norme les concernant et être évalués par l'organe chargé de les approuver au sein de la

collectivité locale avant le début des travaux de construction (Welsh Government, 2019^[87]). Toujours au Royaume-Uni, l'Angleterre a rendu les SuDS obligatoires pour tous les projets de construction de dix logements ou plus, et la possibilité d'étendre cette obligation à l'ensemble des bâtiments d'habitation neufs est envisagée (Defra, 2023^[88]). En Suisse, la ville de Bâle exige l'aménagement de toits végétalisés sur l'ensemble des bâtiments neufs et rénovés depuis une modification apportée en 2002 aux règles de construction. Celles-ci imposent notamment l'emploi de sols régionaux et d'un mélange d'espèces indigènes pour végétaliser les toits, ainsi que la consultation des experts de la ville pour les toits de plus de 1 000 m². Grâce à ces dispositions, la superficie de toitures végétales par habitant à Bâle est aujourd'hui l'une des plus élevées au monde (Somarakis, Stagakis et Chrysoulakis, 2019^[89]). En 2009, Toronto (Canada) a été la première ville d'Amérique du Nord à se doter d'un règlement spécifique qui exige la végétalisation du toit de toute nouvelle construction de plus de 2 000 m² (City of Toronto, 2009^[90]). Les toits végétalisés ont aussi gagné du terrain aux États-Unis, où New York et San Francisco les ont rendus obligatoires pour certaines constructions et où la ville de Washington les encourage au travers de son règlement sur la gestion des eaux pluviales (New York City, s.d.^[91] ; San Francisco, 2017^[92] ; DC.Gov, 2019^[93]). En Allemagne, enfin, près de la moitié des communes prescrivent dans leur plan d'occupation des sols la végétalisation des toitures dans les nouveaux quartiers (van der Jagt et al., 2020^[94]).

Malgré ces exemples positifs, il reste des difficultés à surmonter pour assurer que les cadres réglementaires permettent et encouragent le déploiement des SfN à plus grande échelle. Ces cadres, qui recouvrent notamment la planification de l'occupation des sols, la délivrance des autorisations et les normes de sécurité et de performance, sont souvent excessivement complexes et obligent à mobiliser beaucoup de ressources et à supporter des coûts de transaction élevés pour s'y retrouver.

4.4.2. Promotion des SfN au niveau des projets

Pour assurer un recours plus systématique, plus fréquent et à plus grande échelle aux SfN dans le cadre de la planification et de la conception des infrastructures, il faut que le processus de décision relatif aux investissements infrastructurels publics tienne compte de ces solutions, notamment aux stades de la conception, de l'évaluation préalable, des marchés publics et de la sélection.

Promouvoir le recours aux SfN dans la conception, l'évaluation préalable et la sélection des projets

La préparation des projets, en particulier les phases de conception et d'évaluation préalable, consiste entre autres à apprécier les avantages et les coûts. Pour que les SfN et les solutions grises soient placées sur un pied d'égalité lors de l'examen préalable, il est primordial que des orientations soient définies à cet effet. Il est traditionnellement difficile de quantifier les avantages économiques des SfN, surtout au niveau des projets, ce qui a souvent fait obstacle à leur application. Les outils et approches d'évaluation classiques, à commencer par l'analyse coûts-avantages (ACA), ignorent aussi bien les retombées bénéfiques des SfN sur les plans social, environnemental et économique que la valeur de la nature et le coût de sa destruction, de sorte qu'elles conduisent fréquemment à préférer les solutions grises à celles fondées sur la nature (IISD, 2021^[25]). Souvent, ces méthodes d'évaluation ne tiennent pas compte d'autres particularités des SfN, dont le fait qu'il faut plus de temps pour que leurs avantages se matérialisent, et omettent ainsi de prendre en considération (l'ensemble de) leurs avantages (Kuhl et Boyle, 2021^[95]). Qui plus est, elles ignorent régulièrement le changement climatique en ce qu'elles ne prennent pas pleinement en compte les avantages que peuvent procurer les SfN à mesure que le climat change (et accroît les besoins de rafraîchissement des villes ou de réduction du ruissellement des eaux pluviales, par exemple), ni le fait que les conditions d'exploitation et l'efficacité comparée des solutions grises et fondées sur la nature peuvent évoluer (Kuhl et Boyle, 2021^[95]).

De nouvelles méthodes peuvent être associées ou se substituer aux outils classiques d'évaluation préalable pour garantir une analyse plus complète et la production d'indicateurs capables de rendre compte des avantages sociaux, environnementaux et économiques connexes des SfN, ainsi que de leurs bénéfices sur le plan du renforcement de la résilience climatique. Cette démarche est possible dans le

cadre de la procédure existante d'évaluation de l'impact sur l'environnement (EIE), dont les résultats peuvent également servir à éclairer le processus d'évaluation préalable, ACA comprise. En outre, une ACA menée pour comparer différentes solutions envisageables peut être complétée par une analyse multicritères (AMC), qui compare ces solutions à l'aune de critères à la fois quantitatifs et qualitatifs. Cela permet une comparaison plus juste lorsque certains projets possibles ne sont peut-être pas très avantageux sur le plan financier, mais sont porteurs d'avantages pour la nature et sur le plan social (OECD, 2023^[96] ; Department for Levelling up, Housing and Communities, 2009^[97]).

Des efforts sont menés pour surmonter le problème persistant de sous-évaluation des SfN dans les analyses coûts-avantages. Aux États-Unis, par exemple, le Bureau de la gestion publique et du budget (OMB) réexamine les orientations centrales relatives aux ACA afin que les organismes fédéraux puissent mieux prendre en considération les SfN dans leurs décisions de réglementation et de financement (The White House, 2022^[86]). En outre, une stratégie nationale pour une comptabilité du capital naturel est en cours d'élaboration aux États-Unis, dans le but de permettre le suivi des bénéfices économiques de l'investissement dans les SfN (The White House, 2022^[86]). De même, les Pays-Bas ont élaboré en 2009 une méthode de points biodiversité, qui assure une mesure quantitative et qualitative uniformisée des services écosystémiques et de la biodiversité, ainsi que de leur modification sous l'effet d'un projet. Son utilisation est préconisée dans les orientations nationales relatives à l'ACA, et les calculs font intervenir des scénarios climatiques afin que l'évolution des effets du changement climatique entre en ligne de compte (Bos et Ruijs, 2019^[98]).

En outre, un certain nombre de méthodologies permettant de mieux tenir compte des avantages économiques des SfN sont apparues. C'est le cas de la méthodologie d'évaluation des actifs durables (SAVi) de l'Institut international du développement durable (IISD), par exemple, qui offre aux investisseurs et aux décideurs publics un cadre pour intégrer le coût des risques et externalités économiques, sociaux et environnementaux sur la durée de vie d'un projet, y compris de risques ignorés des méthodes d'évaluation classiques (comme celui de voir des pénuries d'eau grever l'attractivité d'une station d'épuration dans une dizaine d'années, par exemple) (IISD, 2023^[99]). Ces dernières années, ces méthodologies ont démontré dans plusieurs cas que les avantages des SfN l'emportaient sur leurs coûts de planification et de mise en œuvre dans toute une série de contextes. Des études ont ainsi montré que dans le cas de la préservation de mangroves pour protéger le littoral, les avantages étaient cinq fois supérieurs aux coûts (World Bank et IBRD, 2023^[40]). Dans le même ordre d'idées, il est apparu que la plantation d'arbres dans les rues de Tshwane (Afrique du Sud) apportait des avantages plus de 30 fois supérieurs aux coûts grâce au rafraîchissement de la ville et à la réduction du ruissellement des eaux pluviales (WWF, 2021^[67]) (Tableau 4.1).

Tableau 4.1. Exemples de situations où le bon rapport coût-efficacité des SfN par rapport aux solutions grises a été démontré par des méthodes d'évaluation alternatives

Lieu	SfN	Solution grise	Problème ciblé	Description
Aarhus (Danemark)	Étang de retenue	Bassin fermé	Fortes précipitations	Il est apparu que pour atténuer les pressions sur le réseau d'égouts, il revenait quasiment onze fois moins cher de créer un étang de retenue qu'un bassin fermé. La durée de vie utile estimée était la même dans les deux cas, mais le coût d'entretien annuel était 4.6 fois inférieur dans celui de la SfN (Network Nature, s.d. ^[100]).
São Paulo (Brésil)	Restauration forestière	Dragage des réservoirs	Détérioration de la qualité de l'eau	L'évaluation a montré que, pour améliorer la qualité de l'eau pour les 22 millions d'habitants de la ville, restaurer 4 000 hectares de forêts afin de réduire la sédimentation faisait économiser 4.5 millions USD par rapport à la solution consistant à draguer les réservoirs d'eau, tout en procurant un avantage net de 69 millions USD sur trente ans (GCA, 2019 ^[101]) (Ozment et al., 2018 ^[102]).

Lieu	SfN	Solution grise	Problème ciblé	Description
Bassin du fleuve Brantas (Indonésie)	Mesures de remise en état des terres (agroforesterie, plantations de bambou ripicoles et puits d'absorption)	Réservoir d'eau	Inondations, érosion et détérioration de la qualité de l'eau	Les mesures de remise en état des terres se sont révélées une solution plus efficace et économe que la construction d'un réservoir pour répondre aux pénuries d'eau et assurer l'approvisionnement en eau des particuliers et des entreprises. En outre, on estime que sur les vingt prochaines années, ces SfN procureront des avantages nets d'une valeur comprise entre 104 et 131 millions USD, grâce aux inondations et à l'érosion évitées, au stockage du carbone, à l'amélioration de la qualité de l'eau, à la production de bambou et à la création d'emplois (IISD, 2022 ^[103]) (Bassi et al., 2021 ^[104]).
Quartier de Paterson Park à Johannesburg (Afrique du Sud)	Renaturation d'un cours d'eau	Ponceau en béton	Inondations et pénurie d'eau	Il a été estimé qu'une solution pleinement naturelle (la renaturation complète d'un cours d'eau) permettrait d'éviter un préjudice lié aux inondations de 10.6 millions USD sur 40 ans, contre 9.4 millions USD pour la solution hybride associant la SfN et un ponceau en béton. En plus, la SfN seule permettrait d'augmenter l'approvisionnement en eau grâce à une meilleure perméabilité du sol, soit un avantage d'une valeur d'environ 3 millions USD sur plus de 40 ans pour la ville (IISD, 2022 ^[103]) (Wuennenberg, Bassi et Pallaske. G., 2021 ^[105]).

Source : (Bassi et al., 2021^[104]), (GCA, 2019^[101]), (IISD, 2022^[103]), (Network Nature, s.d.^[100]), (Ozment et al., 2018^[102]), (Wuennenberg, Bassi et Pallaske. G., 2021^[105]).

La sélection et la hiérarchisation des projets offrent d'autres possibilités de faire prévaloir les SfN dans les projets d'infrastructure, mais cela suppose de définir au préalable des indicateurs et/ou des objectifs spécifiques pour ces solutions. Pour chaque projet, il convient ensuite de clarifier en quoi il contribue à ces indicateurs et objectifs ou les influence. À titre d'exemple, l'Agence européenne pour l'environnement (AEE) a mis au point un ensemble d'indicateurs mesurant la part des espaces verts dans les villes et leur distribution aux fins des projets d'infrastructures urbaines (European Environment Agency (EEA), 2021^[106]).

Commande et réalisation de SfN

Les marchés publics représentent un autre instrument de réglementation que les pouvoirs publics peuvent mettre à profit pour promouvoir les SfN au niveau des projets (OECD, 2020^[1]). L'écologisation des marchés publics menée dans un certain nombre de pays (European Commission, 2008^[107]) a abouti à l'instauration de prescriptions techniques et à l'inclusion de clauses dans les contrats qui encouragent le recours aux SfN, par exemple en imposant l'utilisation de certains matériaux de construction ou d'espèces végétales indigènes, et qui peuvent ainsi permettre aux bâtiments ou espaces publics de procurer des avantages sur le plan environnemental et en termes de maîtrise des inondations et des sécheresses (European Commission, 2008^[107]).

4.4.3. Financement des SfN

À l'heure actuelle, il existe un déficit notable d'investissement dans les SfN (chapitres 1 et 3). Même si on manque de données chiffrées sur cet investissement dans le secteur des infrastructures résilientes face au climat, les dépenses consacrées aux SfN au niveau mondial sont estimées à environ 154 millions USD par an seulement. Cela représente moins de la moitié des 384 millions USD par an en 2025 et un tiers des 484 millions USD par an en 2030 qui seraient nécessaires pour contenir le réchauffement planétaire en dessous de 1.5 °C et pour enrayer le recul de la biodiversité et la dégradation des terres (UNEP, 2022^[108]). L'ampleur du déficit de financement des SfN dans le secteur des infrastructures est illustrée par le fait que seul 0.3 % du financement total destiné aux infrastructures urbaines concerne des solutions fondées sur la nature d'après les estimations (World Economic Forum, 2022^[109]).

En plus d'être globalement insuffisants, les financements destinés aux SfN proviennent traditionnellement en grande majorité de sources dispersées, de sorte que les acteurs doivent gérer une mosaïque d'options au moment de planifier et de réaliser des projets de SfN au service d'infrastructures résilientes face au climat. Cet aspect a été souligné par l'OCDE dans des analyses menées en Hongrie, au Royaume-Uni et au Mexique (OECD, 2021^[71]) (OECD, 2023^[13]). Au Royaume-Uni, par exemple, plusieurs fonds offrent des possibilités de financement de SfN (dont le dispositif post-COVID-19 qui prévoit 200 millions GBP pour la construction de systèmes de drainage durables et de zones de stockage de l'eau (Defra, 2020^[110])), mais le financement global des mesures de SfN fait toujours intervenir des sources dispersées (OECD, 2021^[71]). En outre, les projets actuels de SfN sont généralement menés à petite échelle. Sur les 1 364 projets de SfN étudiés au Royaume-Uni et dans l'Union européenne, 72 % portaient sur une superficie inférieure à 1 km². L'investissement global était de moins de 10 millions EUR dans 81 % d'entre eux, et 44 % étaient dotés d'un budget total inférieur à 1 million EUR (EIB, 2023^[54]). L'investissement typique dans un projet de SfN au sein de l'UE est de moins de 2 millions EUR, et la plupart des projets sont financés par plusieurs sources (EIB, 2023^[54]).

Pour remédier à cette situation, certains pays ont plus récemment commencé à investir davantage dans des SfN au service d'infrastructures résilientes face au changement climatique, dans le cadre d'initiatives autonomes ou de programmes généraux. Entre 2015 et 2018, le Pérou a investi 300 millions USD dans 209 solutions fondées sur la nature à la faveur de projets d'investissement public relevant du programme *invierte.pe*. Il s'agissait ainsi d'encourager le recours aux SfN pour compléter, sauvegarder ou remplacer des infrastructures grises qui renforcent la résilience au changement climatique (OECD, 2020^[111]). En 2022, l'Allemagne a débloqué 4 milliards EUR pour soutenir les SfN dans le cadre de son Plan d'action fédéral pour des solutions fondées sur la nature en faveur du climat et de la biodiversité (BMUV, 2022^[10]), dont une partie encourage des synergies dans le but de stimuler l'application de SfN au service de la résilience climatique. Aux États-Unis, les autorités ont alloué 8.7 milliards USD au renforcement de la résilience des réseaux de transport au changement climatique, y compris à l'aide de SfN, et 8.6 milliards USD à la remise en état et à la conservation des habitats côtiers qui contribuent à protéger les populations en cas de tempête (The White House, 2022^[4]). Par ailleurs, dans le cadre de la présidence brésilienne du G20, le Groupe de travail du G20 sur la finance durable travaille actuellement sur les moyens d'accroître le financement des SfN pour améliorer la résilience climatique (G20 Brasil 2024, 2024^[112]). Malgré ces enveloppes consacrées aux SfN depuis quelques années, de nouvelles sources de financement dédiées seront nécessaires pour concrétiser pleinement le potentiel des SfN en matière de renforcement de la résilience climatique des infrastructures.

Options de financement

Il existe plusieurs options de financement des solutions fondées sur la nature (chapitre 3), qui sont résumées dans le Tableau 4.2. On peut par exemple faire appel à des financements publics – subventions, taxes ou allègements fiscaux – ou faire intervenir le secteur privé pour financer des SfN en partie ou en totalité, par le biais d'obligations vertes, de prêts, de paiements pour services écosystémiques, etc. De fait, en plus de nouvelles hausses des financements publics, la montée en puissance des investissements privés dans les SfN présente un potentiel considérable. Globalement, ces investissements ne représentent que 17 % environ du financement des SfN, et les 83 % restants proviennent en grande partie de sources publiques, d'après les estimations mondiales du PNUE (UNEP, 2022^[108]). Les investissements privés dans les SfN ont certes commencé à augmenter récemment (hausse de 2.3 milliards USD en 2022 par rapport à l'année précédente (UNEP, 2022^[108])), mais il reste des possibilités encore inexploitées de faire progresser les financements privés pour assurer la résilience climatique des infrastructures par les SfN. D'après une récente étude de près de 1 400 projets de SfN menée dans l'UE et au Royaume-Uni, seuls 3 % des projets étaient financés pour plus de moitié par des fonds privés (EIB, 2023^[54]).

Tableau 4.2. Options de financement des SfN destinées à renforcer la résilience climatique dans le secteur des infrastructures

Option	Description	Exemple
Subventions	Les subventions réduisent le coût de départ et sont un moyen couramment employé pour encourager la mise en œuvre de SfN dans le domaine des infrastructures.	En Allemagne, les villes de Francfort, Hambourg et Stuttgart subventionnent l'installation de toitures végétales dont la couche de substrat a une épaisseur d'au moins 8 à 12 cm. En moyenne, les subventions accordées à ce titre dans 8 villes d'Allemagne sont supérieures à 40 EUR/m ² .
Taxes	Des taxes ou majorations spéciales peuvent être appliquées pour financer les projets d'infrastructures résilientes face au changement climatique.	Dans la région de la baie de San Francisco, une taxe foncière spéciale de 12 USD par an et par terrain imposable a été instaurée (après avoir été approuvée par les habitants par référendum) pour financer la restauration des zones humides locales.
Allègements fiscaux	Le recours aux SfN peut être encouragé par des allègements des impôts fonciers, de la redevance de gestion des eaux pluviales, etc.	À Mexico, l'installation d'un toit végétalisé donne droit à une réduction de la taxe foncière qui varie entre 10 % et 25 % en fonction du type de toiture. À Hanovre et à Hambourg (Allemagne), les propriétaires qui optent pour ce genre de toit voient le montant de leur redevance de gestion des eaux pluviales allégé de respectivement 50 % et 70 %.
Obligations vertes	Les obligations vertes sont des instruments de dette qui sont réservés au financement de projets porteurs d'avantages environnementaux. Elles peuvent aider à lever rapidement des fonds pour financer des investissements dans des infrastructures résilientes face au climat auprès d'investisseurs multiples, et donnent lieu à un remboursement graduel.	Les Pays-Bas ont émis pour plus de 6 millions EUR d'obligations vertes afin de financer le projet « Plus d'espace pour les cours d'eau ».
Assurances	Les actifs naturels (récifs de corail, dunes, etc.) peuvent être protégés par des produits d'assurance paramétrique (qui jouent lorsque survient un événement défini).	À Hawaïi, où les récifs de corail protègent les populations côtières, un tel produit d'assurance a été mis en place pour garantir la disponibilité de fonds pour la restauration des récifs dans l'éventualité où les vents dépassent 57 milles par heure (92 km/h environ).
Remises sur les primes d'assurance au titre de la réduction des risques	Le secteur de l'assurance peut encourager l'application de SfN en accordant des remises sur les primes.	Aux États-Unis, l'Agence fédérale des situations d'urgence a incorporé dans son programme national d'assurance contre les inondations un système de notation, grâce auquel les habitants des localités qui réduisent le risque d'inondation en restaurant ou en préservant des zones humides, des espaces verts ou des éléments naturels du paysage bénéficient d'une remise comprise entre 5 % et 45 % sur leur prime d'assurance inondation.
Dons	Des dons publics ou des donations privées peuvent financer des projets de SfN répondant à des objectifs particuliers, qui sont généralement choisis à l'issue d'un processus de mise en concurrence.	Aux États-Unis, dans l'État du Massachusetts, les localités côtières peuvent demander le financement de SfN au titre du Programme de dons pour la résilience côtière du Bureau de gestion des zones côtières. Les projets ainsi financés en 2023 portaient notamment sur la restauration de dunes et de marais salés pour améliorer la résilience aux tempêtes.
Prêts	Les prêts peuvent être accordés aux conditions du marché par des établissements privés, à des conditions de faveur par des banques de financement du développement, des collectivités locales ou l'administration nationale, ainsi que sous la forme de prêts subventionnés.	Créé en 2015 par la Banque européenne d'investissement et la Commission européenne, le Mécanisme de financement du capital naturel (NCFF) a accordé jusqu'en 2022 des prêts d'un montant de 1 à 15 millions EUR pour financer des SfN en lien avec des bâtiments publics (toits végétalisés, jardins de pluie, etc.) et l'infrastructure verte et bleue. De même, aux États-Unis, l'État du Connecticut mène un programme qui permet l'octroi de prêts à faible taux d'intérêt pouvant atteindre 300 000 USD pour aider les propriétaires de maisons situées en zone inondable à financer des travaux de renforcement de la résilience. Les emprunteurs doivent respecter

Option	Description	Exemple
		certaines critères de résilience (élever la maison de 30 cm au-dessus du niveau de la crue cinq-centennale, par exemple).
Paiements pour services écosystémiques (PSE)	Les PSE comprennent différents outils (en lien avec la gestion durable des forêts, par exemple). Ils peuvent prendre la forme de paiements publics ou privés directs ou d'incitations fiscales (taux d'imposition préférentiels appliqués aux fournisseurs de services écosystémiques), ou faire appel à d'autres mécanismes originaux.	Au Costa Rica, afin de réduire l'envasement de la centrale hydroélectrique sur le fleuve Reventazón et de protéger la biodiversité, des PSE ont été accordés à des agriculteurs au titre de la protection et du reboisement des zones à l'intérieur du bassin et de l'application de mesures agroforestières particulières contribuant à lutter contre l'érosion et servant des objectifs environnementaux.

Source : (Adaptation Clearing House, 2013^[113]), (EIB, 2023^[54]), (EIB, s.d.^[114]), (EIB, 2023^[54]) (Green Finance Platform, s.d.^[115]), (IHA, 2017^[116]), (Liberalesso et al., 2020^[64]) (Massachusetts Government, 2023^[117]), (Massachusetts Government, s.d.^[118]), (NOAA, 2021^[119]), (Thronson, 2017^[120]), (TNC, 2022^[121]), (The Nature Conservancy, 2019^[122]), (UNEP, 2022^[33]), (World Economic Forum, 2019^[123]).

4.4.4. Capacités de conception, de réalisation et d'entretien de SfN

Malgré la demande croissante de SfN, leur application continue de se heurter à des déficits de compétences et de moyens. C'est pourquoi il importe de renforcer l'information et les capacités de conception, de réalisation et d'entretien pour permettre le déploiement des SfN à plus grande échelle. La constitution de bases de données de bonnes pratiques, de réseaux d'entraide et de plateformes de renforcement des capacités peut aider les porteurs de nouveaux projets à s'inspirer de ceux qui existent. L'UE propose de telles plateformes aux professionnels des SfN au travers de plusieurs initiatives financées via LIFE, Horizon 2020, Interreg et d'autres instruments de financement (OECD, 2023^[13]) (Encadré 4.1). Ces plateformes sont complétées dans beaucoup de pays par des initiatives nationales. Aux Pays-Bas, l'Atlas du capital naturel est un recueil des actifs naturels qui couvre également les solutions infrastructurelles faisant appel à des SfN (Atlas Natural Capital, s.d.^[124]). En France, le ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires a créé un site web consacré aux NfS, où l'on trouve notamment des études de cas sur la résilience des infrastructures au changement climatique et les SfN (Ministry of Ecological Transition, 2023^[125]). De même, l'Agence pour la protection de l'environnement de la Suède a réuni sur un site web des outils et informations utiles pour appuyer le recours aux SfN (et spécifiquement aux infrastructures vertes) au service de la résilience climatique des infrastructures (Naturvårdsverket, s.d.^[126]).

Encadré 4.1. Plateformes financées par l'UE pour favoriser les SfN au service d'infrastructures résilientes face au climat

Élaboré dans le cadre du projet Naturvation financé par le programme Horizon 2020 de l'UE, l'Urban Nature Atlas propose un recueil de plus d'un millier de projets de SfN réalisés dans les villes d'Europe et d'ailleurs, dont beaucoup apportent des réponses à des problèmes d'infrastructure. Sa fonction d'« analyse » aide à mieux comprendre les projets de SfN grâce à des comparaisons (impact économique, social et environnemental, démarche à privilégier, échelle, financement, gouvernance, etc.) (UNA, 2023^[127]) (UNA, 2023^[128]). Dans le même ordre d'idées, le programme Horizon 2020 finance également Nature4Cities, qui est une plateforme de partage de projets de SfN, y compris de projets axés sur la résilience climatique des infrastructures. En plus d'une base de données sur les projets, cette plateforme offre un espace où les professionnels des SfN peuvent entrer en relation pour discuter de problèmes communs, ainsi que des outils en lien avec le développement de projets destinés aux experts en SfN et aux communes (concernant l'EIE, l'évaluation socioéconomique, la sélection des

projets, les modèles de réalisation, etc.) (Nature4Cities, 2017^[129]). Pour sa part, le projet Network Nature centralise les connaissances, l'expérience et les outils issus de plus d'une trentaine de projets Horizon 2020, y ajoutant les résultats des travaux scientifiques les plus récents, et il donne lieu à l'organisation de réunions de renforcement des capacités et permet aux professionnels actifs dans le domaine des SfN de tisser des relations (NetworkNature, 2023^[130]). Il est rattaché à la plateforme OPPLA de l'UE, qui permet de publier, d'obtenir et de créer des connaissances sur les SfN, et qui offre des possibilités de discussion et d'entraide aux professionnels actifs dans le domaine des SfN (OPPLA, 2023^[131]). La plateforme Climate-ADAPT de l'Agence européenne pour l'environnement (AEE) présente des projets axés sur l'adaptation, avec notamment plusieurs études de cas détaillées sur le renforcement de la résilience des infrastructures (EEA, s.d.^[132]). Enfin, la plateforme sur les mesures naturelles de retenue de l'eau de la Direction générale de l'Environnement de la Commission européenne propose une série de solutions, d'orientations pratiques et d'études de cas consacrées au développement de l'infrastructure verte fondée sur la nature, qui portent spécifiquement sur le secteur de l'eau.

Source : (EEA, s.d.^[132]), (Nature4Cities, 2017^[129]), (NetworkNature, 2023^[130]), (OPPLA, 2023^[131]), (UNA, 2023^[127]), (UNA, 2023^[128])

Les lignes directrices ont également un rôle important à jouer dans la mise en œuvre de SfN. Aux États-Unis, pour faciliter le déploiement à plus grande échelle de ces solutions, l'administration fédérale a publié un guide de ressources sur les solutions fondées sur la nature qui réunit 30 exemples de SfN au niveau fédéral, dont certaines consacrées à la résilience climatique des infrastructures, ainsi que d'autres outils et documents d'orientation (The White House, 2022^[133]). De même, l'Administration nationale des océans et de l'atmosphère des États-Unis (NOAA) a publié plusieurs lignes directrices pour la planification et l'application de SfN au service d'infrastructures résilientes face au changement climatique. Cela comprend des lignes directrices sur l'analyse coûts-avantages pour évaluer les SfN à l'aune d'aléas climatiques particuliers, la modification de la réglementation foncière, les options de financement, etc. (NOAA, s.d.^[134]). En outre, l'Agence pour la protection de l'environnement des États-Unis a établi des lignes directrices pour faciliter la planification, la conception, l'exploitation et l'entretien des SfN destinées à renforcer la résilience climatique dans le secteur des infrastructures (EPA, 2023^[135]). L'Institut international du développement durable (IISD), organisation à but non lucratif, a créé la plateforme du Centre de ressources mondial pour les infrastructures fondées sur la nature. On y trouve des exemples d'évaluations d'actifs issus d'études de cas consacrées à des projets de SfN, qui donnent des arguments économiques en faveur de ces solutions et illustrent leurs avantages (Nature-Based Infrastructure Global Resource Centre, s.d.^[136]).

En outre, il importe que les professionnels qui travaillent sur les SfN dans le cadre du processus de planification, de conception et de réalisation possèdent les connaissances idoines pour que les projets donnent de bons résultats, d'autant que la gestion des SfN dans les infrastructures ne met pas forcément en jeu les mêmes compétences que celle des solutions grises. Ces professionnels comprennent les ingénieurs qui planifient l'intervention des SfN, les décideurs qui approuvent les projets et les travailleurs qui s'occupent de leur entretien au quotidien. Parmi les connaissances spécialisées qu'ils doivent posséder, on peut citer la compréhension des milieux écologiques et socioéconomiques avec lesquels interagissent les SfN dans différents scénarios climatiques, ainsi que de l'interdépendance entre les SfN et les infrastructures grises existantes ou planifiées. À titre d'exemple, il peut arriver que les arbres plantés pour protéger un bassin versant des effets de pluies diluviennes de plus en plus fréquentes soient victimes de maladies ou de parasites. Il s'agit là d'incertitudes et de risques qui peuvent exiger des approches différentes de celles employées traditionnellement pour évaluer les solutions grises, la mise en œuvre de compétences et de connaissances différentes par les personnes chargées de les gérer et des mesures

différentes pour y répondre efficacement (Browder et al., 2019^[137]), comme la plantation d'un mélange d'essences pour que l'ensemble soit moins vulnérable aux parasites.

Conscients de la nécessité de former et de conseiller les professionnels qui travaillent sur les SfN, plusieurs pays et entités à but non lucratif ont lancé des activités à cette fin. En Allemagne, pour aider les autorités locales, les associations et les autres acteurs concernés à renforcer leurs connaissances en matière de planification, de conception et d'entretien des SfN, le ministère fédéral de l'Environnement (BMUV) et l'Agence fédérale pour la protection de la nature (BfN) ont ouvert en 2023 un centre de compétences dédié (*Kompetenzzentrum Natürlicher Klimaschutz*, KNK) dans le cadre du Programme d'action pour les solutions fondées sur la nature au service du climat et de la biodiversité (ANK). Ce centre prodigue des conseils au sujet des projets de SfN et des possibilités de financement, permet de constituer des réseaux d'entraide et organise des formations sur les SfN (*Kompetenzzentrum Natürlicher Klimaschutz*, 2023^[138]). Par ailleurs, l'Institut international du développement durable (IISD) a créé le Centre de ressources mondial pour les infrastructures fondées sur la nature, qui offre aux responsables de la planification des infrastructures, aux décideurs publics et aux investisseurs des cours de formation gratuits sur les SfN dans le contexte des infrastructures (Nature-Based Infrastructure Global Resource Centre, s.d.^[136]), et l'Administration nationale des océans et de l'atmosphère des États-Unis (NOAA) propose plusieurs cours destinés aux aménageurs et aux gestionnaires des zones côtières sur l'emploi de SfN pour gérer les risques climatiques dans ces zones (NOAA, 2023^[139]). Pour sa part, l'Académie de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) a choisi de s'adresser à un plus large public en organisant des formations qui peuvent permettre à des participants issus de tous les secteurs d'obtenir un certificat professionnel en SfN (IUCN, s.d.^[140]). En outre, le Centre de compétences allemand pour les marchés publics innovants et le Global Center on Adaptation proposent des cours de formation ciblés qui portent respectivement sur la commande publique de SfN et sur les partenariats public-privé (Mačiulytė et Durieux, 2020^[141]) (Global Center on Adaptation (GCA), 2021^[142]) (Global Center on Adaptation (GCA), 2021^[142]). Pour autant, ces exemples ne doivent pas faire oublier que dans plusieurs pays, il n'existe toujours pas d'initiatives ciblées de ce type pour favoriser le déploiement des SfN à plus grande échelle (OECD, 2023^[13]).

4.4.5. Suivi et évaluation

Le suivi et l'évaluation sont importants pour s'assurer que les SfN remplissent les fonctions qui leur ont été assignées. Comme ces solutions font intervenir des écosystèmes dynamiques, les projets qui s'appuient sur elles n'atteignent pas nécessairement tous leurs objectifs. Ainsi, les arbres plantés en ville peuvent être atteints par des parasites ou des maladies qui les rendent moins efficaces pour faire baisser les températures extrêmes. De même, il est possible que la modification du climat ait sur les processus écosystémiques des répercussions encore insoupçonnées, qui limitent les possibilités de concrétiser le potentiel des SfN en termes de réduction des risques. Si des tendances négatives de ce type sont mises en évidence par les processus de suivi et d'évaluation, d'autres mesures peuvent être prises dans le cadre des phases d'entretien afin que les SfN produisent l'effet escompté (Somarakis, Stagakis et Chrysoulakis, 2019^[89]). Il est donc essentiel d'élaborer un ensemble d'indicateurs approprié qui permette de comparer à intervalles réguliers les résultats des projets de SfN aux tendances à long terme antérieures (Somarakis, Stagakis et Chrysoulakis, 2019^[89]).

Les indicateurs employés et les périodes d'observation retenues pour suivre un projet de SfN dépendent des objectifs particuliers de celui-ci (Kumar et al., 2021^[143]). Il existe en gros deux types d'indicateurs : i) les indicateurs de moyens (qui comparent les mesures mises en œuvre aux mesures programmées, par exemple le nombre de jeunes pousses plantées) et ii) les indicateurs de résultats (qui comparent l'évolution d'un paramètre, par exemple les effectifs d'oiseaux, sous l'effet du projet et dans un scénario de référence) (IISD, 2023^[144]). L'efficacité des activités de suivi exige aussi de bien choisir les périodes d'observation. Celles-ci doivent être suffisamment longues, non seulement dans une optique de résilience

des résultats d'un projet, mais aussi pour assurer un entretien approprié des SfN pendant leur durée de vie (Section 4.4.2).

Pratiques existantes de suivi des SfN

Alors que les projets de SfN n'ont pas toujours fait l'objet d'un suivi approprié dans le passé, certains projets récents ont donné lieu à l'élaboration d'indicateurs permettant d'observer la résilience. À Madagascar, par exemple, les efforts de suivi engagés après la remise en état de l'aire protégée marine de Nosy Hara s'appuient sur des indicateurs qui rendent compte non seulement de l'évolution du nombre d'espèces, de la croissance des coraux, etc., mais aussi des pressions qui pèsent sur la résilience des récifs coralliens (occurrence de maladies des coraux, pressions liées à la pêche, pollution par les éléments nutritifs, variabilité des températures...) (IISD, 2023^[144]).

Les programmes d'observation de la Terre et techniques de suivi par satellite permettent des résolutions spatiales et temporelles toujours plus fines qui peuvent être mises au service du suivi au long cours des projets de SfN (Somarakis, Stagakis et Chrysoulakis, 2019^[89]) (Chrysoulakis et al., 2021^[145]). Ils sont souvent associés à des mesures *in situ* (de la pollution particulaire, de la diversité spécifique, des températures dans les villes, etc.) qui fournissent des données complémentaires et permettent ainsi de dresser un tableau complet de l'efficacité des SfN (Somarakis, Stagakis et Chrysoulakis, 2019^[89]). À Valladolid (Espagne), par exemple, on recourt à de telles mesures *in situ* des températures diurnes de pointe et moyennes, ainsi que des concentrations de NO_x et de particules pour suivre les performances d'une façade végétale de 350 m² (aménagée sur le grand magasin El Corte Inglés pour rafraîchir les alentours, améliorer la qualité de l'air et rendre l'immeuble plus esthétique) (European Commission, 2021^[146]).

Une fois que les indicateurs sont mis au point et que l'on dispose d'ensembles de données, il est possible d'évoluer vers un suivi de plus en plus détaillé englobant les différents stades du cycle de vie d'un projet. Dans la vallée de Gudbrandsdalen (Norvège), la commune de Lillehammer a construit une barrière verte anti-inondations faite de matériaux naturels (en remplacement de l'ancienne barrière artificielle), qui laisse plus d'espace au cours d'eau et réduit ainsi le risque d'inondation en période de fonte des neiges ou à la suite de précipitations extrêmes. Pour le suivi du projet, on a élaboré 47 indicateurs portant sur cinq domaines : i) réduction des risques (débit de pointe, étendue de la zone inondée, zones d'habitation exposées...), ii) aspects techniques et touchant à la faisabilité, iii) environnement et écosystème (paramètres chimiques des eaux, diversité spécifique...), iv) effets pour la collectivité (nombre de visiteurs, nombre de nouveaux chemins de randonnée et pistes cyclables...) et v) effets sur l'économie locale (nombre d'emplois créés...) (European Commission, 2021^[146]).

4.5. Conclusion

Dans l'ensemble, les solutions fondées sur la nature peuvent offrir de vastes possibilités de rendre les infrastructures résilientes face au changement climatique. Elles ont un rôle important à jouer de ce point de vue, même si les responsables de la planification et les exploitants d'infrastructures doivent être conscients qu'elles ne sont pas pour autant la panacée et ne permettront pas de rendre les infrastructures résilientes face à toutes les incidences futures du dérèglement climatique. Comme l'a montré ce chapitre, les SfN retiennent de plus en plus l'attention des pouvoirs publics, et des programmes d'action nationaux et internationaux encouragent leur application, avec l'appui d'un nombre croissant de sources de financement et d'instruments de renforcement des capacités. Cela étant, au vu de leur potentiel en termes de renforcement de la résilience, les SfN sont encore peu utilisées, et il convient donc de réformer les cadres stratégiques et institutionnels pour encourager leur application compte tenu de leurs spécificités. De même, il importe que les SfN soient prises en considération dans les projets d'infrastructure aux stades de la conception, de l'évaluation préalable, des marchés publics et de la sélection, et notamment que les

méthodes de calcul de la valeur soient modifiées pour que les avantages des SfN entrent bien en ligne de compte. Une autre étape cruciale pour mettre les SfN au service de la résilience climatique des infrastructures consistera à lever les obstacles financiers. Même si le financement a décollé récemment dans certains pays, il existe un déficit notable d'investissement dans les SfN, et les porteurs de projets sont obligés de trouver leur voie au milieu d'une mosaïque de sources de financement et d'options. Par conséquent, il est primordial de garantir un financement public accru des SfN et d'encourager par des incitations appropriées le secteur privé à investir dans ces solutions, afin d'assurer leur déploiement à plus grande échelle au service de la résilience climatique des infrastructures. Parallèlement, il convient aussi de renforcer les capacités de conception, de réalisation et d'entretien de SfN. Enfin, le renforcement du suivi et de l'évaluation est essentiel pour permettre une gestion adaptative des SfN en fonction de la dynamique des écosystèmes et de l'évolution des scénarios climatiques, et il joue un rôle important dans la réalisation des objectifs que l'on cherche à atteindre au travers des SfN.

