



Commission économique pour l'Europe**Comité des transports intérieurs****Groupe de travail chargé d'examiner les tendances
et l'économie des transports****Groupe d'experts de l'évaluation des effets des changements climatiques
sur les transports intérieurs et de l'adaptation à ces changements****Vingtième-sixième session**

Genève, 7 et 8 mars 2024

Point 5 de l'ordre du jour provisoire

Base de données sur les mesures d'adaptation**Cadre pour l'élaboration des parcours d'adaptation
à l'intention des professionnels des transports****Révision****Note du secrétariat****I. Contexte**

1. À sa vingt-quatrième session, le Groupe d'experts de l'évaluation des effets des changements climatiques sur les transports intérieurs et de l'adaptation à ces changements (GE.3) a examiné et commenté le projet d'orientations sur les parcours d'adaptation dans le secteur des transports établi par un groupe de volontaires qui avaient participé aux travaux intersessions en vue d'élaborer ces orientations.
2. Comme suite aux observations reçues, deux documents ont été établis pour examen par le Groupe d'experts. Le présent document, qui est le second des deux, contient le projet de cadre pour l'élaboration des parcours d'adaptation à l'intention des professionnels des transports.
3. L'auteur principal du présent document est S.A. Hashmi, de l'Université de Birmingham. Des contributions de fond ont été apportées par E. Ferranti et A. Quinn (Université de Birmingham) ainsi que par T. Popescu (Direction générale des infrastructures, des transports et des mobilités (France), vice-président du Groupe d'experts), C. Evans (Association mondiale de la route), R. Burbidge (Eurocontrol) et L. Wyrowski (secrétariat de la Commission économique pour l'Europe (CEE)).
4. Le Groupe d'experts est invité à examiner le présent document.



II. Cadre pour l'élaboration des parcours d'adaptation à l'intention des professionnels des transports

5. Est examiné dans le présent document le cadre pour les parcours d'adaptation (voir la figure I) permettant aux propriétaires, gestionnaires et exploitants d'infrastructures de transport de structurer la planification de la préparation aux changements climatiques à court, moyen et long termes.

6. Une planification efficace de l'adaptation commence par la définition et la hiérarchisation des options sur la base des risques/vulnérabilités recensés dans le cadre de l'évaluation des risques liés aux changements climatiques et s'appuie sur un choix de scénarios qui illustrent les projections relatives à ces changements et répondent aux préoccupations et aux questions des parties prenantes. Dans de nombreux cas, l'élaboration des parcours d'adaptation supposera que l'on combine les approches, principalement en fonction de l'ampleur et de la complexité des buts et objectifs fixés, ce qui pourra donc nécessiter de multiples itérations. Les deux facteurs décisifs lors du choix des approches à combiner seront le degré de certitude des informations et des connaissances actuelles et l'accord sur les objectifs au sein du secteur des transports [25]. En fonction des circonstances, les approches suivantes pourront être combinées :

- Les approches flexibles axées sur l'apprentissage : elles mettent l'accent sur un processus constant d'apprentissage et d'adaptation au fur et à mesure que de nouvelles informations et connaissances sur les effets des changements climatiques deviennent disponibles. Il s'agit de revoir et d'actualiser régulièrement les plans d'adaptation en fonction des nouvelles données, de contrôler l'efficacité des mesures et de s'adapter à l'évolution des conditions climatiques ;
- Les approches basées sur des scénarios : la planification de scénarios sert à étudier une série de scénarios climatiques possibles. En envisageant différentes évolutions possibles, les décideurs peuvent définir des options d'adaptation qui sont fiables dans plusieurs scénarios. Ce type d'approche permet une plus grande flexibilité face à des projections climatiques incertaines ;
- Les approches progressives : il s'agit d'apporter progressivement des ajustements et des améliorations aux infrastructures et aux opérations de transport existantes afin de renforcer la résilience climatique. Les approches progressives peuvent comporter des mesures telles que le renforcement des défenses côtières, l'élévation des routes dans les zones inondables ou l'amélioration des systèmes de drainage ;
- Les approches transformationnelles : elles supposent des changements plus fondamentaux dans les systèmes de transport, souvent motivés par la nécessité de s'adapter à des risques climatiques importants. Par exemple, dans les régions où les changements climatiques entraînent une augmentation des glissements de terrain et de l'érosion le long des voies ferrées, si un tronçon donné de la voie ferrée est sujet de manière répétée à des glissements de terrain en raison de l'évolution du régime des précipitations, la compagnie ferroviaire pourra décider de déplacer ce tronçon sur un terrain plus élevé ou de renforcer la zone concernée afin d'éviter de nouvelles perturbations ;
- Collaboration des parties prenantes : elle constitue une approche cruciale qui consiste à associer diverses parties prenantes, notamment les communautés locales, les entreprises, les ONG et les décideurs, au processus de planification de l'adaptation. La collaboration des parties prenantes garantit que les parcours d'adaptation sont inclusifs, qu'ils tiennent compte de différents points de vue et qu'ils répondent à diverses préoccupations et priorités.

7. Les points de bascule, d'inflexion et de déclenchement possibles doivent être définis sur la base de la situation actuelle et des analyses des évolutions possibles (voir la section sur le recensement des points de décision critiques ci-dessous). En outre, l'objectif devrait être de définir d'autres options pour atteindre les objectifs (voir la section sur les interdépendances et la définition d'autres options d'adaptation ci-dessous) afin que les parties prenantes du secteur des transports puissent justifier, hiérarchiser et appliquer des mesures

qui prennent en considération les changements climatiques et les changements qui en découlent sur le plan économique et sociopolitique et dans les domaines de la connaissance, des valeurs et des écosystèmes. Il convient de noter que toute option d'adaptation devrait être évaluée en fonction de sa fiabilité et de sa flexibilité par rapport à l'éventail des évolutions possibles attendues (voir la section sur l'évaluation des options de parcours ci-dessous).

8. En outre, dans le cadre du processus de planification de l'adaptation et de l'élaboration des parcours d'adaptation, il est très important de tenir compte de l'échelle géographique à laquelle les mesures d'adaptation doivent être appliquées. Par exemple, l'échelle géographique à laquelle les parcours sont formulés peut aller d'une petite bande côtière à une vaste zone de delta soumise à différentes utilisations des terres et différents facteurs de changement. Elle peut également aider à recenser les parties prenantes et les secteurs pertinents susceptibles d'être intégrés dans le processus de développement, permettant ensuite de définir les options. Il est ressorti d'une étude de cas qu'un décalage entre les échelles géographique et institutionnelle se traduisait par des seuils flous, un large éventail d'options et des responsabilités institutionnelles mal définies [33]. Une autre considération importante concerne le renforcement des capacités par la mise en valeur et le partage d'informations, de ressources et d'outils de prise de décisions pour les mesures d'adaptation, le partage et la compréhension par la communauté de la nécessité de s'adapter, et la collaboration avec la communauté pour parvenir à des réponses convenues [34].

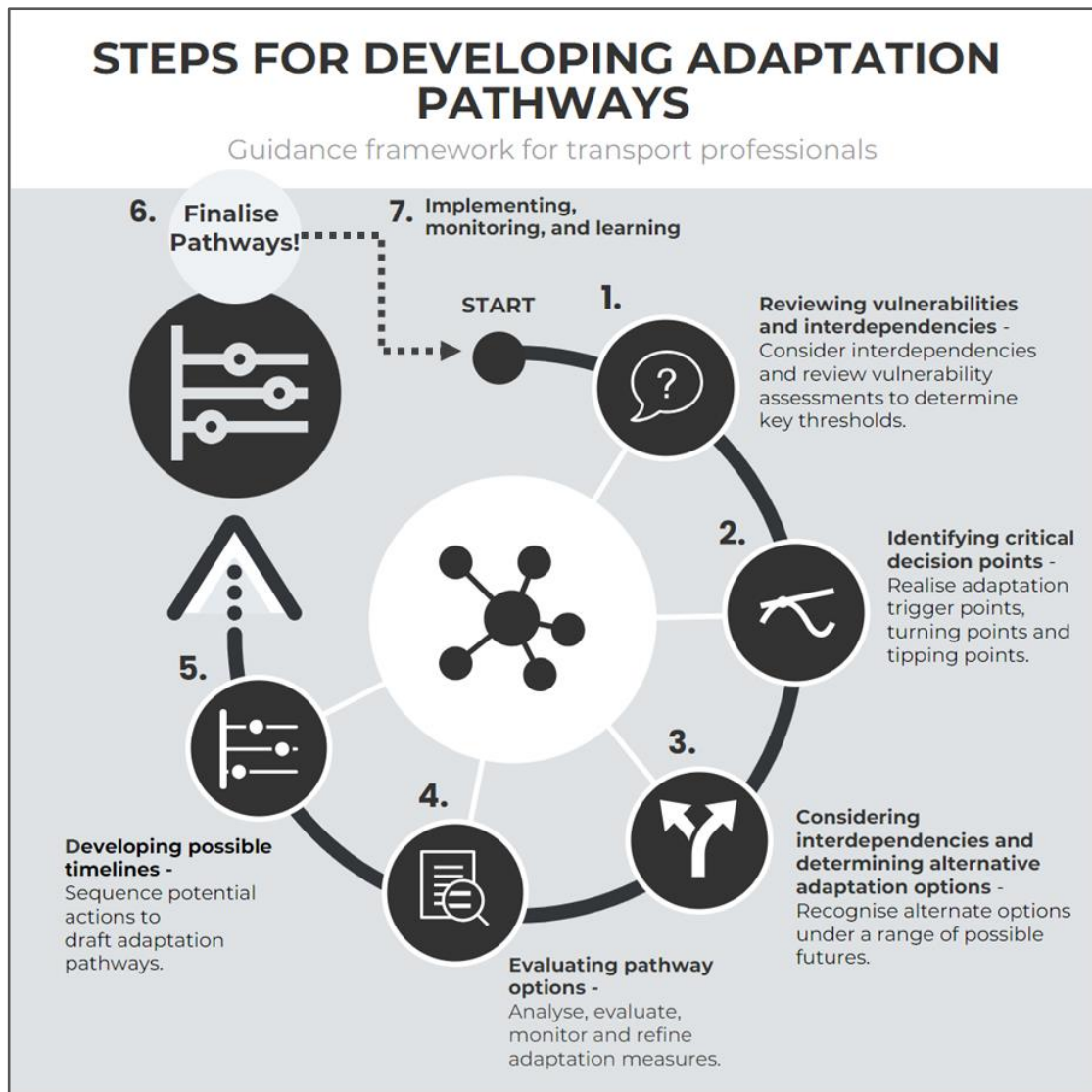
Étapes à suivre pour élaborer des parcours d'adaptation à l'intention des professionnels des transports

9. Pour élaborer des parcours d'adaptation, les professionnels des infrastructures de transport doivent posséder un certain niveau de connaissances et de compréhension, question qui est examinée dans le document ECE/TRANS/WP.5/GE.3/2023/1. C'est important pour bien comprendre les orientations et les mettre en œuvre par la suite. Cette section explique les étapes 4 et 5 illustrées dans la figure du document ECE/TRANS/WP.5/GE.3/2023/1. Pour tout but ou objectif donné, l'élaboration des parcours d'adaptation devrait suivre plus ou moins les étapes suivantes :

- a) Examen des vulnérabilités et des interdépendances ;
- b) Définition des points de décision critiques ;
- c) Prise en compte des interdépendances et définition d'autres options d'adaptation ;
- d) Évaluation des options de parcours ;
- e) Élaboration de calendriers possibles ;
- f) Finalisation et visualisation des parcours d'adaptation ;
- g) Mise en œuvre, suivi et apprentissage.

Figure I

Étapes de l'élaboration des parcours d'adaptation pour les propriétaires et les gestionnaires d'infrastructures de transport ainsi que pour d'autres professionnels des transports



1. Examen des vulnérabilités et des interdépendances

10. L'élaboration des parcours d'adaptation commence par l'examen de ce qui est actuellement fait pour gérer les systèmes et les problèmes ayant trait à un objectif donné. Des pratiques sont généralement déjà en place pour des phénomènes météorologiques et des régimes climatiques particuliers, en fonction des tendances actuelle et historique. Elles s'appuient sur des stratégies de gestion existantes qui présentent leurs propres forces et vulnérabilités. En l'occurrence, cette étape consiste à examiner et à revoir l'analyse de la vulnérabilité des infrastructures clés afin de comprendre les vulnérabilités existantes (c'est-à-dire l'examen de l'étape 2 des conditions préalables) et de définir les seuils qui peuvent aider à recenser les mesures supplémentaires qu'il peut être nécessaire de prendre pour atteindre les objectifs dans le cadre des contraintes existantes [25]. L'examen des capacités actuelles ou des capacités de référence (c'est-à-dire l'évaluation des capacités techniques et institutionnelles de faire face aux changements climatiques et aux conditions météorologiques extrêmes) est une étape importante qui doit être réalisée avant de chercher à améliorer lesdites capacités.

11. On devrait s'appuyer sur la compréhension de la situation actuelle et des évolutions possibles pour déterminer les mesures de gestion susceptibles de réduire les vulnérabilités et/ou d'accroître la capacité d'adaptation de chacun des équipements. Il convient de recenser ici des options « sans regret », fiables et fondées sur des données probantes, car elles peuvent

permettre aux organisations de mettre en œuvre des mesures d'adaptation à court terme et d'entamer le processus d'adaptation, au lieu d'attendre et d'analyser la situation [23].

12. En outre, l'étude des vulnérabilités antérieures peut constituer un bon point de départ pour remédier aux vulnérabilités futures. En effet, dans cette étape, il faut également revoir l'analyse des vulnérabilités futures, réalisée dans le cadre de l'étape 3 des conditions préalables. L'objectif est d'utiliser l'analyse de vulnérabilité déjà réalisée et/ou les tests de résistance pour définir les seuils d'impact à partir desquels le système de transport fonctionne de manière sensiblement différente. Cette étape pourrait permettre de définir et d'évaluer les principaux seuils d'impact du climat sur le système de transport, sur la base des vulnérabilités existantes et futures connues face à ces effets (par exemple, dans le cas de l'élévation du niveau de la mer, un certain niveau d'élévation peut entraîner des risques accrus d'inondation ou de dommages aux digues côtières).

13. En outre, les interdépendances peuvent également constituer des vulnérabilités importantes en matière d'adaptation aux changements climatiques. Dans le contexte de la planification de l'adaptation des infrastructures de transport, les interdépendances font référence aux connexions et aux interactions entre différents systèmes, secteurs ou réseaux d'infrastructures qui peuvent influencer sur la résilience des uns et des autres face aux effets des changements climatiques. Les interdépendances peuvent créer des vulnérabilités de plusieurs manières :

- Les effets en cascade : les effets des changements climatiques sur un secteur ou un système peuvent avoir des répercussions sur des secteurs ou des systèmes interconnectés. Par exemple, un port est souvent bien relié à son arrière-pays par un réseau de routes, de voies ferrées et d'autres infrastructures de transport. Or, un phénomène météorologique extrême peut fortement endommager les systèmes de transport reliant le port à son arrière-pays. Il peut s'agir de perturbations des réseaux de transport, de répercussions sur la chaîne d'approvisionnement, de conséquences économiques, de l'inutilisation des capacités portuaires et d'autres problèmes à court et à long terme ;
- Les dépendances critiques : certains secteurs ou systèmes peuvent avoir des dépendances critiques par rapport à d'autres. Si une dépendance critique est entravée par les effets des changements climatiques, le système qui en dépend peut être fortement perturbé. Par exemple, comme l'infrastructure énergétique dépend des systèmes de transport pour l'acheminement des combustibles, les perturbations causées dans les transports peuvent influencer sur l'approvisionnement en énergie ;
- Les interdépendances intersectorielles : des interdépendances peuvent exister entre des secteurs qui partagent des ressources ou dépendent d'infrastructures communes. Par exemple, les systèmes de transport public ont besoin de sources d'énergie pour fonctionner. Si l'approvisionnement en énergie était perturbé par des phénomènes météorologiques, tels que des tempêtes endommageant les infrastructures électriques ou des vagues de chaleur se répercutant sur la production d'énergie, les services de transport public pourraient être interrompus.

14. Les interdépendances s'inscrivant dans la planification de l'adaptation pour le secteur des infrastructures de transport devraient être considérées de manière beaucoup plus large, englobant non seulement d'autres facteurs au sein du système de transport, mais aussi d'autres objectifs sociétaux, économiques et écologiques, y compris ceux qui sont liés aux efforts d'atténuation. Ces interdépendances élargies jouent un rôle essentiel dans l'élaboration de stratégies d'adaptation efficaces et durables [4]. Les propriétaires et les gestionnaires d'infrastructures de transport doivent recenser et comprendre les interdépendances critiques entre leurs infrastructures et d'autres réseaux d'infrastructures (par exemple, les interdépendances entre l'approvisionnement en énergie et le transport routier), car cela sera crucial pour la poursuite des travaux sur la planification de l'adaptation aux changements climatiques. Il s'agit notamment de prendre en compte les défaillances en cascade possibles entre les systèmes et sous-systèmes naturels et socioéconomiques interdépendants. Par exemple, une période de mauvais temps prolongée et généralisée peut se répercuter sur le réseau de transport, ce qui peut avoir un impact sur la disponibilité et l'accessibilité du personnel de transport (comme les chauffeurs de camion), compromettre

l'efficacité du chargement et du déchargement des navires et créer des retards qui finissent par toucher la chaîne d'approvisionnement dans son ensemble. Ou bien une panne d'électricité peut affecter la sécurité et le fonctionnement des opérations et des services de transport. En outre, les services de transport qui ne sont pas supposément sensibles à un risque climatique particulier peuvent également être touchés à un moment ou à un autre en raison d'interdépendances et donc pâtir d'effets indirects. Le secteur des transports doit donc être totalement résilient face aux changements climatiques et l'intégration des interdépendances dans la planification de l'adaptation au climat et l'élaboration de parcours d'adaptation peut constituer un point de départ essentiel pour une approche plus holistique du renforcement de la résilience. Outre les interdépendances climatiques et intersectorielles, les professionnels des transports pourraient également évaluer les interdépendances socioéconomiques, environnementales, technologiques et techniques, la gouvernance et les interdépendances institutionnelles et financières.