Références

- Adaptation Clearing House (2013), « Shore Up Connecticut Loan Program », [113]
<https://www.adaptationclearinghouse.org/resources/shore-up-connecticut-loan-program.html>
 (consulté le 24 novembre 2023).
- Aevermann, T. et J. Schmude (2015), « Quantification and monetary valuation of urban ecosystem services in Munich, Germany », *Zeitschrift für Wirtschaftsgeographie*, vol. 59/3, pp. 188-200, <https://doi.org/10.1515/zfw-2015-0304>. [62]
- Ajuntament de Barcelona (2013), « Barcelona Green Infrastructure and Biodiversity Plan 2020 », [61]
<https://ajuntament.barcelona.cat/ecologiaurbana/sites/default/files/Barcelona%20green%20infrastructure%20and%20biodiversity%20plan%202020.pdf> (consulté le 4 décembre 2023).
- Alongi, D. (2012), « Carbon sequestration in mangrove forests », *Carbon Management*, vol. 3/3, pp. 313-322, <https://doi.org/10.4155/cmt.12.20>. [65]
- Anderson, C. et al. (2022), « Green, hybrid, or grey disaster risk reduction measures: What shapes public preferences for nature-based solutions? », *Journal of Environmental Management*, vol. 310, p. 114727, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114727>. [16]
- Atlas Natural Capital (s.d.), *Atlas Natural Capital*, <https://www.atlasnatuurlijkkapitaal.nl/en> [124]
 (consulté le 10 novembre 2023).
- Barometres (2017), « Parcs Et Jardins : Temps De Travaux Pour L'entretien [Parks and gardens: work time for maintenance] », <https://barometres.plante-et-cite.fr/donnees/parcs-jardins-temps-entretien/> (consulté le 20 novembre 2023). [48]
- Bassi, A. et al. (2021), « Sustainable Asset Valuation (SAVi) of Forest Restoration in the Brantas River Basin, Indonesia », *IISD*, <https://nbi.iisd.org/wp-content/uploads/2022/01/savi-brantas-river-basin-indonesia.pdf> (consulté le 18 octobre 2023). [104]
- BfN (2017), « Federal Green Infrastructure Concept ». [77]
- Bisello, A. et al. (2019), *Smart and Sustainable Planning for Cities and Regions*, [72]
<https://doi.org/10.1007/978-3-030-57764-3>.

- BMUV (2022), « Draft: Federal Action Plan on Nature-based Solutions for Climate and Biodiversity », https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Naturschutz/aktionsprogramm_natuerlicher_klimaschutz_entwurf_en_bf.pdf (consulté le 20 janvier 2023). [10]
- BMUV (2021), *National Water Strategy Draft of the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety*. [81]
- Borchert, S. et al. (2018), « Coastal wetland adaptation to sea level rise: Quantifying potential for landward migration and coastal squeeze », *Journal of Applied Ecology*, vol. 55/6, pp. 2876-2887, <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13169>. [32]
- Bos, F. et A. Ruijs (2019), « Biodiversity in the Dutch practice of Cost-Benefit Analysis », *CPB Background Document*, <https://www.cpb.nl/sites/default/files/omnidownload/CPB-Background-Document-feb2019-Biodiversity-in-the-Dutch-practice-of-cost-benefit-analysis.pdf>. [98]
- Browder, G. et al. (2019), « Integrating Green and Gray », *World Bank Group and World Resources Institute*. [137]
- Chrysoulakis, N. et al. (2021), « Monitoring and Evaluating Nature-Based Solutions Implementation in Urban Areas by Means of Earth Observation », *Remote Sensing*, vol. 13/8, p. 1503, <https://doi.org/10.3390/rs13081503>. [145]
- City of Budapest (2021), « Dezső Radó Plan Green Infrastructure Development and Maintenance Action Plan [Radó Dezső Terv Budapest Zöldinfrastruktúra Fejlesztési és Fenntartási Akcióterve] », https://budapest.hu/Documents/Rado_Dezso_Terv_2021.pdf (consulté le 5 septembre 2023). [82]
- City of Toronto (2009), *Toronto Municipal Code Chapter 492, Green Roofs*. [90]
- Cohen-Shacham, E. et al. (2016), « Nature-based Solutions to address global societal challenges ». [17]
- Costa, M. et al. (2020), « A sustainable flywheel: opportunities from insurance' business to support nature-based solutions for climate adaptation », *Environmental Research Letters*, vol. 15/11, p. 111003, <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abc046>. [53]
- Dasgupta, P. (2021), « The Economics of Biodiversity: The Dasgupta Review », *London. HM Treasury*. [42]
- DC.Gov (2019), *Green Roofs in the District of Columbia*, <https://doee.dc.gov/greenroofs>. [93]
- De los Casares, V. et M. Ringel (2023), « Nature-based Solutions for climate adaptation in the European Union. Part I, European Chair for Sustainable Development and Climate Transition, Working Paper Series. », *Sciences Po.* [18]
- Defra (2023), « New approach to sustainable drainage set to reduce flood risk and clean up rivers », <https://www.gov.uk/government/news/new-approach-to-sustainable-drainage-set-to-reduce-flood-risk-and-clean-up-rivers> (consulté le 16 novembre 2023). [88]
- Defra (2020), « Multi-billion pound investment as government unveils new long-term plan to tackle flooding », <https://www.gov.uk/government/news/multi-billion-pound-investment-as-government-unveils-new-long-term-plan-to-tackle-flooding> (consulté le 30 août 2023). [110]

- Department for Levelling up, Housing and Communities (2009), *Multi-criteria analysis: a manual*, Ministry of Housing, Communities & Local Government, <https://www.gov.uk/government/publications/multi-criteria-analysis-manual-for-making-government-policy>. [197]
- Edwards, P., A. Sutton-Grier et G. Coyle (2013), « Investing in nature: Restoring coastal habitat blue infrastructure and green job creation », *Marine Policy*, vol. 38, pp. 65-71, <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2012.05.020>. [50]
- EEA (2023), « Scaling nature-based solutions for climate resilience and nature restoration. Briefing no. 21/2023 ». [147]
- EEA (2021), « Nature-based solutions in Europe: Policy, knowledge and practice for climate change adaptation and disaster risk reduction », *European Environment Agency. Luxembourg: Publications Office of the European Union*, <https://www.eea.europa.eu/publications/nature-based-solutions-in-europe> (consulté le 23 octobre 2023). [19]
- EEA (s.d.), « Climate-ADAPT », <https://climate-adapt.eea.europa.eu/> (consulté le 4 décembre 2023). [132]
- EIB (2023), « Investing in nature-based solutions State-of-play and way forward for public and private financial measures in Europe », *European Investment Bank, Luxembourg*. [54]
- EIB (s.d.), « How to make use of the Natural Capital Finance Facility (NCF) within an EIB-funded Urban Framework Loan », https://www.eib.org/attachments/documents/ncff_municipalities_en.pdf (consulté le 16 octobre 2023). [114]
- Emmanuel, R. et A. Loconsole (2015), « Green infrastructure as an adaptation approach to tackling urban overheating in the Glasgow Clyde Valley Region, UK », *Landscape and Urban Planning*, vol. 138, pp. 71-86, <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.02.012>. [52]
- Endreny, T. et al. (2017), « Implementing and managing urban forests: A much needed conservation strategy to increase ecosystem services and urban wellbeing », *Ecological Modelling*, vol. 360, pp. 328-335, <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2017.07.016>. [60]
- Enzi, V. et al. (2017), « Nature-Based Solutions and Buildings – The Power of Surfaces to Help Cities Adapt to Climate Change and to Deliver Biodiversity », https://doi.org/10.1007/978-3-319-56091-5_10. [44]
- EPA (2023), « Green Infrastructure for Climate Resiliency », <https://www.epa.gov/green-infrastructure/green-infrastructure-climate-resiliency> (consulté le 24 novembre 2023). [135]
- European Commission (2021), *Evaluating The Impact Of Nature-Based Solutions: A Handbook for Practitioners*, Luxembourg: Publications Office of the European Union. [146]
- European Commission (2021), « It's official: EU to invest €5.4 billion in new LIFE projects », https://cinea.ec.europa.eu/news-events/news/its-official-eu-invest-eu54-billion-new-life-projects-2021-05-06_en (consulté le 13 décembre 2023). [7]
- European Commission (2013), *Green Infrastructure (GI) — Enhancing Europe's Natural Capital*, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A52013DC0249>. [75]

- European Commission (2008), *Public Procurement for a better environment*, [107]
<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0400:FIN:EN:PDF>.
- European Commission (s.d.), « European Regional Development Fund (ERDF) », [9]
<https://cohesiondata.ec.europa.eu/funds/erdf/21-27> (consulté le 29 novembre 2023).
- European Commission (s.d.), « Green infrastructure », [5]
https://environment.ec.europa.eu/topics/nature-and-biodiversity/green-infrastructure_en
 (consulté le 15 novembre 2023).
- European Commission (s.d.), « Horizon Europe », [8]
https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe_en#:~:text=What%20is%20Horizon%20Europe%3F,budget%20of%20%E2%82%AC95.5%20billion%20 (consulté le 13 décembre 2023).
- European Environment Agency (EEA) (2021), *Indicators for urban green infrastructure*, [106]
https://www.eea.europa.eu/themes/sustainability-transitions/urban-environment/urban-green-infrastructure/indicators_for_urban-green-infrastructure (consulté le 4 January 2024).
- European Union (2018), « Special Eurobarometer 444: Citizens' view on nature-based solutions », [14]
https://data.europa.eu/data/datasets/s2081_84_4_444_eng?locale=en (consulté le 19 décembre 2023).
- G20 Brasil 2024 (2024), « G20 Sustainable Finance Working Group Presidency and Co-chairs Note on Agenda Priorities », *Brasília, 4 January 2024*, [112]
<https://g20sfwg.org/wp-content/uploads/2024/02/2024-G20-SFWG-NAP.pdf> (consulté le 14 février 2024).
- G20 Brasil 2024 (s.d.), « Roadmap », [6]
<https://g20drrwg.preventionweb.net/2024/g20-working-group-areas> (consulté le 14 février 2024).
- Gartner, T. et al. (2013), « "Natural Infrastructure: Investing in Forested Landscapes for Source Water Protection in the United States », *Washington, DC. World Resources Institute*, [43]
<https://www.wri.org/research/natural-infrastructure> (consulté le 5 septembre 2023).
- GCA (2019), « Adapt now: A Global Call for Leadership on Climate Resilience », *Global Commission on Adaptation. Rotterdam*, [101]
https://gca.org/wp-content/uploads/2019/09/GlobalCommission_Report_FINAL.pdf (consulté le 23 octobre 2023).
- Global Center on Adaptation (GCA) (2021), *GCA and the World Bank Group Launch the PPPs for Climate-Resilient Infrastructure Knowledge Module*, [142]
<https://gca.org/news/gca-and-the-world-bank-group-launch-the-ppps-for-climate-resilient-infrastructure-knowledge-module/>
 (consulté le 4 January 2024).
- Green Finance Platform (s.d.), « Natural Capital Financing Facility », [115]
<https://www.greenfinanceplatform.org/policies-and-regulations/natural-capital-financing-facility>
 (consulté le 16 octobre 2023).
- Green Infrastructure Ontario Coalition (2020), « An Economic Impact Assessment of the Green Infrastructure Sector in Ontario », [36]
<https://greeninfrastructureontario.org/announcing-our-new-report-an-economic-impact-assessment-of-the-green-infrastructure-sector-in-ontario/>
 (consulté le 31 octobre 2023).

- Haase, D. (2017), « Urban Wetlands and Riparian Forests as a Nature-Based Solution for Climate Change Adaptation in Cities and Their Surroundings », https://doi.org/10.1007/978-3-319-56091-5_7. [27]
- HM Treasury (2020), « National Infrastructure Strategy », https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/938051/NIS_final_print.pdf (consulté le 10 août 2023). [80]
- IDB (2020), « Increasing infrastructure resilience with Nature-based Solutions (NbS) ». [20]
- IHA (2017), « Better Hydro: protecting biodiversity at Reventazón, Costa Rica ». [116]
- IISD (2023), « Enhancing Biodiversity Co-Benefits From Nature-Based Solutions ». [144]
- IISD (2023), « How SAVi works », <https://www.iisd.org/savi/how-savi-works/> (consulté le 6 décembre 2023). [99]
- IISD (2022), « The Value of Incorporating Nature in Urban Infrastructure Planning ». [103]
- IISD (2021), « How Can Investment in Nature Close the Infrastructure Gap? », <https://nbi.iisd.org/wp-content/uploads/2021/10/investment-in-nature-close-infrastructure-gap.pdf> (consulté le 18 juillet 2023). [25]
- ILO (2019), « Working on a warmer planet: The impact of heat stress on labour productivity and decent work », *International Labour Office – Geneva*. [51]
- ILO, UNEP et IUCN (2022), « Decent Work in Nature-based Solutions 2022. », *Geneva*, https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_emp/documents/publication/wcms_863035.pdf (consulté le 1 décembre 2023). [47]
- Imbert, D. (2018), « Hurricane disturbance and forest dynamics in east Caribbean mangroves », *Ecosphere*, vol. 9/7, <https://doi.org/10.1002/ecs2.2231>. [35]
- Irga, P. et al. (2021), « Green roof & solar array – Comparative research project final report ». [45]
- IUCN (2020), « Blue Infrastructure Finance: A new approach, integrating Nature-based Solutions for coastal resilience ». [57]
- IUCN (2019), « With over USD 60 trillion of new infrastructure in the next 20 years, how can nature thrive amongst the concrete? », <https://www.iucn.org/news/business-and-biodiversity/201911/over-usd-60-trillion-new-infrastructure-next-20-years-how-can-nature-thrive-amongst-concrete> (consulté le 13 décembre 2023). [23]
- IUCN (s.d.), « Nature-based Solutions », <https://www.iucn.org/our-work/nature-based-solutions> (consulté le 19 octobre 2023). [140]
- Kapos, V. et al. (2019), « The Role of the Natural Environment in Adaptation. Background paper for the Global Commission on Adaptation. », *Rotterdam and Washington, D.C.: Global Commission on Adaptation.* [37]
- Kompetenzzentrum Natürlicher Klimaschutz (2023), « Kompetenzzentrum Natürlicher Klimaschutz », <https://www.kompetenzzentrum-nk.de/> (consulté le 17 octobre 2023). [138]

- Kuhl, L. et A. Boyle (2021), « Nature-based Solutions Valuation Report: Incorporating climate-informed cost-benefit analysis into assessment of Nature-based Solutions in Latin America and the Caribbean », *Northeastern University and United Nations Development Programme*. [95]
- Kumar, P. et al. (2021), « An overview of monitoring methods for assessing the performance of nature-based solutions against natural hazards », *Earth-Science Reviews*, vol. 217, p. 103603, <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2021.103603>. [143]
- Le Coent, P. et al. (2021), « Is-it worth investing in NBS aiming at reducing water risks? Insights from the economic assessment of three European case studies », *Nature-Based Solutions*, vol. 1, p. 100002, <https://doi.org/10.1016/j.nbsj.2021.100002>. [63]
- Leicester City Council (2015), « Leicester Green Infrastructure Strategy (2015-2025) ». [83]
- Liberalesso, T. et al. (2020), « Green infrastructure and public policies: An international review of green roofs and green walls incentives », *Land Use Policy*, vol. 96, p. 104693, <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104693>. [64]
- Mačiulytė, E. et E. Durieux (2020), *Public Procurement of Nature-based Solutions: addressing barriers to the procurement of urban NbS - case studies and recommendations*, Publications Office of the European Union, <https://doi.org/10.2777/561021>. [141]
- Marvuglia, A., R. Koppelaar et B. Rugani (2020), « The effect of green roofs on the reduction of mortality due to heatwaves: Results from the application of a spatial microsimulation model to four European cities », *Ecological Modelling*, vol. 438, p. 109351, <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2020.109351>. [58]
- Massachusetts Government (2023), « Coastal Resilience Grant Program », <https://www.mass.gov/info-details/coastal-resilience-grant-program> (consulté le 24 novembre 2023). [117]
- Massachusetts Government (s.d.), « FY 2023 Coastal Resilience Grant Awards », <https://www.mass.gov/doc/fy2023-coastal-resilience-grant-awards/download> (consulté le 24 novembre 2023). [118]
- Menéndez, P. et al. (2020), « The Global Flood Protection Benefits of Mangroves », *Scientific Reports*, vol. 10/1, p. 4404, <https://doi.org/10.1038/s41598-020-61136-6>. [39]
- Millennium Ecosystem Assessment (2005), « Ecosystems and human well-being: wetlands and water. Synthesis », *World Resources Institute, Washington D. C.*, <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.358.aspx.pdf> (consulté le 18 octobre 2023). [68]
- Ministry of Ecological Transition (2023), « Centre de ressources pour l'adaptation au changement climatique [Centre of resources for climate change adaptation] ». [125]
- MunichRe (2022), *Hurricanes, cold waves, tornadoes: Weather disasters in USA dominate natural disaster losses in 2021*, <https://www.munichre.com/en/company/media-relations/media-information-and-corporate-news/media-information/2022/natural-disaster-losses-2021.html> (consulté le 25 novembre 2022). [55]

- Narayan, S. et al. (2016), « The Effectiveness, Costs and Coastal Protection Benefits of Natural and Nature-Based Defences », *PLOS ONE*, vol. 11/5, p. e0154735, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0154735>. [41]
- Natural England (2024), « Introduction to the Green Infrastructure Framework - Principles and Standards for England », <https://designatedsites.naturalengland.org.uk/GreenInfrastructure/Home.aspx> (consulté le 18 janvier 2024). [78]
- Nature Squared (2021), *Investing in a Green Urban Future - Innovative Financing of Nature-based Solutions in Copenhagen, Bologna, Hamburg, and Glasgow*, <https://www.natuurverduubelaars.nl/green-finance-insights-investing-in-a-green-urban-future/>. [74]
- Nature4Cities (2017), « Nature4Cities Platform ». [129]
- Nature-Based Infrastructure Global Resource Centre (s.d.), « NBI Academy », <https://nbi.iisd.org/> (consulté le 18 octobre 2023). [136]
- Naturvårdsverket (s.d.), « Grön infrastruktur [Green Infrastructure] », <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/mark-och-vattenanvandning/gron-infrastruktur/> (consulté le 5 décembre 2023). [126]
- NCCOS (2020), « Water Cleaning Capacity of Oysters Could Mean Extra Income for Chesapeake Bay Growers », <https://coastalscience.noaa.gov/news/water-cleaning-capacity-of-oysters-could-mean-extra-income-for-chesapeake-bay-growers-video/> (consulté le 4 décembre 2023). [70]
- Network Nature (s.d.), « Financing nature-based solutions in cities: Exploring opportunities from municipal funding », <https://networknature.eu/sites/default/files/uploads/networknature-nbs-factsheet-4.pdf> (consulté le 20 novembre 2023). [100]
- NetworkNature (2023), « About NetworkNature », <https://networknature.eu/more-about-project> (consulté le 17 novembre 2023). [130]
- New York City (s.d.), *Buildings - Sustainability - Green Roofs*, <https://www1.nyc.gov/site/buildings/industry/sustainability-green-roofs>. [91]
- NOAA (2023), « Virtual - Nature-Based Solutions for Coastal Hazards », <https://coast.noaa.gov/digitalcoast/training/green-virtual.html> (consulté le 24 novembre 2023). [139]
- NOAA (2021), « Funding and Financing Options and Considerations for Coastal Resilience Projects ». [119]
- NOAA (s.d.), « Office for Coastal Management: Digital Coasts: Training », <https://coast.noaa.gov/digitalcoast/training/> (consulté le 24 novembre 2023). [134]
- Norwegian Ministry of Local Government and Rural Affairs (2018), *Statlige planretningslinjer for klima*, Government of Norway, <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2018-09-28-1469>. [84]
- OECD (2023), *Developing an Integrated Approach to Green Infrastructure in Italy*, OECD Public Governance Reviews, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/d84bb8e4-en>. [73]
- OECD (2023), *Improving the Landscape for Sustainable Infrastructure Financing*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/bc2757cd-en>. [96]

- OECD (2023), *OECD Environmental Performance Reviews: Germany 2023*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/f26da7da-en>. [11]
- OECD (2023), « Promoting Nature-based Solutions in Municipalities in Hungary », *OECD Environment Policy Paper No. 39*, <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/d81fb09f-en.pdf?expires=1702318261&id=id&accname=ocid84004878&checksum=F9045EAA4221AA9D2E10732AABEB36F0> (consulté le 11 décembre 2023). [13]
- OECD (2021), *Scaling up Nature-based Solutions to Tackle Water-related Climate Risks : Insights from Mexico and the United Kingdom*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/736638c8-en>. [71]
- OECD (2020), *Common Ground Between the Paris Agreement and the Sendai Framework : Climate Change Adaptation and Disaster Risk Reduction*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/3edc8d09-en>. [111]
- OECD (2020), « Nature-based solutions for adapting to water-related climate risks », *OECD Environment Policy Papers*, n° 21, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/2257873d-en>. [1]
- OECD/The World Bank (2019), *Fiscal Resilience to Natural Disasters : Lessons from Country Experiences*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/27a4198a-en>. [2]
- Office Français de la Biodiversité (2022), *La Trame verte et bleue, un réseau écologique pour la préservation de la biodiversité*, <https://www.trameverteetbleue.fr/presentation-tvb/qu-est-ce-que-trame-verte-bleue/outil-alliant-preservation-biodiversite-amenagement-territoire?language%25253Den=fr&language%253Den=fr> (consulté le 2024 January 2). [76]
- Opperman, J. et G. Galloway (2022), « Nature-based solutions for managing rising flood risk and delivering multiple benefits », *One Earth*, vol. 5/5, pp. 461-465, <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2022.04.012>. [22]
- OPPLA (2023), « About », <https://oppla.eu/about> (consulté le 15 novembre 2023). [131]
- Ozment, S. et al. (2018), *Natural Infrastructure in São Paulo's Water System.*, World Resources Institute., Washington, DC., https://files.wri.org/d8/s3fs-public/18_REP_SaoPauloGGA_finalweb.pdf (consulté le 23 octobre 2023). [102]
- Reguero, B. et al. (2020), « Financing coastal resilience by combining nature-based risk reduction with insurance », *Ecological Economics*, vol. 169, p. 106487, <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.106487>. [56]
- Rycerz, R. et al. (2020), « Itaipú Dam: How natural ecosystems support one of the world's largest hydroelectric dams », *Resilience Shift Case Study*. [31]
- San Francisco (2017), *San Francisco Better Roofs*, <https://sfgov.org/sfplanningarchive/san-francisco-better-roofs>. [92]
- Somarakis, G., S. Stagakis et N. Chrysoulakis (2019), « Thinknature Nature-Based Solutions Handbook. ThinkNature project funded by the EU Horizon 2020 research and innovation programme ». [89]
- State of Maryland (2008), *Living Shoreline Protection Act of 2008*, House Bill 973, Chapter 304, https://dnr.maryland.gov/ccs/Documents/ls/2008_LSPA.pdf (consulté le 23 octobre 2023). [85]

- Storlazzi, C. et al. (2019), « Rigorously Valuing the Role of U.S. Coral Reefs in Coastal Hazard Risk Reduction », *U.S. Geological Survey*. [38]
- Stratus Consulting (2009), « A Triple Bottom Line Assessment of Traditional and Green Infrastructure Options for Controlling CSO Events in Philadelphia's Watersheds. Final Report », https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-10/documents/gi_philadelphia_bottomline.pdf (consulté le 18 octobre 2023). [46]
- Sturiale, L., A. Scuderi et G. Timpanaro (2023), « Citizens' perception of the role of urban nature-based solutions and green infrastructures towards climate change in Italy », *Frontiers in Environmental Science*, vol. 11, <https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1105446>. [15]
- Tercek, M. et M. Beck (2017), « Mangroves: A Star Player In The Coastal Protection Game », *Huffpost*, https://www.huffpost.com/entry/mangroves-a-star-player-in-the-coastal-protection_b_5989efd3e4b030f0e267c7d4 (consulté le 5 septembre 2023). [30]
- The Nature Conservancy (2019), « Community Incentives for Nature-Based Flood Solutions », https://www.nature.org/content/dam/tnc/nature/en/documents/CRS_brochure-FEMA-CommunityRatingSystem.pdf (consulté le 27 octobre 2023). [122]
- The White House (2022), « Fact Sheet: Biden-Harris Administration Announces Roadmap for Nature-Based Solutions to Fight Climate Change, Strengthen Communities, and Support Local Economies », <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2022/11/08/fact-sheet-biden-%e2%81%a0harris-administration-announces-roadmap-for-nature-based-solutions-to-fight-climate-change-strengthen-communities-and-support-local-economies/> (consulté le 24 novembre 2023). [86]
- The White House (2022), « Nature-based Solutions Resource Guide », <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2022/11/Nature-Based-Solutions-Resource-Guide-2022.pdf> (consulté le 24 novembre 2023). [133]
- The White House (2022), « Opportunities for Accelerating Nature-Based Solutions: A Roadmap for Climate Progress, Thriving Nature, Equity, and Prosperity. Report to the National Climate Task Force. ». [4]
- Thronson, C. (2017), « Going Local Buys Future for Bayshore Steps to a Regional Parcel Tax for Restoration », *San Francisco Estuary Magazine*, <https://archive.estuarynews.org/estuary-news-going-local/> (consulté le 24 novembre 2023). [120]
- TNC (2022), « Insuring Nature to Ensure a Resilient Future », <https://www.nature.org/en-us/what-we-do/our-insights/perspectives/insuring-nature-to-ensure-a-resilient-future/> (consulté le 24 novembre 2023). [121]
- UNA (2023), « About », *Urban Nature Atlas*, <https://una.city/about> (consulté le 23 octobre 2023). [127]
- UNA (2023), « Analysis », *Urban Nature Atlas*, <https://una.city/analysis-0> (consulté le 23 octobre 2023). [128]
- UNEA (2022), *Nature-based Solutions for supporting sustainable development*, <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/39864/NATURE-BASED%20SOLUTIONS%20FOR%20SUPPORTING%20SUSTAINABLE%20DEVELOPMENT.%20English.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (consulté le 23 octobre 2023). [12]

- UNEP (2022), « Climate Adaptation in Tanzania with Ecosystem Restoration & Flood Defence Infrastructure », *UNEP Lessons in Climate Change Adaptation*, <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/40369> (consulté le 20 octobre 2023). [26]
- UNEP (2022), « Harnessing Nature to Build Climate Resilience: Scaling Up the Use of Ecosystem-based Adaptation », *Nairobi*. [33]
- UNEP (2022), « State of Finance for Nature. Time to act: Doubling investment by 2025 and eliminating nature-negative finance flows. », *Nairobi*, <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/41333> (consulté le 3 octobre 2023). [108]
- UNEP (2021), « Smart, Sustainable and Resilient cities: the Power of Nature-based Solutions », *A working paper for the G20*. [59]
- UNOPS (2021), « Infrastructure for climate action ». [3]
- van der Jagt, A. et al. (2020), « Greening European Cities: Accelerating the uptake of urban nature-based solutions. », *NATURVATION Deliverable 5.8.*. [94]
- Van Zanten, B. et al. (2021), « Can we help nature bounce back? Realizing the benefits of nature-based solutions for climate resilience », <https://blogs.worldbank.org/climatechange/can-we-help-nature-bounce-back-realizing-benefits-nature-based-solutions-climate> (consulté le 4 décembre 2023). [34]
- Welsh Government (2019), « Sustainable Drainage (SuDS) Statutory Guidance », <https://www.gov.wales/sites/default/files/publications/2019-06/statutory-guidance.pdf> (consulté le 23 octobre 2023). [87]
- White House (2022), *Opportunities to accelerate Nature-based Solutions: a roadmap for climate progress, thriving nature, equity, & prosperity*. [79]
- World Bank (2023), « Nature-Based Solutions for Climate Resilience in the World Bank Portfolio. Fiscal years 2012-2021 ». [66]
- World Bank (2021), *A Catalogue of Nature-Based Solutions for Urban Resilience*, World Bank, Washington, DC, <https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/c33e226c-2fbb-5e11-8c21-7b711ecbc725> (consulté le 24 août 2023). [21]
- World Bank et IBRD (2023), « Assessing the Benefits and Costs of Nature-Based Solutions for Climate Resilience: A Guideline for Project Developers ». [40]
- World Bank et World Resources Institute (2022), « Nature-based solutions for disaster risk management », <https://documents1.worldbank.org/curated/en/253401551126252092/pdf/Booklet.pdf> (consulté le 3 octobre 2023). [24]
- World Economic Forum (2022), « BiodiverCities by 2030: Transforming Cities' Relationship with Nature ». [109]
- World Economic Forum (2019), « Netherlands issues a massive Green Bond – starting the new age of conservation finance », <https://www.weforum.org/agenda/2019/06/conservation-finance-takes-off-as-the-netherlands-issues-one-of-the-largest-green-bonds-ever> (consulté le 17 octobre 2023). [123]

- Worth, J. (2021), « The Living Shoreline Solution », *Stormwater Solutions*, [29]
<https://www.stormwater.com/erosion-control/article/21165169/the-living-shoreline-solutionprint> (consulté le 24 novembre 2023).
- Wuennenberg, L., A. Bassi et Pallaske. G. (2021), « Report Sustainable Asset Valuation (SAVi) of Stormwater Infrastructure Solutions in Johannesburg, South Africa », [105]
<https://www.iisd.org/publications/savi-stormwater-infrastructure-johannesburg> (consulté le 18 octobre 2023).
- WWF (2021), « Making the Case for Investing in Nature-based Solutions. A Case Study from Tshwane. ». [67]
- WWF (2019), « Working with Nature to reduce climate risk in Europe: How investing in Nature-based Solutions can build resilience in Europe ». [28]
- WWF Finland (2013), « Success Stories from wetlands ». [69]
- WWF et ILO (2020), « Nature hires: How Nature-based Solutions can power a green jobs recovery », https://wwfeu.awsassets.panda.org/downloads/nature_hires_report_wwf_ilo.pdf (consulté le 17 octobre 2023). [49]

Notes

¹ Ces estimations ne tiennent pas compte de l'immobilier contrairement (UNOPS, 2021^[3]) à l'étude.

² L'enquête a été conduite par le cabinet du Premier ministre hongrois en 2021 et 48 autorités infranationales y ont répondu (OECD, 2023^[13]).

³ L'infrastructure verte est définie comme « un réseau constitué de zones naturelles et semi-naturelles et d'autres éléments environnementaux faisant l'objet d'une planification stratégique, conçu et géré aux fins de la production d'une large gamme de services écosystémiques. Il intègre des espaces verts (ou aquatiques dans le cas d'écosystèmes de ce type) et d'autres éléments physiques des zones terrestres (y compris côtières) et marines » (European Commission, 2013^[75]).

5

Rendre les infrastructures résilientes face au changement climatique dans les pays en développement

À mesure que le changement climatique s'accélère, les pays en développement sont confrontés à des risques accrus de phénomènes météorologiques extrêmes, d'élévation du niveau de la mer et d'autres catastrophes naturelles. Ce chapitre se penche sur la nécessité impérieuse de rendre les infrastructures résilientes face au changement climatique dans ces pays. Il met en lumière les besoins et les défis spécifiques que connaissent ces économies, en présentant les perspectives de l'Afrique, de l'Asie et de l'Amérique latine, et en s'intéressant principalement aux infrastructures facteur de compétitivité. En passant des infrastructures énergétiques aux réseaux numériques et de transport, ce chapitre insiste sur la nécessité de renforcer les capacités de planification et de mise en œuvre, tout comme celle d'actualiser les partenariats internationaux en vue de promouvoir des infrastructures résilientes face au changement climatique dans la perspective du développement durable.

Principaux éclairages sur l'action publique

- Les économies des pays en développement figurent parmi les plus vulnérables aux effets négatifs du changement climatique.
- Les pays en développement présentent de profondes différences sur le plan des lacunes dont souffrent leurs infrastructures, de leurs aspirations au développement et de leur vulnérabilité face au changement climatique et aux catastrophes naturelles.
- Certains pays en développement sont particulièrement vulnérables et exposés aux risques climatiques croissants, notamment les pays les moins avancés et les petits États insulaires en développement.
- Pour les pays en développement, l'impératif de rendre les infrastructures résilientes face au changement climatique va de pair avec la nécessité de combler les lacunes de leurs infrastructures pour soutenir leurs aspirations à s'industrialiser. Pour ce faire, il est indispensable d'actualiser les processus de planification de manière à assurer la cohérence des mesures mises en œuvre et la prise en compte des considérations de résilience climatique dans l'ensemble des politiques publiques, allant des infrastructures à l'innovation, au commerce, à l'industrie et à l'investissement.
- Il est également primordial de prendre en considération les questions d'équité et d'inclusion lors de la planification d'infrastructures résilientes face au climat dans les pays en développement. Dans ces pays, plus encore que dans les économies avancées, les populations vulnérables et marginalisées sont souvent les plus durement touchées par les effets du dérèglement climatique. Ils souffrent de manière disproportionnée du manque d'infrastructures, ce qui compromet leurs perspectives d'inclusion économique et perpétue le cycle de la pauvreté.
- Pour rendre les infrastructures résilientes face au changement climatique dans les pays en développement, il faudra un « changement de paradigme » dans les politiques nationales comme dans les politiques internationales. Au niveau national, il s'agira à la fois d'identifier les possibilités cachées d'innovation locale. Cela peut conduire à un changement de la conception des infrastructures en vue de répondre aux besoins spécifiques de leurs sites d'implantation. Il peut aussi inclure la participation active aux forums internationaux pour aider à définir les nouvelles normes. Au niveau international, il s'agira de définir de nouveaux partenariats dans lesquels les pays en développement ne seront pas exclusivement vus comme des marchés émergents pour les investisseurs et des partenaires essentiels pour l'élaboration conjointe de solutions résilientes face au changement climatique dans la perspective du développement durable.
- Trois domaines s'avèrent essentiels pour établir des formes renouvelées de partenariat entre les pays avancés et ceux en développement. Ceux-ci peuvent garantir une planification, une construction et une exploitation des infrastructures tournées vers l'avenir dans les pays en développement :
 - Le partage des connaissances et l'assistance technique concernant les capacités des secteurs public et privé, et notamment les mécanismes de coopération et de coordination, l'actualisation des cadres juridiques et le développement des capacités de prévention, grâce en particulier à un renforcement des outils et des capacités institutionnelles d'évaluation des risques et de leurs conséquences potentielles.
 - Les partenariats en matière de recherche et de développement, le déploiement de technologies et de solutions commerciales sur mesure pour des infrastructures résilientes face au changement climatique.

- Un investissement et un financement accrus et une plus grande mobilisation des banques multilatérales de développement et des institutions de financement du développement qui vont également au-delà du financement direct dans des domaines tels que l'aide à la préparation des projets, la sélection et la diligence des projets, le financement et les signalisations, ainsi que la réduction des risques associés à l'investissement privé.

5.1. Introduction

L'intensification des effets du changement climatique a mis en évidence une priorité absolue : la nécessité de disposer d'infrastructures résilientes face au changement climatique (voir chapitre 1). La fréquence et la gravité croissantes des phénomènes climatiques, tels que les tempêtes extrêmes, les inondations, les sécheresses, et les vagues de chaleur, exercent des pressions sans précédent sur les réseaux d'infrastructures, notamment dans les secteurs des transports, de l'énergie, de l'eau et des télécommunications. Ces infrastructures et leur bon fonctionnement revêtent une importance cruciale pour le développement durable, aussi tous les pays partagent-ils une même priorité, quel que soit leur degré de développement économique : faire en sorte qu'elles soient résilientes face au changement climatique.

La nécessité pour les pays en développement de disposer d'infrastructures résilientes face au changement climatique est d'autant plus impérieuse qu'ils subissent de manière disproportionnée les conséquences du dérèglement du climat. Ces pays contribuent le moins aux émissions mondiales de gaz à effet de serre (GES) par habitant, alors qu'ils sont bien souvent les principales victimes des catastrophes climatiques compte tenu de leur situation géographique, de leurs capacités d'adaptation limitées et de leurs vulnérabilités socioéconomiques. Du fait de leurs ressources limitées et de leur manque d'infrastructures, les pays en développement sont confrontés à des difficultés hors norme d'adaptation aux défis croissants générés par la crise climatique. Le manque d'infrastructures résilientes face au changement climatique compromet par ailleurs leurs efforts pour atteindre les Objectifs de Développement Durable et perpétue le cycle de la pauvreté et de l'inégalité.

Pour relever ces défis, il faut faire appel à une approche multidimensionnelle permettant de tenir compte de la résilience climatique dans les processus de planification, de conception et d'exécution des infrastructures. Les pays en développement, en particulier, doivent prendre des mesures proactives pour actualiser leurs politiques nationales et locales, leurs pratiques commerciales et leur responsabilité sociale.

Les gouvernements des pays en développement doivent considérer la résilience climatique des infrastructures comme une priorité dans leurs politiques et leurs stratégies de développement national et local, et faire en sorte que leurs processus décisionnels comportent des évaluations des risques climatiques, prévoient des mesures d'adaptation et incluent la participation des populations. Ils doivent par ailleurs bénéficier d'un important soutien de la communauté internationale au renforcement des capacités de planification, de financement, de construction et d'exploitation d'infrastructures résilientes face au changement climatique. Des investissements, des partenariats internationaux, et notamment une aide financière, un transfert de technologies et le développement des capacités seront indispensables.

Ce chapitre se concentre sur les défis auxquels sont confrontés les pays en développement et sur leurs besoins et leurs aspirations en matière d'infrastructures résilientes face au changement climatique. Conformément aux bonnes pratiques de l'OCDE, il reconnaît que la planification stratégique, la préparation des projets, l'évaluation des risques et la mise en œuvre de pratiques de construction résilientes constituent un besoin urgent, tout comme l'excellence dans les activités de maintenance et d'exploitation. Ce chapitre identifie les principaux domaines où un renforcement de la coopération et des partenariats internationaux sera nécessaire pour permettre aux pays en développement de construire des infrastructures résilientes face aux changements climatiques pouvant soutenir leur développement économique et leur industrialisation. Le Chapitre reconnaît que les pays en développement ne sont pas

monolithiques et chacun a des besoins distincts. Certains d'entre eux, dont les pays les moins avancés (PMA) et les petits États insulaires en développement (PEID), sont particulièrement menacés et ont besoin d'un soutien international.

Ce chapitre comporte trois sections. Primo, il examine brièvement les incidences croissantes du changement climatique et des catastrophes naturelles dans les pays en développement. Secondo, il se focalise sur les défis spécifiques des pays en développement pour assurer la résilience de leurs infrastructures face au changement climatique et aux catastrophes naturelles. Tertio, il examine les réponses apportées au niveau local, national et international.

5.2. Le changement climatique impose un lourd tribut aux pays en développement

Le changement climatique a des conséquences de plus en plus graves partout dans le monde, et il affecte de manière disproportionnée les pays en développement. Les phénomènes météorologiques extrêmes, tels que les ouragans, les inondations et les sécheresses, sont de plus en plus fréquents dans les pays en développement, quels que soient les moyens utilisés pour en mesurer les impacts économiques (voir également chapitre 1). Au niveau mondial, le nombre de catastrophes naturelles recensées a plus que doublé au cours de la période 2000-2019 par rapport à la décennie précédente, et elles touchent les pays en développement de manière disproportionnée (UNDRR, 2020^[1]). D'après les estimations, les pertes économiques imputables aux catastrophes géophysiques, climatiques et météorologiques se sont en moyenne élevées à 170 milliards USD par an à l'échelle mondiale au cours de la dernière décennie (UNDRR, 2022^[2]).

Bien que les pays en développement contribuent le moins au réchauffement planétaire par rapport à leur nombre d'habitants, ils sont les plus vulnérables au changement climatique. Le changement climatique exacerbe la fréquence et la gravité des catastrophes naturelles dans les pays en développement. Ceci amplifie les vulnérabilités existantes et accroît les risques de subir des dommages liés aux catastrophes.