Questions d'orientation et d'apprentissage à l'intention des professionnels des transports pour l'examen des vulnérabilités

Comment les évaluations actuelles de la vulnérabilité peuvent-elles servir à définir les seuils d'impact auxquels le système de transport est fortement touché (ou la vulnérabilité est sensiblement accrue) ?

Qu'est-ce qui est actuellement fait et que peut-on faire de plus pour obtenir des résultats précis dans les conditions actuelles ?

2. Définition des points de décision critiques

15. Les parcours d'adaptation commencent par les options actuelles de gestion, lesquelles peuvent être influencées par les conséquences possibles des changements climatiques. Ces conséquences, tant pour le système qui est géré que pour les options actuelles de gestion, permettent d'éclairer les décisions à prendre. Les options actuelles de gestion peuvent être envisagées dans le cadre d'un éventail d'évolutions possibles, permettant ainsi de passer à l'étape suivante. En combinant les informations provenant de la situation actuelle et des analyses futures, il devient possible de définir les seuils probables ou les points de bascule et les points d'inflexion pour les options d'adaptation [25]. Ces seuils sont définis par des indicateurs qui permettent de suivre les niveaux de risque. En effet, ils doivent être associés aux niveaux de risque servant à définir les objectifs d'adaptation [27]. Chaque niveau de risque peut ensuite être quantifié sur la base de ces seuils.

16. Dans la planification de l'adaptation, l'idée de seuils est assez répandue, mais son application nécessite des efforts particuliers. Pour les professionnels des transports, les notions de seuils sont utiles pour comprendre quand les gestionnaires doivent passer d'une option à une autre. Les seuils peuvent être définis comme des points à partir desquels un système commence à fonctionner d'une manière sensiblement différente. Dans le secteur des transports, un seuil peut être défini comme un ensemble de conditions climatiques dans lesquelles une partie du système de transport ne fonctionne plus, que ce soit sur le plan économique, environnemental, physique ou social. Une nouvelle mesure d'adaptation est alors nécessaire. Par exemple, lorsqu'un certain seuil de vitesse du vent est franchi, il peut être nécessaire d'interrompre la circulation des poids lourds sur un pont afin d'éviter la destruction de celui-ci. Dans ce cas, si d'autres itinéraires sont possibles, un exemple d'option d'adaptation consisterait à dévier le trafic des camions. En outre, dans des cas extrêmes, par exemple lorsque le seuil de vitesse du vent est beaucoup plus élevé, l'infrastructure du pont peut être endommagée et, dans ce cas, il faudra adapter l'infrastructure physique pour garantir son bon état de fonctionnement [13].

17. Les points de déclenchement marquent le début du délai nécessaire à l'application d'une mesure avant d'avoir atteint un point de bascule ou d'inflexion. Dans la planification de l'adaptation des systèmes de transport, les points de déclenchement sont des indicateurs ou des seuils spécifiques qui servent de signaux pour lancer des mesures ou des stratégies d'adaptation. Ils aident les décideurs à déterminer quand il est nécessaire de mettre en œuvre des mesures proactives pour faire face aux effets des changements climatiques sur les systèmes de transport.

18. Les points de déclenchement prennent en compte le temps nécessaire à l'adoption et à la mise en œuvre d'une décision d'adaptation. Cette dernière découle des étapes suivantes du processus de définition d'autres options. Les points de déclenchement sont un élément crucial de l'élaboration de l'approche des parcours d'adaptation, permettant aux plans d'être anticipatifs et stratégiques. De même, dans le secteur des transports, les déclencheurs de mesures d'adaptation peuvent être influencés par des phénomènes ou des seuils relevant de différentes parties du système, même si l'effet direct n'est pas immédiatement évident. Par exemple, un seuil atteint dans un segment du système de transport, tel qu'une route critique inondée en raison de l'élévation du niveau de la mer, peut servir de déclencheur à l'adoption de mesures d'adaptation dans d'autres parties du système, telles que le détournement du trafic ou la mise en place d'autres itinéraires de transport. Il est essentiel de connaître et de prendre en compte ces déclencheurs interconnectés pour élaborer une approche holistique et intégrée de la planification de l'adaptation dans le secteur des transports. Comprendre comment les effets ressentis dans un domaine peuvent se répercuter sur d'autres parties du système de transport permet aux décideurs d'élaborer des parcours d'adaptation globaux qui tiennent compte de la résilience et de l'efficacité de l'ensemble du système [13, 25]. Des points de déclenchement positifs peuvent également être définis pour faire face à des éventualités telles que la volonté politique et la disponibilité de fonds supplémentaires.

19. Les déclenchements peuvent se produire sans qu'un seuil soit atteint et doivent être facilement contrôlés pour permettre une action rapide. Il convient de noter que les seuils et les déclencheurs ont des significations différentes. Par exemple, à un endroit donné, une augmentation du niveau de la mer peut laisser présager d'une forte tempête susceptible de détruire les infrastructures. Dans ce cas, même si cela ne s'était pas produit dans la réalité, le seuil correspondrait à la défaillance effective de l'infrastructure concernée, entraînant une interruption des fonctions de celle-ci. Dans cet exemple, l'élément déclencheur est l'élévation du niveau de la mer dont l'ampleur exige qu'une décision soit prise [14]. Par exemple, si un équipement devient vulnérable lorsque le niveau moyen de la mer a augmenté de 0,50 m, un seuil de déclenchement de 0,45 m d'augmentation du niveau de la mer peut être suffisant pour commencer à mettre en œuvre les mesures d'adaptation appropriées. Il convient de noter que des mesures d'adaptation préventives peuvent être prises à des points de déclenchement, jouant le rôle d'indicateurs d'alerte précoce à l'approche de conditions environnementales critiques. Même si certaines des mesures d'adaptation prises lorsque que les seuils sont atteints peuvent être correctives, il est essentiel de mettre également en œuvre des mesures préventives pour renforcer la résilience et réduire les risques futurs. Une combinaison de mesures préventives et correctives est souvent plus efficace dans la planification de l'adaptation : les mesures préventives aux points de déclenchement réduisent au minimum les préjudices et les perturbations, les mesures correctives apportent une solution immédiate et les mesures d'adaptation à long terme renforcent la résilience face aux phénomènes qui pourraient se produire.

20. Les points de déclenchement peuvent reposer sur différents facteurs, notamment les variables climatiques, les conditions infrastructurelles et les considérations opérationnelles. Par exemple :

a) Les variables climatiques :

- Les seuils pour les phénomènes météorologiques extrêmes – L'établissement de points de déclenchement basés sur des seuils de variables climatiques telles que les fortes précipitations, la vitesse du vent ou les températures extrêmes peut contribuer à déclencher des mesures visant à renforcer les infrastructures, à améliorer les systèmes de drainage ou à mettre en œuvre des plans d'intervention en cas d'urgence ;

- Les seuils d'élévation du niveau de la mer – La définition de seuils de déclenchement en fonction de l'élévation prévue du niveau de la mer peut aider à déterminer quand des mesures de protection telles que l'élévation des routes ou la mise en place de défenses côtières doivent être mises en œuvre.

b) Les conditions infrastructurelles :

- La dégradation structurelle – La définition de seuils de déclenchement en fonction de la détérioration ou de l'endommagement d'éléments d'infrastructure tels que les ponts, les buses ou les chaussées peut donner lieu à réparation ou à remplacement dans le but de garantir le maintien de la fonctionnalité et de la sécurité des systèmes de transport ;
- La surveillance des équipements critiques – La mise en œuvre de systèmes de surveillance des équipements critiques de transport, tels que les fondations des ponts ou la stabilité des pentes, et l'établissement de points de déclenchement basés sur des critères de performance prédéfinis peuvent aider à déceler les signes précoces d'une défaillance possible et à déclencher des interventions en temps opportun.

Questions d'orientation et d'apprentissage pour les professionnels des transports afin de définir les points de décision critiques

Comment définir les points de décision les plus importants et les points de bascule qui déclencheraient les phases suivantes du parcours d'adaptation ?

De quoi a-t-on besoin pour favoriser des mesures de transition ou de transformation ?

21. D'une manière générale, il faut garder à l'esprit que l'affinement des points de déclenchement fait naturellement partie du processus de planification adaptative. Il garantit que les parcours d'adaptation restent dynamiques, flexibles et réactifs face à l'évolution des circonstances, offrant ainsi une approche plus efficace et durable de l'adaptation aux changements climatiques. Au fur et à mesure que de nouvelles informations et expériences apparaissent et que des options d'adaptation sont définies, les décideurs peuvent ajuster les points de déclenchement afin de maximiser les avantages de mesures d'adaptation proactives et opportunes.