La hausse des températures, la modification des régimes de précipitations, et l'élévation du niveau de la mer contribuent à accroître l'intensité et la fréquence des phénomènes météorologiques extrêmes, tels que les tempêtes, les inondations et les sécheresses. Ces événements touchent de façon disproportionnée les pays en développement. Environ 3.3 à 3.6 milliards de personnes vivent dans des régions confrontées à de considérables difficultés de développement et à une grande vulnérabilité aux risques liés au changement climatique (IPCC, 2023^[3]).

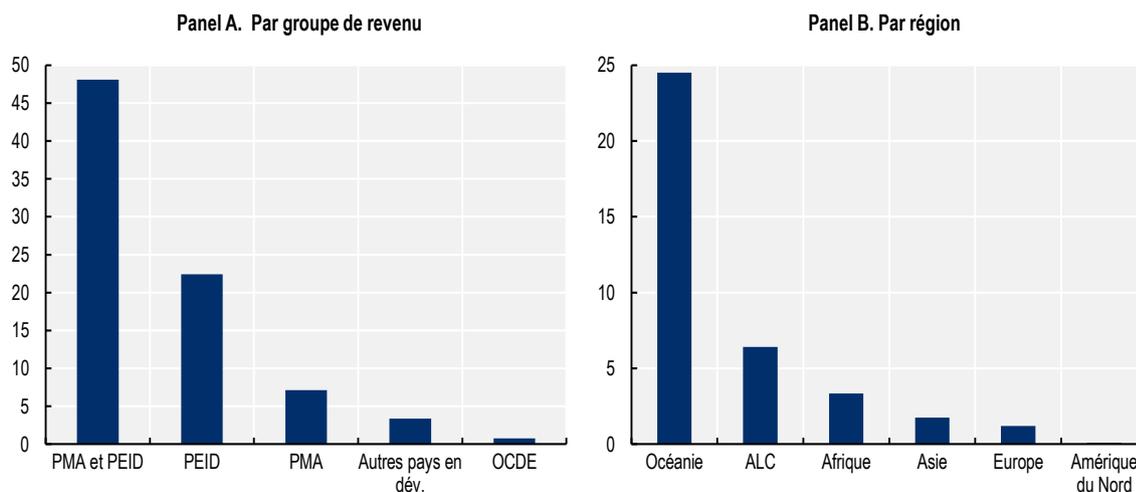
La résilience au changement climatique et la résilience face aux catastrophes sont étroitement liées dans les pays en développement du fait de divers facteurs qui exacerbent les vulnérabilités de ces pays :

- **Vulnérabilité géographique.** Bon nombre de pays en développement sont situés dans des régions sujettes aux aléas climatiques. Les zones côtières, par exemple, sont exposées aux ouragans et aux typhons. D'autres régions sont également exposées aux inondations, aux sécheresses, aux ouragans et aux vagues de chaleur. Tous ces phénomènes sont exacerbés par le changement climatique. Parmi les pays en développement, les PEID et les PMA sont les plus gravement touchés par le changement climatique et par les catastrophes naturelles. Entre 2000 et 2020, les PEID et les PMA ont subi en moyenne 23 et 7 catastrophes naturelles par 1 000 kilomètres carrés, respectivement (Graphique 5.1, panel A). Cela représente un nombre de catastrophes de 10 à 30 fois plus élevé que dans les pays de l'OCDE. Par ailleurs, les pays qui sont à la fois des PEID et des PMA, comme Haïti et les Îles Salomon, sont encore plus gravement touchés dans la mesure où ils tendent à être situés dans des zones géographiques propices aux catastrophes (Graphique 5.1, panel B). Les autres indicateurs de la vulnérabilité mettent en évidence des résultats similaires. Pour ce qui est des inondations, par exemple, le Bangladesh et

le Viet Nam ont la proportion de la population exposée aux inondations la plus élevée, à savoir 58 % et 46 % respectivement (Graphique 5.2 et Encadré 5.1).

Graphique 5.1. Les PEID et les PMA sont les pays les plus exposés au monde aux catastrophes naturelles

Nombre moyen de catastrophes naturelles par 1000 kilomètre carré, 2000-20

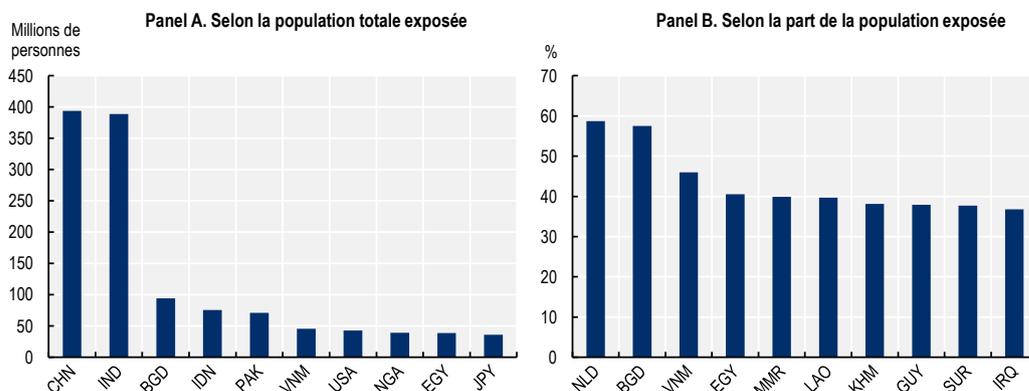


Note : Panel A. Les catégories ne s'excluent pas mutuellement. Les « Autres pays en développement » incluent tous les pays figurant sur la liste des bénéficiaires de l'aide établie par le CAD qui ne sont pas des PMA, autrement dit les pays à revenu intermédiaire de la tranche inférieure et de la tranche supérieure. L'analyse s'appuie sur le système de classification par région géographique et par groupe de revenu de l'ONU, <https://unstats.un.org/unsd/methodology/m49/>

Source : D'après EM-DAT (2023^[4]), *International Disaster Database*, <https://www.emdat.be/> ; Banque mondiale (2023^[5]), *Indicateurs du développement dans le monde*, <https://data.worldbank.org> ; OCDE (2024^[6]), *Compendium of Good Practices on Quality Infrastructure 2024: Building Resilience to Natural Disasters*, Éditions OCDE, Paris.

Graphique 5.2. Les pays en développement sont particulièrement exposés aux inondations

Dix pays les plus exposés aux inondations, selon la population totale exposée et selon la part de la population exposée en pourcentage de la population totale, 2020



Note : Population directement exposée à des hauteurs de submersion supérieures à 0.15 mètre en cas d'inondation susceptible de se produire 1 fois tous les 100 ans. Tous les risques d'inondations – i.e. pluviales, fluviales et côtières – auxquels est actuellement exposée la population sont pris en considération.

Source : Sur la base de Rentschler, Salhab et Jafino (2022^[7]), *Flood exposure and poverty in 188 countries*, <https://doi.org/10.1038/s41467-022-30727-4>. OCDE (2024^[6]), *Compendium of Good Practices on Quality Infrastructure 2024: Building Resilience to Natural Disasters*, Éditions OCDE, Paris.

- Vulnérabilité économique.** les pertes économiques provoquées par le changement climatique sont généralement plus importantes en valeur absolue dans les pays à revenu élevé. Cependant, les pertes supportées par les pays à faible revenu sont toutefois plus élevées en pourcentage de leur produit intérieur brut (PIB), et les PEID ainsi que les PMA sont les plus durement touchés. Les estimations montrent que les pertes imputables aux changements climatiques et aux catastrophes naturelles représentent une part du PIB annuel national allant de 0.1% à 0.3 % dans le cas des pays à revenu élevé et à revenu intermédiaire de la tranche supérieure. Cependant, les pertes sont de 0.8% à 1 % en moyenne dans les pays à faible revenu et à revenu intermédiaire de la tranche inférieure (UNDRR, 2022^[2]). Les PEID représentent deux tiers des pays qui subissent les plus forts effets négatifs du changement climatique en pourcentage du PIB sont des PEID, et ils supportent d'après les estimations une perte représentant de 1 - 9 % de leur PIB annuel du fait du changement climatique et des catastrophes naturelles (OECD, 2023^[8]).
- Dépendance à l'égard des secteurs sensibles aux conditions climatiques.** La plupart des pays en développement sont fortement tributaires de secteurs sensibles aux conditions climatiques, tels que l'agriculture, la pêche, l'exploitation forestière et le tourisme, en tant que source de revenus et moteur du développement économique. Les catastrophes naturelles, qui sont exacerbées par le changement climatique, peuvent dévaster ces secteurs, entraînant une insécurité alimentaire, une perte de revenu et une instabilité économique. Les effets du changement climatique font par conséquent peser d'importantes menaces sur les moyens d'existence, le bien-être, et les perspectives de développement économique des populations des pays en développement. À titre d'exemple, en 2017, l'ouragan Irma, le plus violent enregistré aux Caraïbes à ce jour, a touché plus de 1.2 million de personnes dans la région et entraîné des pertes économiques considérables, et notamment l'effondrement de la production agricole, qui a enregistré un recul de 80 %, en Haïti et dans les pays et territoires voisins (OCDE, 2024^[9] ; OCDE, 2023^[10]). Certains pays sont en progrès du point de vue du renforcement de leurs capacités de planification et de prévention. Par exemple, Sainte-Lucie, une île des Caraïbes très exposée aux effets du changement climatique et extrêmement tributaire du tourisme., Elle a amélioré sa

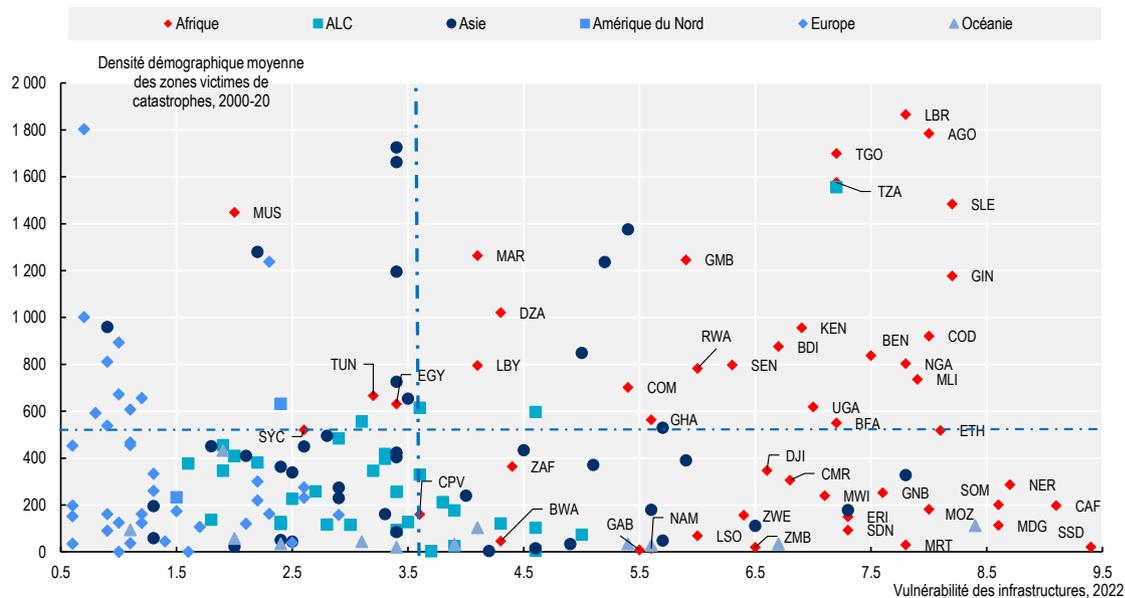
politique nationale en matière de résilience climatique des infrastructures en mettant en place une Unité nationale de planification et de programmation intégrée pour l'élaboration du programme d'infrastructures du pays. Cette unité supervise une évaluation complète des infrastructures nationales qui tient compte des besoins économiques, environnementaux et sociaux, ainsi que de l'incidence potentielle des nouveaux plans d'infrastructures sur les objectifs de l'Accord de Paris (OECD, 2023^[11]).

- **Accès limité à l'information climatique et aux systèmes d'alerte précoce, et faible qualité des infrastructures.** La plupart des pays en développement n'ont pas suffisamment accès à des informations climatiques et des systèmes d'alerte précoce (SAP) précis et disponibles en temps utile, ce qui compromet leur capacité à se préparer aux catastrophes naturelles et à y faire face. Ils disposent également d'infrastructures inadéquats et des capacités institutionnelles limitées permettant de répondre en amont aux risques et de réagir aux catastrophes. La forte densité démographique dans les zones les plus durement touchées par les catastrophes naturelles entrave encore davantage la gestion efficace des risques de catastrophe et les efforts de résilience climatique. Tel est particulièrement le cas en Afrique, où les infrastructures sont en moyenne deux fois plus vulnérables qu'en Amérique latine et en Asie, et cinq fois plus vulnérables qu'en Europe. Ceci amplifie les conséquences économiques et sociales des catastrophes naturelles dans ces zones (Graphique 5.3).

Le renforcement de la résilience au changement climatique est d'une importance cruciale pour garantir aux pays en développement une trajectoire de développement durable. La poursuite de l'industrialisation et de la croissance économique entraîne dans ces pays des besoins et des efforts croissants de développement des infrastructures en vue plus particulièrement de favoriser l'expansion des échanges et de la production. Par conséquent, ces nouvelles infrastructures doivent être planifiées, construites et exploitées vision tournée vers la résilience climatique. Par ailleurs, compte tenu de leur aspiration à se développer, à poursuivre leur croissance et à améliorer leur niveau de vie, ces économies tendent à s'appuyer pour une large part sur des industries à forte intensité énergétique qui contribuent aux émissions de GES. Ceci à son tour, aggrave leur exposition au changement climatique. Par conséquent, investir dans des mesures d'atténuation et d'adaptation en vue de renforcer la résilience est essentiel à la fois pour la gestion des risques climatiques et l'industrialisation durable.

Graphique 5.3. La faible qualité des infrastructures de l'Afrique accroît sa vulnérabilité au changement climatique et aux catastrophes naturelles par rapport aux autres régions du monde

Densité démographique moyenne des zones les plus durement touchées par les catastrophes naturelles et vulnérabilité des infrastructures, 2000-20



Note : Les lignes en pointillés indiquent les moyennes mondiales pour les variables correspondantes. La densité démographique moyenne est calculée dans un rayon de 1 km autour du lieu de la catastrophe. La vulnérabilité des Infrastructures est estimée par la moyenne arithmétique normalisée de trois catégories qui accordent un poids égal à 11 indicateurs dont : l'accès à l'électricité, le nombre d'utilisateurs d'Internet, le taux d'alphabétisation des adultes, la densité du réseau routier, l'accès à l'eau, l'accès aux installations de santé, les dépenses de santé par habitant, et la densité démographique. Elle est évaluée sur une échelle de 1 à 10, où 10 correspond à une vulnérabilité maximale.

Source : OCDE/NU/ONUDI/CCI (forthcoming₍₁₂₎), Examen des politiques de transformation économique du Togo, d'après INFORM GRI 2022 : Index for Risk Management, Commission européenne 2022, <https://drmkc.jrc.ec.europa.eu/inform-index> et SEDAC, Gridded Population of the World, Version 4 (GPWv4), <https://cmr.earthdata.nasa.gov/search/concepts/C1597158029-SEDAC.html>.

Encadré 5.1. Le Bangladesh doit réduire sa vulnérabilité au changement climatique pour soutenir le progrès économique

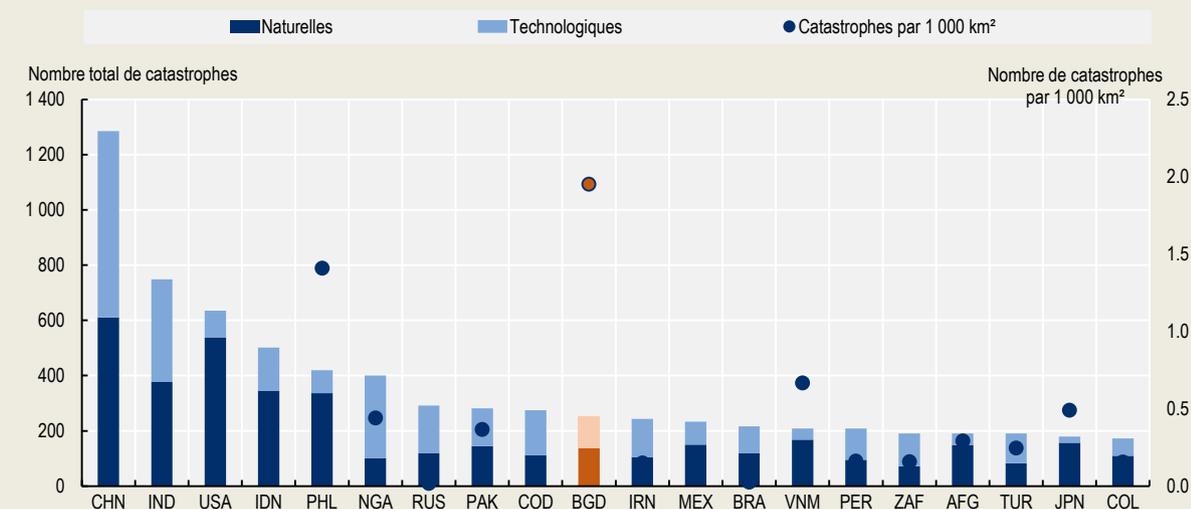
Le Bangladesh, le plus grand des PMA en voie de reclassement, est l'un des pays qui subissent le plus de catastrophes naturelles dans le monde (Graphique 5.4). Plus de 50 % de sa superficie est située à moins de 6 mètres au-dessus du niveau de la mer, et environ 80 % de sa population est exposée à des risques météorologiques extrêmes.

La vulnérabilité élevée et de plus en plus importante du Bangladesh face au changement climatique est exacerbée par l'urbanisation rapide, la forte densité démographique et les lacunes en matière d'infrastructures, et s'accompagne de risques technologiques et industriels. Ceci entraîne des pertes économiques non négligeables dans des secteurs tels que l'agriculture, la logistique ou les industries manufacturières. Les inondations provoquées par les tempêtes et les fortes pluies perturbent fréquemment les approvisionnements énergétiques, même lorsque les centrales thermiques sont dotées de structures de protection contre les inondations. Dans le même temps, elles ont des répercussions sur la production agricole nationale tout en perturbant les transports et la logistique. La vulnérabilité aux catastrophes naturelles accroît l'incertitude économique et l'imprévisibilité des échanges, ce qui alourdit les coûts

supportés pour investir et faire des affaires au Bangladesh. La réduction de la vulnérabilité du Bangladesh face au changement climatique et aux catastrophes naturelles constitue un impératif humain et économique qui requiert une attention urgente pour permettre un progrès futur. Pour limiter dans toute la mesure du possible les effets sur le développement industriel exercés par le changement climatique et par les catastrophes naturelles qui en sont le corollaire, le Bangladesh doit accroître ses capacités de prévention, de réaction et de reconstruction. Les partenariats internationaux ont un rôle essentiel à jouer de ce point de vue. Le Bangladesh bénéficie du soutien du Fonds monétaire international dans le cadre de la Facilité pour la résilience et la durabilité, de la Facilité de financement élargie et de la Facilité de crédit élargie. Ces programmes répondent aussi bien aux défis immédiats, tels que les déséquilibres de la balance courante et les pertes de réserves, qu'aux enjeux structurels à long terme, dont la mise en œuvre de réformes ciblées au niveau national pour lutter contre la vulnérabilité climatique.

Graphique 5.4. Le Bangladesh est l'un des pays au monde les plus exposés aux catastrophes naturelles

20 pays les plus exposés et nombre de catastrophes par 1 000 kilomètre carré (km²), 2000-21



Source : OCDE/CNUCED (2023^[13]),

5.3. Les pays en développement doivent combler les lacunes de leurs infrastructures dans un objectif de résilience climatique

Les pays en développement souffrent d'importantes lacunes en matière d'infrastructures. Ces lacunes touchent divers secteurs, allant des transports jusqu'à l'énergie, l'eau et les infrastructures numériques, et elles compromettent leurs perspectives de développement, leur compétitivité internationale et leurs efforts d'industrialisation nationale. Il est essentiel de combler ces lacunes pour libérer leur potentiel économique, pour promouvoir l'inclusion sociale et pour assurer un développement durable.

Ce chapitre porte essentiellement sur le renforcement de la résilience climatique des infrastructures facteur de compétitivité (réseaux de transport et numériques, systèmes énergétiques, etc.). La résilience climatique joue un rôle primordial dans les stratégies de développement et dans les efforts pour rehausser l'attractivité et le potentiel économiques d'un lieu donné sur les marchés national, régional et international.

Par ailleurs, les pays en développement font faces à des pressions croissantes pour la construction d'infrastructures conformes à leurs stratégies d'industrialisation et de développement créatrice d'emplois. Il convient donc de veiller à ce que la construction de ces nouvelles infrastructures s'inscrive dans une perspective d'avenir. Elles doivent pouvoir supporter et réduire au minimum les conséquences et les risques induits par le changement climatique et par la fréquence croissante des phénomènes météorologiques extrêmes et des catastrophes naturelles (Encadré 5.2).

Encadré 5.2. Que faut-il entendre par « infrastructures facteur de compétitivité » ?

Les infrastructures facteur de compétitivité recouvrent les éléments d'actif, les installations et les systèmes qui ont un effet direct sur les performances économiques et les capacités concurrentielles d'un lieu donné. Elles incluent les réseaux de transport (routes, ports, aéroports, lignes de chemin de fer), les installations énergétiques (centrales et réseaux électriques), les réseaux de télécommunications et les centres de données.

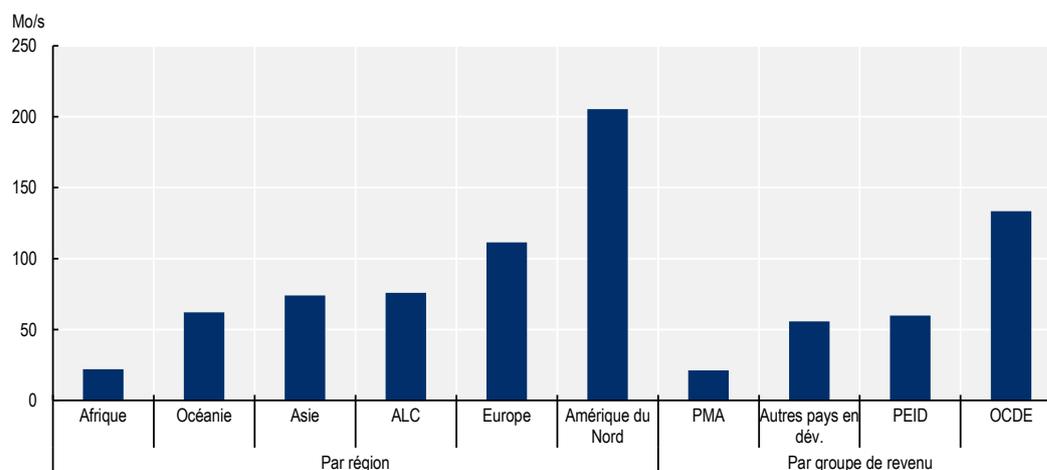
Source : OCDE (2024^[6])

5.3.1. Des lacunes importantes dans les infrastructures liées à la compétitivité demeurent dans les pays en développement

Les pays en développement sont en retard sur le plan de la qualité, de la couverture et de l'accès aux infrastructures numériques. Leurs populations et leurs entreprises ne bénéficient que de débits plus faibles et de connexions plus instables en termes relatifs. À titre de comparaison, la vitesse de l'internet (haut débit fixe) en Afrique est 9 fois moins rapide que celui de l'Amérique du Nord, qui est la plus rapide avec la vitesse moyenne de connexion la plus élevée (Graphique 5.5). Il existe également de fortes disparités entre les différents pays en développement. En Afrique, c'est l'Égypte qui possède l'Internet le plus rapide : en décembre 2023, le débit y était 13 fois plus élevé qu'au Niger, où la vitesse de connexion est la plus lente de tout le continent. Il faudrait par exemple 11 minutes pour télécharger un fichier de 5 gigaoctets en Égypte, contre 2.5 heures au Niger, et seulement 2 minutes au Chili, le pays de l'OCDE qui dispose de l'internet le plus rapide (OECD, 2023^[14]).

Les pays en développement demeurent en retard du point de vue de la densité comme de la qualité des infrastructures de transport. Leurs besoins en infrastructures de transport modernes et résilientes face au changement climatique sont de plus en plus importants. La croissance démographique, l'urbanisation et l'essor des secteurs à forte intensité logistique, dont celui du commerce électronique, ne font qu'accroître la nécessité de disposer d'infrastructures de transport et de systèmes logistiques plus modernes, inclusifs et efficaces.

Graphique 5.5. Vitesse de l'internet à haut débit, par région et par groupe de revenu, 2023



Note : En décembre 2023. Les données ont trait au réseau fixe à haut débit.

Source : Sur la base de Ookla (2023^[15]), <https://www.speedtest.net/global-index>, d'après OCDE (2024^[16]), *Start-up Asia : Chasing the innovation frontier*, Éditions OCDE, Paris.

De bonnes infrastructures de transport, telles que les routes, les ports, et les lignes de chemin de fer, renforcent les connexions entre les régions comme au sein de chacune d'elles, facilitant ainsi la circulation des marchandises, des services et des personnes. À titre d'exemple, la construction de la ligne de chemin de fer à écartement normal reliant Mombasa à Nairobi au Kenya a amélioré la connexion entre la ville portuaire de Mombasa et la capitale, Nairobi, réduisant de ce fait les coûts de transport et facilitant les échanges. L'expansion des installations portuaires au Viet Nam et au Bangladesh a accru la capacité de ces pays à gérer les flux d'échanges internationaux, ce qui favorise les industries d'exportation et le développement économique.

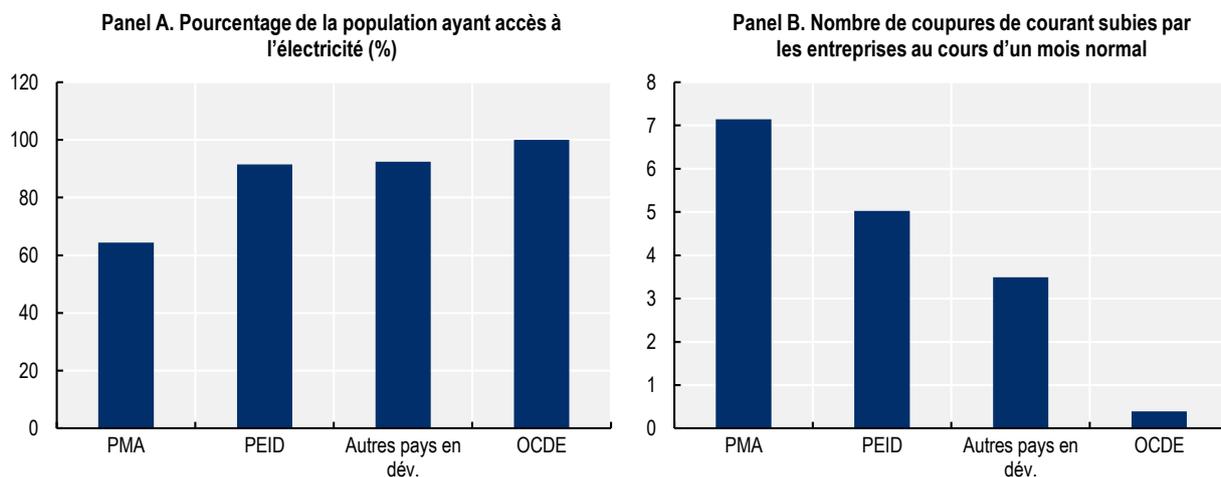
Les pays en développement étant très exposés aux risques climatiques, ils doivent assurer la résilience climatique dans leurs infrastructures. Malgré certaines avancées vers cet objectif, des lacunes de taille subsistent. Par exemple, seulement 22 % des lignes ferroviaires étaient électrifiées en Afrique (sur la base de l'électrification du réseau de six pays : Afrique du Sud, Algérie, Maroc, RD du Congo, Tunisie et Zimbabwe). À titre de comparaison, 65 % et 56% des lignes ferroviaires sont électrifiées respectivement en Asie et en Europe. En Amérique Latine et dans les Caraïbes, les données sont seulement disponibles pour le Chili (39 %) et l'Argentine (2 %) (International Union of Railways, 2023^[17]).

De surcroît, l'infrastructure est de plus en plus nécessaire dans de nouveaux domaines pour satisfaire la demande émergente. Les méga-accords commerciaux régionaux ont été signés notamment la Zone de libre-échange continentale africaine (ZLECAf), le Partenariat économique régional global (RCEP) et l'Accord de partenariat transpacifique global et progressiste. Ces accords modifieront la géographie des chaînes d'approvisionnement. Ces changements, couplés à l'émergence de préoccupations géopolitiques tels que, la recherche permanente de ressources minérales critiques, sont à l'origine des besoins croissants.

Les pays en développement souffrent également de lacunes majeures dans leurs infrastructures énergétiques. À titre d'exemple, en moyenne, 36 % de la population des PMA n'avait pas accès à l'électricité en 2021. Et même si l'électricité est accessible, elle est non fiable et instable. Par exemple, les coupures de courant sont bien plus fréquentes dans les pays en développement, avec des conséquences majeures sur leur compétitivité industrielle. En moyenne les entreprises des pays membres de l'OCDE subissent moins d'une coupure d'électricité par mois. Par contre ce chiffre s'élève à 7.1 dans les PMA, à 5

dans les PEID et à 3.5 dans les autres pays en développement. Le développement des infrastructures d'énergies renouvelables peut ouvrir de considérables perspectives en matière de résilience climatique, d'industrialisation et de croissance verte dans les pays en développement (Encadré 5.3).

Graphique 5.6. En moyenne 36 % de la population des PMA n'a pas accès à l'électricité, 2021



Source : D'après OCDE/NU/ONUDI/CCI (forthcoming^[12]), *Examen des politiques de transformation économique du Togo*, sur la base de la Banque mondiale (2023^[5]), *Indicateurs du développement dans le monde*, <https://donnees.banquemondiale.org/indicateur/>.

Encadré 5.3. La ZLECAf pourrait changer la donne en faveur des infrastructures d'énergies renouvelables innovantes et résilientes face au changement climatique en Afrique

L'Afrique bénéficie de l'un des plus grands potentiels en matière d'énergies renouvelables, et elle pourrait en profiter pour compléter ses ressources énergétiques. Cela pourrait, à son tour, devenir un tremplin pour développer des activités industrielles et d'innovation autour des énergies renouvelables. Pour ce qui est du solaire, par exemple, l'Afrique détient en estimation 60 % des ressources solaires mondiales de la meilleure qualité, mais qu'elle ne dispose que de 1 % de la puissance photovoltaïque installée (IEA, 2022^[18]). La ZLECAf pourrait changer la donne de ce point de vue, sous réserve qu'elle soit assortie de stratégies industrielles, d'une vaste mobilisation budgétaire et d'une coopération transfrontières dans le domaine des normes.

La ZLECAf élargit le marché de l'énergie. Jusqu'à présent, les échanges d'électricité entre les pays d'Afrique se sont principalement inscrits dans un cadre bilatéral. Les cinq pools énergétiques africains qui ont été créés présentent des degrés d'intégration variables et ont été désavantagés par un manque d'infrastructures et par des incohérences et des lacunes d'ordre réglementaire (Odetayo et Walsh, 2021^[19]). D'autres initiatives régionales, telles que la création du Marché unique africain de l'électricité en 2021, espèrent par ailleurs tirer parti de l'élan imprimé par la ZLECAf pour créer un marché continental de l'électricité qui soit opérationnel.

La ZLECAf ne comporte pas de dispositions spéciales pour les biens environnementaux. Cependant son protocole relatif aux investissements fait référence aux efforts pour promouvoir les investissements favorisant le développement durable, y compris l'atténuation du changement climatique et l'adaptation à ses effets. Il préserve également le droit de ses membres à établir des réglementations en la matière. Ces dispositions complémentaires contribuerait à une amélioration du climat des échanges et de

l'investissement dans le continent tel que prévu par l'accord. En fin de compte la ZLECAF pourrait permettre d'établir un lien entre l'industrialisation et l'écologisation de la matrice énergétique.

Les pays africains devront prendre trois actions clés pour tirer parti des possibilités offertes par l'AfCFTA:

- Mobiliser les investissements et établir un lien entre les stratégies industrielles et la transition écologique. Des initiatives de grande envergure s'avèrent nécessaires pour aller au-delà des projets pilotes et de ceux portant sur des microréseaux, de manière à stimuler la demande et à produire l'énergie nécessaire à l'industrialisation verte du continent. L'AIE (2022^[18]) estime que les investissements énergétiques annuels en Afrique devront être multipliés par deux par rapport à leur niveau actuel et atteindre près de 192 milliards USD par an pour respecter les objectifs énergétiques du continent.
- Aller de l'avant s'agissant des systèmes d'assurance qualité et de certification des énergies renouvelables. À titre d'exemple, la certification de l'hydrogène vert demeure pour l'heure embryonnaire et est principalement assurée par les grands marchés consommateurs. Il est également essentiel de faire en sorte que les pays africains aient leur mot à dire dans la définition des normes., Pour cela ils doivent mettre à jour leurs infrastructures de métrologie et d'évaluation de la conformité pour assurer le respect de ces normes.
- Envisager d'intégrer les questions relatives à l'industrialisation verte dans les protocoles d'accord instituant la ZLECAF dont la négociation est en cours, tels que ceux relatifs aux services (Asafu-Adjaye et al., 2021^[20]).

Source : OCDE (2023^[14]),

Les infrastructures liées à la compétitivité inclues les réseaux de transport, les systèmes énergétiques et ceux d'approvisionnement en eau, sont très vulnérables aux aléas climatiques tels que les inondations, l'élévation du niveau de la mer et les phénomènes météorologiques extrêmes. La vulnérabilité des infrastructures face aux risques climatiques est un important obstacle à l'industrialisation et au développement durables. La perturbation et les dommages subis par les infrastructures aggravent les difficultés auxquelles sont confrontés les pays en développement en limitant leur capacité à promouvoir leur compétitivité et leur croissance économique. Ces défis sont aggravés par les importants coûts sociaux et humains qui en sont par ailleurs la conséquence. En investissant dans la résilience climatique, ces pays peuvent atténuer les effets négatifs du changement climatique et promouvoir une industrialisation durable.

5.3.2 Comblent les lacunes et assurer la résilience des infrastructures face au changement climatique sont deux objectifs indissociables pour les pays en développement.

Remédier simultanément aux deux objectifs leurs permettront d'accélérer leur progression vers le développement durable et de renforcer leur compétitivité et leur capacité à tirer profit du marché mondial. Les infrastructures existantes devront être renforcées en vue d'assurer leur résilience climatique. Pendant ce temps, les nouvelles infrastructures tenir compte de leur résilience climatique ainsi que de leur capacité d'atténuation. Il est essentiel d'intégrer les considérations de résilience climatique dans la planification, la conception, la construction et l'exploitation des infrastructures dans les pays en développement comme dans les économies avancées, de manière à garantir la longévité et l'efficacité des investissements d'infrastructure (voir chapitre 2).

Par ailleurs, la résilience des infrastructures peut renforcer les capacités d'adaptation des populations locales, favoriser la résilience économique et réduire les coûts socioéconomiques des catastrophes climatiques. Ce faisant, elle peut contribuer à réduire les inégalités persistantes que connaissent les pays en développement. Le renforcement de la résilience climatique des infrastructures réduira également la nécessité de déployer de coûteux efforts de remise en état et de reconstruction post-catastrophe, libérant

des ressources pour les priorités de développement à long terme. Ce dernier point revêt une importance toute particulière pour les pays en développement qui éprouvent de difficultés d'accès aux financements et de mobilisation des ressources.

L'intégration de la résilience climatique dans les stratégies de développement des infrastructures des pays en développement est une composante essentielle du développement durable et des stratégies d'industrialisation tournées vers l'avenir et contribue à atteindre des objectifs essentiels, dont les suivants :

- **Supporter la stabilité économique**, en réduisant le risque que les phénomènes météorologiques extrêmes causent des perturbations des infrastructures et leur infligent des dommages. Cette stabilité est essentielle pour attirer les investissements à long terme et promouvoir une croissance économique durable. Les investisseurs ont une plus forte propension à engager des ressources dans les pays qui disposent d'infrastructures résilientes capables de supporter les chocs climatiques, garantissant ainsi la continuité des activités et les retours sur investissement.
- **Sauvegarder les éléments et les services essentiels** tels que les réseaux de transport, les systèmes énergétiques, l'approvisionnement en eau et les télécommunications. Par exemple, le renforcement des infrastructures côtières, telles que les digues et les ouvrages de protection contre les inondations, protège les ports et les routes de transport contre l'élévation du niveau de la mer et les ondes de tempête, garantissant ainsi la continuité de l'approvisionnement en biens et services.
- **Faire baisser les coûts à tous les étapes du cycle de vie** en réduisant le besoin de réparations fréquentes et d'opérations d'entretien d'urgence en raison des dommages liés au changement climatique. En investissant dès à présent dans des techniques de conception et de construction résilientes, les pays en développement peuvent éviter de coûteux efforts de remise en état et de reconstruction.
- **Réduire la prime de risque**. Les sociétés d'assurance et les évaluateurs des risques prennent de plus en plus en compte la résilience des infrastructures lors de la souscription des contrats et de l'évaluation de l'exposition aux risques. En investissant dans des infrastructures résilientes face au changement climatique, les pays en développement peuvent réduire les primes d'assurance et les coûts financiers liés aux risques climatiques.
- **Promouvoir l'innovation et le progrès technologique**. La priorité accordée à la résilience climatique des infrastructures entraîne la mise au point de nouveaux matériaux, de nouvelles méthodes de conception et de nouvelles techniques de construction pour renforcer cette résilience. Cela a pour effet de favoriser une culture de l'innovation et de l'entrepreneuriat, d'offrir des perspectives de croissance aux industries locales et d'encourager l'adoption de technologies de pointe aux fins de développement des infrastructures. Les infrastructures résilientes face au changement climatique préserve également les écosystèmes tels que les zones humides, les forêts et les voies navigables naturelles et l'intégration de solutions fondées sur la nature dans la conception des infrastructures, telles que des toits végétalisés, des revêtements perméables et des systèmes naturels de drainage. Elles favorisent ainsi le développement de la bioéconomie et une création de valeur économique durable grâce aux actifs naturels (voir chapitre 4).
- **Renforcer l'intégration et les partenariats avec les marchés mondiaux**. L'adhésion aux normes, réglementations et accords internationaux destinés à faire face au changement climatique et à promouvoir le développement durable renforce la crédibilité et la réputation des pays sur la scène mondiale. Cela permet de soutenir l'accès aux financements, les partenariats et la coopération à l'échelle internationale.

5.4. La mise à jour des politiques nationales et des partenariats internationaux sera essentielle pour assurer le progrès

Les lacunes des infrastructures décrites dans la précédente section ne sont pas nouvelles. Les pays en développement souffrent de longue date d'un sous-investissement et d'un faible développement de leurs infrastructures. Cependant, il devient de plus en plus urgent pour eux de combler ces lacunes, au risque de se retrouver encore à la traîne. Les pays en développement sont de plus en plus exposés et vulnérables au changement climatique et aux catastrophes naturelles. Leurs aspirations à l'industrialisation les poussent à stimuler l'investissement dans les infrastructures et à assurer leur résilience climatique. En effet, les pays avancés accordent la priorité la modernisation et le renforcement de leurs infrastructures. En accordant la priorité à la résilience climatique, ils se préparent pour la nouvelle économie verte et numérique. Pourtant leurs actions risquent de perpétuer l'écart entre les pays avancés et ceux en développement. Pour éviter de prendre encore plus de retard, les pays en développement ont besoin de mobiliser des investissements adéquats.