22. Les points d'inflexion de l'adaptation indiquent les situations dans lesquelles un seuil sociopolitique est atteint. Cela peut être dû à des changements dans le climat, les valeurs et intérêts sociaux ou les objectifs de politique générale [25]. Dans la planification de l'adaptation, les points d'inflexion font référence à des moments critiques ou à des situations dans lesquelles la méthode de gestion des effets des changements climatiques subit des modifications importantes. Ils donnent aux décideurs l'occasion de réévaluer leurs stratégies, d'actualiser leurs mesures et de faire des choix plus éclairés face à de nouvelles informations, à des risques émergents ou à des circonstances changeantes. Ils peuvent être dus à de nouvelles informations scientifiques, à des crises ou à des catastrophes, à des modifications de la politique et de la réglementation, à des avancées technologiques, à des changements dans la conscience et la perception du public, aux enseignements tirés du suivi et de l'évaluation, à l'évolution des conditions socioéconomiques et aux accords et engagements internationaux.

23. Pour les propriétaires et les exploitants d'infrastructures de transport, les points d'inflexion correspondent à des moments critiques ou à des événements clés qui entraînent des changements importants dans l'approche de la gestion des effets des changements climatiques sur les systèmes de transport. Ils peuvent être dus à différents facteurs et peuvent influencer les décisions et les mesures prises par les propriétaires et les exploitants

d'infrastructures pour accroître la résilience et la durabilité de leurs équipements et de leurs services. En voici quelques exemples [36, 37] :

- Les phénomènes météorologiques extrêmes : un phénomène météorologique grave, tel qu'un ouragan, une inondation ou un incendie de forêt, peut constituer un point d'inflexion pour les propriétaires et les exploitants d'infrastructures. Les préjudices et les perturbations causés par ces phénomènes peuvent conduire à une réévaluation de la vulnérabilité, incitant à l'adoption de pratiques de construction plus résilientes et à l'amélioration des plans d'intervention en cas d'urgence ;
- La défaillance ou la détérioration des infrastructures : lorsque des défaillances ou des détériorations importantes dues aux effets du climat touchent des infrastructures de transport essentielles, il en résulte un point d'inflexion. Celui-ci pourrait rendre nécessaires des réparations immédiates, des remplacements ou des réaménagements afin de résister aux futurs épisodes de stress climatique ;
- Les nouvelles projections climatiques ou évaluations des risques : des projections climatiques ou des évaluations des risques actualisées peuvent révéler des niveaux de risque climatique plus élevés que prévu. Ces nouvelles informations peuvent inciter les propriétaires et les exploitants d'infrastructures à ajuster leurs stratégies d'adaptation en conséquence ;
- Les possibilités de financement ou les contraintes budgétaires : une augmentation sensible des possibilités de financement de l'adaptation au climat ou l'existence de contraintes budgétaires qui limitent les activités traditionnelles d'entretien et de construction peuvent conduire à des points d'inflexion dans la hiérarchisation et l'affectation des ressources aux mesures de résilience climatique ;
- Les modifications de la réglementation et les exigences de conformité : les nouvelles réglementations ou exigences de conformité liées à la résilience climatique peuvent constituer un point d'inflexion. Les propriétaires et les exploitants d'infrastructures peuvent être amenés à aligner leurs activités sur ces réglementations, influant ainsi sur la portée et sur le calendrier de la planification de l'adaptation ;
- Les innovations technologiques : les progrès technologiques en matière d'adaptation au climat, tels que l'amélioration des outils de prévision, des systèmes de surveillance ou des matériaux de construction, peuvent constituer des étapes décisives dans l'élaboration de stratégies d'adaptation plus efficaces et plus efficientes ;
- La participation et le retour d'information des communautés : les contributions des communautés et des parties prenantes locales peuvent constituer un point d'inflexion, car elles peuvent révéler des vulnérabilités jusque-là ignorées et contribuer à l'élaboration de plans d'adaptation plus inclusifs et axés sur les communautés ;
- Les préoccupations liées à la continuité des activités : la prise de conscience que les effets du climat pourraient perturber la continuité des activités ou des chaînes d'approvisionnement peut constituer un point d'inflexion, amenant les propriétaires et les exploitants d'infrastructures à investir dans des mesures d'adaptation afin de préserver les activités et la viabilité économique ;
- La modification des schémas d'occupation des sols : les modifications dues à l'urbanisation ou à la croissance démographique peuvent influencer sur la demande d'infrastructures de transport. Les propriétaires et les exploitants d'infrastructures pourraient être incités à reconsidérer leurs futurs plans d'expansion et à intégrer la résilience climatique dans les nouveaux projets.

24. Les points de bascule de l'adaptation définissent les seuils où l'ampleur de la modification due aux conséquences des changements climatiques (telles que les inondations) dépasse les capacités actuelles des stratégies de gestion à atteindre les objectifs en cours. Ainsi, si l'on définit les points de bascule, il est possible de comprendre si et quand une stratégie de gestion risque d'échouer et si d'autres stratégies seront nécessaires. En outre, grâce aux points de bascule de l'adaptation, il devient possible de comprendre à quel degré de dérèglement climatique le système peut faire face avec les pratiques actuelles [25].

25. Dans le contexte de la planification de l'adaptation des systèmes de transport, les points de bascule désignent des seuils ou des situations critiques au-delà desquels les effets des changements climatiques sur les systèmes de transport deviennent si graves que les mesures d'adaptation traditionnelles risquent de ne plus être suffisantes ou réalisables. Ces points de bascule peuvent entraîner des changements brusques et irréversibles dans les infrastructures de transport, les opérations et les schémas de mobilité, d'où les difficultés que rencontre le secteur des transports à fonctionner de manière efficace et à répondre aux besoins de la société.

26. Voici quelques exemples de points de bascule possibles dans la planification de l'adaptation des transports :

- L'élévation du niveau de la mer et l'érosion côtière : Dans les régions côtières, l'élévation du niveau de la mer et l'érosion côtière peuvent entraîner l'inondation ou l'endommagement des infrastructures de transport telles que les routes, les ponts et les ports. À un certain moment, l'entretien et les réparations peuvent devenir trop coûteux ou peu pratiques, et il peut s'avérer nécessaire de déplacer ou de revoir en profondeur les réseaux de transport ;
- Les phénomènes météorologiques extrêmes : des phénomènes météorologiques extrêmes, tels que les ouragans, les inondations et les incendies de forêt, plus fréquents et plus intenses peuvent gravement endommager les infrastructures de transport et perturber les déplacements. Si la fréquence et la gravité de ces phénomènes dépassent des niveaux gérables, les mesures d'adaptation telles que le renforcement des structures et la création d'autres itinéraires pourraient ne plus être adéquates et donc, dans certains cas, la nécessité d'une relocalisation possible des équipements et infrastructures de transport critiques pourrait se faire sentir ;
- Les vagues de chaleur et les températures extrêmes : les vagues de chaleur prolongées peuvent entraîner le gauchissement des chaussées, la déformation des voies ferrées et une augmentation des contraintes sur les équipements de transport. Si les températures extrêmes deviennent plus fréquentes ou atteignent des niveaux intolérables, il pourrait être nécessaire de revoir la conception des infrastructures pour qu'elles résistent à des températures plus élevées ou d'envisager d'autres modes de transport ;
- La perturbation des chaînes d'approvisionnement : les effets des changements climatiques peuvent perturber les chaînes d'approvisionnement, en se répercutant sur la disponibilité et sur le coût des matériaux nécessaires à l'entretien et à la réparation des infrastructures de transport. À un certain moment, il peut devenir difficile de maintenir des services de transport fiables, en particulier dans les régions éloignées ou vulnérables ;
- La perte d'accès à des itinéraires critiques : certains itinéraires de transport peuvent devenir inaccessibles en raison de conditions changeantes, telles que des glissements de terrain, la fonte du pergélisol ou le retrait des glaciers. Si ces itinéraires constituent des lignes de vie vitales pour les communautés ou des couloirs commerciaux cruciaux, il peut être nécessaire de trouver d'autres solutions et de réaliser des investissements dans de nouvelles infrastructures.

27. La définition de points de bascule de l'adaptation dans le contexte des défenses côtières pour les infrastructures vulnérables de transport côtier a consisté, par exemple, à déterminer le niveau d'élévation du niveau de la mer à partir duquel la défense n'est plus en mesure d'atteindre son seuil de performance défini [35]. La protection des infrastructures de transport contre les intempéries peut nécessiter un investissement initial élevé, mais à long terme, il s'agit d'une étape nécessaire pour éviter que les coûts augmentent ou même que les travaux de modernisation s'avèrent coûteux. Dans ce cas, il est essentiel de connaître le point de bascule à partir duquel le coût d'une adaptation supplémentaire devient disproportionné par rapport aux avantages supplémentaires obtenus [3]. Globalement, on pourrait définir des points de bascule possibles pour les infrastructures et les équipements de transport lorsque :

- a) Une ou des mesures pourraient ne plus être efficaces ;
- b) Les seuils des équipements ou des systèmes pourraient être atteints ;

c) L'équipement ou le système pourrait changer (probablement en raison des changements climatiques).

3. Prise en compte des interdépendances et définition d'autres options d'adaptation

28. Quand on conçoit des parcours d'adaptation, il est important de recenser et d'examiner diverses mesures d'adaptation, puis des options d'adaptation permettant d'atteindre les objectifs déterminés en fonction des différents niveaux de risque. Pour chaque mesure d'adaptation recensée, il importe de déterminer l'objectif d'adaptation visé. Une même mesure peut avoir un certain nombre d'objectifs d'adaptation, ou bien un seul ou quelques-uns seulement [27]. Dans le cadre du recensement des mesures d'adaptation appropriées, il faut également tenir compte des interdépendances (comme on l'a vu dans la section 1).