Les investissements dans les infrastructures des pays en développement soutiennent également l'économie mondiale. Les principales des infrastructures dans les pays en développement ont une influence directe sur les performances économiques mondiales. en raison de leurs effets sur la résilience et la stabilité des chaînes d'approvisionnement. Ainsi, l'amélioration de la qualité des infrastructures des pays en développement bénéficie également aux pays avancés.

Les pays en développement doivent renforcer leur capacité à assurer la résilience de leurs infrastructures face au changement climatique et aux catastrophes naturelles. Les autorités nationales et locales devront renforcer leurs capacités dans trois domaines : la prévention, la réaction et la reconstruction. Ils doivent mettre à jour le cadre réglementaire, d'identifier les sources et mécanismes de financement appropriés, de définir des systèmes efficaces de mesure et de suivi, et d'établir des mécanismes adaptés de consultation des parties prenantes pour guider les actions à mettre en œuvre à chacune des trois étapes (Encadré 5.4).

Encadré 5.4. Guider les actions visant à assurer la résilience des infrastructures face aux catastrophes naturelles : un cadre reposant sur trois piliers

Le « recueil de bonnes pratiques pour des infrastructures de qualité 2024 : renforcer la résilience face aux catastrophes naturelles » (*Compendium of Good Practices on Quality Infrastructure 2024: Building Resilience to Natural Disasters*) présente un certain nombre de principes destinés à assurer la résilience des infrastructures face aux catastrophes naturelles qui sont issus des bonnes pratiques mondiales et d'analyses approfondies des projets d'infrastructures en Colombie, aux États-Unis, au Ghana, en Inde, en Indonésie, au Japon et au Mozambique. Il propose un cadre reposant sur trois piliers pour guider l'action des pouvoirs publics et promouvoir la mise en œuvre des Principes du G20 pour l'investissement dans des infrastructures de qualité (G20, 2019^[21]). Trois domaines distinctes et interconnectées montrent combien il importe de développer les capacités des autorités nationales et locales:

- **Prévention.** Ce domaine a trait aux actions, aux outils et aux caractéristiques matérielles des infrastructures qui permettent d'éviter et/ou de réduire au minimum les dommages. Il s'agit notamment des analyses coûts-avantages, des évaluations des risques de catastrophes dès un stade précoce, de la gestion des risques de catastrophe, des systèmes d'alerte précoce, des filets de sécurité sociale, de la maintenance préventive stratégique, ainsi que de mesures structurelles et de nouvelles conceptions, telles que la construction de digues contre les inondations.

- **Réaction.** Ce domaine a trait aux actions et aux outils mis en œuvre à la suite d'une catastrophe naturelle pour restaurer les capacités opérationnelles et pour atténuer la perturbation de la fourniture des services. Il prévoit des contre-mesures à court terme telles que d'autres types d'infrastructures ou de services. Il inclut également les instruments réglementaires et économiques qui facilitent la mise en œuvre en temps utile de mesures de gestion des risques de catastrophe. L'accès à un financement d'urgence par exemple peut contribuer au rétablissement rapide des fonctions et des services économiques et sociaux. Cela peut réduire la gravité et la durée des perturbations.
- **Reconstruction.** Ce domaine a trait aux actions, aux outils et aux plans, y compris les modifications des caractéristiques matérielles des infrastructures. Ceux-ci déterminent comment reconstruire efficacement, avec efficacité et dans une perspective prospective les infrastructures ayant subi des dommages, en tenant compte des évolutions des contraintes économiques, environnementales et sociales au fil du temps. La reconstitution englobe entre autres le déploiement de technologies de pointe, efficaces et à faibles émissions, les modifications de la conception des infrastructures et de leurs accès. Il concerne aussi la protection et la restauration des écosystèmes, ainsi que les engagements des parties prenantes. Cela permet une croissance transformatrice et le renforcement de la compétitivité tout en assurant la durabilité environnementale et l'inclusivité. Pour réduire la vulnérabilité climatique, il est essentiel que les mesures de reconstruction mises en œuvre tiennent compte des critères de résilience climatique.

Graphique 5.7. Un cadre reposant sur trois piliers pour la résilience des infrastructures aux catastrophes naturelles



Source : OCDE (2024^[6]),

5.4.1. Le cadre réglementaire sur les projets d'infrastructure doit prendre en considération la résilience climatique

Cette section examine la pertinence des bonnes pratiques internationales et présente des cas concrets basés sur l'expérience des pays en développement. Elle se focalise sur quatre domaines dans lesquels des améliorations significatives sont nécessaires dans les pays en développement : le cadre

réglementaire, le rôle des banques de développement, les capacités d'innovation et de technologie, et la capacité de coordination et de mise en œuvre des gouvernements.

Le **cadre réglementaire** joue un rôle crucial dans les efforts pour assurer la résilience climatique des infrastructures dans les pays en développement. A cette fin, il établit les politiques, les normes et les lignes directrices nécessaires pour faire en sorte que les investissements d'infrastructure soient conformes aux objectifs d'adaptation au changement climatique et d'atténuation de ses effets.

Les pays en développement doivent participer à la définition des normes mondiales en matière de résilience climatique des infrastructures. Il s'agit des normes, des codes et des lignes directrices qui régissent la conception, la construction et l'exploitation des projets d'infrastructure. Ces normes définissent les exigences minimales en matière de résilience des infrastructures, y compris sous des aspects tels que les évaluations des risques climatiques, les stratégies de conception adaptative, la durabilité et la maintenance.

Le cadre réglementaire impose l'intégration d'évaluations des risques climatiques dans la planification et la conception des projets d'infrastructure. Cela implique une évaluation des aléas, des vulnérabilités et des impacts climatiques potentiels auxquels les infrastructures peuvent être confrontées au cours de leur cycle de vie. Les évaluations des risques climatiques éclairent les processus décisionnels en aidant à identifier des mesures d'adaptation et des stratégies de conception adaptées en vue de renforcer la résilience des projets d'infrastructure face aux effets du changement climatique.

Le cadre réglementaire peut promouvoir l'investissement dans des infrastructures résilientes face au changement climatique à travers divers mécanismes, tels que des incitations fiscales, des subventions, des aides non remboursables et des conditions de financement préférentielles. A travers les incitations financières les autorités peuvent encourager les promoteurs, les investisseurs, et les opérateurs des infrastructures à privilégier les pratiques de conception, de construction et de maintenance résilientes. Les incitations à la résilience climatique aident à surmonter les obstacles économiques et favorisent un environnement propice au développement des infrastructures durables.

Le cadre réglementaire devrait également garantir et imposer le respect des normes et des exigences de résilience climatique au moyen de mécanismes de contrôle, d'inspection et de contrainte. Les autorités réglementaires supervisent la mise en œuvre des mesures de résilience climatique dans les projets d'infrastructure et veillent à ce que les promoteurs et les opérateurs respectent les normes et les lignes directrices applicables. La non-conformité peut donner lieu à des sanctions, des amendes ou des retards de mise en œuvre des projets, ce qui encourage les parties prenantes à considérer la résilience climatique comme une priorité dans le cadre du développement des infrastructures. Il importe de d'identifier qui doit procéder à l'évaluation des risques et qui doit faire le suivi des mesures requises. Si tel n'est pas le cas, la valeur de l'évaluation des risques pourrait se trouver amoindrie.

Le renforcement des capacités d'anticipation et d'adaptation des pouvoirs publics est essentiel pour assurer la résilience au changement climatique et aux catastrophes naturelles. Le cadre réglementaire doit être mis à jour en fonction des besoins, tout en assurant la stabilité et la sécurité des activités économiques.

Encadré 5.5. L'Inde a adopté une approche axée sur le cycle de vie pour renforcer la résilience aux catastrophes naturelles de ses projets d'infrastructures routières

L'Inde a mis en œuvre des mesures visant à s'assurer de la résilience aux catastrophes naturelles de ses projets routiers à toutes les étapes du processus, depuis leur planification et leur conception jusqu'à leur fin de vie, en passant par leur construction, leur exploitation et leur maintenance.

Au stade de la planification, une évaluation des risques a été réalisée sur toute la durée de vie des infrastructures. L'Inde a procédé à des études topologiques, géographiques et hydrologiques approfondies afin d'éviter les zones les plus menacées ou de s'assurer que les systèmes de réduction des risques pourraient remplir efficacement leur fonction. En outre, il a utilisé la cartographie de l'exposition aux catastrophes (aux séismes, par exemple) pour déterminer les zones qui nécessitent des niveaux particuliers d'investissement dans différents moyens d'atténuation des différents types de catastrophes.

Au stade de la construction, l'Inde a opté pour des éléments structurels sur mesure tels que des chaussées souples, des remblais renforcés, des murs de soutènement et des systèmes de drainage appropriés. Le pays a également encouragé l'utilisation de matériaux éprouvés et de grande qualité, tels que le béton à hautes performances, afin d'assurer la durabilité et la résilience de ses projets routiers.

L'Inde prescrit une maintenance et des inspections préventives régulières pour préserver l'intégrité des infrastructures. Il a établi des plans de gestion des catastrophes définissent à l'avance les voies d'évacuation et les mesures à mettre en œuvre en vue de faciliter les efforts pour faire face aux situations d'urgence. L'Inde a en outre mis en œuvre un système de gestion automatisée de la circulation pour permettre une intervention plus rapide des services d'urgence lors des catastrophes naturelles.

Source : OCDE (2024^[6]).

Encadré 5.6. Le suivi et la mesure de l'impact des catastrophes sont essentiels pour assurer plus efficacement la prévention, la réaction et la reconstruction : l'expérience du Mozambique

Au Mozambique, le réseau routier national est fortement exposé aux aléas naturels, aux inondations et aux cyclones en particulier. Le Mozambique, dont 40 % de la superficie est située à moins de 200 mètres au-dessus du niveau de la mer et dont le littoral s'étend sur plus de 3 000 kilomètres, est vulnérable aux impacts des précipitations intenses et des fréquents cyclones. Par le passé, les mesures de prévention, telles que la construction de remblais, qui reposaient sur des données dépassées, n'ont pas suffi à réduire les risques exacerbés par le changement climatique. Ceci a entraîné une plus grande vulnérabilité.

Afin de relever ces défis, le Mozambique a identifié les risques et les aléas grâce à une collaboration avec l'Institut météorologique national et à une cartographie des aléas. En utilisant les nouvelles données et sur les techniques de prévision spatiale, le pays a été en mesure d'identifier les zones les plus menacées et de préparer en conséquence des actions de réponses directes. En outre, les nouvelles normes de conception mises en œuvre en 2019 à la suite des réformes apportées au cadre juridique en vigueur ont introduit des mesures telles que la modification des pentes, l'abattage d'arbres et la construction de remblais pour renforcer la résilience des routes et réduire leur vulnérabilité aux catastrophes naturelles.

Source : OCDE (2024^[6])

5.4.2. Les banques de développement doivent intervenir pour combler les lacunes en matière d'infrastructures et assurer leur résilience climatique

Les banques de développement - multilatérales de développement (BMD), les institutions de financement du développement (IFD) et les banques de développement nationales - sont des partenaires essentiels pour combler les lacunes des infrastructures dans les pays en développement et pour assurer la résilience climatique. En mobilisant leurs ressources et leur expertise, les banques de développement peuvent compléter les autres sources de financement, dont le secteur privé. Ce faisant, ils aident les pays à construire des infrastructures résilientes face au changement climatique, à promouvoir le développement durable, et à renforcer la capacité des populations à faire face aux risques climatiques à venir (voir chapitre 3).

Pour jouer pleinement leur rôle dans le renforcement de la résilience climatique des infrastructures dans les pays en développement, les banques de développement devraient bénéficier de plus de capitaux. En particulier, le rôle des banques de développement nationales et internationales en matière de résilience climatique des infrastructures dans les pays en développement recouvre les cinq domaines suivants :

- **Soutien financier** : Les banques de développement assurent le financement des projets d'infrastructures résilientes face au changement climatique dans les pays en développement par divers moyens, dont des prêts, des aides non remboursables et des garanties. Elles offrent bien souvent des conditions libérales et des options de financement souples pour soutenir les projets qui comportent des mesures de résilience climatique, telles que des évaluations des risques climatiques, des stratégies d'adaptation et des technologies renforçant la résilience. Par ailleurs, les banques de développement peuvent utiliser leurs ressources financières pour susciter un cofinancement par d'autres sources, dont le secteur privé et les mécanismes internationaux de financement climatique.

- **Assistance technique et renforcement des capacités** : Les banques de développement offrent une assistance technique et une aide au renforcement des capacités en vue d'optimiser la préparation et l'exécution des projets d'infrastructures résilientes face au changement climatique. Elles participent aussi activement à la structuration et à la préparation des projets d'infrastructures en apportant une expertise technique en matière d'appréciation des risques climatiques, de conception technique, de gestion des projets, ainsi que dans le domaine du suivi et de l'évaluation. Les banques de développement facilitent en outre l'échange de connaissances et le partage des meilleures pratiques entre les pays confrontés à des défis similaires. Ceci contribue ainsi à renforcer les capacités et l'expertise locales en matière de mise en place d'infrastructures résilientes face au changement climatique.
- **Soutien aux politiques et aux réglementations** : Les banques de développement jouent un rôle crucial dans la mise en place de cadres stratégiques et réglementaires qui favorisent le développement des infrastructures résilientes face au changement climatique. Elles travaillent en étroite collaboration avec les autorités au renforcement des normes, des codes et des lignes directrices réglementaires portant sur l'intégration de la résilience climatique dans la planification, la conception et la construction des infrastructures. Les banques de développement préconisent par ailleurs la mise en œuvre de réformes favorisant l'investissement dans des infrastructures résilientes face au changement climatique et prévoyant l'intégration des considérations relatives aux risques climatiques dans les plans sectoriels et les stratégies nationales de développement.
- **Sélection des projets et devoir de diligence** : Les banques de développement appliquent avec une grande rigueur des processus de sélection et de mise en œuvre de leur devoir de diligence en vue de s'assurer de la résilience climatique et de la durabilité écologique des projets d'infrastructure en étude. Ces processus donnent lieu à l'appréciation des risques et des vulnérabilités climatiques, à l'évaluation de la résilience de la conception et des caractéristiques technologiques des infrastructures envisagées, et à une prise en compte des impacts climatiques et des stratégies d'adaptation à long terme. Les banques de développement intègrent par ailleurs des critères de résilience climatique dans leurs processus d'évaluation et d'approbation des projets, orientant les décisions d'investissement vers les projets qui renforcent la résilience et réduisent la vulnérabilité au changement climatique.
- **Partage des connaissances et innovation** : Les banques de développement facilitent le partage des connaissances et l'innovation dans le domaine des infrastructures résilientes face au changement climatique en soutenant la recherche, les projets pilotes et les plateformes d'échange des connaissances. Elles investissent dans la recherche et la mise au point de technologies et d'approches innovantes qui renforcent la résilience climatique des infrastructures, telles que les infrastructures vertes, les solutions fondées sur la nature et l'urbanisme résilient. Les banques de développement promeuvent également l'apprentissage et le renforcement des capacités au travers d'ateliers, de séminaires et de conférences, encourageant une culture d'innovation et de progrès permanent dans le développement des infrastructures résilientes face au changement climatique.

5.4.3. L'innovation et les technologies sont indispensables pour renforcer les capacités de prévention et de réaction aux catastrophes

L'innovation et les technologies traditionnelles et numériques peuvent être d'importantes alliées dans le renforcement des capacités de prévention et de réaction des pays en développement.

Les capacités des pays en développement en matière de SAP et de systèmes d'alerte précoce multialéas (SAPMA) sont limitées. Les SAPMA prennent simultanément en compte une multiplicité d'aléas et sont essentiels pour accroître les capacités de prévention des pays. Parmi les PMA, seulement 11 disposent d'un SAPMA, et 46 personnes seulement sur 100 sont couvertes par un SAP. Pour ce qui est des régions,

l'Amérique du Sud est celle qui compte la plus faible proportion de pays déclarant disposer d'un SAPMA (25 %), suivie par l'Afrique (30 %) (Graphique 5.8).

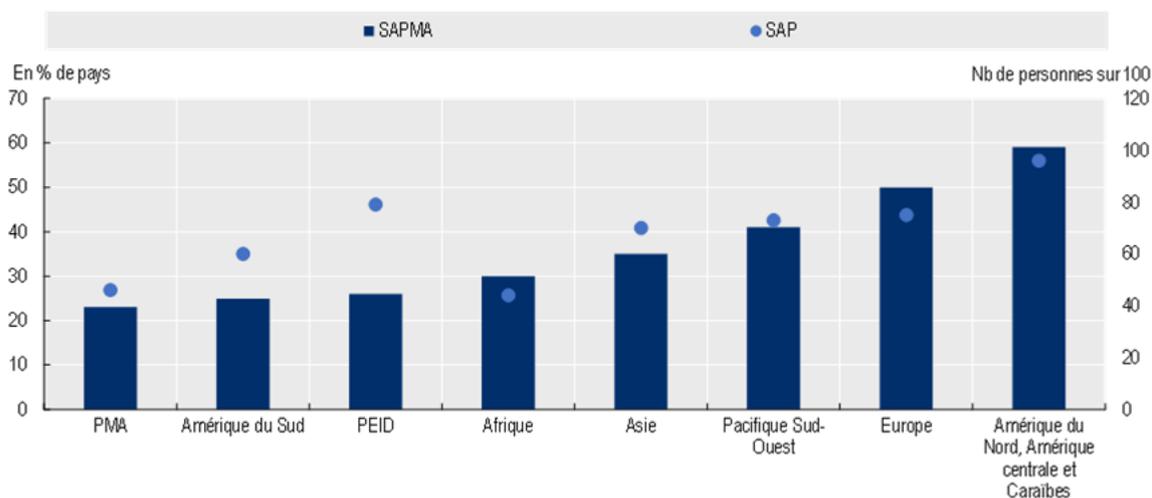
Les technologies innovantes peuvent par ailleurs optimiser les investissements dans les SAP. L'IA peut par exemple aider à mettre au point des SAP pour les phénomènes météorologiques extrêmes, permettant ainsi aux populations de s'y préparer et d'y faire face efficacement. Elle peut en particulier aider à identifier et à évaluer les vulnérabilités des populations et des infrastructures, fournir des informations en temps réel sur la situation météorologique, accroître l'exactitude et la précision des modèles climatiques, et donner ce faisant aux pouvoirs publics les moyens de réagir avec davantage d'efficacité (Jain et al., 2023^[22]).

Malgré les lacunes persistantes dans ce domaine, certains progrès ont été accomplis. Par exemple, le Mozambique a mis en œuvre un SAP qui lui permet de surveiller les aléas potentiels, d'émettre des alertes en temps utile et de réagir pour en réduire dans toute la mesure du possible les conséquences pour les personnes comme pour les biens. Ce système intègre de nouvelles technologies, de nouvelles infrastructures et de nouvelles initiatives locales pour assurer une communication et une réaction efficaces.

Deux institutions clés ont assuré le bon fonctionnement du SAP national. L'Institut national de météorologie (INAM), qui a utilisé l'imagerie satellitaire, les données de radar et les observations d'un réseau de stations de surveillance pour produire des alertes météorologiques. Pour sa part l'Institut de communication sociale, a diffusé des alertes à travers son réseau de 70 radios locales. En outre, des brigades locales formées à cet effet ont été mobilisées pour alerter les populations menacées, les orientant vers des lieux sûrs avant que ne se produisent les phénomènes météorologiques extrêmes (OCDE, 2024^[6]).

Graphique 5.8. Les capacités des pays en développement en matière de systèmes d'alerte précoce sont limitées

Couverture du SAP (nombre de personnes sur 100, axe secondaire) et du SAPMA (proportion des pays, axe primaire), 2019



Note : SAP : systèmes d'alerte précoce ; SAPMA : système d'alerte précoce multi-aléas.

Source : OCDE (2024^[6]), *Compendium of Good Practices on Quality Infrastructure 2024: Building Resilience to Natural Disasters*, Éditions OCDE, Paris, d'après l'OMM (2020^[23]). *2020 State of Climate Services : Risk Information and Early Warning Systems*, Organisation météorologique mondiale, Genève.

Les pays en développement auront grand intérêt à passer d'un état d'esprit de « transfert de technologies » à une logique de « co-création ». De cette manière, ils peuvent encourager les partenariats locaux et

internationaux novateurs dans le but de co-développer des solutions résilientes face au changement climatique. Dans la majorité des domaines, notamment au regard de la résilience climatique, les pays en développement accusent un retard en matière d'innovation et de capacités technologiques. Les 20 premiers pays demandeurs de brevets portant sur des technologies d'adaptation au changement climatique comptent pour 92 % du total des demandes de brevets.

Malgré l'essor notable de la part de ces brevets détenus par la République populaire de Chine [ci-après "China"] et l'Inde, les pays de l'OCDE dominent les demandes totales de brevets. Depuis les années 2000, la part de ces brevets en Chine a augmenté de 1 % à 17 %. Pour sa part l'Inde représente 2 % du total mondial. Cependant les pays de l'OCDE représentent 75 % du total mondial sur la période 2019-21 [par les auteurs à partir des données de (OECD, 2022^[24])]. À cet égard, les partenariats entre pays développés et pays en développement sont donc essentiels. Ils permettent aux pays en développement d'accroître à la fois leurs capacités d'adaptation et la capacité de riposte mondiale au changement climatique.

Encadré 5.7. Reconstruire efficacement grâce à la technologie et aux partenariats internationaux : exemple du Ghana

Face au besoin urgent de doter le pôle commercial florissant d'Accra d'une sous-station électrique adjacente, le Ghana a été confronté à un double défi : la pénurie de terres disponibles et le risque accru d'inondation dans les zones disponibles. Pour surmonter cet obstacle, un point d'approvisionnement en gros a été construit dans une zone inondable du quartier d'affaires central. Comme résultat la zone est capable à la fois de réagir à une situation d'urgence et d'améliorer le degré de préparation. Grâce à la coopération internationale, à l'adoption de technologies et au renforcement des capacités le projet a permis d'accroître l'approvisionnement en énergie et de consolider la résilience des infrastructures énergétiques face aux inondations.

Le Ghana a reçu un soutien conséquent de l'Agence japonaise de coopération internationale (JICA) pour la résilience climatique. JICA a apporté 4.2 milliards JPY sous la forme d'une subvention pour la construction et la modernisation de la sous-station. En collaboration avec le gouvernement ghanéen, Mitsubishi a pris en charge les travaux de construction et de modernisation, en s'appuyant sur des technologies et des méthodes innovantes afin de minimiser les perturbations pour les activités commerciales. Ces travaux prévoyaient notamment le recours à des techniques de forage souterrain et l'installation de technologies stratégiques d'atténuation des inondations et des catastrophes, telles que des pompes automatisées et des murs résistants au feu. Ces mesures ont non seulement facilité la construction de la centrale, mais elles ont également contribué à atténuer l'incidence des inondations ultérieures, en garantissant une alimentation électrique ininterrompue du pôle commercial.

Le transfert de technologies a fortement conditionné la réussite du projet, de même que la qualité de la planification et de l'exécution des stratégies d'exploitation et de maintenance, assurées par une équipe d'employés bien formés et compétents. La compréhension approfondie des risques d'inondation et la planification méticuleuse des projets ont permis de garantir l'efficacité des stratégies d'atténuation. La construction de l'installation a été effectuée par une coentreprise composée de Mitsubishi Corporation, négociant japonais, Hitachi Plant Construction, société japonaise de construction d'installations, et Yurtec, société japonaise d'électricité et d'ingénierie. Fortes de leurs technologies de pointe, de la diversité de leur expérience et de leurs capacités de gestion de projet, ces entreprises ont joué un rôle central dans la bonne exécution du projet. La collaboration entre les fournisseurs privés et l'entreprise de construction impliquée a également contribué à la réussite de la mise en œuvre.

Ce projet a bénéficié d'un soutien de taille de la part des autorités ghanéennes, par l'intermédiaire de divers organismes, dont la Commission de l'énergie, le ministère de l'Énergie, Ghana Water, l'Autorité métropolitaine d'Accra et Ghana Road. Grâce à leur collaboration, la construction de la sous-station a pu être lancée. Des technologies de pointe ont également été utilisées pour le suivi avancé, l'analyse des données en temps réel et les capacités prédictives, garantissant ainsi l'efficacité de l'exploitation et de la maintenance. En outre, il a intégré les technologies avancées de façon à réduire au minimum les perturbations du fonctionnement pendant les opérations de maintenance.

L'évaluation d'impact du projet a révélé de formidables accomplissements, avec notamment une réduction de 95 % du taux de pannes d'électricité par rapport à 2013. Malgré deux inondations majeures en 2020 et 2022, la sous-station a tenu ses promesses en matière de résilience et son fonctionnement n'a subi aucune perturbation. Cette résilience témoigne de l'efficacité des stratégies d'atténuation des inondations mises en œuvre, qui prévoyaient notamment l'installation de pompes automatisées et d'autres innovations technologiques. Le soutien conséquent du Japon, associé aux efforts de collaboration du Ghana, illustre les avantages procurés par la coopération internationale et par l'intégration stratégique de technologies de pointe dans l'optique de renforcer la résilience des infrastructures face aux catastrophes naturelles.

Source : OCDE (2024^[6]).

5.4.4. L'amélioration de la gouvernance et des capacités institutionnelles est essentielle pour soutenir les infrastructures résilientes face au changement climatique

Les pays en développement doivent améliorer leur gouvernance et leurs capacités institutionnelles afin de planifier, construire et gérer efficacement les infrastructures, et de veiller à ce qu'elles soient résilientes face au changement climatique.

Des processus inclusifs de mobilisation des parties prenantes peuvent contribuer de façon déterminante à ce que ces trois phases (planification, construction et exploitation) soient envisagées dans un souci de résilience au changement climatique. Il s'agit notamment de mettre sur pied des mécanismes de consultation publique, de participation des communautés et de collaboration des parties prenantes. Ensemble, ils assurent que les projets d'infrastructure répondent aux besoins, aux préoccupations et aux priorités des communautés locales et des groupes vulnérables (voir chapitre 2).

Il est essentiel de renforcer les capacités de gouvernance et institutionnelles des administrations nationales et locales, qui jouent un rôle majeur dans la mise en œuvre de politiques innovantes visant à rendre les infrastructures résilientes face au changement climatique. Tant dans le secteur public que privé, il convient de doter les professionnels concernés des compétences techniques adéquates. Par exemple, au Ghana, le ministère des Routes et des Autoroutes a donné la priorité au renforcement des capacités du personnel, de façon à ce que les agents disposent des compétences requises pour s'acquitter efficacement de leurs responsabilités. Les agents techniques nouvellement recrutés au sein des organismes publics doivent suivre des programmes de formation obligatoires ; grâce à cette démarche interne, tous les employés sont bien préparés à leurs fonctions, et ce, quel que soit leur parcours universitaire. En outre, les partenaires au développement, tels que l'Agence japonaise de coopération pour le développement et la Banque africaine de développement, jouent un rôle important de par le soutien qu'ils apportent aux programmes de formation du Ghana et les facilités de prêt à conditions préférentielles qu'ils octroient pour les projets routiers.

Il convient d'accorder une attention au renforcement des capacités et à l'autonomisation des communautés au niveau local (OECD, 2024^[6]). Les autorités locales sont, proches du terrain et sont capables de comprendre la réalité de l'aggravation du changement climatique dans leurs communautés. De ce point de vue, et en donnant la priorité à une approche systémique des réformes ; elles jouent un rôle déterminant

dans l'atténuation les répercussions du changement climatique sur les infrastructures. Toutefois, les autorités locales dans les pays en développement, en particulier les PMA, font faces à un manque crucial de ressources budgétaires et techniques. Des actions ciblées sont indispensables pour leur donner les moyens d'agir et exploiter au mieux leurs capacités au service de la résilience climatique [(SNG-WOFI, 2022^[25])]. (chapitre 6).

Par ailleurs, il est fondamental de favoriser la collaboration transfrontalière aux niveaux national et local. Les interconnexions géologiques dépassent les frontières nationales. Cela nécessite la création des mécanismes de collecte et d'utilisation conjointes des données et de planification conjointe. Ainsi, les pays frontaliers doivent prendre en considération l'impact transfrontalier du changement climatique et des catastrophes naturelles dans leurs réponses nationales. Dans le contexte des bassins hydrographiques interconnectés du Mozambique, par exemple, les problématiques transfrontalières doivent être considérées lors des réflexions visant à renforcer la résilience des infrastructures face aux catastrophes naturelles. Du fait de l'interconnexion de ces bassins, les activités menées en amont peuvent avoir des répercussions importantes en aval, et elles sont notamment susceptibles d'accroître les risques d'inondation et de modifier l'écoulement des eaux. Par conséquent, une coordination et une collaboration efficaces avec les pays voisins sont indispensables pour relever les défis communs et atténuer les effets transfrontaliers des catastrophes naturelles (OECD, 2024^[6]).

Les pays en développement devront réaliser des investissements afin de combler leurs lacunes dans le domaine des infrastructures, et ce, dans une optique de durabilité environnementale et de minimisation des risques liés au changement climatique, et de façon à ce que les infrastructures jouent un rôle d'accélérateur de la transformation économique et sociale. Cela nécessitera par la mise en place d'un programme de transformation qui veille à la cohérence entre le développement des infrastructures et les aspirations nationales en matière d'industrialisation et d'innovation. Cela nécessitera également des partenariats internationaux pour la mobilisation des ressources, l'innovation et la collaboration.

Encadré 5.8. La gestion des connaissances et la réalisation d'une évaluation d'impact à la suite de catastrophes renforcent les futures capacités de prévention : expérience de l'Indonésie

Pour remédier à la vulnérabilité de l'Indonésie face aux catastrophes naturelles, une approche pluridimensionnelle est nécessaire, mêlant un degré élevé de préparation aux catastrophes, des systèmes d'alerte précoce, la résilience des infrastructures et la participation des communautés. L'efficacité du soutien en faveur des efforts de développement de l'Indonésie passe par une résilience accrue des infrastructures. Le renforcement des codes de la construction, la mise en œuvre de mesures d'aménagement du territoire et l'investissement dans des infrastructures résilientes constituent des étapes essentielles dans l'optique d'atténuer les effets des catastrophes. En outre, une meilleure sensibilisation du public et la résilience accrue des communautés, par le biais d'initiatives d'éducation et de renforcement des capacités, contribuent à favoriser une culture de la préparation et de la réaction aux catastrophes au niveau communautaire.

En Indonésie, la zone métropolitaine de Jakarta mérite une attention particulière. Capitale du pays et centre urbain comptant parmi les plus peuplés d'Asie du Sud-Est, Jakarta est confrontée à des défis et des vulnérabilités uniques face aux catastrophes naturelles. Située sur la côte nord-ouest de l'île de Java, la ville est particulièrement exposée à un ensemble de risques géologiques, hydrométéorologiques et environnementaux.

Le projet de transport en commun rapide (Mass Rapid Transit, MRT) de Jakarta visait à réduire les embouteillages dans la zone métropolitaine, tout en prenant en compte les risques de catastrophe tels que les fortes précipitations, les inondations, l'affaissement des sols, l'élévation du niveau de la mer et les tremblements de terre. Les installations souterraines ont été réaménagées, notamment les pare-

pluie, les panneaux de protection contre les inondations et la surélévation des entrées, qui a empêché les eaux de s'écouler dans les stations souterraines pendant les périodes d'inondation. Ces actions ont permis de réduire les répercussions des phénomènes météorologiques. En outre, les autorités locales ont publié des rapports sur la prévention des inondations et à organiser des événements de sensibilisation afin d'alerter et de préparer la population.

La politique de prévention des catastrophes visait à garantir l'évacuation des passagers en toute sécurité pendant les situations d'urgence, ciblant le MRT de Jakarta. L'accent mis sur le renforcement des connaissances, des compétences et des capacités tout au long des phases de planification et de construction, notamment au regard de la résilience aux catastrophes naturelles, a été un facteur déterminant de succès.

Les responsables du MRT de Jakarta se sont montrés actifs dans la collecte, la diffusion et la réutilisation des connaissances acquises sur le terrain dans le but d'améliorer leurs pratiques. Le projet a organisé des événements rétrospectifs pour discuter de la phase initiale du projet, compilant ainsi les précieux enseignements tirés au sein de leur Centre de connaissances, d'information et d'éducation interne (Internal Knowledge, Information, Education Center.). Ils ont également publié une série d'ouvrages portant sur la construction, l'exploitation et la maintenance, qui apportent de précieux éclairages pour les projets à l'avenir.

Par ailleurs, le projet MRT de Jakarta a joué un rôle important dans une étude sur la gestion des inondations menée par le groupe COMET (Community of Metros Benchmarking Group). Cette initiative a conduit à la préparation d'un rapport d'évaluation comparative complet, qui a couvert l'ensemble des membres du groupe COMET. Grâce à ce rapport, les métropoles ont pu comparer leurs pratiques en matière de gestion des inondations et bénéficier d'un apprentissage mutuel. En participant activement à des plateformes de partage des connaissances telles que COMET, le projet MRT a contribué à l'apprentissage collectif et à l'amélioration des pratiques de gestion des inondations dans les systèmes de métro.

Source : OCDE (2024^[6]).

5.5. Conclusions

On ne saurait trop insister sur l'urgence d'une action, d'envergure tant mondiale que nationale, en faveur d'infrastructures résilientes face au changement climatique dans les pays en développement. L'inaction a des conséquences désastreuses, et ce sont les pays et les communautés les plus vulnérables qui en paient le plus lourd tribut. Afin de soutenir leurs ambitions d'industrialisation, les pays en développement sont face à la nécessité de se doter d'infrastructures résilientes face au changement climatique et aux catastrophes naturelles qui va de pair avec celle de combler leurs lacunes en matière d'infrastructures.

Cinq problématiques revêtent une importance capitale :

- Il est urgent de **renforcer les capacités en matière d'évaluation complète des risques** dans le but d'étayer les processus de planification des infrastructures et de prise de décision dans les pays en développement. Ces évaluations devraient comprendre des projections climatiques, une analyse de la vulnérabilité et des facteurs socio-économiques, afin de déterminer les domaines à haut risque et de hiérarchiser les interventions en matière d'adaptation. En outre, il est essentiel d'intégrer la résilience climatique dans les normes de conception et de construction des infrastructures, de façon à garantir la résilience des nouveaux investissements infrastructurels face aux impacts climatiques futurs.

- Le **renforcement des capacités institutionnelles et des cadres de gouvernance** conditionne fortement l'efficacité du développement d'infrastructures résilientes face au changement climatique. À ces fins, il convient notamment de renforcer les cadres réglementaires, d'améliorer la coordination entre les organismes publics, de favoriser les partenariats multipartites, d'apporter un soutien aux administrations infranationales et d'intensifier la participation des communautés aux processus décisionnels. Il est également essentiel de renforcer les capacités institutionnelles afin de garantir l'efficacité de la mise en œuvre et des opérations de maintenance dans le cadre des projets d'infrastructures résilientes face au changement climatique. De même, le développement des compétences au service de l'amélioration et de la mise à jour du cadre réglementaire est un paramètre déterminant dans les pays en développement, avec pour objectif de veiller à ce que les règles et les normes favorisent la résilience tout au long du cycle de vie des projets, intègrent les évaluations des risques climatiques, assurent la mise en conformité et facilitent la participation des parties prenantes.
- Des **mécanismes de financement** doivent être activés en faveur de la résilience au changement climatique des infrastructures dans les pays en développement. Il s'agit d'investir à la fois dans le secteur public et dans le secteur privé, et de tirer parti des mécanismes internationaux de financement de l'action climatique existants, tels que le Fonds vert pour le climat et le Fonds pour l'adaptation. Certains mécanismes innovants, tels que les obligations climatiques et les partenariats public-privé, peuvent également jouer un rôle capital dans la mobilisation de ressources à l'appui des projets d'infrastructures résilientes face au changement climatique, notamment à l'échelon infranational (voir chapitre 5). Acteurs clés dans ce domaine, les gouvernements, les banques nationales de développement ainsi que les banques multilatérales de développement (BMD) et les institutions de financement du développement (IFD) jouent un rôle déterminant au regard du financement, de l'assistance technique et du renforcement des capacités, de la réduction des risques liés aux investissements et de l'attractivité pour les investissements privés (voir chapitre 3). Afin de satisfaire aux besoins croissants en infrastructures des pays en développement et de veiller à ce que les infrastructures soient résilientes face au changement climatique et aux catastrophes naturelles, il conviendra d'accroître la capitalisation des BMD et des IFD afin qu'elle réponde à la demande en hausse.
- Le **transfert de technologies, le co-développement de solutions innovantes et le renforcement des capacités** sont des volets essentiels dans une optique d'amélioration de l'expertise et des connaissances techniques nécessaires à la mise en œuvre de projets d'infrastructures résilientes face au changement climatique. Cela recouvre notamment le transfert de technologies résilientes face au changement climatique, le renforcement des capacités locales de conception et de mise en œuvre de projets, et la facilitation du partage de connaissances parmi les pays confrontés à des défis climatiques similaires. Il est également essentiel d'investir dans la recherche-développement de technologies résilientes face au changement climatique et adaptées aux besoins spécifiques des pays en développement.
- Par ailleurs, il est primordial de **tenir compte des questions relatives à l'équité et à l'inclusion sociales** dans les infrastructures résilientes face au changement climatique dans les pays en développement. Les communautés vulnérables et marginalisées sont souvent les premières victimes des répercussions du changement climatique, qui les affectent souvent de manière disproportionnée du fait de l'inadéquation des infrastructures. Ceci compromet leurs perspectives d'inclusion économique et perpétue donc les cycles de pauvreté. Les projets d'infrastructures résilientes face au changement climatique doivent être conçus et mis en œuvre de manière à promouvoir l'équité sociale, à garantir l'accès de tous aux services essentiels et à donner aux communautés locales les moyens de participer activement aux processus décisionnels.

Les pays en développement peuvent mettre en place les infrastructures nécessaires dans une optique de compétitivité, qui soient résilientes face aux effets du changement climatique, favorisent le développement

durable et améliorent la résilience des communautés face aux risques climatiques futurs. A cette fin, ils doivent veiller en priorité à évaluer les risques, à renforcer les capacités institutionnelles, à mobiliser des financements, à promouvoir le transfert de technologies et le développement des compétences, et à tenir compte des questions relatives à l'équité sociale,

Dans ces pays, les pouvoirs publics doivent faire preuve de volontarisme et miser sur des infrastructures résilientes face au changement climatique, et en faire une priorité dans le cadre de leurs initiatives en matière d'industrialisation et de compétitivité. Le secteur privé et la communauté internationale devraient intensifier leurs efforts et les soutenir par des moyens adéquats. L'heure est venue d'agir de manière concertée et décisive afin de bâtir un monde plus résilient face au changement climatique et aux catastrophes naturelles, qui ne laisse personne de côté.