29. La connaissance des points de décision critiques (voir la section 2) permet de mettre en évidence les options pouvant être utiles pour éviter, limiter ou éliminer les conséquences des changements climatiques, ainsi que d'autres facteurs environnementaux, économiques et sociopolitiques. Les mesures visées doivent être examinées en vue de déterminer quels déclencheurs peuvent les imposer et d'éprouver leur adéquation avec les scénarios envisageables (voir la section 4 relative à l'évaluation des mesures d'adaptation). Il est entendu que la tâche consistant à recenser de nouvelles options ou des options de rechange peut être difficile. Il est donc préférable que la participation et la collaboration prennent des formes variées, créatives et constructives de façon à mettre en évidence, étudier et prendre en compte des éléments inhabituels [25]. Les principales questions que les professionnels du secteur des transports doivent se poser dans ce contexte sont les suivantes : comment telle ou telle option peut contribuer à atteindre les objectifs ou les buts fixés, et quel est le rôle des parties prenantes concernées, notamment les organisations du secteur des transports ?

30. D'après le cinquième rapport d'évaluation du GIEC, les mesures d'adaptation peuvent être classées dans trois grandes catégories en fonction de leur nature et de leur visée [38]. Ces catégories sont les suivantes :

a) Mesures physiques : Les mesures physiques d'adaptation sont des mesures qui se traduisent par des changements pour l'environnement, les structures ou les technologies en vue de réduire la vulnérabilité aux effets des changements climatiques et de renforcer la résilience. Ces mesures peuvent être :

i) Structurelles : construction ou modification d'infrastructures physiques dans le but de résister aux aléas climatiques. Il peut s'agir par exemple de mettre en place des digues, des barrières contre les inondations, des dunes côtières ou des infrastructures de gestion de l'eau ;

ii) Technologiques : élaboration et mise en œuvre de nouvelles technologies ou application de technologies existantes afin de renforcer la résilience. Il peut s'agir par exemple de systèmes de dernière génération pour les prévisions météorologiques, de systèmes d'alerte avancée, de systèmes d'irrigation ou de variétés de cultures résistantes aux changements climatiques.

b) Mesures sociales : Les mesures sociales d'adaptation sont des mesures qui se rapportent aux comportements, aux modes de fonctionnement et aux interactions sociales. Elles visent à réduire la vulnérabilité et à accroître la résilience aux changements climatiques. Ces mesures peuvent concerner :

i) Les comportements : mesures et ajustements au niveau individuel ou collectif visant à réduire l'exposition aux risques et à renforcer la capacité d'adaptation. Il peut s'agir par exemple de changer les modes de consommation ou les pratiques agricoles, ou encore d'appliquer des mesures de préservation de l'eau ;

ii) Les modes de fonctionnement : mesures visant à adapter les modes de fonctionnement des entreprises et des institutions aux changements climatiques. Il peut s'agir par exemple de changer les pratiques de gestion, de diversifier les sources de revenu ou encore de revoir les pratiques d'exploitation des terres.

c) Mesures institutionnelles : Les mesures institutionnelles d'adaptation englobent les changements à apporter aux programmes, aux lois, aux systèmes de gouvernance et aux instruments économiques dans le but d'appuyer les efforts d'adaptation. Ces mesures peuvent concerner :

- i) Les programmes et les règlements : mesures visant à élaborer et à mettre en œuvre des programmes et des règlements qui favorisent l'adaptation, prennent en compte les considérations relatives au climat dans les plans et renforcent la coordination entre les parties prenantes concernées ;
- ii) La vie économique : mécanismes financiers, incitations et instruments économiques qui favorisent et soutiennent les mesures d'adaptation. Il peut s'agir par exemple d'assurances contre les risques liés aux changements climatiques, de programmes de financement de projets d'adaptation ou de mécanismes de tarification tenant compte des coûts liés aux effets des changements climatiques.

31. Il peut être utile de déterminer dans quelle catégorie, parmi celles présentées ci-dessus, entre telle ou telle mesure, et de prévoir des mesures dans diverses catégories pour avoir à disposition une variété de possibilités d'adaptation. Il est également conseillé de déterminer si une mesure d'adaptation est un ajustement (par exemple une modification à une infrastructure existante consistant à utiliser un revêtement routier plus résistant aux fortes pluies) ou une transformation (par exemple le déplacement d'une infrastructure menacée par l'élévation du niveau de la mer).

32. Il est en outre recommandé aux professionnels du secteur des transports de tirer parti de diverses ressources appréciables telles que les résultats des projets WEATHER [39], EWENT [40], MOWE IT [41] et SIRMA [42], ainsi que des bases de données en ligne telles que Copernicus [43] et la Plateforme européenne d'adaptation au changement climatique Climate-ADAPT [44], afin d'étudier les mesures et options d'adaptation actuellement mises en œuvre dans le secteur des transports. Il existe aussi divers guides sectoriels consacrés à l'adaptation aux changements climatiques dans le secteur des transports, tels que le document « Climate Change Adaptation for the Road Network: Technical Advice Note » du Transport Research Laboratory (TRL) et le document « Climate Change Adaptation in the Road Sector – A Synthesis of National Practice » du CEDR.

33. De plus, selon l'Association mondiale de la route (AIPCR) [45], les mesures d'adaptation qui concernent le secteur du transport routier peuvent être classées comme suit :

- Les mesures applicables aux infrastructures, à savoir les mesures dites « dures » (par exemple les barrières de protection contre l'érosion, les digues ou les revêtements de substitution) et les mesures douces (par exemple l'aménagement de zones humides, d'îles servant de barrières ou d'infrastructures vertes permettant d'absorber les fortes précipitations) ;
- Les mesures de prise en charge des risques et des incidents relatifs à la circulation, telles que la mise en place de structures de commandement et de gestion bien conçues, la mise à disposition de systèmes d'information fiables, la formation d'un personnel à la gestion des catastrophes, l'utilisation de systèmes d'alerte avancée ou la déviation des flux de circulation ;
- Les mesures d'entretien périodique ou courant et les mesures d'auto-régénération ;
- Les mesures « stratégiques », par exemple la modification des règlements ou des normes, et des cadres juridiques.

Questions d'orientation et d'apprentissage à l'intention des professionnels des transports en ce qui concerne la prise en compte des interdépendances et le recensement d'autres options d'adaptation

Comment telle ou telle option ou action permet d'atteindre les objectifs ou les buts fixés ?

Quel rôle jouent les parties prenantes concernées, notamment les organismes du secteur des transports ?

Comment associer au mieux des activités telles que les interventions sur le terrain, le renforcement des capacités et les arrangements entre parties dans l'élaboration des parcours en vue de produire et d'appuyer les transformations requises ?

Quelles mesures sont examinées actuellement en vue de prendre les décisions cruciales et les décisions importantes ?

Comment les effets possibles des changements climatiques ou des phénomènes météorologiques extrêmes sur une infrastructure de transport se répercutent-ils sur d'autres secteurs ou actifs dans la région (même mode de transport, autre mode de transport, transport ou distribution d'énergie, télécommunications et autres secteurs concernés) ?

Les changements climatiques auront-ils une incidence sur le succès des mesures envisagées dans le cadre des principales décisions ? Si tel est le cas, quels aspects de ces changements ont de l'importance et combien de temps les pratiques actuelles seront-elles valables ?

4. Évaluation des options de parcours

34. Comme il en va pour tous les budgets et les plans à établir dans le domaine des transports, les départements concernés peuvent être dans l'impossibilité de financer toutes les stratégies d'adaptation qu'ils privilégient. Il se peut également que plusieurs options d'adaptation permettent d'atteindre le même objectif et qu'un gestionnaire ou un exploitant doive faire un choix entre elles. Dans ce cas, il est utile de procéder à une évaluation systématique afin de réduire le nombre des options envisageables. Les critères et les questions présentés ci-dessous peuvent s'avérer utiles comme point de départ de l'évaluation et de la sélection de mesures d'adaptation [31, 25] dans les parcours d'adaptation considérés.

Questions d'orientation et d'apprentissage à l'intention des professionnels des transports en ce qui concerne l'évaluation et la sélection de mesures d'adaptation

Coûts et avantages – Quels sont les coûts initiaux de mise en oeuvre et les coûts permanents d'exploitation et de maintenance ?
En cas de mise en oeuvre, quel montant de dommages dûs aux changements climatiques pourrait être évité ?
Y aura-t-il des avantages connexes (en ce qui concerne la biodiversité, l'atténuation des effets des changements, etc.) ?

Faisabilité sur les plans technique et politique – Quelles sont les conditions d'application de telle ou telle stratégie (considérations techniques, politiques, juridiques et d'assurance) ?

Souplesse – Pourra-t-on aisément réviser la stratégie ultérieurement ?
Dans quelle mesure celle-ci peut-elle être adaptée ?

Viabilité – Quels sont les effets sur l'économie, la société et l'environnement ?
Quelles sont les synergies avec les autres acteurs (l'action renforce-t-elle la capacité d'adaptation d'autres secteurs ?) ?
Quelles sont les contributions à l'atténuation des changements climatiques ?

Efficacité – En cas de mise en oeuvre, dans quelle mesure la stratégie réduira-t-elle le risque ?
La stratégie se traduira-t-elle par de nouvelles contraintes physiques, sociopolitiques, financières ou sociales ?

Adaptation inappropriée – La stratégie va-t-elle avoir des incidences négatives sur d'autres actifs ou infrastructures (y compris les actifs immobilisés), sur l'atténuation des changements climatiques ou sur l'environnement ?

Acceptabilité sociale – Quelle opinion a-t-on de la stratégie ?

35. Les options envisageables doivent être examinées sur les plans suivants : coûts, avantages, faisabilité technique et politique, souplesse, viabilité (avantages pour l'environnement, contribution à l'atténuation des changements climatiques ou renforcement de la capacité d'adaptation d'autres secteurs ou infrastructures de transport), efficacité, acceptabilité sociale et capacité à éviter les erreurs d'adaptation [4, 27]. Cet examen peut prendre la forme d'une analyse fondée sur de multiples critères auxquels on attribue différents coefficients de pondération. Par exemple, on pourrait attribuer un coefficient plus

élevé au critère coûts-avantages afin de donner la priorité aux mesures dont le coût total est le plus faible. Il s'agit en fait de déterminer la méthode et le niveau d'effort qui seront les mieux adaptés aux besoins de l'organisation concernée. La participation, la modélisation et la cocréation avec les parties prenantes intéressées [4] peuvent aussi faire partie de la démarche.

36. S'agissant des avantages connexes de l'adaptation, il est primordial que les départements des transports reconnaissent et prennent en compte les avantages directs réalisables ainsi que les avantages connexes de l'introduction de certaines stratégies d'adaptation dans la gestion des systèmes de transport et des programmes d'exploitation. De façon générale, une évaluation qualitative des avantages connexes permet de mettre en évidence les stratégies avantageuses à cent pour cent, c'est-à-dire celles qui favorisent le renforcement de la résilience aux changements climatiques et aident à atteindre d'autres objectifs prévus, tels que l'atténuation des changements climatiques, par exemple. Il est en outre plus simple d'obtenir un appui au financement des solutions de ce type, car elles peuvent servir à atteindre plusieurs objectifs. À titre d'exemple courant, on peut citer l'élargissement des buses, souvent justifié par les départements des transports car il offre l'avantage d'accroître l'espace de passage pour les poissons, ainsi que la capacité d'absorption des précipitations extrêmes prévues dans le futur. Parmi les autres exemples d'avantages connexes, on peut citer le renforcement de la sécurité routière, la réduction des coûts d'exploitation, l'atténuation des émissions de gaz à effet de serre, l'amélioration de la qualité de l'air, la durabilité par les améliorations apportées à l'environnement, à l'économie ou à la justice sociale et toutes les améliorations apportées à d'autres critères [31].

37. On notera également que pour évaluer la valeur à terme des options d'adaptation dans le secteur des transports, il est capital d'étudier avec soin les effets des investissements sur l'atténuation. Dans le monde entier, le secteur des transports est responsable d'environ un quart des émissions de carbone d'origine énergétique, sans compter les émissions liées au cycle de vie des matériaux de construction. L'utilisation de ciment est responsable à elle seule d'environ 8 pour cent des émissions de carbone. Ainsi, il est essentiel de prendre en compte l'énergie et les émissions de carbone incorporées dans les matériaux de construction utilisés aux fins des projets de transport, y compris les projets visant à accroître la résilience des infrastructures de transport en faisant en sorte qu'elles résistent mieux aux effets des changements climatiques [13]. Par ailleurs, dans le secteur des transports, l'évaluation des mesures d'adaptation peut se faire sur le plan qualitatif ou quantitatif, principalement en fonction des besoins de l'entité concernée. La plupart des départements des transports se contentent généralement d'une évaluation qualitative lorsqu'ils doivent choisir leurs priorités. Cependant, une évaluation quantitative peut s'avérer nécessaire pour justifier les fonds demandés. Dans le cas d'une évaluation qualitative, une simple échelle à 3 niveaux (faible, moyen ou élevé) ou 5 niveaux peut suffire. Dans certains cas même, une description des points positifs et négatifs des stratégies d'adaptation est valable. À l'inverse, une évaluation quantitative fiable implique de présenter des avantages sous la forme de chiffres, par exemple le pourcentage de réduction des retards dans la circulation, lequel peut ensuite être traduit en avantages financiers dans l'évaluation économique de la stratégie [31]. Bien que ces chiffres soient utiles au moment de prendre des décisions, il est important de se rappeler qu'ils ont également leurs limites et qu'il est donc préférable de ne pas s'y fier entièrement et de ne pas les placer au centre de la décision à prendre. Dans le cadre du choix d'une stratégie, il est important de prendre également en compte les vues des personnes qui participent quotidiennement à l'avancement des projets respectifs, tout comme celles des parties prenantes et des décideurs concernés, qui ont probablement une meilleure compréhension des besoins. Il est aussi suggéré de réduire les critères d'évaluation chiffrés à un petit nombre de façon à produire des résultats ayant un sens [31].

38. S'agissant de l'ordre de priorité entre les mesures, il est important de tenir compte des délais d'application. Les mesures d'adaptation peuvent être classées comme mesures à court terme (0-5 ans par exemple), à moyen terme (5-10 ans) ou à long terme (10 ans et plus), selon l'urgence de l'adaptation (c'est-à-dire le délai dans lequel le gestionnaire de l'infrastructure de transport doit mettre en œuvre la stratégie visant à protéger l'actif ou l'infrastructure contre les changements climatiques prévus) et le temps nécessaire à la mise en œuvre (c'est-à-dire le temps qu'il faudra pour mettre en œuvre la stratégie d'adaptation en fonction des plans, des fonds et du calendrier de planification et de construction). Le tableau ci-dessous présente

quelques exemples typiques permettant de mieux saisir comment il convient de prendre en compte le délai d'application et le niveau d'urgence pour établir l'ordre de priorité entre les mesures d'adaptation [31].

Exemples types des relations entre la hiérarchisation des mesures d'adaptation et le délai d'application, le niveau d'urgence et l'analyse multicritères (adapté à partir de la section [31])

<i>Mesure d'adaptation</i>	<i>Délai d'application</i>	<i>Niveau d'urgence</i>	<i>Priorité</i>
Le délai d'application est de 0 à 5 ans, mais il n'est pas nécessaire de prendre la mesure avant une trentaine d'années	Court	Faible	Faible
Le délai d'application est de 0 à 5 ans, mais la mesure devrait être prise sans attendre par souci d'efficacité	Court	Élevé	Moyenne
Le délai d'application est de 30 ans, mais la mesure devrait être prise sans attendre par souci d'efficacité	Long	Élevé	Élevée
La mesure devrait être prise à court terme car elle aura une influence sur de futures décisions	En cours	Moyen	Moyenne

39. En ce qui concerne le délai d'application, il est également important de tenir compte des besoins pour chaque mesure d'adaptation, par exemple l'acquisition d'une technique ou de connaissances, ou le besoin de communiquer ou de faire de l'aménagement urbain [31]. Il s'agit de déterminer à quel moment il convient de prendre telle ou telle mesure pour qu'elle porte ses fruits à long terme, en tenant compte des points de bascule, des points d'inflexion et des points de déclenchement de l'adaptation.

40. Une fois que chaque mesure d'adaptation a été évaluée, il faut concevoir des parcours d'adaptation, c'est-à-dire des séquences d'options d'adaptation réalisables, afin d'évaluer également lesdits parcours. Cette évaluation peut se faire selon les mêmes critères que pour les mesures. Les principaux facteurs pouvant être considérés dans l'évaluation des parcours d'adaptation pour les infrastructures de transport sont les suivants, entre autres :

- Efficacité dans la réalisation des objectifs : il s'agit de déterminer dans quelle mesure le parcours d'adaptation permet d'atteindre les objectifs et les résultats fixés. Déterminer l'adéquation entre le parcours d'adaptation et les scénarios de changement climatique actuels et projetés et établir s'il tient compte des risques et vulnérabilités climatiques auxquels l'infrastructure de transport pourrait être soumise dans le futur ;
- Vulnérabilité des infrastructures : il s'agit d'apprécier l'efficacité du parcours d'adaptation dans la réduction de la vulnérabilité des infrastructures de transport aux effets des changements climatiques tels que l'élévation du niveau de la mer, les phénomènes météorologiques extrêmes et les températures extrêmes ;
- Évaluation sur le cycle de vie : il s'agit de prendre en compte le cycle de vie complet de l'infrastructure et de déterminer comment le parcours d'adaptation répond aux risques climatiques à court et à long terme durant ce cycle ;
- Atténuation des risques et accroissement de la résilience : il s'agit de mesurer la capacité du parcours d'adaptation à atténuer les risques liés aux effets des changements climatiques et à accroître la résistance des systèmes de transport aux changements futurs ;