Références

- Asafu-Adjaye, J. et al. (2021), *The role of the AfCFTA in promoting a resilient recovery in Africa*. [20]
- EM-DAT (2023), *International Disaster Database*, <https://www.emdat.be/> (consulté le 15 janvier 2024). [4]
- G20 (2019), *G20 Principles for Quality Infrastructure Investment*. [21]
- IEA (2022), *Africa Energy Outlook 2022*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/2abd9ce2-en>. [18]
- International Union of Railways (2023), *Railway statistics synopsis*, <https://uic-stats.uic.org/resources/> (consulté le 5 février 2024). [17]
- IPCC (2023), *Summary for Policymakers: Climate Change 2023 Synthesis Report*, https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf. [3]
- Jain, H. et al. (2023), « AI-enabled strategies for climate change adaptation: protecting communities, infrastructure, and businesses from the impacts of climate change », *Computational Urban Science*, vol. 3/1, <https://doi.org/10.1007/s43762-023-00100-2>. [22]
- OCDE (2024), *Examen des politiques de transformation économique : Gros plan sur l'internationalisation de la Guadeloupe*, Les voies de développement, Éditions OCDE, Paris, <https://doi.org/10.1787/3ba34e4a-fr>. [9]
- OCDE (2023), « Industries agroalimentaires novatrices dans les régions ultrapériphériques de l'UE », *Documents d'orientation de l'OCDE sur le développement*, n° 49, Éditions OCDE, Paris, <https://doi.org/10.1787/04a79fa0-fr>. [10]
- Odetayo, B. et M. Walsh (2021), « A policy perspective for an integrated regional power pool within the Africa Continental Free Trade Area », *Energy Policy*, vol. 156, p. 112436, <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112436>. [19]
- OECD (2024), *Compendium of Good Practices on Quality Infrastructure 2024 : Building Resilience to Natural Disasters*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/54d26e88-en>. [6]
- OECD (2024), *Start-up Asia : Chasing the Innovation Frontier*, Development Centre Studies, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/a9b71040-en>. [16]

- OECD (2023), *Financing for SIDS*, [8]
<https://www.oecd.org/fr/cad/financementpourledeveloppementdurable/themes-financement-developpement/small-island-developing-states.htm> (consulté le 4 février 2024).
- OECD (2023), *Production Transformation Policy Review of Egypt : Spotlight on the AfCFTA and Industrialisation*, OECD Development Pathways, OECD Publishing, Paris, [14]
<https://doi.org/10.1787/3ac95e0c-en>.
- OECD (2023), *Towards Climate Resilience and Neutrality in Latin America and the Caribbean : Key Policy Priorities*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/278e52e8-en>. [11]
- OECD (2022), « Patents by main technology and by International Patent Classification (IPC) (Edition 2022) », *OECD Patent Statistics* (base de données), [24]
<https://doi.org/10.1787/a8f40ad4-en> (consulté le 6 février 2024).
- OECD et al. (forthcoming), *Production Transformation Policy Review of Togo*. [12]
- OECD/UNCTAD (2023), *Production Transformation Policy Review of Bangladesh : Investing in the Future of a Trading Nation*, OECD Development Pathways, OECD Publishing, Paris, [13]
<https://doi.org/10.1787/8b925b06-en>.
- Ookla (2023), *Speedtest*, <https://www.speedtest.net/global-index> (consulté le 19 janvier 2024). [15]
- Rentschler, J., M. Salhab et B. Jafino (2022), « Flood exposure and poverty in 188 countries », [7]
Nature Communications, vol. 13/1, <https://doi.org/10.1038/s41467-022-30727-4>.
- SNG-WOFI, O. (2022), *World Observatory on Subnational Government Finance and Investment*, [25]
<https://www.sng-wofi.org/> (consulté le 26 janvier 2024).
- UNDRR (2022), *GAR2022: Our World at Risk | UNDRR*, <https://www.undrr.org/gar2022-our-world-risk#container-downloads> (consulté le 8 août 2022). [2]
- UNDRR (2020), *The human cost of disasters: an overview of the last 20 years (2000-2019)*, [1]
<https://www.undrr.org/publication/human-cost-disasters-overview-last-20-years-2000-2019>.
- WMO (2020), *2020 State of Climate Services: Risk Information and Early Warning Systems*. [23]
- World Bank (2023), *World development indicators*, <https://data.worldbank.org/> (consulté le 26 janvier 2024). [5]

6

Construire des infrastructures résilientes face au changement climatique avec les régions et les villes

Ce chapitre examine comment l'adoption d'une approche intégrée peut contribuer à créer des régions et des villes plus résistantes au changement climatique. Il met en évidence la vulnérabilité inégale des territoires face au changement climatique, leurs différentes capacités à renforcer la résilience face au changement climatique, le rôle essentiel des gouvernements régionaux et locaux et l'interdépendance des systèmes d'infrastructure entre les secteurs et les territoires. Pour relever ces défis, il est nécessaire de collaborer avec les régions et les villes afin de mettre en place des infrastructures résistantes au changement climatique. Ce chapitre décrit trois actions essentielles pour y parvenir : (i) adopter une approche territoriale (ii) tirer parti de la gouvernance pluri-niveaux et (iii) soutenir les finances des gouvernements infranationaux. Il fournit des études de cas pour aider les gouvernements nationaux, régionaux et locaux à construire des infrastructures et des communautés résistantes au climat.

Principaux éclairages sur l'action publique

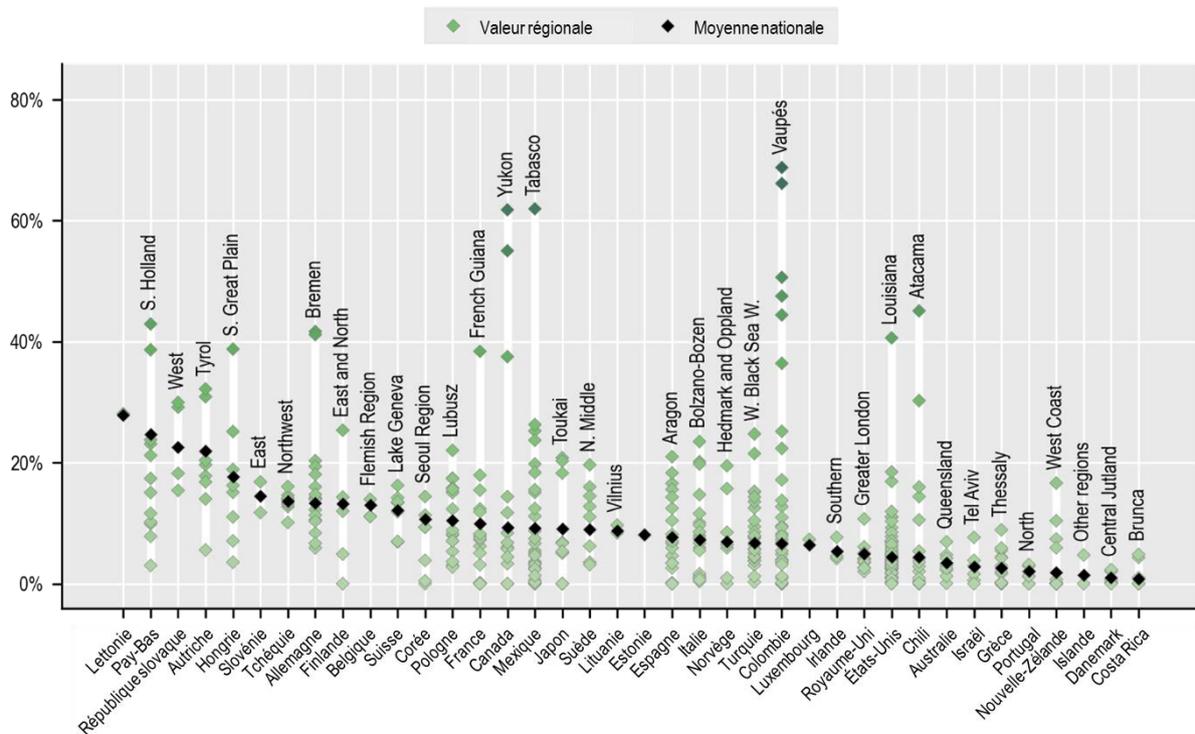
- Le changement climatique présente des défis et des opportunités asymétriques d'un territoire à l'autre. La vulnérabilité au changement climatique résulte non seulement des risques climatiques, mais aussi des caractéristiques socio-économiques existantes, et en évolution, des communautés, qui sont inégalement réparties dans l'espace et peuvent interagir pour créer des effets en cascade et des effets composés. Investir dans des infrastructures résistantes au climat peut aider les communautés à renforcer leur résilience face au changement climatique et à soutenir les objectifs de développement régional et urbain à long terme.
- Les autorités régionales et locales joueront un rôle essentiel dans la mise en place d'infrastructures résilientes face au changement climatique. Les gouvernements infranationaux ont été à l'origine de 69 % des investissements publics significatifs pour le climat dans les pays de l'OCDE en 2019. Les gouvernements infranationaux ont le mandat de planifier, de fournir, de financer et d'entretenir des services d'infrastructure résilients au climat, ainsi que les conditions-cadres locales pour l'investissement dans la résilience face au climat.
- Ce chapitre présente trois approches que les gouvernements nationaux, régionaux et locaux peuvent adopter pour soutenir la mise en place d'infrastructures résilientes face au changement climatique dans les régions et les villes :
 - **Adopter une approche fondée sur le territoire** afin d'intégrer les caractéristiques locales dans les politiques de renforcement de la résilience climatique. Cela implique de cibler les actions de résilience sur les territoires les plus exposés, de soutenir les actions politiques systémiques et intégrées au niveau local et de s'engager à fond avec les communautés. Par exemple, les régions et les villes peuvent mettre en place des cadres décisionnels sur les risques climatiques, élaborer des plans d'aménagement du territoire tenant compte du climat et mieux communiquer sur les compromis en matière de résilience climatique.
 - **Exploiter la gouvernance pluri-niveaux** pour aider à aligner les actions de résilience climatique entre les différents niveaux de gouvernement. Cela peut soutenir les actions de résilience climatique à l'échelle appropriée en coordonnant les actions à travers et entre les niveaux de gouvernement, et en renforçant les capacités des gouvernements infranationaux. Par exemple, les régions et les villes peuvent établir des contrats entre elles et avec les gouvernements nationaux pour coordonner la résilience entre les juridictions ou mettre en commun les ressources techniques et budgétaires afin d'exploiter les économies d'échelle.
 - **Soutenir les finances des gouvernements infranationaux** afin d'aider les régions et les villes à mobiliser un financement durable et des ressources financières pour les actions locales de résilience climatique. Il peut s'agir de garantir l'accès à des sources de revenus appropriées pour la résilience, de mobiliser les financements là où ils sont le plus nécessaires et de débloquer des fonds pour le climat au niveau local. Par exemple, les gouvernements peuvent réformer les cadres fiscaux infranationaux pour favoriser l'autofinancement, intégrer la résilience climatique dans les systèmes de transfert intergouvernementaux et faciliter l'utilisation d'obligations vertes, sociales et durables.

6.1. Introduction

Si le changement climatique est un phénomène mondial, ses effets sont ressentis au niveau local. De plus, ces impacts sont asymétriques et affectent différemment les régions et les villes. Par exemple, dans les pays de l'OCDE, le pourcentage de la population exposée aux inondations fluviales varie considérablement d'une région à l'autre au sein d'un même pays (Figure 6.1) en raison des différences géographiques, mais aussi des modes d'occupation humaine. Le changement climatique peut s'ajouter aux différentes caractéristiques, capacités et vulnérabilités physiques, économiques et sociales des régions et des villes pour créer des effets en cascade (OCDE, 2023^[1]). En outre, les effets du changement climatique dépendent et varient en fonction d'autres facteurs, notamment l'interaction complexe avec d'autres mégatendances, telles que l'évolution démographique, la numérisation et la mondialisation (OCDE, 2022^[2]).

Figure 6.1. Les régions ne sont pas toutes exposées de la même manière aux effets du changement climatique

Exposition de la population aux inondations fluviales centennales dans les grandes régions de l'OCDE (TL2), 2015



Source : A Territorial Approach to Climate Action and Resilience (OCDE, 2023^[3]) <https://doi.org/10.1787/1ec42b0a-en>

Encadré 6.1. Actions à mener par les autorités régionales et locales pour créer des territoires résilients au changement climatique

Les gouvernements régionaux et locaux peuvent être des "laboratoires d'innovation" à l'origine de progrès en matière d'adaptation au climat. Ces gouvernements sont responsables de nombreuses actions physiques et opérationnelles nécessaires pour renforcer la résilience climatique régionale et urbaine et répondre à des aspirations de développement plus larges.

Pour renforcer la résilience climatique à long terme, les autorités régionales et locales devraient adopter une approche locale en déployant une série d'actions relevant d'investissements dans les infrastructures physiques et d'actions d'ordre organisationnel adaptées à leur juridiction. Si les investissements dans les infrastructures physiques sont essentiels, les interventions d'ordre organisationnel peuvent parfois s'avérer plus efficaces pour renforcer la résilience face aux risques climatiques. L'adoption de mesures organisationnelles appropriées contribue également à la résilience des systèmes d'infrastructure en réduisant l'exposition des actifs aux risques climatiques, ce qui peut à son tour réduire le volume d'infrastructures physiques nécessaires (et les émissions intrinsèques qui y sont associées).

Tableau 6.1. Actions clés que les gouvernements régionaux et locaux peuvent entreprendre pour renforcer la résilience climatique

	Physique	Organisationnel
Adaptation		
Réduire l'exposition aux risques climatiques	<ul style="list-style-type: none"> • Planter les infrastructures et les logements dans des territoires moins exposés • Construire des infrastructures de protection pour protéger les communautés et les biens 	<ul style="list-style-type: none"> • Élaborer des plans d'occupation des sols afin d'empêcher tout développement futur dans les zones à risque • Soutien des approches de « retrait géré » pour les communautés situées dans des zones à risque
Réduire la vulnérabilité aux risques climatiques	<ul style="list-style-type: none"> • Rénover les infrastructures et les bâtiments pour les rendre conformes à des normes plus strictes • Construire de nouvelles infrastructures et de nouveaux bâtiments selon des normes plus strictes • Adopter des solutions fondées sur la nature (voir chapitre 4) 	<ul style="list-style-type: none"> • Améliorer la préparation des communautés face aux risques • Souscrire une assurance contre les pertes et dommages liés au climat • établir des fonds de réserve pour les périodes difficiles
Atténuation		
Réduire l'incidence et la gravité des risques climatiques (<i>ne fait pas l'objet du présent rapport</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Faciliter la construction dans le domaine des énergies renouvelables • Encourager les approches de construction à faible émission de carbone • Offrir des options durables en matière de transport 	<ul style="list-style-type: none"> • Concevoir l'environnement bâti de manière à réduire la consommation de combustibles fossiles (par exemple, réduire les distances entre le domicile et le lieu de travail, réduire les îlots de chaleur). • Gérer la consommation d'électricité pour réduire la demande, en particulier aux heures de pointe • Faciliter l'arrêt progressif des industries polluantes

Les gouvernements régionaux et locaux sont en première ligne pour renforcer la résilience climatique (Encadré 6.1). Dans de nombreux pays de l'OCDE, les gouvernements infranationaux sont compétents dans des domaines clés liés à la résilience climatique, tels que la fourniture d'infrastructures, l'octroi de permis de construire et l'aménagement du territoire (OCDE/CGLU, 2022^[4]). En effet, les gouvernements infranationaux sont responsables de 63 % des dépenses publiques significatives¹ pour le climat et de 69

% des investissements publics significatifs pour le climat dans les pays de l'OCDE (OCDE, 2022^[5]). Ils ont des responsabilités essentielles dans le renforcement de la résilience des infrastructures, non seulement contre les phénomènes météorologiques extrêmes (tels que les cyclones) (UNDRR, 2015^[6]) mais aussi les événements à évolution lente (tels que la hausse des températures) (UNFCCC, 2012^[7]). L'ampleur du défi pour les gouvernements régionaux et locaux est considérable - on estime que les villes des économies émergentes auront besoin d'investissements privés atteignant 29,4 milliards de dollars US d'ici 2030 pour rendre leurs infrastructures et leurs services plus résistants au climat (SFI, 2018^[8]). Même si les coûts sont importants, les retours sur investissement dans des infrastructures résilientes au climat peuvent être élevés : chaque dollar investi dans la résilience pourrait générer quatre dollars de bénéfices (Banque mondiale, 2019^[9]).

Le renforcement de la résilience et l'adaptation ne consistent pas seulement à réagir aux impacts négatifs, mais aussi à tirer parti des opportunités potentielles (Banque mondiale, 2011^[10]). La nécessité d'investir davantage dans les infrastructures d'adaptation au climat et d'atténuation de ses effets pourrait permettre aux régions et aux villes de se transformer sur le plan économique (OCDE, 2023^[11]). Dans le même temps, le changement climatique crée également des asymétries entre les régions en ce qui concerne les opportunités. Par exemple, dans la moyenne des pays de l'OCDE, l'écart entre les régions ayant la part la plus élevée et la plus faible d'emplois verts est de 7 points de pourcentage (OCDE, 2023^[12]). Qu'il s'agisse de défis ou d'opportunités, des solutions locales sont nécessaires pour faire face aux impacts du changement climatique et accroître la résilience des régions et des villes à ce phénomène.

La finance peut jouer un rôle important pour soutenir l'investissement dans les régions et les villes (OCDE, 2023^[13] ; OCDE, 2022^[14]). La plupart des financements pour l'action climatique au niveau infranational sont actuellement consacrés à des investissements dans l'atténuation plutôt que dans l'adaptation, bien que les deux soient nécessaires. En 2021, le financement de l'adaptation ne représentait que 27 % de l'ensemble du financement de la lutte contre le changement climatique dans les pays en développement (OCDE, 2023^[15]). Au niveau infranational, seuls 9 % des flux de financement climatique destinés aux villes sont mobilisés pour des projets d'adaptation et de résilience, le reste étant orienté vers des projets d'atténuation ou à double usage (CCFLA, 2021^[16]).

Compte tenu de la nature complexe et décentralisée des risques climatiques, le renforcement de la résilience climatique et la résolution des problèmes liés au changement climatique nécessiteront : (Tableau 6.2).

- L'adoption d'une **approche territoriale** peut aider à cibler les actions sur les besoins spécifiques du territoire, à établir des liens entre les différents domaines d'intervention et à élaborer des solutions adaptées aux besoins locaux. Cette approche prend acte de la répartition inégale selon les territoires des risques et des opportunités liés au changement climatique, ainsi que la nécessité d'une coordination entre les différentes politiques d'intervention et d'un engagement des communautés. Elle invite les gouvernements à prendre en compte les risques, les capacités et les aspirations différents d'un territoire à l'autre lors de la conception des interventions.
- Tirer parti de de la **gouvernance pluri-niveaux** peut contribuer à coordonner les actions politiques, à soutenir les interventions à la bonne échelle et à exploiter les compétences à tous les niveaux de gouvernement. Cette approche reconnaît que les compétences sont partagées entre les différents niveaux de gouvernement et que les risques et les opportunités liés au changement climatique dépassent les frontières juridictionnelles, de sorte que des approches coordonnées et des capacités locales sont nécessaires. Elle appelle les gouvernements à se coordonner verticalement et horizontalement pour aligner les priorités et les responsabilités.
- Soutenir les **finances des gouvernements** infranationaux peut contribuer à garantir que ces derniers ont la capacité financière d'investir dans la résilience, d'atténuer les effets négatifs du changement climatique et de tirer parti des opportunités. Cette approche reconnaît le potentiel de revenus limité de nombreux investissements locaux en matière d'adaptation, la capacité financière

locale réduire ainsi que le flux insuffisant de financement climatique vers les projets d'adaptation locaux. Elle appelle les gouvernements à reconnaître les contraintes des gouvernements infranationaux lorsqu'ils conçoivent des programmes de financement visant à renforcer la résilience.

Tableau 6.2 - Défis politiques et actions pour construire ensemble des régions et des villes résilientes au changement climatique

Élément	Défis politiques liés		Actions politiques liées
Approche territoriale	Répartition spatiale inégale des risques, actions et coûts liés au climat Interactions complexes entre les différentes politiques d'intervention liées à la résilience climatique Un fort attachement des communautés à leur territoire	>>	Cibler les réponses sur les territoires qui en ont le plus besoin, afin de faire face aux risques ou de tirer parti des possibilités offertes par le changement climatique. Soutenir une action politique systémique, intégrée et intersectorielle Développer des solutions adaptées aux besoins des communautés
Gouvernance pluri-niveaux	Compétences partagées entre les différents niveaux de gouvernement Les risques climatiques qui dépassent les frontières juridictionnelles Différentes caractéristiques et échelles des réseaux et solutions d'infrastructure Capacité insuffisante là où elle est nécessaire	>>	Coordonner verticalement les différents niveaux de gouvernement afin d'exploiter les compétences partagées Coordonner horizontalement les différents niveaux de gouvernement pour agir à l'échelle appropriée Renforcer les capacités de résilience des gouvernements régionaux et locaux
Finances infranationales	Potentiel de revenus limité des investissements infranationaux dans la résilience Capacité financière infranationale limitée Flux limités des financements en faveur de l'adaptation au climat en direction des gouvernements infranationaux	>>	Identifier d'autres sources de revenus infranationaux pour financer les investissements dans la résilience Cibler les transferts budgétaires là où ils sont le plus nécessaires pour renforcer la résilience à long terme Mobiliser des financements privés pour les gouvernements infranationaux, y compris des financements pour le climat

La Recommandation de l'OCDE sur la politique de développement régional et la Recommandation de l'OCDE sur un investissement public efficace entre les niveaux de gouvernement fournissent des orientations pour soutenir le développement de régions et de villes plus résilientes (Encadré 6.2). Ces deux recommandations adoptent une vision globale des facteurs qui favorisent le développement régional à long terme et l'amélioration du bien-être, en se concentrant sur les interventions de nature physique et organisationnelles. Elles soulignent l'importance d'une approche de la résilience fondée sur les territoires, la gouvernance pluri-niveaux et les finances infranationales.

Encadré 6.2. Une approche territoriale, pluri-niveaux et infranationale pour la résilience

La [Recommandation de l'OCDE sur la politique de développement régional](#) fournit aux pays un cadre d'action complet pour soutenir la conception et la mise en œuvre de politiques de développement régional efficaces en faveur d'une croissance économique inclusive, du bien-être, de la durabilité environnementale et de la résilience. Elle souligne que la politique de développement régional est une politique à long terme, intersectorielle, fondée sur les territoires et pluri-niveaux qui contribue à améliorer la contribution de toutes les régions à la performance nationale et à réduire les inégalités entre les territoires et entre les personnes.

La [Recommandation de l'OCDE sur l'investissement public efficace entre les niveaux de gouvernement](#) aide les gouvernements à évaluer les forces et les faiblesses de leur capacité d'investissement public et à fixer des priorités d'amélioration. La Recommandation met l'accent sur une approche de l'investissement fondée sur les territoires et la gouvernance pluri-niveaux, qui peut aider les pays à maximiser les retours sur investissement. La recommandation contient 12 principes visant à améliorer la gestion et la mise en œuvre des investissements publics à tous les niveaux de gouvernement.

Source : Recommandation du Conseil sur l'investissement public efficace entre les niveaux de gouvernement (2014^[17]) <https://legalinstruments.oecd.org/en/instruments/OECD-LEGAL-0402> Recommandation du Conseil sur la politique de développement régional (2014^[17]) <https://legalinstruments.oecd.org/en/instruments/OECD-LEGAL-0402>

6.2. Approche territoriale intégrée de la résilience climatique

Adopter une **approche territoriale** pour cibler les réponses sur les territoires les plus nécessaires, s'attaquer aux risques locaux, tirer parti des opportunités locales et soutenir des interventions intersectorielles de renforcement de la résilience climatique en collaboration avec les communautés locales.

Une approche territoriale reconnaît le rôle joué par le territoire pour influencer les résultats économiques, sociaux et environnementaux, notamment en matière de résilience climatique. Une telle approche permet de concevoir des réponses adaptées aux circonstances spécifiques des différents territoires, en tenant compte de la distribution inégale et évolutive de facteurs tels que les ressources naturelles, les risques environnementaux, le capital humain, le capital social, l'infrastructure de connexion et les institutions. En raison de leur contexte différencié, les territoires ne distinguent pas seulement par des résultats différents, mais ont aussi des potentiels différents et des voies de développement différentes pour les atteindre (OCDE, à venir^[18]).

6.2.1. Cibler les réponses sur les territoires les plus vulnérables aux impacts climatiques

Les effets croissants du changement climatique sont inégalement répartis dans l'espace. Le changement climatique accroît non seulement le risque de catastrophes naturelles (telles que les inondations, l'élévation du niveau de la mer, les chaleurs extrêmes, les cyclones tropicaux et les sécheresses, etc. (GIEC, 2021^[19])), mais aussi les risques technologiques (tels que les pannes de réseau et les ruptures de barrage), qui résultent souvent de la défaillance d'infrastructures critiques due aux risques climatiques (UNDRR, 2023^[20]). Si le changement climatique accroît les risques dans l'ensemble des pays de l'OCDE (voir chapitre 1), l'ampleur du changement varie considérablement d'un territoire à l'autre à l'intérieur d'un même pays. Non seulement les dangers potentiels sont répartis de manière inégale dans l'espace, mais

l'exposition et la résistance des régions et des villes au changement climatique varient également en fonction de leurs caractéristiques physiques, sociales et économiques.

Les effets du changement climatique peuvent aggraver les vulnérabilités existantes. Souvent, les groupes de population socio-économiques défavorisés sont non seulement plus vulnérables, mais aussi plus exposés au changement climatique. Parmi la population urbaine mondiale, les 20 % les plus pauvres sont confrontés à des lacunes d'adaptation plus importantes que les 20 % les plus riches (GIEC, 2021^[21]). Les effets cumulés et en cascade du changement climatique peuvent frapper plus durement les communautés défavorisées, car les systèmes économiques (tels que les emplois), sociaux (tels que les soins de santé) et d'infrastructure (tels que l'assainissement) dont elles dépendent sont souvent moins résilients au changement climatique (OCDE, 2023^[11]). Les régions où la population diminue pourraient avoir des coûts par habitant plus élevés pour fournir des services d'infrastructure résilients au changement climatique (OCDE, 2022^[22]). En effet, d'ici 2040, quatorze pays de l'OCDE pourraient connaître une diminution de leur population, en particulier dans les villes de petite et moyenne taille et les régions isolées, ce qui pourrait rendre le renforcement de la résilience climatique encore plus difficile (OCDE, 2023^[23]).

D'un autre côté, les régions et les villes peuvent également exploiter les opportunités offertes par le changement climatique. Bien que l'atténuation du changement climatique ne soit pas l'objet du présent rapport, elle est étroitement liée à la résilience et peut offrir des opportunités économiques (OCDE, 2021^[24]). Par exemple, les solutions fondées sur la nature, telles que la restauration des mangroves, peuvent offrir des avantages en termes d'atténuation et d'adaptation, en plus d'une valeur potentielle en termes de loisirs, d'alimentation et de tourisme (voir le chapitre 4). Certaines régions sont vulnérables aux transitions industrielles liées au climat (OCDE, 2023^[11]) mais elles peuvent également tirer parti de leurs atouts, capacités et compétences existants pour récolter des dividendes liées à la transition verte et numérique (OCDE, 2023^[12]). Les régions où les risques climatiques sont moins fréquents ou moins graves pourraient voir leur attractivité relative augmenter. Les régions clés pour la transition verte (telles que celles qui contiennent des gisements de minerais essentiels, des capacités de fabrication de pointe ou des ressources en énergies renouvelables) seraient bien positionnées pour attirer les investissements et les talents nécessaires pour renforcer la résilience face au climat (OCDE, 2023^[25]).

Grace à la compréhension de la distribution spatiale des risques climatiques, les approches territoriales peuvent contribuer à garantir que les politiques sont optimisées en fonction des caractéristiques et des besoins locaux. Elles peuvent définir de manière proactive des voies de développement résilientes qui renforcent la compétitivité des régions et des villes et les aident à se spécialiser intelligemment, en fonction des forces, des défis et des aspirations locales (OCDE, à venir^[18]). Cet aspect est particulièrement important pour les pays en développement, compte tenu de leur vulnérabilité face au changement climatique et de leurs aspirations ambitieuses en matière de développement (voir le chapitre 5). Les autorités régionales et locales jouent un rôle important dans l'identification et la communication des risques climatiques. Cependant, en raison des limites actuelles des données et de la modélisation, les impacts exacts du changement climatique restent incertains aux niveaux régional et local les plus granulaires dans certains pays (OCDE, 2021^[26]). En effet, un quart des municipalités de l'UE n'évaluent pas la résilience climatique des investissements potentiels dans les infrastructures (BEI, 2023^[27]). En outre, les évaluations de la vulnérabilité doivent tenir compte de l'exposition des actifs locaux et de la population aux risques climatiques, ce qui nécessite des données détaillées (FMI, 2022^[28]). L'exposition en soi n'implique pas nécessairement la vulnérabilité, car de nombreux actifs d'infrastructure sont protecteurs.

Compte tenu de l'ampleur du défi que représente la construction d'infrastructures résistantes au climat, de nombreuses collectivités régionales et locales ne seront pas en mesure d'agir seules. Certains gouvernements régionaux et locaux pourraient être confrontés à des obstacles en matière de planification, de financement ou de mise en œuvre. Les gouvernements nationaux devront apporter leur soutien aux régions et aux villes, en ciblant les territoires les plus vulnérables aux risques climatiques et les moins à même de réagir par eux-mêmes (OCDE, 2019^[29] ; OCDE, 2021^[30] ; OCDE, 2023^[31] ; OCDE, 2023^[32]).

Encadré 6.3 ci-dessous montre que les villes sont de plus en plus vulnérables aux risques climatiques, ce qui nécessite des solutions axées sur les villes pour renforcer leur résilience.

Encadré 6.3. Les villes sont de plus en plus vulnérables aux effets du changement climatique, mais elles sont aussi des moteurs de résilience

Comme les villes abritent une forte densité de personnes et de biens, elles sont particulièrement exposées aux risques climatiques et le coût de l'inaction est élevé. Dans le monde, trois villes sur cinq comptant plus d'un demi-million d'habitants sont exposées à un risque élevé de catastrophes naturelles (ONU, 2018^[33]). Les villes sont touchées de manière différenciée par les risques climatiques tels que le stress thermique et l'élévation du niveau de la mer. D'ici 2050, plus des deux tiers de la population mondiale pourraient vivre dans des zones urbaines, la croissance la plus importante se situant en Afrique subsaharienne et en Asie du Sud. Les villes en pleine croissance doivent non seulement se protéger contre le changement climatique, mais aussi développer considérablement leurs infrastructures (AEI, 2023^[34]) ce qui exerce une pression sur les chaînes d'approvisionnement et les capacités (Banque mondiale, 2021^[35]).

Les solutions axées sur les villes peuvent renforcer la résilience des villes et mobiliser leurs capacités de changement. Les villes côtières, par exemple, peuvent adopter une approche urbaine bleue pour améliorer la gestion des côtes, protéger les écosystèmes naturels et réduire leur vulnérabilité aux catastrophes (BID, 2017^[36]). Une approche urbaine bleue appelle à un développement urbain sensible à l'eau en reconnaissant les interactions entre les zones terrestres et aquatiques des villes. Les résultats de l'enquête montrent que les villes attendent de l'économie bleue qu'elle les aide à créer des emplois, à stimuler la croissance et à s'adapter au changement climatique, mais que ce dernier constitue également la plus grande menace pour l'économie bleue (OCDE, 2022^[37]). Le développement d'économies bleues résilientes, inclusives, durables et circulaires nécessitera une approche fonctionnelle de la gestion des ressources en eau à l'échelle du bassin urbain, soulignant la nécessité d'une coordination intercommunale et urbaine-rurale (OCDE, 2022^[38]). Aux États-Unis, les villes pourraient bénéficier d'un financement fédéral de plus de 21,7 milliards USD pour renforcer la résilience des côtes, protéger les infrastructures côtières contre les effets du changement climatique, protéger les écosystèmes côtiers et développer l'économie bleue (Urban Ocean Lab, 2023^[39]).

Source : Building systemic climate resilience in cities (2023^[40]) <https://doi.org/10.1787/f2f020b9-en>

Tous les niveaux de gouvernement peuvent soutenir une approche plus territoriale de la résilience climatique et contribuer à la mise en place d'infrastructures plus résistantes au climat. Pour ce faire, les gouvernements peuvent :

- **Mieux comprendre la répartition spatiale des risques climatiques, des expositions et des vulnérabilités à un niveau granulaire afin d'éclairer la prise de décision.** Par exemple, la Californie (États-Unis) a mis au point une carte multirisque en ligne pour aider les habitants à identifier les risques liés aux aléas climatiques dans l'État (California Governor's Office, 2015^[41]). Plusieurs gouvernements peuvent également cofinancer la modélisation multirisque fondée sur des scénarios dans leur région afin de réaliser des économies d'échelle.
- **Définir des critères clairs pour déterminer quand les interventions de renforcement de la résilience doivent être effectuées afin de définir des priorités dans un contexte de ressources limitées.** Par exemple, les gouvernements peuvent développer un cadre décisionnel multicritères basé sur les risques et les impacts climatiques pour s'assurer que les programmes de subventions, de prêts et d'investissements sont priorisés pour les actions les plus efficaces. Dans le cadre du programme *Resilient Homes*, le gouvernement de la Nouvelle-Galles du Sud

(Australie) a défini des critères d'éligibilité aux subventions sur la base d'une cartographie détaillée des inondations (Encadré 6.4). Les critères peuvent également être publiés pour renforcer la capacité de planification infranationale et garantir que les investissements sont alignés entre les gouvernements et avec le secteur privé. Les critères peuvent également être utilisés pour aider à définir quand et comment reconstruire - ou quand se retirer - des zones à haut risque.

- **Envisager des options stratégiques de retrait géré pour réduire l'exposition aux risques climatiques et réorienter les financements vers des investissements axés sur le développement.** Par exemple, dans les zones côtières exposées à l'élévation du niveau de la mer ou dans les zones présentant un risque accru d'inondation, les gouvernements et les communautés peuvent éviter de reconstruire de manière répétée et limiter les augmentations potentielles des coûts d'assurance en aidant les populations à se relocaliser. Comme indiqué ci-dessus, après les inondations répétées à Lismore, le gouvernement australien et le gouvernement de la Nouvelle-Galles du Sud ont mis au point un programme de soutien au retrait géré (Encadré 6.4).

Encadré 6.4. Australie Nouvelle-Galles du Sud Programme Resilient Homes

Au début de l'année 2022, la région des Northern Rivers de la Nouvelle-Galles du Sud (Australie) a connu des inondations dévastatrices à la suite de fortes précipitations. À Lismore, les précédents records d'inondation ont été dépassés de deux mètres. La récurrence accrue de ces événements en raison du changement climatique pose des problèmes à long terme, car les communautés doivent se remettre des perturbations économiques et sociales dues aux dommages causés aux infrastructures, aux biens et aux déplacements de population.

En réponse, le gouvernement fédéral australien et le gouvernement de la Nouvelle-Galles du Sud ont lancé le *Resilient Homes Program* (Programme pour des Habitations Résilientes). Supervisé par l'autorité de reconstruction de la Nouvelle-Galles du Sud, ce programme vise à réduire le nombre d'habitations situées dans des zones à haut risque d'inondation en offrant une aide financière fédérale et étatique aux propriétaires. Une cartographie et une analyse des inondations récemment publiées ont permis d'identifier des zones spécifiques présentant des risques d'inondation et de les classer en quatre groupes prioritaires en fonction de la probabilité et de l'impact des inondations potentielles. Les habitations situées dans les zones appartenant aux trois groupes de priorité les plus élevés peuvent être rachetées, tandis que celles qui appartiennent au groupe de priorité le plus bas peuvent bénéficier de travaux de surélévation et de modernisation. Le rehaussement des maisons consiste à les élever ou à les déplacer au-dessus des niveaux d'inondation, tandis que les rénovations visent à améliorer et à réparer les zones habitables afin de les rendre plus résistantes aux futures inondations.

Grâce à son approche proactive, le programme réduit la concentration des habitations dans les zones à haut risque, minimise les dommages potentiels et augmente la résilience face aux inondations dans la région touchée. Environ 700 millions de dollars australiens ont été alloués pour financer les rachats, les surélévations et les rénovations des habitations. Les rachats de propriété seront basés sur la valeur marchande du bien avant les inondations, tandis que les propriétaires éligibles peuvent accéder à des subventions allant jusqu'à 100 000 AUD pour la surélévation de l'habitation et jusqu'à 50 000 AUD pour les rénovations.

Source : Flood mapping and analysis released to support NRRC's buyback priorities (2022^[42]) <https://www.nsw.gov.au/departments-and-agencies/department-of-regional-nsw/news-updates/flood-mapping-and-analysis-released-to-support-nrrcs-buyback-priorities>

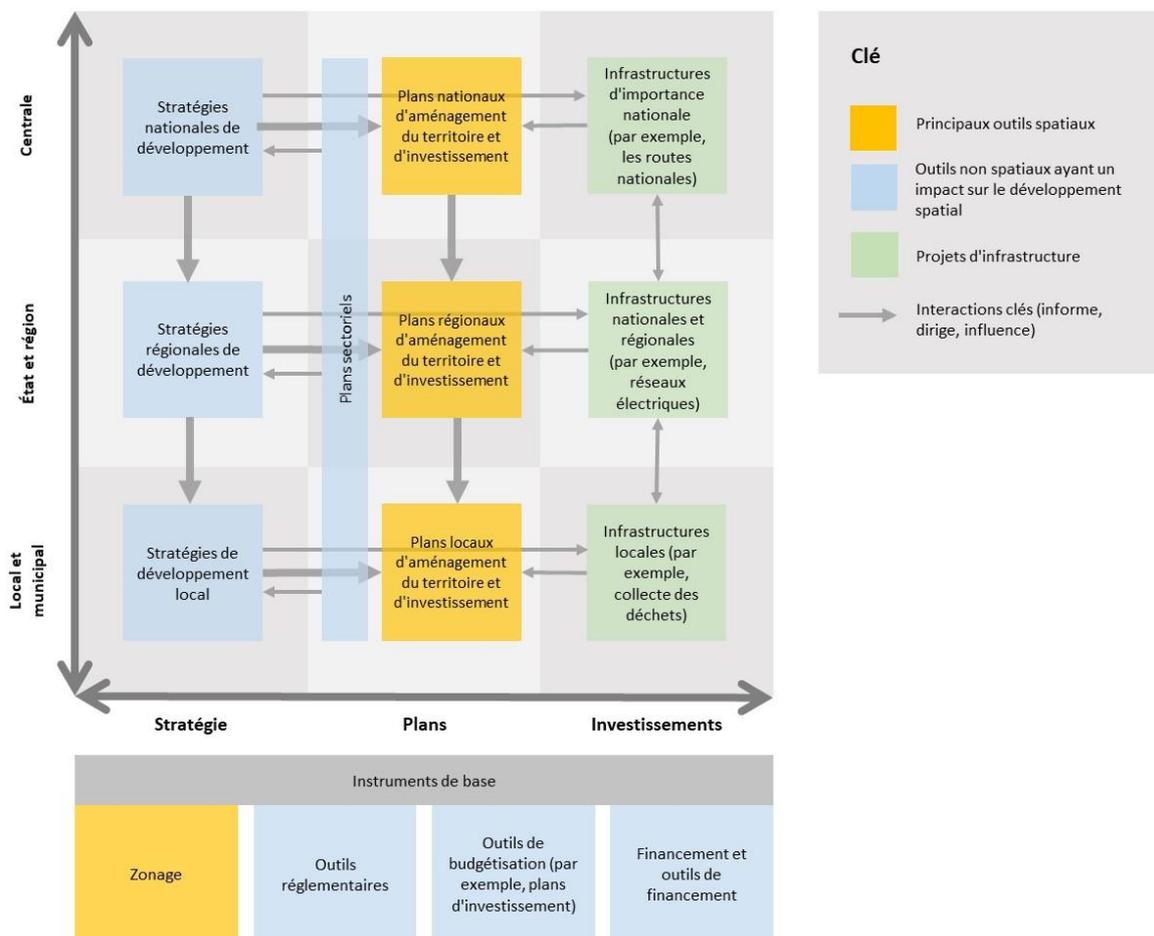
6.2.2. Élaborer des stratégies systémiques et intégrées pour la résilience climatique régionale et urbaine

Le changement climatique est une question transversale dont les incidences sont complexes, interdépendantes et variables d'un territoire à l'autre. Comme le changement climatique modifie les avantages concurrentiels, les défis et les aspirations des régions et des villes, il est nécessaire d'actualiser les stratégies de développement et de les adapter à l'avenir, ainsi que de rendre l'environnement bâti plus résilient. Compte tenu du rôle essentiel des infrastructures pour aider les régions et les villes à atteindre leurs objectifs de développement, il est crucial d'intégrer des infrastructures résilientes face au changement climatique dans les stratégies de développement (OCDE, 2023^[43]). Les liens entre le changement climatique et d'autres mégatendances, telles que l'évolution démographique, la numérisation et la concurrence géopolitique, soulignent la nécessité d'adopter une approche intégrée et d'incorporer la résilience climatique dans les stratégies et les plans de développement régional et urbain de manière plus générale (OCDE, 2022^[2]). Dans le cadre de ces stratégies globales, l'infrastructure peut être un outil permettant d'orienter le développement dans une direction plus résistante au climat et, ce faisant, de rendre l'infrastructure elle-même plus résiliente. Ne pas le faire peut avoir des effets en cascade, entravant davantage les efforts de développement (OCDE, 2023^[32]).