- Adaptabilité à l'incertitude : il s'agit d'apprécier l'adaptabilité du parcours d'adaptation à l'incertitude, en tenant compte des changements possibles dans les projections climatiques et pour d'autres facteurs dynamiques au fil du temps ;
- Rapport coût-efficacité : il s'agit d'évaluer le rapport coût-efficacité du parcours d'adaptation, en tenant compte des capacités financières, techniques et institutionnelles requises pour la mise en œuvre et en comparant les avantages et les coûts des mesures. Dans cette évaluation, on peut également prendre en compte les coûts immédiats et les économies à long terme résultant des dommages évités ;
- Faisabilité technique : il s'agit de déterminer si le parcours d'adaptation peut être financé et mis en application. Dans cette évaluation, on peut également prendre en compte les besoins techniques, les pratiques de construction et la disponibilité des matériaux appropriés ;
- Impact environnemental : il s'agit d'évaluer l'impact environnemental du parcours d'adaptation, y compris les conséquences écologiques possibles des mesures proposées ;
- Synergies avec les objectifs d'atténuation et les avantages connexes : il s'agit de déterminer les synergies entre le parcours d'adaptation et les efforts de réduction des émissions de gaz à effet de serre et de promotion des solutions de transport à faible émission de carbone. L'évaluation permet de mettre en évidence les synergies possibles entre les mesures d'adaptation et les mesures d'atténuation ;
- Acceptation et engagement des diverses parties prenantes : il s'agit de mesurer le niveau d'acceptation et d'engagement des parties prenantes en ce qui concerne le parcours d'adaptation. On tient compte également des observations des parties prenantes sur la pertinence et l'adéquation du parcours ;
- Mécanismes de suivi et d'évaluation : il s'agit de s'assurer que des mécanismes de suivi et d'évaluation fiables ont été mis en place pour suivre les progrès accomplis et ajuster les stratégies au besoin ;
- Communication et transparence : il s'agit de communiquer clairement les résultats de l'évaluation aux décideurs, aux parties prenantes et au public. La transparence dans l'évaluation favorise la confiance et la responsabilisation ;
- Apprendre, communiquer et répéter : il s'agit de promouvoir une approche de la planification de l'adaptation fondée sur l'apprentissage. On communique les résultats de l'évaluation aux décideurs et aux parties prenantes concernés. On évalue les résultats en vue des prochaines applications du parcours d'adaptation et pour engranger des connaissances qui pourront être mises à profit dans le cadre de futurs efforts de planification.

41. Il est recommandé aux professionnels des transports de tenir compte également des cycles actuels de réparation et de remplacement de leurs infrastructures avant de mettre en œuvre des projets indépendants. Généralement, les mesures proactives sont à privilégier pour les infrastructures et les actifs de grande valeur qui risquent d'être gravement endommagés au cours d'événements météorologiques extrêmes. Dans certains cas, les travaux de réparation et d'entretien permanents constituent les meilleurs moyens d'adaptation et la meilleure approche pour faire face aux événements météorologiques de moindre ampleur et plus fréquents et pour les infrastructures qui sont moins vulnérables aux changements climatiques. En résumé, le choix de certains parcours d'adaptation se fait par approximations successives, en donnant la priorité aux mesures et aux options qui peuvent être immédiatement appliquées ou soutenues. Les options retenues sont bien souvent celles pour lesquelles on éprouve aucun regret, ou peu de regrets, et celles qui résistent à un grand nombre d'éventualités [28, 31].

5. **Élaboration de calendriers possibles**

42. Cette étape consiste à définir une suite d'actions envisageables dans le cadre d'une ébauche de parcours d'adaptation. On rassemble toutes les contributions précédentes visant à répondre aux besoins d'adaptation à court et à long terme dans un contexte d'incertitude.

Les points de déclenchement, d'inflexion et de bascule mentionnés précédemment sont utilisés ici pour déterminer quand et dans quelles conditions telle ou telle option peut cesser d'être applicable et pour savoir à quel moment telle ou telle action peut ou doit être effectuée. On commence par décrire les activités actuelles, puis on fixe des points de décision pour mettre en place des options et des actions « sans regrets » qui pourront résister à un grand nombre d'éventualités. Cette démarche permet de déceler les éventuels écarts entre les pratiques de gestion actuelles et les ressources ainsi que l'appui politique et public nécessaires pour valider le parcours d'adaptation. Les professionnels des transports ne doivent en aucun cas oublier de comparer les conditions de fonctionnement actuelles de leur organisation aux objectifs d'adaptation pour chaque scénario lorsqu'ils conçoivent la suite d'actions. En effet, ils peuvent ainsi repérer les questions, les risques et les facteurs de réussite à considérer en priorité [25, 28, 30, 32].

43. Afin de concevoir des suites d'actions envisageables, il est également important de reconnaître les actions incompatibles du point de vue de la technique (par exemple, on ne peut construire une digue côtière tout en restaurant des zones humides côtières), des finances ou de la planification (certaines actions réduisent les possibilités d'adaptation à long terme) [27, 30].

44. Il est en outre important que l'élaboration des parcours d'adaptation se fasse en tenant compte de l'incertitude concernant les facteurs de changement [33]. L'incertitude montre qu'il est inutile de fixer à l'avance des dates de mise en œuvre ; il est préférable d'établir un critère de décision qui indique à quel moment les circonstances sont favorables à la mise en œuvre [46]. Les acteurs concernés, tels que les professionnels des transports, peuvent ainsi intégrer les risques et incertitudes futurs en indiquant les mesures à appliquer immédiatement et celles à prévoir ultérieurement, en présence de tel scénario ou de telle condition. Les professionnels des transports doivent aussi se demander si les mesures envisagées sont souples, réversibles, peu regrettables et fiables (la fiabilité étant l'adéquation raisonnable avec une série de scénarios futurs) [32, 46].

Questions d'orientation et d'apprentissage à l'intention des professionnels des transports en ce qui concerne l'établissement d'une suite d'actions envisageables dans le cadre de l'élaboration de parcours d'adaptation

Comment les mesures peuvent-elles être introduites dans des parcours répondant aux besoins d'adaptation à court et à long terme dans un contexte d'incertitude ?

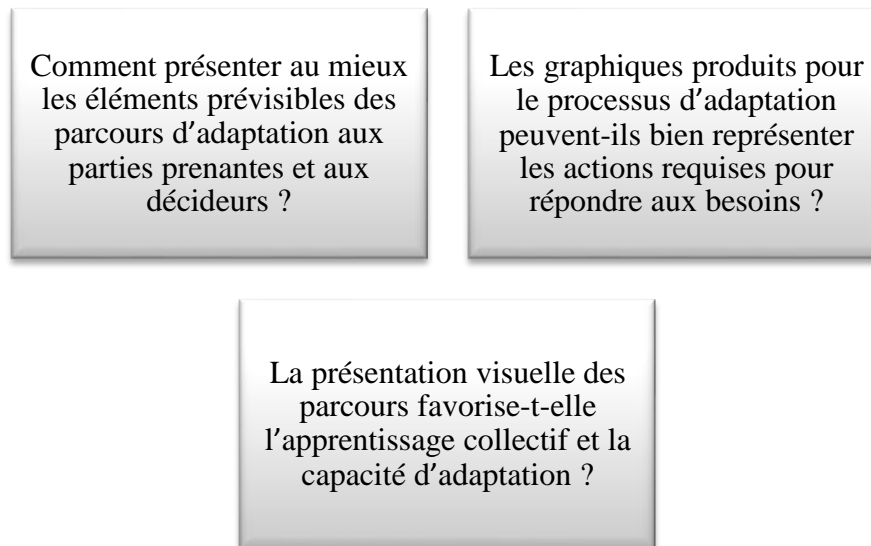
Quel rôle peuvent jouer les facteurs suivants dans l'ordonnancement des activités et des interventions ?
Délai de mise en oeuvre, réversibilité, souplesse, interdépendances, compromis et fiabilité

6. Mise au point finale et visualisation des parcours d'adaptation

45. L'étape finale de l'élaboration des parcours d'adaptation consiste à visualiser la suite d'actions envisageables. La représentation visuelle des parcours peut faciliter la communication des résultats de la planification de l'adaptation [11]. Elle peut également faciliter la prise de décisions collective en vue de réagir à l'évolution des conditions et de mener à bien le processus d'adaptation [47, 48]. Il existe actuellement des outils informatiques et des méthodes que les professionnels des transports peuvent utiliser pour représenter les parcours d'adaptation envisageables. La présentation visuelle des parcours peut favoriser l'apprentissage collectif du processus d'adaptation. Des graphiques peuvent être utilisés pour montrer la manière dont on répondra aux futurs besoins d'adaptation par des mesures d'adaptation [49]. La représentation visuelle des principales décisions sous la forme d'une suite de décisions de moindre ampleur au fil du temps peut aider les décideurs à surmonter certaines des difficultés liées à l'exécution de décisions d'adaptation sur le long

terme [48, 50]. Dès lors que les parcours d'adaptation envisageables ont été définis, les décideurs peuvent choisir leur stratégie d'adaptation en fonction desdits parcours, du niveau de risque auquel le territoire considéré est exposé, de la stratégie d'adaptation privilégiée et de leurs objectifs opérationnels [27].