Pour rendre les régions et les villes plus résilientes face au climat, il faut adopter une pensée systémique et soutenir des approches intégrées (OECD/The World Bank/UN Environment, 2018^[44] ; OCDE, 2023^[1]). Cela signifie qu'il faut considérer les régions et les villes comme des systèmes ouverts, influencés par l'interaction de systèmes internes et externes à différentes échelles (OCDE, 2023^[32]). Les interactions complexes entre les infrastructures et les autres domaines d'action soulignent la nécessité de minimiser les conflits et d'exploiter les synergies entre les secteurs et les domaines d'action (FEM, 2022^[45]) et d'éviter les conséquences imprévues des actions de renforcement de la résilience. C'est souvent au niveau local que ces actions sont les plus efficaces. Il existe des liens, des interactions et des boucles de rétroaction essentiels entre les stratégies de développement, l'aménagement du territoire, la politique d'utilisation des sols et la planification des infrastructures (Figure 6.2). Les pouvoirs publics doivent aller au-delà des actifs individuels pour mettre en place des systèmes résistants au climat en mobilisant des stratégies de haut niveau telles que les stratégies de développement, les schémas directeurs, le zonage, le développement axé sur les transports en commun et les réglementations en matière de construction (OCDE, 2023^[13]). Une fois que ces stratégies et plans définissent les possibilités de créer des projets d'infrastructures résilientes, il convient de renforcer les processus de gouvernance pour la planification des projets d'infrastructures individuels (voir chapitre 2).

Figure 6.2. Les stratégies de développement, l'aménagement du territoire et la planification des infrastructures sont inextricablement liés

Typologie des plans de développement, d'aménagement du territoire et d'infrastructure dans les pays de l'OCDE



Note : Les plans nationaux ne sont pas toujours présents dans les pays fédéraux (lorsqu'ils existent, ils peuvent principalement servir d'outil de coordination pour les plans nationaux et régionaux). Les plans régionaux ne sont pas toujours présents dans les pays unitaires décentralisés.
Source : Élaboration par les auteurs, sur la base de), La gouvernance de l'utilisation des sols dans les pays de l'OCDE : Analyse des politiques et recommandations (2017^[46]) <https://doi.org/10.1787/9789264268609-en>

Les gouvernements à tous les niveaux disposent d'outils politiques pour influencer le développement régional et urbain. Les gouvernements doivent non seulement coordonner la fourniture et l'entretien des infrastructures, mais aussi les besoins futurs en la matière. Pour ce faire, les gouvernements peuvent :

- **Élaborer des stratégies intersectorielles de développement régional et urbain afin de fournir une vision globale cohérente pour soutenir le développement résilient au climat.** Les priorités de développement doivent être cohérentes avec les objectifs de résilience climatique. À Singapour, par exemple, le gouvernement a cartographié les zones à risque d'inondation lors de l'élaboration de son nouveau plan directeur, ce qui a permis de planifier le concept de "Long Island" proposé pour se protéger de l'élévation du niveau de la mer (Encadré 6.5).
- **Élaborer des plans d'aménagement du territoire qui découragent ou empêchent le développement et les investissements dans les zones exposées aux risques climatiques.** Par exemple, en limitant le développement dans les zones inondables, on peut réduire la quantité

d'infrastructures exposées aux inondations (Encadré 6.4). Des pays comme le Chili, le Costa Rica et l'Uruguay rendent obligatoire l'analyse environnementale de la planification spatiale et territoriale afin d'aligner l'utilisation des terres sur la durabilité (OCDE, 2023^[47]).

- **Adapter les cadres réglementaires pour permettre la gestion des impacts climatiques locaux et la responsabilisation des acteurs locaux.** Par exemple, si les normes nationales de construction (telles que les maisons construites avec des matériaux résistants au vent) peuvent être utiles pour établir une base commune de qualité, elles ne sont pas nécessairement appropriées partout. Dans certains cas, les localités plus ou moins exposées aux risques climatiques pourraient renforcer ou assouplir les réglementations locales et les codes de construction en conséquence. Toutefois, des normes réglementaires moins cohérentes risquent d'augmenter les coûts de mise en conformité.

Encadré 6.5. Remise en état des terres de Long Island à Singapour

Singapour est exposée à l'élévation du niveau de la mer en raison de sa géographie côtière et de sa faible altitude. On estime que 70 % des terres de Singapour se situent à moins de cinq mètres au-dessus du niveau de la mer. Dans la région de la côte est, de nombreuses inondations ont eu lieu lors des marées hautes, des fortes pluies et des épisodes de tempête. Les inondations peuvent perturber et endommager des infrastructures essentielles (telles que le sentier de la côte est et l'aéroport de Changi), ce qui pourrait avoir un impact plus large sur Singapour et l'Asie du Sud-Est.

Pour réduire la vulnérabilité de Singapour face à l'élévation du niveau de la mer, le concept "Long Island" propose la récupération de terres au large de la côte Est pour former une île protectrice et l'élévation des terres pour créer une défense côtière continue. Les drains côtiers seraient redirigés vers un nouveau réservoir d'eau douce doté de portes à marée et de stations de pompage. Les contributions des parties prenantes et la consultation des populations locales sont en cours et vont aider à l'élaboration de ces plans.

Le projet de « Long Island » aurait plusieurs fonctions : il offrirait une protection côtière contre l'élévation du niveau de la mer et les inondations et améliorerait la résilience en matière d'alimentation en eau grâce à la création d'un nouveau réservoir. L'initiative pourrait également permettre d'ajouter environ 20 kilomètres de parcs nautiques, triplant ainsi la longueur des parcs existants dans la région et offrant de nouvelles possibilités de loisirs.

Source : Autorité de réaménagement urbain de Singapour (s.d.^[48]), "Long Island", <https://www.ura.gov.sg/Corporate/Planning/Master-Plan/Draft-Master-Plan-2025/Long-Island>.

6.2.3. Renforcer la résilience en collaboration avec les communautés locales

Travailler en étroite collaboration avec les communautés locales pour mettre en œuvre des solutions de renforcement de la résilience présente de nombreux avantages. Les communautés locales peuvent fournir des informations et des connaissances qui peuvent rendre la planification des actions de renforcement de la résilience plus efficace. Il est essentiel de comprendre les besoins et les préférences des parties prenantes pour concevoir des actions de renforcement de la résilience appropriées et cela devient particulièrement important lorsque des compromis difficiles doivent être faits (voir chapitre 2). En s'engageant de manière transparente avec les communautés locales dès le début de la planification des infrastructures, les gouvernements peuvent contribuer à obtenir l'adhésion des parties prenantes, à accroître la confiance des populations dans le processus de planification et à minimiser le risque d'opposition locale. Cela est d'autant plus important que le changement climatique a des répercussions sur un large éventail de la société et peut avoir un caractère politique.

Les gouvernements doivent prendre en compte les impacts importants des infrastructures résistantes au climat sur les communautés (par exemple, les décisions concernant l'emplacement des infrastructures de protection peuvent avoir des impacts visuels négatifs au niveau local). Des mesures telles que le retrait géré peuvent être difficiles à mettre en œuvre compte tenu de l'attachement des populations à leur lieu de vie et à leur communauté. Néanmoins, le retrait géré sera nécessaire dans certains endroits compte tenu des risques importants et des coûts vraisemblablement élevés liés au fait de continuer à vivre dans des territoires très exposés. La conception d'un retrait géré en collaboration avec les communautés concernées peut contribuer à atténuer les effets perturbateurs de la réinstallation, à préserver les liens et les identités et à faciliter l'émergence de nouvelles opportunités (Hino, Field et Mach, 2017^[49]). Il existe également des considérations d'équité intergénérationnelle, car une résilience climatique insuffisante a un impact plus important sur les générations futures, car ce sont elles qui subiront probablement les impacts les plus importants du changement climatique à l'avenir. Les décisions relatives à la résilience climatique sont nécessairement prises par les générations actuelles. Cela crée des risques moraux pour les décideurs actuels qui investissent dans des infrastructures moins résilientes pour bénéficier d'économies immédiates potentielles sans payer le coût final d'une faible résilience climatique. La gestion efficace de ces compromis nécessite l'engagement des parties prenantes.

Les gouvernements doivent renforcer leur engagement auprès des parties prenantes locales tout au long du cycle de vie de l'infrastructure afin de contribuer à la résilience. Pour ce faire, les gouvernements peuvent :

- **Encourager les contributions des communautés, de manière diversifiée et représentative, tout au long du cycle de vie de l'infrastructure, mais en particulier lors de l'élaboration des plans locaux d'aménagement du territoire.** Par exemple, les gouvernements peuvent constituer des panels de citoyens représentatifs des caractéristiques sociodémographiques locales. La ville de Hachioji (Japon) utilise les technologies numériques pour rendre l'engagement des parties prenantes plus inclusif et plus accessible (Encadré 6.6), en particulier des jeunes. Cela peut être important car, par rapport aux personnes plus âgées, les jeunes seront probablement plus exposés au changement climatique au cours de leur vie, mais ils ont toujours été sous-représentés dans les processus d'implication des parties prenantes. La consultation est également pertinente lors de l'élaboration de politiques plus globales. Entre 2018 et 2019, le Pérou a consulté les communautés autochtones pour élaborer sa loi sur le changement climatique, qui a débouché sur 152 accords, dont 147 ont été mis en œuvre avec succès (OCDE, 2023^[47]).
- **Soutenir des processus d'engagement de manière transparente afin de contribuer à la réussite des politiques de résilience.** La transparence peut renforcer la confiance du public dans les processus d'engagement et leurs résultats. Par exemple, les gouvernements peuvent publier les soumissions reçues lors des consultations afin de limiter l'impact disproportionné des groupes d'intérêt (ou les phénomènes de "capture"). Cela peut éviter que les actions de renforcement de la résilience soient dirigées de manière trop importante vers les groupes qui ont la plus grande capacité à s'engager. Cela peut également aider à faire comprendre au public la question en jeu et encourager d'autres parties prenantes à s'exprimer, en particulier si elles estiment que les contributions existantes ne reflètent pas leur point de vue.
- **La prise en compte et la communication des compromis lors de l'engagement des parties prenantes peuvent favoriser des discussions plus productives.** Il existe rarement des solutions parfaites pour renforcer la résilience face au changement climatique. Les gouvernements doivent communiquer les compromis inhérents aux infrastructures résilientes face au changement climatique afin que les communautés puissent prendre des décisions éclairées et pratiques. Par exemple, les gouvernements peuvent développer et modéliser des scénarios pour aider les communautés à comprendre les impacts des différentes actions de renforcement de la résilience. Les gouvernements peuvent également demander aux communautés de classer l'importance des résultats (par exemple, la réduction des risques climatiques par rapport à la réduction du coût du

renforcement de la résilience) afin de mieux comprendre où se situent les priorités des communautés. En outre, ils peuvent développer des plateformes numériques permettant aux communautés d'explorer d'autres modèles de développement (Encadré 6.6).

Encadré 6.6. Japon : le Projet PLATEAU

PLATEAU est une plateforme de données ouvertes sur les villes en 3D qui couvre 117 villes du Japon. Il s'agit d'un type de jumeaux numériques (*Digital Twin*), ou d'une représentation numérique d'objets physiques. Dirigé par le ministère de l'aménagement du territoire, des infrastructures, des transports et du tourisme (MLIT), PLATEAU a mis en correspondance les données administratives détenues par les gouvernements locaux avec les données spatiales. Le MLIT a collaboré avec les gouvernements locaux, l'industrie et les universités pour explorer les cas d'utilisation, y compris la cartographie des infrastructures souterraines, la modélisation des politiques climatiques et l'automatisation des processus d'autorisation.

Les jumeaux numériques tels que PLATEAU peuvent contribuer à rendre l'engagement public plus inclusif et interactif, ce qui favorise l'adhésion des communautés. Ces outils font appel à des technologies innovantes, telles que la réalité augmentée, pour soutenir l'engagement public. Les utilisateurs peuvent visiter virtuellement des sites, visualiser les infrastructures proposées et interagir avec d'autres personnes sans avoir à se déplacer. L'utilisation de technologies innovantes peut également accroître la participation des jeunes, qui sont souvent sous-représentés dans l'engagement communautaire.

Des collectivités locales japonaises ont utilisé PLATEAU pour recueillir l'avis des citoyens lors de la planification des infrastructures. Par exemple, le gouvernement local de la ville de Hachioji à Tokyo a organisé un atelier ludique pour générer et visualiser des idées de réaménagement d'une friche industrielle. Les utilisateurs ont trouvé pratique de visualiser les données et ont trouvé l'environnement en ligne propice à des discussions productives. L'atelier a attiré un public varié, plus d'un tiers des participants étant âgés de moins de trente ans (un groupe démographique qui n'avait pas l'habitude de participer à la planification traditionnelle des investissements).

Au-delà de l'engagement des parties prenantes, les villes utilisent PLATEAU pour soutenir une série d'actions de renforcement de la résilience. Par exemple, la ville de Tottori utilise PLATEAU pour simuler des scénarios d'inondation et améliorer les itinéraires d'évacuation. Nagoya effectue des simulations d'environnement thermique pour évaluer l'impact du changement climatique sur les chaleurs extrêmes et l'effet d'îlot de chaleur urbain.

Source : XR技術を活用した市民参加型まちづくり_(2022)^[50] <https://www.mlit.go.jp/plateau/use-case/uc22-015/>

6.3. La gouvernance pluri-niveaux au service de la résilience climatique

Exploiter la gouvernance pluri-niveaux pour soutenir la résilience à l'échelle appropriée, coordonner les actions entre les différents niveaux de gouvernement et renforcer les capacités locales.

La gouvernance pluri-niveaux, partie intégrante de la gouvernance publique, renvoie aux interactions, complexes et en constante évolution, entre les différents niveaux de gouvernement, et en leur sein (OCDE, 2017^[51]). Étant donné que la résilience climatique et les infrastructures sont des responsabilités partagées entre, et au sein des différents niveaux de gouvernement, il est important de comprendre et d'améliorer les systèmes de gouvernance pluri-niveaux pour soutenir des actions efficaces de résilience climatique

dans l'ensemble des régions et des villes (OCDE, 2013^[52]). Il est essentiel de gérer les relations entre les niveaux de gouvernement et au sein de ceux-ci, car les compétences politiques sont presque toujours partagées - et une mauvaise coordination menace la mise en place efficace d'infrastructures résilientes au climat (OCDE, 2014^[17]). Les compétences clés partagées comprennent souvent - sans s'y limiter - l'aménagement du territoire, la réglementation sectorielle, la sélection, le financement, la conception et la réalisation des projets ainsi que la maintenance.

Il est essentiel d'agir à la bonne échelle. L'échelle optimale des infrastructures dépend de l'interaction complexe entre les systèmes d'infrastructures et les caractéristiques locales. Tous les systèmes d'infrastructure doivent être résistants au changement climatique, mais la bonne échelle d'action varie selon les secteurs et les risques climatiques, et ne correspond pas toujours aux limites administratives. Il peut également y avoir des interactions importantes entre les juridictions. Les mesures prises à un endroit peuvent avoir une incidence sur la résilience climatique à un autre endroit, comme c'est le cas pour les aménagements qui ont un impact sur un réseau fluvial. Il existe donc un besoin important de coordination pluri-niveaux entre les différents niveaux de gouvernement.

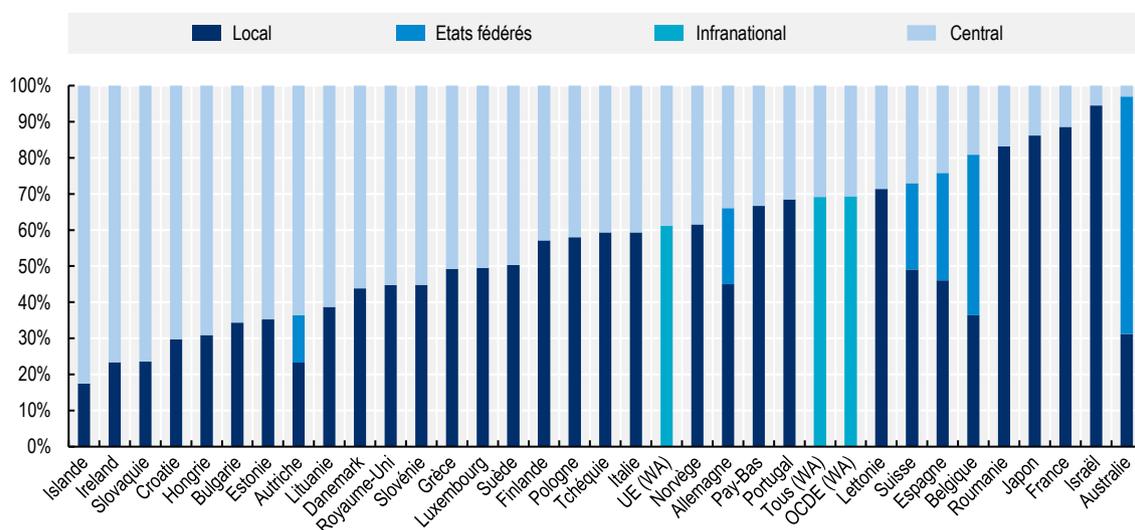
6.3.1. Renforcer la coordination verticale entre les différents niveaux de gouvernement

La nature transversale du changement climatique exige que tous les niveaux de gouvernement mettent en place des infrastructures résistantes au climat. Le grand nombre de gouvernements et la complexité des relations entre eux aux niveaux local, régional, national et supranational peuvent rendre difficile l'harmonisation de ces efforts. Les progrès encourageants réalisés par de nombreux gouvernements dans l'intégration du changement climatique renforcent la nécessité d'une coordination interinstitutionnelle afin d'aligner les différentes perspectives sectorielles et politiques sur une vision cohérente et unifiée. En outre, les gouvernements ont souvent des priorités et des motivations différentes. Ils ont également des capacités budgétaires et de planification différentes. Ensemble, ces éléments peuvent conduire à des actions qui ne sont pas toujours convergentes et qui n'exploitent pas les possibilités de synergies (OCDE, 2014^[17]).

La coordination verticale peut contribuer à aligner les investissements dans les infrastructures résilientes au climat en soutenant la cohérence des politiques et des investissements, en résolvant les conflits et en mobilisant les compétences partagées entre les différents niveaux de gouvernement. Dans les pays de l'OCDE, les gouvernements partagent les compétences en matière de politique et de planification des infrastructures entre les différents niveaux de gouvernement, les gouvernements infranationaux réalisant 69 % de l'ensemble des investissements publics significatifs pour le climat en moyenne dans 33 pays de l'OCDE et de l'UE en 2019 (Figure 6.3). Des mécanismes de coordination crédibles, assortis d'incitations claires, peuvent contribuer à maximiser les avantages et à limiter les coûts de transaction. Par exemple, la création d'autorités conjointes pourrait réduire les coûts de mise en place et les frais généraux en partageant les ressources et en réalisant des économies d'échelle. Il n'est pas toujours réaliste de coordonner tout, mais les différents niveaux de gouvernement devraient au moins travailler ensemble et non l'un contre l'autre.

Figure 6.3. Les compétences en matière de politique d'infrastructure et d'investissement sont partagées entre les différents niveaux de gouvernement

Investissements publics liés au climat par niveau de gouvernement dans les pays de l'OCDE et de l'UE, 2019



Note : Les investissements publics significatifs pour le climat comprennent à la fois le financement de l'adaptation et de l'atténuation. WA = moyennes pondérées

Source : Subnational Government Climate Finance Hub (2022)^[5] <https://www.oecd.org/regional/snclimatefinancehub.htm>

La coordination verticale relève de la responsabilité de tous les gouvernements et doit être à la fois ascendante et descendante. Elle ne se limite pas à des gouvernements de niveau supérieur supervisant des gouvernements de niveau inférieur, mais consiste à exploiter l'ensemble des compétences mutuellement dépendantes qui n'existent pas à un seul niveau de gouvernement (OECD, 2019^[53]). Pour renforcer la coordination verticale en faveur de la résilience climatique, les gouvernements peuvent :

- **Élaborer une politique climatique à haut niveau pour définir les priorités politiques, guider l'élaboration des politiques et aligner les priorités à tous les niveaux de gouvernement.** Par exemple, les gouvernements nationaux peuvent publier des déclarations de politique nationale de résilience climatique afin de définir des orientations et des objectifs clairs que les autorités régionales et locales devront suivre lors de l'élaboration de leurs propres plans de développement et d'infrastructure. Par exemple, l'Allemagne a adopté sa première loi nationale sur l'adaptation au climat en décembre 2023. Cette nouvelle loi définit le cadre stratégique de l'adaptation future au climat aux niveaux fédéral, des états fédérés et local. Ce cadre vise à coordonner les efforts d'adaptation climatique à tous les niveaux et à permettre des progrès dans tous les domaines d'action. Avec cette loi, le gouvernement allemand s'engage également à poursuivre une stratégie d'adaptation climatique de précaution avec des objectifs mesurables (BMUV, 2023^[54]). Le programme Delta aux Pays-Bas est un exemple de coordination verticale et horizontale visant à renforcer la résilience face aux inondations et à sécuriser les ressources en eau douce (Encadré 6.7). Au Pérou, le ministère de l'environnement collabore avec les gouvernements régionaux de Cusco et d'Ucayali pour mettre à jour les instruments, les normes et les plans d'adaptation au climat (GIZ, 2023^[55]).
- **Adopter des contrats intergouvernementaux pour soutenir la coordination entre les différents niveaux de gouvernement.** La coordination verticale peut également prendre la forme de contrats intergouvernementaux ou d'accords entre le gouvernement central et les gouvernements infranationaux. En France, le gouvernement a élaboré un nouveau type de contrat

avec les groupements intercommunaux français afin d'aligner les priorités politiques et de faire progresser les objectifs de la transition écologique (Encadré 6.8).

- **Co-développer des projets afin d'exploiter les compétences conjointes des différents niveaux de gouvernement et de tirer le meilleur parti des capacités existantes.** Par exemple, un gouvernement régional et un gouvernement local pourraient cofinancer une étude de faisabilité pour un grand projet d'infrastructure - le gouvernement régional peut fournir une expertise technique qui pourrait ne pas être disponible au niveau local, tandis que le gouvernement local peut fournir les réseaux locaux et le contexte nécessaires à un engagement efficace des parties prenantes.
- **Consulter et s'engager régulièrement pour identifier les opportunités et les goulets d'étranglement.** Les gouvernements nationaux peuvent lancer des processus de consultation formels avec les responsables municipaux et régionaux et les habitants afin de mieux comprendre les problèmes urbains et régionaux liés au climat et de s'assurer de l'adhésion politique. Ils peuvent par exemple mettre en place des conseils nationaux sur le changement climatique, composés de représentants des gouvernements centraux et infranationaux, ainsi que d'autres parties prenantes clés, y compris la société civile. Ces conseils peuvent servir de plateforme de discussion, de coordination des politiques et de prise de décision en collaboration pour relever les défis du changement climatique et mettre en œuvre des politiques climatiques efficaces. Ils peuvent prendre la forme de groupes de travail sur la résilience climatique ou de forums de dialogue. Au Canada, le Cadre pancanadien sur la croissance propre et le changement climatique (*Canadian Framework on Clean Growth and Climate Change*) a été élaboré par le gouvernement fédéral en collaboration avec les provinces et territoires canadiens. Cette plateforme de coopération a été présentée en décembre 2016 comme un engagement à lutter contre le changement climatique, à réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES), à favoriser une croissance économique propre et à renforcer la résilience aux impacts climatiques dans l'ensemble du pays (OCDE, 2023^[11]). En République dominicaine, le Conseil National pour le Changement Climatique et le Mécanisme pour le Développement Propre (*National Council for Climate Change and Clean Development Mechanism - NCCCDM*) organise régulièrement des réunions de parties prenantes au sein du gouvernement, des services publics, des associations d'entreprises et des organisations de la société civile afin de coordonner les politiques et les mesures d'adaptation (OCDE, 2023^[47]).

Encadré 6.7. Le Plan Delta au Pays-Bas

Une grande partie des Pays-Bas est située sur des deltas, et environ 55 % du pays est susceptible d'être inondé. Les inondations côtières et fluviales sont susceptibles d'affecter plus de la moitié de la population et les deux tiers de l'activité économique (OCDE, 2014^[56]). À la suite des inondations de 1953, le gouvernement néerlandais a pris des mesures pour protéger plus efficacement le pays contre les inondations, mais des actions supplémentaires sont nécessaires pour faire face aux impacts futurs du changement climatique.

La Loi Delta, adoptée en 2012, a établi le Plan Delta, le Commissaire du Delta et le Fonds Delta afin de promouvoir une approche de gouvernance adaptative pour répondre aux défis actuels et futurs du pays en matière de sécurité de l'eau et d'approvisionnement en eau douce. Il vise également à améliorer le système de défense contre les inondations grâce à un vaste programme de construction et de gestion des terres - les travaux du Delta. La loi sur l'eau de 2009 a établi quatre bassins fluviaux comme base de la gestion intégrée de l'eau. La loi Delta sur la gestion des risques d'inondation et l'approvisionnement en eau douce, adoptée en tant qu'amendement à la loi sur l'eau, constitue l'épine dorsale du programme Delta.

Le programme Delta est un instrument de planification nationale ayant trois objectifs : la gestion des risques d'inondation, la disponibilité de l'eau douce et l'adaptation spatiale. Il s'agit d'une initiative conjointe du gouvernement central, des provinces, des conseils municipaux et des autorités régionales chargées de l'eau, en étroite collaboration avec les organisations sociales et les entreprises. Le programme Delta s'inscrit dans le cadre de la stratégie nationale d'adaptation au climat en tant qu'élément central de la politique néerlandaise d'adaptation au climat. Le commissaire du programme Delta supervise le programme et met à jour les plans du programme chaque année.

Le programme Delta dispose d'un budget estimé à 1,5 milliard d'euros en moyenne par an entre 2023 et 2036. Environ la moitié du budget est consacrée à de nouveaux investissements et l'autre moitié aux frais généraux, de gestion et d'entretien.

Source : Multi-level water governance in the Netherlands (2014)^[57] <https://doi.org/10.1787/9789264102637-9-en> ; Assessing Recent Climate Change Policy Initiatives in the Netherlands (2023)^[58] <https://doi.org/10.5089/9798400235849.018> Delta Programme <https://www.government.nl/topics/delta-programme/delta-programme-flood-safety-freshwater-and-spatial-adaptation>

6.3.2. Renforcer la coordination horizontale entre les régions et les villes

Les effets du changement climatique et les solutions à y apporter ne correspondent pas toujours aux frontières administratives. Les infrastructures résilientes face au changement climatique ne peuvent exister de manière isolée, car des infrastructures insuffisamment résilientes peuvent avoir des effets de débordement à travers les juridictions, pouvant avoir un impact sur des zones ayant une influence limitée sur ces infrastructures. La défaillance d'une infrastructure locale peut avoir des effets considérables, en particulier dans les infrastructures en réseau, telles que les autoroutes ou les réseaux électriques, où l'endommagement d'un nœud peut détériorer les performances de l'ensemble du réseau. Des dépendances similaires existent dans les zones de captage d'eau partagées.

L'interdépendance des systèmes d'infrastructure signifie que la construction d'infrastructures résistantes au climat dans un territoire et un secteur nécessite souvent des actions dans d'autres territoires et d'autres secteurs. Cela nécessite une coordination horizontale entre les gouvernements afin d'améliorer la cohérence des efforts visant à rendre les infrastructures plus résistantes au climat. L'exemple des crises électriques de 2021 au Texas (États-Unis) met en lumière ces deux dimensions. Une tempête hivernale au Texas a provoqué la défaillance de centrales électriques au gaz naturel insuffisamment adaptées aux conditions météorologiques. Cette panne a entraîné l'arrêt de certaines parties du réseau de gaz naturel, ce qui a provoqué d'autres pannes de centrales électriques. Bien que les pannes se soient produites à des endroits précis, la connectivité de l'interconnexion du Texas a provoqué des hausses de prix et des déséquilibres de la demande sur l'ensemble du réseau électrique. L'événement a entraîné des pannes d'électricité qui ont eu des répercussions économiques considérables et causé des pertes de vies humaines dans tout l'État (Institut de l'énergie de l'Université du Texas à Austin, 2021^[59]).

Le renforcement de la coordination horizontale entre les frontières nationales et infranationales est essentiel pour garantir la résilience des systèmes et réseaux d'infrastructures. La coordination horizontale se fait souvent entre juridictions voisines, mais elle est bénéfique pour tous les gouvernements confrontés à des défis et des solutions similaires en matière de climat. Il n'existe pas de solution unique, car les différents territoires et secteurs ont des contextes différents qui requièrent des approches de coordination différentes.

Les gouvernements peuvent soutenir la coordination horizontale et réduire les coûts de coordination par le biais de nombreux mécanismes. Ceux-ci vont du plus simple (comme les réunions ad hoc) au plus complexe (comme les réformes territoriales). Les gouvernements peuvent :

- **Soutenir l'apprentissage par les pairs grâce à un dialogue et une coopération réguliers afin de développer les connaissances locales.** Par exemple, les collectivités locales peuvent organiser régulièrement des forums pour partager leurs expériences en matière de construction d'infrastructures plus résistantes au climat et coordonner les futurs plans d'investissement.
- **Créer des forums de coordination sur des risques climatiques spécifiques afin de rechercher des solutions communes.** Par exemple, les gouvernements partageant un réseau de bassins versants peuvent se réunir régulièrement pour identifier l'impact des risques climatiques sur l'ensemble du bassin versant et trouver des solutions communes. En fonction du danger, il peut s'agir de réseaux informels ou d'accords intergouvernementaux formels et structurés. La région métropolitaine de Hambourg, en Allemagne, s'étend sur quatre États fédéraux, ce qui crée un besoin important de coordonner l'aménagement du territoire et les investissements dans les infrastructures au-delà des frontières juridiques. Conscients de la nécessité de collaborer, les gouvernements de la région métropolitaine élaborent un plan d'aménagement informel pour l'ensemble de la région métropolitaine (OCDE, 2024^[60]).
- **Exploiter les économies d'échelle en mettant en commun les ressources de planification et les ressources budgétaires à l'échelle appropriée.** Par exemple, les gouvernements d'une zone fonctionnelle urbaine peuvent créer des autorités conjointes chargées des infrastructures hydrauliques afin de rationaliser la planification, le financement et la mise en place de réseaux d'eaux pluviales plus résistants aux précipitations extrêmes. Des juridictions non voisines peuvent également mettre en commun des ressources financières, par exemple pour les assurances. Aux Philippines, la Banque asiatique de développement a soutenu le *Philippine City Disaster Insurance Pool* (PCDIP) afin de permettre aux autorités locales d'accéder rapidement aux remboursements après une catastrophe en mettant en commun les assurances contre les risques de catastrophe (voir chapitre 3).
- **Prévoir des contrats horizontaux pour inciter à la fourniture et à l'entretien d'infrastructures essentielles lorsque les coûts sont locaux mais que les bénéfices sont régionaux.** Par exemple, les coûts d'entretien d'une barrière anti-inondation peuvent être entièrement à la charge d'une juridiction bien qu'elle procure des avantages à plusieurs juridictions - les gouvernements situés le long du bassin versant peuvent indemniser le gouvernement chargé de l'entretien de la barrière anti-inondation pour s'assurer que l'actif est correctement entretenu. En France, les Contrats pour la Réussite de la Transition Écologique (CRTE) exigent la mise en place de mécanismes de coordination horizontale pour garantir que les actions politiques sont entreprises à l'échelle appropriée (Encadré 6.8).

Encadré 6.8. France : Contrats pour la Réussite de la Transition Écologique (CRTE)

L'absence d'un mécanisme de collaboration efficace entre les différents niveaux de gouvernement compromet souvent la réussite de la mise en œuvre des politiques et des stratégies. Les politiques globales initiées par le gouvernement central peuvent négliger les besoins et les priorités différenciées des gouvernements locaux, obligeant les autorités locales à ajuster leurs actions spécifiques pour s'aligner sur des objectifs plus larges. La répartition inégale des ressources ne fait qu'aggraver ces difficultés, car les disparités en matière de soutien financier, de personnel et d'assistance technique peuvent affecter de manière significative la capacité des gouvernements régionaux et locaux à concevoir et à mettre en œuvre des politiques de manière efficace.

Les *Contrats pour la réussite de la transition écologique* (CRTE) fournissent un cadre aux entités locales et municipales pour gérer les défis de coordination autour de la cohésion territoriale et de la transition écologique. Lancés en 2020 par le gouvernement français, les CRTE visent à promouvoir la collaboration entre le gouvernement national, les gouvernements infranationaux et les acteurs locaux

publics et privés. Un comité de pilotage composé de représentants des parties prenantes élabore les contrats, qui définissent des projets spécifiques, des objectifs, des plans de financement et des indicateurs de suivi. Ces priorités sont définies localement mais convenues avec le gouvernement central. Lorsque le contrat est en vigueur, les organismes de coopération intercommunale peuvent accéder au financement du projet à partir d'un éventail de sources, notamment la subvention de soutien à l'investissement local (DSIL), les fonds de l'UE, les ministères concernés, le secteur privé et les *conférences des parties* (COP) régionales.

Les CRTE sont conçus pour durer six ans, au cours desquels le comité de pilotage suit l'avancement annuel des projets par rapport à des objectifs préétablis. Une Boîte à outils en ligne fournit des documents d'orientation et des modèles indicatifs pour chaque étape de la contractualisation, améliorant ainsi la transparence et la sensibilisation. Les CRTE facilitent l'alignement des politiques entre les différents niveaux de gouvernement, en répondant aux exigences des priorités nationales et locales. Ils favorisent non seulement la coordination verticale entre les gouvernements nationaux et infranationaux, mais aussi la coopération horizontale entre les municipalités. Entre 2021 et 2023, 847 contrats inter-communaux ou multi-inter-communaux ont été mis en œuvre avec succès. En outre, les CRTE ont donné lieu à des outils innovants tels qu'une boussole des transitions écologiques (outil d'auto-évaluation) et des indicateurs territoriaux qui éclairent la prise de décision et la planification.

Source : Subnational government climate expenditure and revenue tracking in OECD and EU Countries (2022)^[61] <https://doi.org/10.1787/1e8016d4-en> ; Le CRTE, Un Contrat au Service des Territoires et de la Mise en Œuvre de la Planification Écologique (2021)^[62] <https://agence-cohesion-territoires.gouv.fr/le-crte-un-contrat-au-service-des-territoires-et-de-la-mise-en-oeuvre-de-la-planification>

6.3.3. Renforcer les capacités régionales et locales de résilience face au changement climatique

La mise en place d'infrastructures résistantes au climat nécessite des capacités des secteurs public et privé aux niveaux régional et local. De nombreuses régions et villes sont déjà confrontées à des contraintes de capacité (OCDE, 2024^[63]). Les mégatendances telles que l'évolution démographique et la mondialisation risquent de peser davantage sur les capacités des régions et des villes, avec un impact variable selon les territoires (OCDE, 2022^[2]). Le changement climatique, par exemple, pourrait influencer sur l'attractivité des régions et des villes, en influant sur leur capacité à attirer les talents des secteurs public et privé (OCDE, 2023^[25]). Les contraintes de capacité sont souvent plus aiguës au niveau local, ce qui signifie que les gouvernements régionaux et locaux auront un rôle essentiel à jouer pour identifier, anticiper et combler les lacunes de capacité dans les secteurs public et privé.

Il est possible de renforcer davantage les capacités et l'expertise du secteur public en matière d'infrastructures résilientes face au changement climatique, en particulier au sein des gouvernements infranationaux. Plus l'autorité et la responsabilité des gouvernements sont grandes, plus le besoin de capacité est important (OCDE, 2014^[17]). Le rôle important joué par de nombreux gouvernements infranationaux dans la planification, la réglementation, l'autorisation, le financement, l'acquisition et l'exploitation des infrastructures souligne la nécessité de renforcer les capacités du secteur public infranational pour faire face à la demande croissante d'infrastructures résilientes face au changement climatique. À défaut, les conditions-cadres nécessaires pour soutenir la résilience climatique risquent d'être compromises. Le manquement à cette règle pourrait nuire aux conditions-cadres nécessaires pour soutenir la résilience climatique, par exemple en retardant l'approbation et le consentement (OCDE, 2014^[17]).

Les gouvernements régionaux et locaux peuvent être confrontés à des obstacles considérables dans le renforcement de leurs capacités institutionnelles. Certains gouvernements opèrent dans des régions vieillissantes où l'offre de main-d'œuvre est réduite et les compétences spécialisées limitées. Ces

gouvernements pourraient ne pas être en mesure d'offrir des salaires compétitifs par rapport au secteur privé. Les régions et les villes plus petites, en particulier, peuvent avoir des difficultés à acquérir la diversité des compétences nécessaires (OCDE, 2014^[17]). L'amélioration de la représentation des groupes sous-représentés, tels que les jeunes, les femmes et les minorités, reste un défi dans de nombreux territoires, mais offre également des possibilités d'améliorer l'équité et d'accroître la main-d'œuvre nécessaire pour renforcer la résilience climatique (OCDE, 2023^[64] ; Brookings, 2022^[65]).

Le besoin de résilience climatique exige de nouvelles aptitudes, de nouveaux rôles et de nouvelles compétences. Pourtant, ces exigences ne sont ni uniformes ni statiques - elles dépendent à la fois des impacts du changement climatique dans le temps et des bases de référence différentes d'un territoire à l'autre. De plus en plus, les gouvernements régionaux et locaux créent de nouveaux rôles, tels que des Managers de la Résilience, afin de coordonner les efforts de renforcement de la résilience au sein de leurs juridictions (CEB, 2022^[66]). Pour renforcer la résilience climatique à long terme, il faudra investir dans les compétences, non seulement celles qui sont nécessaires pour construire des infrastructures résilientes (comme l'ingénierie environnementale), mais aussi celles dont les individus et les communautés ont besoin pour faire face aux risques climatiques (comme la connaissance des risques climatiques présents au niveau local) (OCDE, 2023^[67]). Il est également nécessaire de mieux comprendre l'impact des technologies émergentes, telles que l'intelligence artificielle et la construction modulaire, sur les types et les volumes de compétences nécessaires pour construire des infrastructures résistantes au climat. Les régions et les villes joueront un rôle central dans la formation, l'éducation et la communication adaptées aux vulnérabilités climatiques territoriales auxquelles leurs communautés spécifiques sont confrontées.

La mise en œuvre de toute cette panoplie d'actions visant à renforcer la résilience nécessitera un renforcement des capacités du secteur privé. Les petites et moyennes entreprises (PME) locales et les jeunes entreprises vertes innovantes peuvent jouer un rôle clé dans la fourniture d'infrastructures et l'innovation climatique. Il est donc nécessaire d'exploiter et de renforcer les compétences climatiques et les écosystèmes locaux pour soutenir l'entrepreneuriat vert (OCDE, 2023^[68]).

Pour renforcer la capacité des régions et des villes à construire la résilience climatique, les gouvernements peuvent :

- **Soutenir les gouvernements infranationaux pour qu'ils renforcent leur capacité à construire des infrastructures résistantes au climat.** Par exemple, les gouvernements nationaux peuvent accorder des subventions pour financer l'accès des gouvernements infranationaux au renforcement des capacités (notamment par l'assistance technique d'experts, le partage d'expériences avec des pairs et la création d'installations pour le renforcement des capacités). Aux États-Unis, des organisations philanthropiques, telles que le *Local Infrastructure Hub* et *Accelerator for America*, aident à former les fonctionnaires des gouvernements locaux pour qu'ils puissent réaliser les niveaux d'investissement historiques qui sont mis en œuvre actuellement (OCDE, 2024^[63]).
- **Mettre en commun et partager les capacités entre les gouvernements afin de tirer le meilleur parti des capacités limitées.** Par exemple, les gouvernements régionaux peuvent créer des cabinets publics de conseil pour fournir une assistance technique à la demande aux gouvernements locaux. Cela est particulièrement utile pour les compétences qu'il est important de conserver mais qui ne sont pas nécessairement utilisées souvent au niveau local. En Allemagne, le cabinet de conseil PD, qui appartient à l'État, fournit des services de conseil en infrastructure aux clients du secteur public dans tout le pays, y compris les gouvernements des États et des municipalités. En 2021, l'Allemagne a également lancé le Centre pour l'Adaptation au Climat pour aider les municipalités et les institutions sociales à concevoir et à mettre en œuvre des mesures d'adaptation au climat (Encadré 6.9).
- **Se coordonner entre eux et avec le secteur privé pour renforcer les capacités du marché.** Par exemple, les gouvernements peuvent identifier et partager les déficits de capacité anticipés

résultant de la planification des infrastructures. Cela peut aider les parties prenantes à déterminer quelles compétences sont nécessaires, où et quand, pour répondre à la demande de main-d'œuvre requise pour la résilience climatique (OCDE, 2024^[69]).

- **Explorer le rôle des Managers de la Résilience pour aider à intégrer et à coordonner la résilience climatique au sein des gouvernements.** Apparus en 2013, les managers de la résilience (*Chief Resilience Officer* ou CRO) peuvent aider à coordonner la planification et la mise en œuvre des actions de renforcement de la résilience au sein des gouvernements (CEB, 2022^[66]). Le *Resilient Cities Network* relie plus de 200 CRO, décideurs politiques et chercheurs dans plus de 100 villes afin de faire progresser les solutions de résilience axées sur la ville (*Resilient Cities Network*, s.d.^[70]).

Encadré 6.9. Allemagne PD : conseil interne au secteur public et le Centre pour l'Adaptation au Climat

Il est important de développer les capacités du secteur public à la bonne échelle. Les gouvernements, en particulier les petites collectivités locales, peuvent avoir du mal à justifier une dotation en personnel permanent pour des compétences importantes mais moins fréquemment utilisées, telles que la transformation numérique, les achats à grande échelle et la réalisation de grands projets. Ces compétences sont souvent externalisées à un niveau de gouvernement supérieur ou au secteur privé, mais cela peut entraîner des coûts plus élevés, une réduction des connaissances locales et une attrition à long terme de l'expertise locale. Cela pose des défis importants pour le renforcement de la résilience climatique compte tenu des compétences spécifiques requises, en particulier avec le volume d'investissement dans les infrastructures nécessaire au cours des prochaines décennies.

PD, la société allemande de conseil en entreprise du secteur public

PD est un cabinet de conseil appartenant au secteur public qui conseille les clients du secteur public en Allemagne en matière d'infrastructures et de modernisation du secteur public. PD est détenu conjointement par 202 acteurs du secteur public, dont 14 États fédérés et 132 collectivités locales. Le modèle de conseil permet d'acquérir une expérience à grande échelle au sein de PD, ce qui ne serait peut-être pas possible pour les gouvernements locaux. Il encourage également la fertilisation croisée des idées entre les territoires et les secteurs. Comme PD appartient en partie à des gouvernements infranationaux, elle peut mieux répondre à leurs besoins et à leurs priorités que si elle était entièrement détenue par un gouvernement national. PD a fourni des conseils sur une série de projets contribuant à la résilience climatique, notamment la stratégie d'adaptation au changement climatique du Brandebourg et la stratégie économique urbaine de Hambourg (comprenant une composante d'adaptation).

Centre pour l'adaptation au climat

En 2021, le ministère fédéral allemand de l'environnement a lancé le Centre Pour l'adaptation au Climat (*Zentrum KlimaAnpassung*) afin d'aider les municipalités et les institutions sociales allemandes à concevoir et à mettre en œuvre des mesures d'adaptation climatique. Hébergé par l'Institut allemand des affaires urbaines et Adelphi Consult, il vise à fournir un soutien basé sur les besoins aux acteurs locaux tels que les responsables municipaux de l'adaptation au climat (un rôle prioritaire soutenu par la nouvelle loi sur l'adaptation au climat). Il rassemble des experts des niveaux national et infranational, du monde universitaire et de la société civile afin de mettre en commun les connaissances institutionnelles, y compris celles qui sont adaptées au niveau local.

Source PD (s.d.^[71]) <https://www.pd-g.de/en/> ; Zentrum KlimaAnpassung (s.d.^[72]) <https://zentrum-klimaanpassung.de/>

6.4. Financement infranational pour la résilience climatique

Les gouvernements infranationaux ont des responsabilités clés liées à la résilience climatique et sont responsables de 69 % des investissements significatifs pour le climat. Il est donc important de soutenir les finances des gouvernements infranationaux afin de s'assurer qu'ils peuvent générer et mobiliser des financements pour les actions locales en faveur de la résilience climatique.

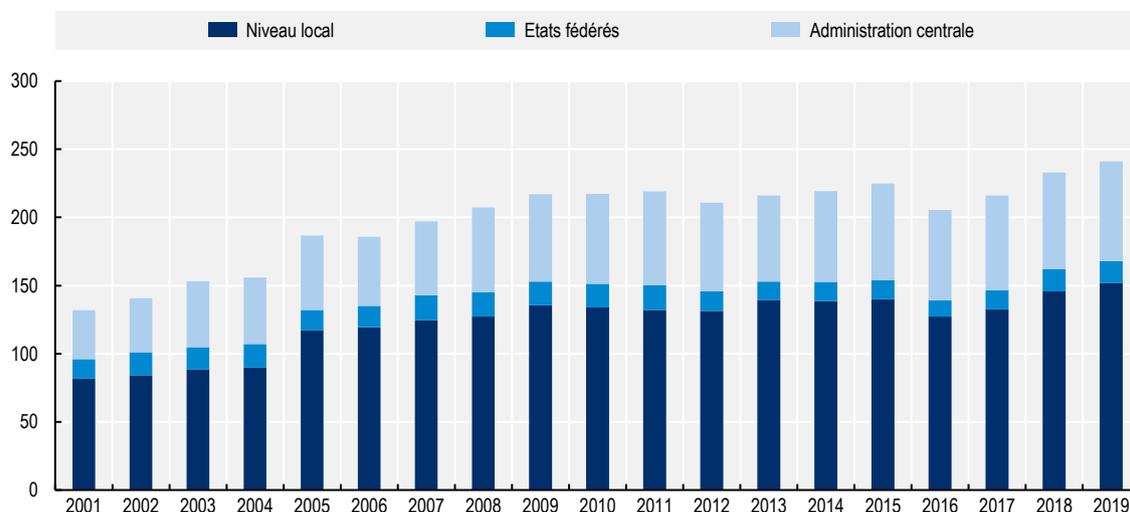
Les gouvernements régionaux et locaux sont d'importants investisseurs dans les infrastructures résilientes face au changement climatique. En 2019, ils ont réalisé 69 % de l'ensemble des investissements² publics significatifs pour le climat dans les pays de l'OCDE et de l'UE, soit l'équivalent de 0,4 % du PIB (Figure 6.3). Ils sont directement responsables de la définition des politiques et de la fourniture d'infrastructures et de services dans des secteurs liés à la résilience climatique tels que l'eau, les déchets, le logement, les transports et l'énergie (OCDE, 2022^[73]). En outre, les gouvernements régionaux et locaux exercent des fonctions réglementaires (telles que l'aménagement du territoire, les permis de construire et la fixation des normes) qui peuvent influencer les efforts déployés par les secteurs public et privé pour renforcer la résilience climatique.

Le changement climatique risque d'exercer une pression budgétaire sur les gouvernements régionaux et locaux, tant au niveau des recettes que des dépenses. La détérioration des actifs, la perte de valeur des biens, l'interruption des activités commerciales et le déplacement des populations dus au changement climatique pourraient menacer les recettes des gouvernements infranationaux. Par ailleurs, la nécessité de se remettre des catastrophes liées au climat et de renforcer la résilience exigera des dépenses initiales plus importantes, qui sont souvent prises en charge par les gouvernements infranationaux (Gilmore, Kousky et St.Clair, 2022^[74]). Les agences de notation considèrent que le risque climatique est de plus en plus important et qu'il a des répercussions négatives sur l'accès au financement des gouvernements infranationaux (S&P, 2023^[75]). À Miami (États-Unis), les responsables de la ville ont noté que les infrastructures résilientes face aux risques climatiques peuvent renforcer les notations de crédit (Cox, 2021^[76]). En outre, des questions se posent quant à la viabilité à long terme des régimes d'assurance soutenus par les autorités infranationales, qui aident les propriétaires dont le prix est inférieur à celui de l'assurance privée à faire face aux risques climatiques (FT, 2024^[77]).

Le montant des investissements significatifs pour le climat a augmenté au cours de la dernière décennie, mais il doit encore s'accroître pour atteindre les objectifs de résilience climatique (Figure 6.4). En 2019, les gouvernements infranationaux représentaient 63 % des dépenses publiques significatives pour le climat et 69 % des investissements publics significatifs pour le climat dans les pays de l'OCDE et de l'UE (OCDE, 2022^[5]). Cependant, les investissements infranationaux significatifs pour le climat restent relativement faibles par rapport aux dépenses infranationales totales. En 2023, six municipalités sur dix dans l'UE ont déclaré que leurs investissements prévus dans des infrastructures résistantes au climat étaient insuffisants, celles des régions les moins développées étant confrontées à une plus grande incertitude quant à leur capacité à augmenter les investissements (BEI, 2023^[27]).

Figure 6.4. L'augmentation des investissements publics significatifs pour le climat doit se poursuivre pour aider les gouvernements régionaux et locaux à améliorer la résilience climatique

Investissements liés au climat par niveau de gouvernement dans les pays de l'OCDE, en USD PPA par habitant (en termes réels)



Source : Subnational Government Climate Finance Hub (2022^[5]) <https://www.oecd.org/regional/sngclimatefinancehub.htm>

Les gouvernements régionaux et locaux ont un rôle clé à jouer en matière d'investissement, mais ils sont confrontés à des obstacles plus nombreux et différents de ceux des gouvernements nationaux en matière d'accès au financement (OCDE, 2022^[14]). Pour investir dans la résilience climatique locale, les gouvernements infranationaux devront financer les investissements par une combinaison d'autofinancement et de dotations, ainsi qu'en mobilisant des financements par le biais d'emprunts (OCDE, 2022^[14]). Cependant, les cadres réglementaires peuvent parfois limiter les capacités budgétaires et de recours aux financements externes des gouvernements infranationaux.

La dette des gouvernements infranationaux représente 19 % de la dette publique totale en moyenne dans les pays de l'OCDE en 2021 (OCDE, 2023^[78]) avec de fortes variations d'un pays à l'autre et d'un gouvernement infranational à l'autre. De nombreux gouvernements infranationaux sont déjà en difficulté sur le plan budgétaire - une étude suggère qu'un *Council* sur cinq en Angleterre (Royaume-Uni) pourrait se déclarer en faillite d'ici 2024 en raison du manque de ressources financières pour maintenir les services essentiels (Association des collectivités locales d'Angleterre et du Pays de Galles, 2023^[79]). Dans de nombreux pays, ces mesures de la dette n'incluent pas les passifs éventuels liés au changement climatique. Une faible capacité budgétaire pourrait limiter la capacité des gouvernements à réaliser les investissements nécessaires à la résilience climatique, même lorsqu'ils sont susceptibles d'avoir un impact économique positif à long terme. Pourtant, le coût de l'inaction pourrait être plus élevé.

De nombreux investissements locaux essentiels dans la résilience climatique et les infrastructures résilientes face au changement climatique (telles que la protection contre les inondations, la protection côtière et les infrastructures de gestion des eaux pluviales) peuvent ne pas générer de revenus. Bien que les investisseurs s'intéressent de plus en plus aux infrastructures résilientes face aux risques climatiques (Economist, 2024^[80]) l'investissement privé ne suffira pas à financer toutes les actions de renforcement de la résilience, en particulier celles qui ne sont pas financièrement viables. Même en tenant compte des économies réalisées sur les coûts de réparation des impacts climatiques que les nouvelles infrastructures résilientes face au changement climatique peuvent éviter, le renforcement de la résilience climatique génère souvent des avantages économiques positifs nets (Banque mondiale, 2019^[9]). L'écart entre la

viabilité économique et la viabilité financière signifie que les gouvernements peuvent éprouver des difficultés à collecter des recettes pour couvrir les besoins de financement, en particulier parce que les avantages de la résilience peuvent être difficiles à quantifier ou à attribuer à des investissements ou à des bénéficiaires spécifiques (voir le chapitre 3).

Le risque d'un manque de recettes pourrait avoir un impact important sur les gouvernements régionaux et locaux en raison de leur taille plus petite et de leurs pouvoirs plus limités en matière de collecte de recettes. Bien que de nombreuses collectivités régionales et locales puissent augmenter leur financement par le biais de la fiscalité, cette solution n'est pas toujours appropriée (si les avantages ne sont pas généralisés) ou réalisable (si l'augmentation des impôts est politiquement controversée ou si les cadres fiscaux ne permettent pas de recourir à la fiscalité générale). Leur taille plus petite, leur base d'actifs plus réduite, leurs sources de revenus moins diversifiées et leurs compétences financières souvent plus limitées que celles des gouvernements nationaux peuvent également augmenter les coûts de financement. Le problème croissant de la diminution de la population dans de nombreuses zones urbaines et rurales des pays membres et non membres de l'OCDE est susceptible d'exercer une pression supplémentaire sur les recettes publiques nécessaires pour financer des infrastructures résistantes au climat (OCDE, 2023^[23]). Pour faire face à l'ampleur des tâches de résilience locale, il faudra trouver des moyens de financement appropriés.

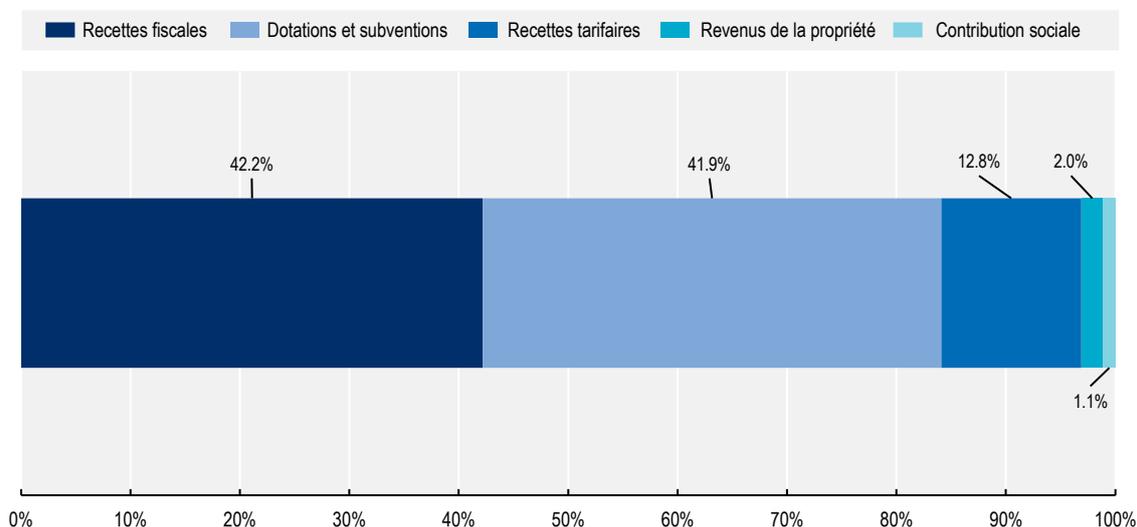
Les infrastructures résilientes face au changement climatique peuvent avoir des coûts de cycle de vie inférieurs (en partie en raison de la réduction du risque de dommages climatiques), mais peuvent également nécessiter des coûts initiaux plus importants (en partie en raison de dépenses initiales en capital plus élevées) (voir le chapitre 3). Si l'on estime que les investissements supplémentaires nécessaires pour rendre les infrastructures exposées plus résilientes dans les pays en développement se situent entre 11 et 65 milliards d'USD par an (Banque mondiale, 2019^[8-1]), les bénéfices nets pourraient atteindre 4,2 billions d'USD, chaque dollar investi rapportant quatre dollars de bénéfices (Banque mondiale, 2019^[9]). Cela signifie que les infrastructures résilientes peuvent à la fois nécessiter des coûts initiaux plus élevés, mais aussi générer des avantages à long terme plus importants que les infrastructures non résilientes (voir le chapitre 1). Par conséquent, les gouvernements infranationaux ont besoin de ressources budgétaires et d'une capacité à accéder au financement externe plus importantes pour faire face aux coûts initiaux plus élevés.

6.4.1. Recherche de nouvelles sources de revenus et de solutions de financement pour les actions de résilience climatique

Les collectivités territoriales devront mobiliser un ensemble varié d'instruments de financement pour couvrir les besoins d'investissement dans la résilience climatique. Dans les pays de l'OCDE, la plupart des recettes des collectivités territoriales proviennent d'impôts (partagés et autonomes), de dotations et de subventions accordées par les niveaux de gouvernement supérieurs et, dans une moindre mesure, de recettes tarifaires, de redevances et de revenus de la propriété (Figure 6.5). Certains gouvernements recourent également au "recyclage des actifs" et à la "captation de la valeur foncière" pour financer de nouvelles infrastructures (voir chapitre 3).

Figure 6.5. Les recettes fiscales, les dotations et les subventions représentent plus de 80 % des recettes des collectivités territoriales dans les pays de l'OCDE

Recettes des gouvernements infranationaux dans les pays de l'OCDE par source, 2021



Source : Les gouvernements infranationaux dans les pays de l'OCDE (2023^[78]) https://www.oecd.org/regional/multi-level-governance/NUANCIER%202023_nov23_compressed.pdf

Le type d'instruments utilisés et le volume des recettes collectées varient considérablement d'un pays à l'autre et à l'intérieur d'un même pays, notamment en fonction du niveau de décentralisation budgétaire. Les régions et les villes opèrent dans des contextes budgétaires, réglementaires et de gouvernance différents, ce qui a un impact sur leur autonomie en matière de collecte de recettes, leurs décisions et leur potentiel (OCDE/CGLU, 2022^[4]). La diversification des sources de revenus peut aider les gouvernements régionaux et locaux à renforcer leur résilience budgétaire et leur capacité à fournir des infrastructures résilientes face au changement climatique (OCDE, 2022^[14]).

Les régions et les villes devront déployer des instruments innovants pour capter les recettes locales afin d'augmenter leurs ressources et d'assurer l'adhésion politique aux infrastructures résilientes face aux risques climatiques. Elles doivent également gérer les impacts budgétaires de l'évolution démographique, de la transition numérique et du COVID-19, qui peuvent exercer une pression sur les instruments de mobilisation des ressources sur lesquels s'appuient les gouvernements régionaux et locaux. En outre, toutes les régions et villes n'ont pas la même capacité de collecte de recettes, ce qui signifie que des transferts budgétaires peuvent être nécessaires pour construire des infrastructures résilientes face au changement climatique, en particulier dans les régions défavorisées, celles dont les recettes propres sont plus faibles ou celles qui ont davantage besoin d'infrastructures résilientes face aux risques climatiques (voir la section suivante).

Une question clé concerne donc l'équité, la justice et la manière dont les gouvernements répartissent les coûts des infrastructures résistantes au climat entre les personnes et les territoires. En général, il existe trois approches - utilisateur-payeur, pollueur-payeur et redistribution progressive - mais la combinaison appropriée dépendra des contextes locaux (Tableau 6.3). Les services d'infrastructures résilientes face au changement climatique pourraient être plus coûteux à fournir dans les territoires plus exposés aux risques climatiques, mais certains considèrent que les redevances entièrement basées sur les coûts sont injustes (Commission des infrastructures de Nouvelle-Zélande, 2024^[82]). Il est donc possible de mettre en place des mécanismes de solidarité et des systèmes de péréquation afin d'atténuer les coûts potentiellement plus élevés pour les communautés vulnérables. Étant donné que les coûts et les avantages des

infrastructures résilientes face au changement climatique ne correspondent pas nécessairement aux limites administratives locales, des questions se posent également concernant le partage des coûts entre les gouvernements bénéficiaires, indépendamment de l'emplacement physique de l'actif.

Tableau 6.3. Méthodes de tarification pour financer les infrastructures résistantes au climat

Approche	Principale source de financement	Avantages	Inconvénients	Exemple d'instrument
L'utilisateur paie	Ceux qui utilisent ou bénéficient de l'actif	Équité horizontale, efficacité du marché	Accès inégal, sous-provisionnement potentiel	Tarifs, redevances de congestion
Pollueur-payeur	Ceux qui ont causé le besoin de l'actif	Justice, dissuasion	Il se peut qu'elle ne soit pas réalisable, en particulier à l'échelle mondiale.	Taxes environnementales
Redistribution progressive	Ceux qui peuvent payer	Équité verticale, égalité	Inefficacités	Subventions

Les gouvernements nationaux, régionaux et locaux doivent travailler ensemble pour s'assurer que les gouvernements infranationaux ont accès aux instruments permettant de financer les investissements essentiels en matière de climat dans les régions et les villes. Les instruments traditionnels et innovants peuvent contribuer à mobiliser des sources de revenus alternatives qui soient justes, équitables et durables. Pour ce faire, les gouvernements peuvent :

- **Veiller à ce que les cadres budgétaires prévoient des sources d'autofinancement appropriées.** Par exemple, les gouvernements nationaux peuvent s'assurer que les pouvoirs de collecte de recettes des gouvernements infranationaux sont suffisants pour répondre à leurs besoins d'investissement en matière de résilience climatique, notamment en leur donnant la possibilité d'augmenter les impôts, de fixer des tarifs et d'établir des lignes directrices réglementaires qui établissent un équilibre entre les besoins de financement accru et le maintien d'une forte solvabilité afin de réduire les risques budgétaires. Cela permet d'éviter que ces gouvernements aient des "mandats non financés".
- **Envisager des instruments de financement affectés au renforcement de la résilience.** L'affectation des recettes provenant de nouvelles sources de revenus peut contribuer à renforcer le soutien de l'opinion publique à l'égard des nouveaux mécanismes de revenus et à accroître la transparence des pouvoirs publics (OCDE, 2021^[83]). Par exemple, les gouvernements régionaux peuvent appliquer un prélèvement sur les tarifs de l'eau qui est hypothéqué pour des projets qui rendent le système d'eaux pluviales plus résilient face au changement climatique. Les dépenses courantes pourraient être spécifiquement affectées au financement de l'exploitation et de l'entretien des infrastructures. Les différents besoins en infrastructures résilientes face au changement climatique nécessiteront probablement différentes solutions de financement acceptées par la communauté (Tableau 6.4).
- **Concevoir des systèmes de captation de la valeur foncière qui aident à recouvrer le coût des infrastructures résistantes au climat d'une manière ciblée sur le plan spatial** (OCDE/Institut Lincoln de politique foncière, 2022^[84]). Par exemple, les autorités municipales peuvent augmenter les taxes foncières à proximité d'un couloir de transport en commun pour aider à financer la réalisation du projet de transport en commun, au motif que la valeur des biens immobiliers situés à proximité est susceptible d'augmenter en conséquence directe du projet. En Corée, les collectivités locales font payer aux promoteurs des droits de développement supplémentaires, dont les recettes sont affectées à des projets d'amélioration des infrastructures locales (Encadré 6.10).
- **Cibler les dépenses courantes et les dépenses d'investissement sur l'adaptation grâce à la budgétisation verte** (Encadré 6.11). La budgétisation verte peut aider les gouvernements à s'assurer que leurs projets de dépenses et d'investissements soutiennent l'adaptation (OCDE,

2022^[73]). Les budgets verts à long terme correspondent mieux à la nature à long terme de la résilience climatique et peuvent aider à "intégrer" les éventualités potentielles liées aux pertes et dommages climatiques.

Tableau 6.4. Pour répondre aux différents besoins en infrastructures résilientes face au changement climatique, il faudra mobiliser différents instruments de financement

Exemples illustrant l'adéquation entre les besoins en infrastructures résilientes face au changement climatique et les solutions de financement appropriées

Exemple d'infrastructure résiliente au changement climatique	Instrument(s) de financement possible(s)	Raison d'être
Raccordement au réseau de transport d'électricité à l'épreuve du climat vers le client industriel	L'utilisateur paie	Les avantages d'une alimentation électrique plus résiliente reviennent en grande partie au client qui demande le raccordement, puisqu'il est le seul utilisateur de la connexion améliorée. Le propriétaire du réseau pourrait également fournir un financement s'il devient propriétaire de l'actif.
Nouvelle ligne de transport rapide	Fiscalité générale, paiement par l'utilisateur et capture de la valeur foncière	Les avantages d'une solution de connectivité plus résiliente sont vastes, mais il existe des avantages spécifiques supplémentaires pour les communautés situées à proximité du corridor de transit et pour les utilisateurs.
Une barrière anti-inondation pour protéger une liaison routière essentielle des inondations	Taxe environnementale affectée, subventions	Les avantages d'une route plus résiliente reviennent en grande partie aux automobilistes, qui pourraient payer des taxes supplémentaires sur l'essence (éventuellement aux autorités régionales et locales). Le paiement par l'utilisateur (comme les postes de péage) n'est pas toujours pratique en raison des contraintes du site. En outre, l'augmentation de la résilience d'une liaison autoroutière critique augmente également la résilience de l'ensemble du réseau, ce qui profite non seulement à ceux qui utilisent la liaison, mais aussi à ceux qui utilisent l'ensemble du système autoroutier. Les gouvernements de niveau supérieur pourraient contribuer au financement si la liaison autoroutière est considérée comme importante au niveau national.
Un nouveau réservoir pour accroître la résistance de l'approvisionnement en eau aux sécheresses	L'utilisateur paie	La résilience de l'approvisionnement en eau présente de nombreux avantages. Lorsque l'eau est mesurée, il est relativement simple de mettre en place des redevances volumétriques pour recouvrer le financement au fil du temps. Si le réservoir peut apporter des avantages aux utilisateurs en dehors de la zone locale de gestion de l'eau, il est possible de procéder à des transferts horizontaux vers l'autorité chargée de l'exploitation et de l'entretien du réservoir afin d'augmenter le financement continu.
Barrière anti-inondation pour protéger l'ensemble de la zone urbaine contre les inondations	Taxe foncière, capture de la valeur foncière, taxe carbone et/ou subvention affectée	Les avantages de la résilience face aux inondations sont étendus à l'ensemble de la zone urbaine. Les recettes pourraient provenir uniquement de la zone ciblée. Par ailleurs, une taxe nationale sur le carbone pourrait être perçue auprès des pollueurs, ce qui permettrait de financer l'investissement.

Encadré 6.10. Système coréen d'incitation à la surface de plancher (FAR)

La croissance et l'urbanisation rapides peuvent mettre à rude épreuve les systèmes d'infrastructure existants. Ces systèmes existants peuvent ne pas être résistants au climat aujourd'hui, et encore moins à l'avenir. Étant donné que de plus en plus de personnes et de biens sont exposés, il est nécessaire non seulement de développer les infrastructures pour faire face à l'augmentation de la demande, mais aussi de renforcer leur résilience face aux risques climatiques.

En Corée, le système *Floor-Area-Ratio* (FAR) mobilise des fonds privés pour stimuler les infrastructures locales en prévision de la croissance. En échange de droits de développement accrus (généralement une densité accrue), les promoteurs négocient avec les autorités locales une contribution aux

infrastructures locales sous forme d'argent ou de fourniture directe. Les fonds sont affectés à l'amélioration des infrastructures locales, qui peuvent être ciblées sur des actions de renforcement de la résilience. Les redevances sont basées sur les caractéristiques du projet et sur les gains de valeur foncière estimés grâce à l'augmentation de la densité. Outre les FAR, la Corée dispose également d'autres instruments de captation de la valeur foncière au niveau local, tels que des obligations obligatoires pour les promoteurs et des processus de réajustement foncier. Si, en principe, les recettes perçues ne doivent pas être affectées à des infrastructures résistantes au climat, dans la pratique, elles contribuent à la résilience climatique locale en combinaison avec d'autres instruments, tels que la planification, les normes d'infrastructure et les priorités locales en matière d'investissement. Par exemple, Séoul autorise des densités plus importantes dans le quartier financier de Yeouido en échange de la conception de bâtiments respectueux de l'environnement.

Introduite pour la première fois dans la ville métropolitaine de Séoul en 2009 pour les logements, la FAR a été étendue à l'ensemble de la Corée en 2011 pour tous les développements et est largement utilisée par les gouvernements locaux pour collecter des revenus. Combiné à d'autres instruments de captation de la valeur foncière, le FAR permet de faire supporter aux promoteurs la quasi-totalité des coûts d'amélioration des infrastructures.

Source : Global Compendium of Land Value Capture Policies (2022^[84]) <https://doi.org/10.1787/4f9559ee-en> ; Seoul Metropolitan Government Lays Out Yeouido Financial District Development Plan (2023^[85]) <https://www.businesskorea.co.kr/news/articleView.html?idxno=115434>

Encadré 6.11. Budget vert pour les régions et les villes

La politique budgétaire est un outil essentiel pour renforcer la résilience climatique. La budgétisation verte fait référence à une approche budgétaire basée sur les priorités afin d'aligner les budgets gouvernementaux sur les objectifs climatiques et environnementaux.

La budgétisation verte est relativement récente au niveau infranational, mais elle suscite un intérêt croissant et est de plus en plus adoptée. Les régions et les villes sont confrontées à plusieurs obstacles dans la mise en œuvre de la budgétisation verte. Les méthodologies de budget vert existant au niveau national ne se traduisent pas toujours bien au niveau infranational en raison des différences de compétences et de contextes fiscaux. La mise en place de nouvelles structures et relations budgétaires pose également des problèmes de ressources, opérationnels et politiques. Par conséquent, la budgétisation verte au niveau infranational doit s'adapter aux contextes locaux - il n'existe pas d'approche unique.

Le rapport de l'OCDE *Aligner les budgets régionaux et locaux sur les objectifs verts : Pratiques et lignes directrices en matière de budgétisation verte au niveau infranational* (OCDE, 2022^[73]) propose six lignes directrices pour aider les régions et les villes à mettre en œuvre la budgétisation verte :

1. Diagnostiquer les défis environnementaux et climatiques locaux avant de lancer la budgétisation verte.
2. S'assurer d'un soutien fort et de haut niveau de la part de l'administration et des élus.
3. Disposer d'une base scientifique solide pour faciliter la confiance du public et s'adapter à l'évolution des données.

4. Adopter une approche progressive de la mise en œuvre afin de tirer les enseignements des étapes précédentes et de renforcer l'alignement de la pratique sur les priorités stratégiques locales.
5. Intégrer le budget vert dans les procédures et les outils existants afin de garantir la pérennité de la pratique.
6. Inclure les recettes dans le budget vert afin d'aligner l'ensemble du budget sur les objectifs écologiques.

Ces dernières années, l'intérêt pour la budgétisation verte au niveau infranational a également augmenté régulièrement, tout comme le nombre de gouvernements infranationaux qui mettent en œuvre des pratiques de budgétisation verte. La France se distingue par un grand nombre d'exercices de budgétisation verte aux niveaux régional (Bretagne, Grand Est et Occitanie), départemental et municipal (Lille, Strasbourg, Paris, Rennes et Lyon). Par exemple, la région Bretagne a lancé sa pratique de budgétisation verte en 2020 en évaluant l'impact des dépenses sur l'adaptation au climat et l'atténuation de ses effets (OCDE, 2022^[86]). D'autres exercices intéressants ont été identifiés en Autriche, en Italie, en Norvège, en Espagne et au Royaume-Uni (OCDE, 2022^[73]).

En France, la loi de finances 2024 a généralisé le recours au budget vert dans toutes les régions, départements et communes de plus de 3 500 habitants. Elle prévoit que leur compte financier doit comporter en annexe un état intitulé "Impact du budget pour la transition écologique". Cette nouvelle annexe concerne les dépenses d'investissement qui, au sein du budget, contribuent négativement ou positivement à tout ou partie des objectifs de la transition écologique de la France, dont l'atténuation et l'adaptation au changement climatique. La loi prévoit également que les collectivités territoriales ont la possibilité "d'identifier et d'isoler" la part de leur dette consacrée au financement d'investissements contribuant aux objectifs environnementaux, c'est-à-dire leur "dette verte".

Source : Aligner les budgets locaux et régionaux sur les objectifs climatiques et environnementaux: Étude de cas de la Région Bretagne (2022^[86]) <https://www.oecd.org/regional/snggreenbudgeting.htm> Les budgets verts des finances locales : un premier pas sur lequel l'engagement local reste la clef <https://www.caissedesdepots.fr/blog/article/les-budgets-verts-des-finances-locales>

6.4.2. Soutenir la résilience climatique des gouvernements infranationaux par un soutien budgétaire ciblé

Comme indiqué ci-dessus, les gouvernements infranationaux peuvent parfois être très exposés aux risques climatiques et avoir une faible capacité budgétaire - ils peuvent avoir du mal à investir dans des infrastructures résilientes face au changement climatique, même si l'investissement pourrait réduire de manière significative les risques et les coûts liés au climat qu'ils pourraient encourir plus tard. De plus, comme la résilience climatique peut générer des bénéfices importants au-delà des frontières administratives locales, les gouvernements nationaux ont également un rôle important à jouer pour faciliter les investissements ayant des bénéfices plus larges, y compris par le biais d'un soutien fiscal ciblé pour combler les déficits de financement.

Les transferts inter-gouvernementaux peuvent être essentiels pour remédier aux disparités régionales et locales, en particulier lorsque les impacts varient fortement d'un territoire à l'autre, comme c'est le cas pour le changement climatique. Toutefois, une dépendance excessive à l'égard des transferts pour couvrir les coûts permanents peut exposer les gouvernements infranationaux à d'éventuelles réductions futures du soutien budgétaire, ce qui pourrait entraîner une volatilité du financement des services publics, ainsi que de l'exploitation et de la maintenance des infrastructures (OCDE, 2023^[87]). De nombreux pays disposent de systèmes de péréquation, qui soutiennent des transferts réguliers afin de maintenir un niveau standard de services publics dans toutes les juridictions. Dans les pays où ces systèmes sont en place, il peut être

possible de les remanier pour mieux prendre en compte les différents besoins et capacités des régions et des villes en matière de construction d'infrastructures résilientes au climat (OCDE, 2023^[88]).

Les gouvernements de niveau supérieur doivent travailler en étroite collaboration avec les gouvernements de niveau inférieur pour concevoir soigneusement le soutien budgétaire afin de minimiser les risques associés. Le financement de la redistribution peut provenir de la fiscalité environnementale ou générale. L'affectation des fonds peut être appropriée pour orienter le financement vers l'objectif de résilience climatique visé, mais une affectation excessive peut empiéter sur l'autonomie des gouvernements régionaux et locaux et limiter leur flexibilité pour s'adapter à l'évolution des circonstances (OCDE, 2022^[89]). Les gouvernements de niveau supérieur (et les organisations internationales) peuvent allouer des fonds par le biais de subventions, allouées au moyen d'une formule ou au travers de mécanismes compétitifs. Les subventions basées sur une formule allouent des fonds aux juridictions sur la base de critères spécifiques (par exemple, sur la base du nombre d'habitants). Les subventions compétitives sont attribuées sur la base de l'évaluation de propositions de demandes de soutien. Les subventions compétitives peuvent encourager l'innovation et aider à identifier les solutions les plus appropriées, mais lorsqu'elles sont mal structurées, elles peuvent également nuire à la collaboration entre les gouvernements infranationaux et risquent de désavantager ceux dont les capacités sont limitées.

Pour apporter un soutien budgétaire ciblé pour des projets de résilience climatique, les gouvernements nationaux et les organisations internationales (et les gouvernements des États fédérés) peuvent :

- **Intégrer des considérations de résilience climatique dans le système national de dotations courantes et en capital.** Le système de dotations intergouvernementales (tels que les dotations pour les transports, l'énergie ou le soutien aux entreprises) pourrait être examiné sous l'angle de la résilience climatique, par exemple en faisant de la résilience climatique une condition de déboursement, ou en évaluant les impacts systématiques sur le changement climatique des transferts intergouvernementaux les plus importants. Cela pourrait également permettre une plus grande cohérence des politiques entre les différents niveaux de gouvernement et les différents secteurs (tels que l'énergie, les transports, le logement et l'aménagement du territoire) avec les objectifs de résilience climatique. Par exemple, l'objectif climatique au Canada exige des évaluations de la résilience face au changement climatique pour les projets qui cherchent à obtenir un financement dans le cadre du programme Investir dans les infrastructures canadiennes, du Fonds d'atténuation des effets des catastrophes et d'adaptation et des défis des villes intelligentes (OCDE, 2021^[29]) (voir également le chapitre 2). Au niveau international, l'UE a considérablement étendu l'utilisation des conditionnalités dans sa politique de cohésion. Les objectifs climatiques et environnementaux font désormais partie intégrante de nombreuses politiques menées par l'UE. Par exemple, le cadre financier pluriannuel 2021-2027 de l'UE exige qu'au moins un quart du budget total de l'UE soit lié au climat, soutenant ainsi l'intégration de la résilience climatique dans tous les politiques d'intervention (Parlement européen, 2023^[90]).
- **Établir et développer des dotations en capital aux gouvernements infranationaux affectés à la résilience climatique.** La communauté internationale, les gouvernements nationaux et les États fédérés peuvent accorder des subventions en capital pour soutenir des projets de résilience climatique élaborés par des régions et des municipalités qui répondent à certains critères. Toutefois, si les gouvernements infranationaux peuvent bénéficier de certaines subventions multilatérales pour l'adaptation à des projets qui renforcent la résilience, telles que le Fonds vert pour le Climat (*Green Climate Fund*) et le Fonds pour l'Adaptation (*Adaptation Fund*), il reste difficile pour les gouvernements locaux d'accéder à ces ressources. Voici quelques exemples de ces fonds :
 - International - Pour aider les collectivités locales des pays les moins avancés, des petits États insulaires en développement et de l'Afrique à accéder aux fonds internationaux d'adaptation, le FENU a créé LoCAL, qui combine des subventions de résilience climatique basées sur la

- performance (PBCRG) avec un mécanisme de soutien technique et de renforcement des capacités (Encadré 6.12).
- **Colombie** - Lors de la Niña 2010-2011, le gouvernement colombien a créé le Fonds national d'adaptation (*Fondo Nacional de Adaptación*). Depuis lors, le fonds a été habilité à exécuter des projets complets de gestion des risques et d'adaptation au changement climatique dans le cadre d'une approche multisectorielle et régionale (Gouvernement de la Colombie, 2023^[91]).
 - **France** - Le nouveau Fonds Vert français, créé en 2020, fournit 3,3 milliards d'euros pour aider les collectivités locales en France métropolitaine et dans les territoires français d'outre-mer à renforcer leur résilience climatique (Ministère de la Transition Ecologique et de la Cohésion des Territoires, 2020^[92]).
 - **Allemagne** - Le gouvernement allemand a mis en place des mesures d'adaptation au changement climatique dans le cadre de sa "stratégie d'adaptation au changement climatique". Le ministère fédéral de l'environnement soutient les municipalités dans leurs projets liés aux vagues de chaleur, aux inondations et aux fortes pluies (ZUG, 2022^[93]).
 - **Union européenne** - L'UE offre plusieurs flux de financement et outils accessibles aux gouvernements infranationaux, y compris la Facilité pour la Reprise et la Résilience (*Recovery and Resilience Facility*), le programme LIFE et la Plateforme européenne d'adaptation au climat (OCDE, 2022^[94]).
 - **Travailler avec les gouvernements infranationaux pour développer des mécanismes visant à réduire l'impact des risques climatiques sur les finances infranationales.** Par exemple, les gouvernements nationaux peuvent apporter un financement complémentaire pour aider les gouvernements infranationaux à souscrire une assurance qui peut limiter les risques fiscaux liés au climat et renforcer les efforts de redressement en cas de défaillance de l'infrastructure. Ils peuvent également encourager les gouvernements infranationaux à créer des fonds de réserve pour les "jours difficile" (*rainy-day funds*).

Encadré 6.12. Mécanisme du FENU « Vivre en s'adaptant au changement climatique »

Le [Fonds d'équipement des Nations unies](#) (FENU) a mis en place la Facilité pour un mode de vie adapté au climat (LoCAL) afin de répondre au mandat non satisfait des collectivités locales en matière d'adaptation au changement climatique, par le biais de subventions à la résilience climatique basées sur la performance (PBCRG) et le renforcement des capacités locales. Les PBCRG fournissent un complément financier pour faire face aux coûts supplémentaires associés au renforcement de la résilience climatique, avec des conditions spécifiques, des mesures de performance et des investissements éligibles pour assurer une programmation et une vérification locales. Alors que le financement des PBCRG est versé aux gouvernements locaux par l'intermédiaire des systèmes budgétaires existants, la prise de décision se fait au niveau local pour soutenir les programmes d'adaptation locaux et aligner les décaissements des subventions sur les cycles budgétaires locaux. La flexibilité des PBCRG en fait des subventions intersectorielles pour l'adaptation au changement climatique. Combinées à des subventions régulières, les PBCRG peuvent contribuer à transformer progressivement les investissements dans les secteurs sensibles au climat en initiatives résilientes au fil du temps. Les ministères nationaux réglementent le système et procèdent à des audits réguliers pour contrôler les progrès accomplis.

Le mécanisme préconise d'intégrer l'adaptation au changement climatique dans la planification du développement local et de veiller à ce que les perspectives des communautés et des personnes les plus défavorisées sur le plan économique soient prises en compte dans les plans de développement et les investissements locaux. Cela permet de s'assurer que le financement de la lutte contre le changement climatique atteint effectivement ceux qui en ont le plus besoin. Grâce à une combinaison

de soutien financier, d'assistance technique et de renforcement des capacités, les PBCRG peuvent contribuer au développement de systèmes financiers gouvernementaux plus robustes et plus transparents.

En 2023, LoCAL aura été testé dans 20 pays et aura mobilisé plus de 180 millions de dollars, principalement sous forme de subventions, pour plus de 350 autorités infranationales, touchant ainsi plus de 16 millions de personnes.

Source : LoCAL Brochure 2023 (November Update) (2024^[95]) <https://www.uncdf.org/article/8507/local-brochure-2023-november-update> ; Performance-Based Climate Resilience Grants <https://www.uncdf.org/local/performance-based-grants-for-climate-resilience>

6.4.3. Débloquer le recours au financement externe pour le climat et aux investissements privés au niveau local

Les obstacles à l'accès au financement international et national pour le climat peuvent être particulièrement importants pour les gouvernements régionaux et locaux. Pour réduire le risque budgétaire macroéconomique, les gouvernements nationaux établissent souvent des cadres réglementaires qui limitent la capacité des gouvernements régionaux et locaux à s'endetter (OCDE, 2022^[14]). Au-delà de ces cadres, les gouvernements infranationaux ont besoin d'un haut niveau de capacité administrative, car les différents critères d'éligibilité, de sélection et d'évaluation en matière de financement climatique peuvent peser sur des ressources limitées (FMI, 2023^[96]). Les gouvernements infranationaux peuvent également avoir une capacité budgétaire insuffisante et une faible sovabilité, et les marchés financiers locaux peuvent être sous-développés (OCDE, 2022^[14]). De nombreux gouvernements régionaux et locaux sont également moins familiers avec le paysage de la finance climat, ce qui peut limiter leur capacité à accéder à ces ressources (Comité européen des régions, 2017^[97]).

Alors que les institutions financières internationales sont l'une des principales sources de financement climatique, les flux directs de financement climatique vers les gouvernements infranationaux de la part de ces institutions peuvent être limités. Bien que la finance climatique soit de plus en plus mobilisée au niveau international, elle est souvent destinée aux gouvernements nationaux (voir chapitre 5), ce qui limite la capacité des régions et des villes à accéder à ces ressources. Bien que de nombreuses régions et villes puissent en fin de compte bénéficier du financement international, elles n'y ont généralement pas directement accès, en partie parce que peu de donateurs (tels que les banques multilatérales de développement et les institutions de financement du développement) travaillent directement avec les gouvernements infranationaux - ils préfèrent souvent acheminer les ressources par l'intermédiaire des gouvernements nationaux ou d'intermédiaires financiers (OCDE, 2021^[30]).

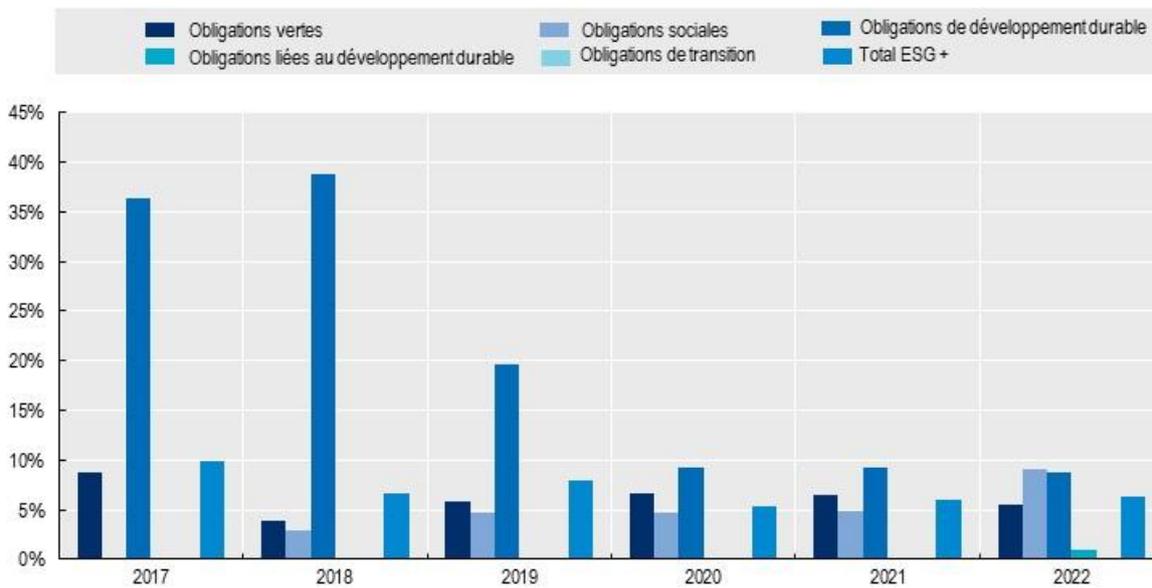
Les marchés financiers constituent un autre moyen important pour les gouvernements infranationaux d'accéder au financement, en particulier pour les gouvernements plus importants et plus solides sur le plan budgétaire. Avec la croissance du marché mondial de la finance durable, le potentiel de mobilisation des instruments de finance durable (Figure 6.6), tels que les obligations vertes, sociales et durables, les obligations liées au développement durable et les obligations catastrophes (OCDE, 2023^[13]). Cependant, ces instruments présentent deux défis majeurs pour les gouvernements infranationaux. Tout d'abord, les marchés d'obligations municipales restent limités dans de nombreux pays. Deuxièmement, les instruments de financement durable peuvent créer des défis supplémentaires en matière de reporting, de conformité et de capacité (OCDE, 2023^[13]). En outre, les émissions d'obligations durables existantes ont été davantage axées sur l'atténuation que sur l'adaptation ou la résilience - sur les 755 milliards d'USD d'obligations durables émises en 2022, seuls 3,3 % (24,8 milliards d'USD) ont été consacrés à l'adaptation au changement climatique (Environment Finance, 2023^[98]).

La mobilisation du financement public est importante, mais il peut y avoir des obstacles similaires pour attirer le financement privé. Les gouvernements régionaux et locaux sont presque toujours considérés comme plus risqués que les gouvernements nationaux, surtout s'ils ne bénéficient pas de garanties. En

effet, de nombreux gouvernements infranationaux ne sont pas solvables par elles-mêmes et dépendent d'un rehaussement de crédit pour emprunter auprès d'institutions financières privées. Bien que les outils de rehaussement de crédit, tels que les garanties, puissent améliorer l'accès des régions et des villes au financement, les risques liés au transfert de passifs éventuels doivent être gérés de près (OCDE, 2023^[13]).

Figure 6.6. Les régions et les villes ont le potentiel de mobiliser davantage le financement durable

Pourcentage annuel des émissions d'obligations ESG+ classées comme municipales par catégorie d'obligations



Note : La finance durable fait référence aux instruments de financement labellisés destinés à soutenir des objectifs et des projets verts, sociaux et durables.

Source : Sustainable Bonds Insight 2023 (2023^[98]) <https://www.environmental-finance.com/assets/files/research/sustainable-bonds-insight-2023.pdf>

Pour débloquer des financements supplémentaires et abordables pour les infrastructures résilientes face au changement climatique, les gouvernements peuvent :

- **Étudier les outils de financement novateurs destinés aux investissements des gouvernements infranationaux dans la résilience climatique.** Par exemple, les gouvernements nationaux peuvent mettre en place des facilités de financement pour les actions de résilience climatique des gouvernements locaux. Le gouvernement des États-Unis accorde des subventions de capitalisation pour aider les gouvernements des États à mettre en place des mécanismes de prêts renouvelables, qui peuvent ensuite être utilisés pour soutenir les projets d'atténuation des risques des gouvernements locaux (Encadré 6.13).
- **Étudier l'utilisation d'obligations vertes, sociales et durables au niveau infranational.** Les gouvernements régionaux et locaux fournissent des services qui correspondent bien aux définitions de la finance durable, ce qui met en évidence le potentiel des régions et des villes à exploiter la finance durable pour la résilience climatique. Cependant, le marché des obligations municipales vertes, sociales et durables reste limité et a historiquement ciblé l'atténuation plutôt que l'adaptation et la résilience climatique. En 2016, la ville de Mexico (Mexique) a émis la première obligation municipale verte d'Amérique latine pour un montant de 50 millions d'USD destiné aux infrastructures d'eau, à l'efficacité énergétique et aux transports publics. Plus récemment, en 2022, l'État du Mexique a émis une obligation durable d'un montant de 2 890 millions de MXN sur la base du cadre d'obligations durables élaboré par le gouvernement de l'État (OCDE, 2023^[13]).

- **Chercher à mobiliser le financement international pour le climat en faveur des investissements infranationaux.** Étant donné que les gouvernements infranationaux réalisent une grande partie des investissements liés au climat, le financement international pour le climat devra être suffisamment mobilisé au niveau local. Les fournisseurs de financement climatique pourraient soutenir ces gouvernements par le biais d'intermédiaires financiers connaissant le contexte local (par exemple en rétrocession par l'intermédiaire d'une banque nationale de développement) ou directement aux gouvernements infranationaux dont l'échelle et la capacité budgétaire sont suffisantes.
- **Élaborer et partager des données locales liées au climat afin d'éclairer la prise de décision du secteur privé.** Par exemple, les gouvernements peuvent publier des données plus détaillées sur les risques climatiques afin d'aider les bailleurs de fonds à comprendre le risque de résilience climatique des projets d'infrastructure (voir également le chapitre 3).
- **Renforcer la capacité des gouvernements régionaux et locaux à demander des financements pour des infrastructures résilientes face au changement climatique.** Par exemple, les gouvernements nationaux peuvent fournir une assistance technique aux régions et aux villes afin de renforcer les capacités locales d'accès aux financements pour les infrastructures résilientes face aux risques climatiques.

Encadré 6.13. Fonds de prêt renouvelable "Safeguarding Tomorrow" des États-Unis

Le programme *Safeguarding Tomorrow Revolving Loan Fund* (STRLF) aide les gouvernements des États¹ à prêter aux gouvernements locaux pour soutenir les projets locaux d'atténuation des risques qui renforcent la résilience face aux risques et au changement climatique. Administré par l'Agence fédérale de gestion des urgences (FEMA), le programme fournit des subventions de capitalisation pour aider les États à mettre en place des fonds de prêts renouvelables, qui visent à être autosuffisants grâce aux paiements du principal et des intérêts.

L'un des principaux risques liés à la dépendance à l'égard du financement fédéral est la volatilité due à l'incertitude des crédits du Congrès. Le STRLF résout ce problème en créant un fonds renouvelable, qui réduit sa dépendance à l'égard du financement fédéral en mobilisant le financement de l'État et en générant des recettes, réduisant ainsi progressivement la part fédérale du financement. Les gouvernements bénéficiaires doivent apporter une contribution équivalente à au moins 10 % de la subvention fédérale. Le programme STRLF s'appuie sur la structure de fonds similaires ayant fait leurs preuves dans le secteur de l'eau, tels que le *Clean Water State Revolving Fund*. Toutefois, pour en tirer parti, il faut mettre en place des mécanismes novateurs de collecte de recettes. En effet, contrairement aux infrastructures hydrauliques, les projets d'atténuation des risques ne disposent pas toujours de sources de revenus claires.

Contrairement aux programmes de subventions similaires de la FEMA, le STRLF permet aux États de déboursier directement les fonds sans que la FEMA n'ait à les examiner. Cela permet aux États et aux collectivités locales d'innover en matière de solutions locales. En contournant les examens de la FEMA, les fonds peuvent rationaliser les processus et accroître l'accès des collectivités locales au financement climatique. Le STRLF vise également à soutenir les investissements équitables en orientant 40 % des fonds de prêt vers les communautés mal desservies.

Il est trop tôt pour connaître l'impact de la STRLF, qui n'en est qu'à ses débuts. La FEMA prévoit de tirer des enseignements des premières applications afin d'améliorer encore le programme. De nombreux États ont déjà élaboré des plans pour utiliser le programme.² Avec un budget total approuvé de 500 millions d'USD entre les exercices 2021 et 2026, le STRLF a lancé un deuxième cycle de financement de 150 millions d'USD pour l'exercice 2024.

Notes :

¹ Ainsi que les tribus éligibles, les territoires américains et le district de Columbia.

² Y compris, mais sans s'y limiter, le district de Columbia, la Caroline du Sud et le Maryland.

Source : Safeguarding Tomorrow Revolving Loan Fund Programme (s.d.¹⁹⁹¹) <https://www.fema.gov/grants/mitigation/storm-rf> SFRLF District of Columbia Intended Use Plan (2023^[100]) STRLF State of South Carolina Intended Use Plan (2023^[101]) <https://www.scemd.org/media/1690/sc-storm-act-rf-iup-comment-version.pdf>; Resilient Maryland Revolving Loan Fund Federal Fiscal Year 2023 Intended Use Plan (2023^[102]) [https://mdem.maryland.gov/SiteAssets/Pages/RLF%20Page%20Resources/FY%2023%20IUP,%20Final%20\[update\].pdf](https://mdem.maryland.gov/SiteAssets/Pages/RLF%20Page%20Resources/FY%2023%20IUP,%20Final%20[update].pdf)

Références

- AEI (2023), *World Energy Outlook 2023*, <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023>. [34]
- Association des collectivités locales d'Angleterre et du Pays de Galles (2023), *Section 114 fear for almost 1 in 5 council leaders and chief executives after cashless Autumn Statement*, <https://www.local.gov.uk/about/news/section-114-fear-almost-1-5-council-leaders-and-chief-executives-after-cashless-autumn>. [79]
- Autorité de réaménagement urbain de Singapour (s.d.), « *Long Island* », <https://www.ura.gov.sg/Corporate/Planning/Master-Plan/Draft-Master-Plan-2025/Long-Island>. [48]
- Banque mondiale (2021), *Pancakes to Pyramids: City Form to Promote Sustainable Growth*, <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/554671622446381555/city-form-to-promote-sustainable-growth>. [35]
- Banque mondiale (2019), *Lifelines: The Resilient Infrastructure Opportunity*, <http://hdl.handle.net/10986/31805>. [9]
- Banque mondiale (2019), *Strengthening New Infrastructure Assets: A Cost-Benefit Analysis*, <https://documents1.worldbank.org/curated/en/962751560793977276/pdf/Strengthening-New-Infrastructure-Assets-A-Cost-Benefit-Analysis.pdf>. [81]
- Banque mondiale (2011), *Guide to Climate Change Adaptation in Cities*, <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/691721468320045373/guide-to-climate-change-adaptation-in-cities-executive-summary>. [10]
- BEI (2023), *The state of local infrastructure investment in Europe - EIB Municipalities Survey 2022-2023*, <https://doi.org/10.2867/84744>. [27]
- BID (2017), *Why Coastal Cities Need a Blue Urban Agenda*, <https://blogs.iadb.org/ciudades-sostenibles/en/coastal-cities-blue-urban-agenda/>. [36]
- BMUV (2023), *German Climate Adaptation Law*, <https://www.bmu.de/en/pressrelease/german-government-adopts-first-nationwide-climate-adaptation-law>. [54]
- Brookings (2022), *Seizing the US infrastructure opportunity: Investing in current and future workers*, <https://www.brookings.edu/articles/infrastructure-workforce/>. [65]
- BusinessKorea (2023), *Seoul Metropolitan Government Lays Out Yeouido Financial District Development Plan*, <https://www.businesskorea.co.kr/news/articleView.html?idxno=115434>. [85]

- Caisse des Dépôts (s.d.), *Les budgets verts des finances locales : un premier pas sur lequel l'engagement local reste la cle*, <https://www.caissedesdepots.fr/blog/article/les-budgets-verts-des-finances-locales>. [104]
- California Governor's Office (2015), *MyHazards*, <https://myhazards.caloes.ca.gov/>. [41]
- CCFLA (2021), *The State of Cities Climate Finance*, <https://citiesclimatefinance.org/wp-content/uploads/2021/06/Part-1-I-The-Landscape-of-Urban-Climate-Finance-FINAL.pdf>. [16]
- CEB (2022), *From Community Vulnerability to Resilience: The Experience of European Cities*, https://coebank.org/media/documents/Technical_Brief_From_Community_Vulnerability_to_Resilience.pdf. [66]
- Comité européen des régions (2017), *Financing climate action: opportunities and challenges for local and regional authorities*, <https://doi.org/10.2863/329600>. [97]
- Commission des infrastructures de Nouvelle-Zélande (2024), *What New Zealanders think is a fair way to pay for infrastructure: Survey insights*, <https://tewaihanga.govt.nz/our-work/research-insights/new-zealanders-views-on-what-s-fair-when-it-comes-to-paying-for-infrastructure>. [82]
- Cox, S. (2021), « Inscriptions of resilience: Bond ratings and government of climate risk in Greater Miami, Florida », *Environment and Planning A: Economy and Space*, vol. 54/2, <https://doi.org/10.1177/0308518X211054162>. [76]
- Economist (2024), *Why BlackRock is betting billions on infrastructure*, <https://www.economist.com/business/2024/01/18/why-blackrock-is-betting-billions-on-infrastructure>. [80]
- Environment Finance (2023), *Sustainable Bonds Insight 2023*, <https://www.environmental-finance.com/assets/files/research/sustainable-bonds-insight-2023.pdf>. [98]
- FEM (2022), *Delivering Climate Resilient Cities Using a Systems Approach*, <https://www.weforum.org/publications/delivering-climate-resilient-cities-using-a-systems-approach/>. [45]
- FEMA (2023), *SFRLF District of Columbia Intended Use Plan*, https://hsema.dc.gov/sites/default/files/dc/sites/hsema/page_content/attachments/IUP_Safeguarding%20Tomorrow%20RLF_Updated%20Format_05.04.23_CLEAN%20%28002%29.pdf. [100]
- FEMA (s.d.), *Safeguarding Tomorrow Revolving Loan Fund Programme*, <https://www.fema.gov/grants/mitigation/storm-rlf>. [99]
- FENU (2024), *LoCAL Brochure 2023 (November Update)*, <https://www.unCDF.org/article/8507/local-brochure-2023-november-update>. [95]
- FENU (s.d.), *Performance-Based Climate Resilience Grants*, <https://www.unCDF.org/local/performance-based-grants-for-climate-resilience>. [103]
- FMI (2023), *Assessing Recent Climate Change Policy Initiatives in the Netherlands*, <https://doi.org/10.5089/9798400235849.018>. [58]

- FMI (2023), *Closing the Gap: Concessional Climate Finance and Sub-Saharan Africa*, [96]
<https://www.imf.org/-/media/Files/Publications/REO/AFR/2023/April/English/ClimateNote.ashx>.
- FMI (2022), *Macro-Fiscal Implications of Adaptation to Climate Change*, [28]
<https://www.imf.org/en/Publications/staff-climate-notes/Issues/2022/03/16/Macro-Fiscal-Implications-of-Adaptation-to-Climate-Change-512769>.
- FT (2024), *The uninsurable world: what climate change is costing homeowners*, [77]
<https://www.ft.com/content/ed3a1bb9-e329-4e18-89de-9db90eaadc0b>.
- GIEC (2021), *IPCC Sixth Assessment Report: Chapter 6 Cities, settlements and key infrastructure*, [21]
<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/chapter/chapter-6/>.
- GIEC (2021), *Summary for Policymakers, Climate Change 2021: The Physical Science Basis*, [19]
<https://doi.org/10.1017/9781009157896.001>.
- Gilmore, E., C. Kousky et T. St.Clair (2022), « Climate change will increase local government fiscal stress in the United States », *Nature Climate Change*, vol. 12, pp. 216–218, [74]
<https://doi.org/10.1038/s41558-022-01311-x>.
- GIZ (2023), *Implementation of Peru's national climate change goals*, [55]
<https://www.giz.de/en/worldwide/123427.html>.
- Gouvernement de la Colombie (2023), *Fondo Adaptacion*, [91]
<https://www.fondoadaptacion.gov.co/index.php/fondo-adaptacion/quienes-somos.html>.
- Gouvernement de Nouvelle-Galles du Sud (2022), *Flood mapping and analysis released to support NRRRC's buyback priorities*, [42]
<https://www.nsw.gov.au/departments-and-agencies/department-of-regional-nsw/news-updates/flood-mapping-and-analysis-released-to-support-nrrcs-buyback-priorities>.
- Gouvernement des Pays-Bas (s.d.), *Delta Programme*, [105]
<https://www.government.nl/topics/delta-programme/delta-programme-flood-safety-freshwater-and-spatial-adaptation>.
- Hino, M., C. Field et K. Mach (2017), « Managed retreat as a response to natural hazard risk », [49]
Nature Climate Change, vol. 7, pp. 364-370, <https://doi.org/10.1038/nclimate3252>.
- Institut de l'énergie de l'Université du Texas à Austin (2021), *The Timeline and Events of the February 2021 Texas Electric Grid Blackouts*, [59]
<https://energy.utexas.edu/sites/default/files/UTAustin%20%282021%29%20EventsFebruary2021TexasBlackout%2020210714.pdf>.
- Maryland Department of Emergency Management (2023), *Resilient Maryland Revolving Loan Fund Federal Fiscal Year 2023 Intended Use Plan*, [102]
[https://mdem.maryland.gov/SiteAssets/Pages/RLF%20Page%20Resources/FY%2023%20IUP,%20Final%20\[update\].pdf](https://mdem.maryland.gov/SiteAssets/Pages/RLF%20Page%20Resources/FY%2023%20IUP,%20Final%20[update].pdf).
- Matsumoto, T. et M. Ledesma Borhoquez (2023), *Building systemic climate resilience in cities*, [40]
<https://doi.org/10.1787/f2f020b9-en>.

- Ministère de la cohésion des territoires et des relations avec les collectivités territoriales (2021), *Le CRTE, Un Contrat au Service des Territoires et de la Mise en Œuvre de la Planification Écologique*, <https://agence-cohesion-territoires.gouv.fr/le-crte-un-contrat-au-service-des-territoires-et-de-la-mise-en-oeuvre-de-la-planification>. [62]
- Ministere de la Transition Ecologique et de la Cohesion des Territoires (2020), *Le fonds vert*, <https://www.ecologie.gouv.fr/fonds-vert>. [92]
- Ministère japonais de l'aménagement du territoire, des infrastructures, des transports et du tourisme (2022), *XR技術を活用した市民参加型まちづくり*, <https://www.mlit.go.jp/plateau/use-case/uc22-015/>. [50]
- OCDE (2024), *Coordinating spatial planning and investment across state and local boundaries in the Hamburg Metropolitan Region*, <https://www.oecd.org/stories/local-development/practices/coordinating-spatial-planning-and-investment-across-state-and-local-boundaries-in-the-hamburg-metropolitan-region-737dba96/>. [60]
- OCDE (2024), *Inclusive infrastructure: Scaling-up local investment in the United States*, https://read.oecd-ilibrary.org/view/?ref=1243_1243325-7d6c3g4w1d&title=Inclusive-Infrastructure%3A-Scaling-up-local-investment-in-the-United-States. [63]
- OCDE (2024), *Understanding infrastructure market capacity constraints in Australia*, <https://www.oecd.org/stories/local-development/practices/understanding-infrastructure-market-capacity-constraints-in-australia-fa8dbdbf/>. [69]
- OCDE (2023), *A Territorial Approach to Climate Action and Resilience*, <https://doi.org/10.1787/1ec42b0a-en>. [1]
- OCDE (2023), *A Territorial Approach to Climate Action and Resilience*, OECD Regional Development Studies, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/1ec42b0a-en>. [3]
- OCDE (2023), *Building systemic climate resilience in cities*, <https://doi.org/10.1787/f2f020b9-en>. [32]
- OCDE (2023), *Climate adaptation: Why local governments cannot do it alone*, <https://doi.org/10.1787/be90ac30-en>. [31]
- OCDE (2023), *Climate Finance Provided and Mobilised by Developed Countries in 2013-2021: Aggregate Trends and Opportunities for Scaling Up Adaptation and Mobilised Private Finance, Climate Finance and the USD 100 Billion Goal*, <https://doi.org/10.1787/e20d2bc7-en>. [15]
- OCDE (2023), *Financing Cities of Tomorrow: G20/OECD Report for the G20 Infrastructure Working Group under the Indian Presidency*, <https://doi.org/10.1787/51bd124a-en>. [13]
- OCDE (2023), *Fiscal equalisation and regional development policies: Is there a case for enhanced synergies?*, <https://doi.org/10.1787/0d28a879-en>. [88]
- OCDE (2023), *Future-Proofing SME and Entrepreneurship Policies: Key Issues Paper*, <https://www.oecd.org/cfe/smes/key-issues-paper-oecd-sme-and-entrepreneurship-ministerial-meeting-2023.pdf>. [68]
- OCDE (2023), *Job Creation and Local Economic Development 2023*, <https://doi.org/10.1787/21db61c1-en>. [12]

- OCDE (2023), *Les gouvernements infranationaux dans les pays de l'OCDE*, [78]
https://www.oecd.org/regional/multi-level-governance/NUANCIER%202023_nov23_compressed.pdf.
- OCDE (2023), *Mobilising sustainable finance for regions and cities: Background Paper*. [87]
- OCDE (2023), *OECD Regional Outlook 2023: The Longstanding Geography of Inequalities*, [23]
<https://doi.org/10.1787/92cd40a0-en>.
- OCDE (2023), *OECD Skills Outlook 2023: Skills for a Resilient Green and Digital Transition*, [67]
<https://doi.org/10.1787/27452f29-en>.
- OCDE (2023), *OECD SME and Entrepreneurship Outlook 2023*, [64]
<https://doi.org/10.1787/342b8564-en>.
- OCDE (2023), *Recommandation du Conseil sur la politique de développement régional*, [43]
<https://legalinstruments.oecd.org/en/instruments/OECD-LEGAL-0492>.
- OCDE (2023), *Regions in Industrial Transition 2023: New Approaches to Persistent Problems*, [11]
<https://doi.org/10.1787/5604c2ab-en>.
- OCDE (2023), *Rethinking Regional Attractiveness in the New Global Environment*, [25]
<https://doi.org/10.1787/a9448db4-en>.
- OCDE (2023), *Towards Climate Resilience and Neutrality in Latin America and the Caribbean: Key Policy Priorities*, [47]
<https://doi.org/10.1787/278e52e8-en>.
- OCDE (2022), *Addressing territorial disparities in future infrastructure needs in the wake of the COVID-19 crisis: A G20 perspective*, [22]
<https://doi.org/10.1787/e246f50f-en>.
- OCDE (2022), *Aligner les budgets locaux et régionaux sur les objectifs climatiques et environnementaux: Étude de cas de la Région Bretagne*, OECD Regional Development Papers, No. 35, OECD Publishing, Paris,, [86]
<https://doi.org/10.1787/913476a7-fr>.
- OCDE (2022), *Aligning Regional and Local Budgets with Green Objectives: Subnational Green Budgeting Practices and Guidelines*, OECD Multi-level Governance Studies, OECD Publishing, Paris, [73]
<https://doi.org/10.1787/93b4036f-en>.
- OCDE (2022), *Cities and Regions for Blue Economy*, [38]
https://www.oecd.org/cfe/cities/Cities_for_a_blue_economy_flyer.pdf.
- OCDE (2022), *G20-OECD Policy Toolkit to Mobilise Funding and Financing for Inclusive and Quality Infrastructure Investment in Regions and Cities*, OECD Publishing, Paris, [14]
<https://doi.org/10.1787/99169ac9-en>.
- OCDE (2022), *Improving subnational governments' resilience in the wake of the COVID-19 pandemic*, [89]
<https://doi.org/10.1787/6b1304c8-en>.
- OCDE (2022), *Making the most of public investment to address regional inequalities, megatrends and future shocks*, [2]
<https://doi.org/10.1787/8a1fb523-en>.
- OCDE (2022), *Preliminary findings from the OECD Global Survey on Localising the Blue Economy*, [37]
https://www.oecd.org/water/regional/OECD_Preliminary_results_Cities_for_a_Blue_Economy.pdf.

- OCDE (2022), *Subnational government climate expenditure and revenue tracking in OECD and EU Countries*, <https://doi.org/10.1787/1e8016d4-en>. [61]
- OCDE (2022), *Subnational Government Climate Finance Hub*, <https://www.oecd.org/regional/sngclimatefinancehub.htm> (consulté le 23 mai 2023). [5]
- OCDE (2022), *Subnational Government Climate Finance Hub - Compendium of fiscal instruments that support subnational climate action*, <https://www.oecd.org/regional/compendiumsubnationalrevenue.htm>. [94]
- OCDE (2021), *Managing Climate Risks, Facing up to Losses and Damages*, https://read.oecd-ilibrary.org/view/?ref=1114_1114267-2s9d32f1xa&title=Managing-climate-risks-facing-up-to-losses-and-damages. [26]
- OCDE (2021), *OECD Regional Outlook 2021: Addressing COVID-19 and Moving to Net Zero Greenhouse Gas Emissions*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/17017efe-en>. [30]
- OCDE (2021), *Strengthening adaptation-mitigation linkages for a low-carbon, climate-resilient future*, <https://doi.org/10.1787/6d79ff6a-en>. [24]
- OCDE (2021), *Unlocking infrastructure investment: Innovative funding and financing in regions and cities*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9152902b-en>. [83]
- OCDE (2019), *Financing climate objectives in cities and regions to deliver sustainable and inclusive growth*, OECD Environment Policy Papers, No. 17, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/ee3ce00b-en>. [29]
- OCDE (2017), , *La gouvernance de l'utilisation des sols dans les pays de l'OCDE : Analyse des politiques et recommandations*, <https://doi.org/10.1787/9789264268609-en>. [46]
- OCDE (2017), *Multi-level Governance Reforms: Overview of OECD Country Experiences*, <https://doi.org/10.1787/9789264272866-en>. [51]
- OCDE (2014), *Multi-level water governance in the Netherlands*, <https://doi.org/10.1787/9789264102637-9-en>. [57]
- OCDE (2014), *Recommandation du Conseil sur l'investissement public efficace entre les niveaux de gouvernement*, <https://legalinstruments.oecd.org/en/instruments/OECD-LEGAL-0402>. [17]
- OCDE (2014), *Water Governance in the Netherlands: Fit for the Future?*, OECD Studies on Water, OECD Publishing., <https://doi.org/10.1787/9789264102637-en>. [56]
- OCDE (2013), *Creating Conditions for Effective Public Investment: Sub-national Capacities in a Multi-level Governance Context*, <https://doi.org/10.1787/5k49j2civ5mq-en>. [52]
- OCDE (à venir), *Place-based policies for the Future*, <https://www.oecd.org/regional/place-based-policies-for-the-future.htm>. [18]
- OCDE/CGLU (2022), *World Observatory on Subnational Government Finance and investment*, <https://www.sng-wofi.org/reports/> (consulté le 20 juin 2022). [4]
- OCDE/Institut Lincoln de politique foncière (2022), *Global Compendium of Land Value Capture Policies*, <https://doi.org/10.1787/4f9559ee-en>. [84]

- OECD (2019), *Making Decentralisation Work: A Handbook for Policy-Makers*, [53]
<https://doi.org/10.1787/g2g9faa7-en>.
- OECD/The World Bank/UN Environment (2018), *Financing Climate Futures: Rethinking Infrastructure*, [44]
<https://doi.org/10.1787/9789264308114-en>.
- ONU (2018), *The World's Cities in 2018*, [33]
<https://doi.org/10.18356/c93f4dc6-en>.
- Parlement européen (2023), *Multiannual financial framework*, [90]
<https://www.europarl.europa.eu/factsheets/en/sheet/29/multiannual-financial-framework>.
- PD (s.d.), *PD*, [71]
<https://www.pd-g.de/en/>.
- Resilient Cities Network (s.d.), *Resilient Cities Network*, [70]
<https://resilientcitiesnetwork.org/>.
- S&P (2023), *Local and Regional Governments' Workarounds are Running Out of Time*, [75]
<https://www.spglobal.com/ratings/en/research/articles/231206-local-and-regional-governments-workarounds-are-running-out-of-time-12931701>.
- SFI (2018), *Climate Investment Opportunity in Cities*, [8]
<https://www.ifc.org/content/dam/ifc/doc/mgrt/201811-cioc-ifc-analysis.pdf>.
- South Carolina Emergency Management Division (2023), *STRLF State of South Carolina Intended Use Plan*, [101]
<https://www.scemd.org/media/1690/sc-storm-act-rif-iup-comment-version.pdf>.
- UNDRR (2023), *Regional Assessment Report on Disaster Risk Reduction 2023: Europe and Central Asia*, [20]
<https://www.undrr.org/report/rar-2023-europe-and-central-asia>.
- UNDRR (2015), *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030*, [6]
<https://www.undrr.org/publication/sendai-framework-disaster-risk-reduction-2015-2030>.
- UNFCCC (2012), *Slow onset events: Technical paper*, [7]
<https://unfccc.int/resource/docs/2012/tp/07.pdf>.
- Urban Ocean Lab (2023), *Ocean Climate Funding for Coastal Cities*, [39]
<https://urbanoceanlab.org/ocean-climate-funding>.
- Zentrum KlimaAnpassung (s.d.), *Zentrum KlimaAnpassung*, [72]
<https://zentrum-klimaanpassung.de/>.
- ZUG (2022), *Promoting measures to adapt to the consequences of climate change*, [93]
<https://www.z-u-g.org/das/>.

Notes

¹ L'investissement public significatif pour le climat fait référence à l'investissement direct (c'est-à-dire la formation brute de capital fixe moins les cessions d'actifs non financiers et non produits) destiné à des activités qui contribuent de manière significative à l'adaptation au changement climatique et à l'atténuation de ses effets, telles qu'identifiées par le groupe d'experts techniques de l'UE sur la finance durable et mises en correspondance avec des données sur les dépenses publiques par fonction (COFOG) comparables à l'échelon international. Il convient de noter que ce chiffre comprend à la fois le financement de l'adaptation et de l'atténuation, et qu'il pourrait également être sous-estimé en raison de l'impossibilité

de faire correspondre plusieurs fonctions de la COFOG à des activités significatives pour le climat. Source : OCDE (2022), Suivi des dépenses et recettes climatiques des gouvernements infranationaux dans les pays de l'OCDE et de l'UE, <https://doi.org/10.1787/1e8016d4-en>.

² Incluant à la fois des activités d'adaptation et d'atténuation.

Des infrastructures pour un avenir résilient face au changement climatique

Ce rapport fournit une vue d'ensemble des effets du changement climatique sur les infrastructures et des principaux domaines dans lesquels les pouvoirs publics peuvent intervenir pour les rendre plus résilientes. Y sont examinées les avancées obtenues et les lacunes à combler dans la planification et le développement des infrastructures tout au long de leur cycle de vie pour intégrer la résilience climatique, ainsi que la question de savoir comment favoriser cette intégration par une approche territoriale. L'analyse porte également sur la manière de renforcer la prise de conscience et la compréhension des risques climatiques et d'en imposer la prise en compte dans toutes les décisions de financement et d'investissement, à l'aide de normes et d'instruments financiers qui intègrent l'adaptation et la résilience climatiques. Les solutions fondées sur la nature occupent une place particulière dans le rapport, qui donne des pistes pour en tirer parti efficacement, au service de la résilience climatique. Il est également reconnu que le développement économique des pays en développement suppose d'accorder une attention mondiale aux besoins qui leur sont propres ainsi que de renforcer le soutien et les partenariats internationaux. Ces travaux apportent des éléments utiles sur l'action à mener et plaident pour que les responsables de l'élaboration des politiques nationales et infranationales adoptent une approche de la résilience fondée sur une gouvernance pluri-niveaux, en travaillant avec les propriétaires et les exploitants d'infrastructures pour soutenir la prise de décision.



IMPRIMÉ ISBN 978-92-64-59918-5
PDF ISBN 978-92-64-53349-3



9 789264 599185