Questions d'orientation et d'apprentissage à l'intention des professionnels des transports en ce qui concerne la mise au point finale et la visualisation des parcours d'adaptation



46. Il convient également de noter que la prise en compte des contributions des multiples parties prenantes et de leurs observations ne constitue pas une étape en soi, mais concerne chacune des étapes visées ci-dessus dans le cadre de l'élaboration des parcours d'adaptation. Il est certain que la participation de parties prenantes ayant leurs propres valeurs, objectifs et connaissances à différents niveaux et dans différents domaines peut faciliter l'apprentissage collectif de l'éventuel besoin de transformation. Ces parties prenantes peuvent être des décideurs, des autorités locales, des gestionnaires d'infrastructures, des exploitants, des ingénieurs ou des agences du secteur des transports, des experts des changements climatiques, des entreprises de logistique, des associations locales de protection de l'environnement, des organismes financiers ou des groupes de résidents locaux, par exemple. Elles peuvent toutes avoir des objectifs, des valeurs et des points de vue différents en ce qui concerne le présent et l'avenir. Cependant, leurs différentes considérations, attentes et perceptions concernant les changements climatiques et la manière d'atteindre les objectifs futurs, ainsi que leurs connaissances relatives à ce qui est envisageable, peuvent s'avérer très utiles pour apporter une réponse équitable aux changements climatiques, en particulier dans le secteur des transports [32, 48]. Il ne fait aucun doute que la prise en compte des savoirs et des compétences de différentes parties prenantes peut améliorer la qualité des décisions prises, principalement du fait de l'exhaustivité et de l'inclusivité des diverses informations fournies. Les parties prenantes concernées peuvent participer activement au recensement des indicateurs de résultat clefs pour les décisions, notamment en faisant part de leur expérience des situations réelles rencontrées par les départements des transports. Il est recommandé aux professionnels des transports qui souhaitent mettre au point des parcours d'adaptation pour leurs infrastructures de transport de comprendre de quelle façon les parties prenantes peuvent apporter leur contribution à l'étude collective des changements climatiques, à un programme commun pour le futur et à une planification fondée sur l'adaptation et la transformation. Ils doivent en outre s'interroger sur la manière dont les parties prenantes peuvent aider à gérer l'incertitude et l'ambiguïté dans les parcours d'adaptation [32]. À mesure que les phénomènes climatiques se multiplient, la nécessité de protéger et de transformer prend de l'importance. Dans certains cas même, il faut envisager de se retirer de la zone touchée de façon concertée. Les contributions des parties prenantes sont alors indispensables pour étudier et valider les réponses à apporter, et pour faire en sorte que les besoins des différents groupes soient pris en compte.

7. Mise en œuvre et suivi des parcours d'adaptation élaborés et enseignements à tirer

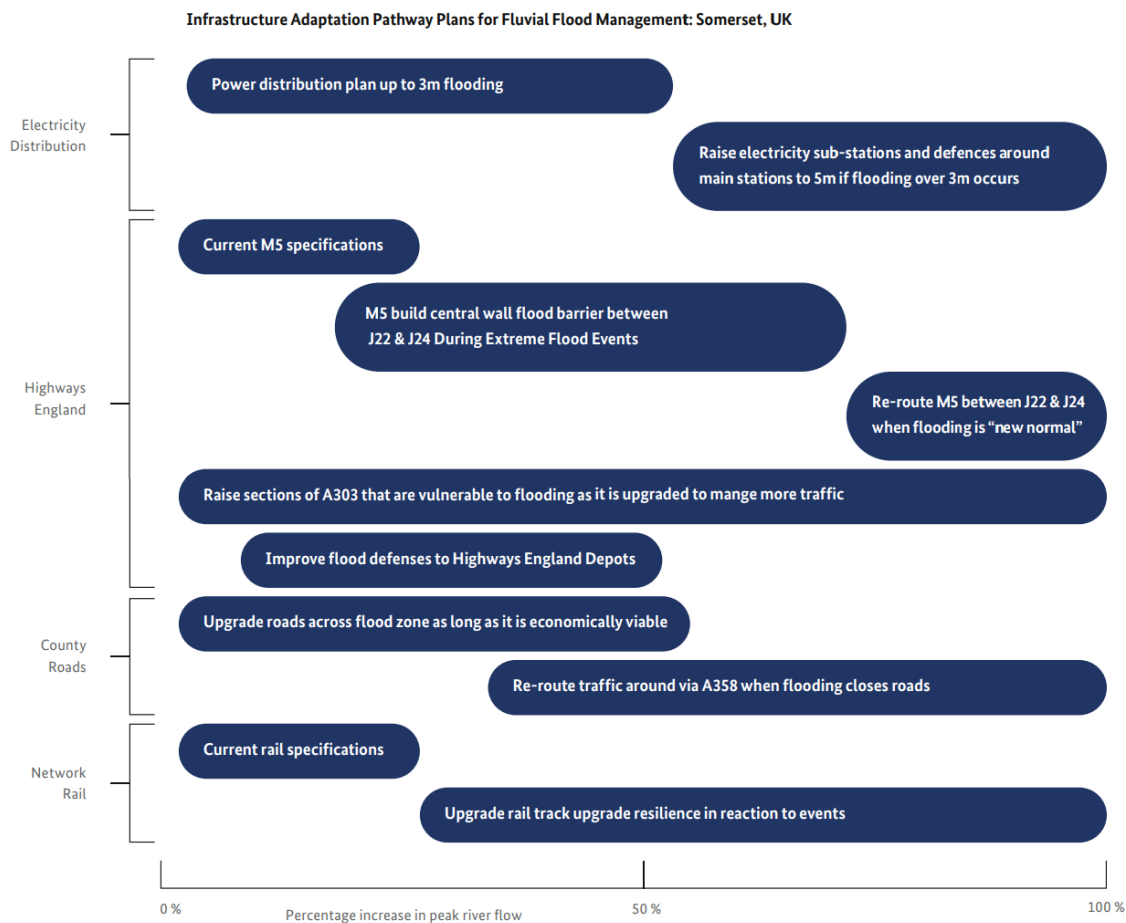
47. Les cartes des parcours d'adaptation servent à rendre compte des mesures déjà prises pour améliorer la préparation aux changements climatiques, établir les points de décision, envisager d'autres options et présenter des échéances valables. Elles devraient être mises en commun, révisées continuellement et mises à jour au fur et à mesure que de nouvelles informations sont disponibles. Sachant que l'adaptation dépend de l'apprentissage effectué et de la bonne application des enseignements tirés, ainsi que de l'expérience gagnée, de l'évolution des circonstances et des nouvelles connaissances acquises, il est essentiel de faire régulièrement un suivi et une évaluation des activités, de sorte que les résultats soient satisfaisants au fil du temps [50, 51].

48. Le suivi systématique des parcours d'adaptation mis en œuvre peut aider à prendre des décisions et donner lieu au lancement d'activités de suivi pouvant s'avérer utiles. Il permet de déceler le moment où il convient de réexaminer le plan d'action. Un parcours d'adaptation se justifie lorsqu'il est adopté, mis en œuvre et actualisé au fil du temps dans le secteur visé.

49. Il est certain que l'élaboration d'un parcours d'adaptation s'effectue au moyen d'une suite d'actions fondées sur les données disponibles au moment de l'élaboration du parcours. Il est prévu qu'au fur et à mesure de la mise en œuvre du parcours, des défis et des obstacles se présentent en raison de l'évolution du climat et des conséquences de celle-ci, des changements sociaux, des contraintes économiques et financières et des crises. Compte tenu des objectifs arrêtés pour des transports écologiquement viables, les éléments à surveiller sont les effets des changements climatiques tels que les phénomènes météorologiques extrêmes, les températures plus élevées, les tempêtes plus violentes et les inondations, qui peuvent avoir des incidences négatives sur la fiabilité et la capacité des systèmes de transport, et endommager les infrastructures. Les propriétaires et les gestionnaires des infrastructures devraient observer attentivement les changements saisonniers et suivre les systèmes de surveillance. Ils peuvent collaborer avec des organismes locaux, régionaux, voire internationaux, ainsi qu'avec des collectivités locales, des chercheurs, des consultants et des entreprises, afin de mettre en commun des informations et appliquer des mesures de préparation aux changements climatiques. Enfin, les professionnels des transports doivent trouver le moyen de s'assurer que les parcours d'adaptation seront réexaminés périodiquement, à mesure que de nouvelles données seront disponibles, que les conditions climatiques changeront et que la capacité d'adaptation augmentera. Dans cette optique, ils doivent connaître les moyens mis en place pour renforcer les capacités d'adaptation des parties prenantes. Il est suggéré qu'un suivi constant des parcours peut aider à mettre à jour la carte des parcours sur quelques années, au besoin, comme le montre le cycle du cadre présenté dans la figure I. Ce cadre indique que l'élaboration de parcours d'adaptation pour les infrastructures et les actifs devrait être un processus circulaire et itératif permettant de prendre en compte les nouvelles connaissances, les changements socioéconomiques ou les changements apportés aux infrastructures, ainsi que toute information supplémentaire à conserver au fil du temps.

50. La figure II présente un exemple récent de plan d'adaptation d'infrastructures de transport à différents niveaux d'inondation, dans le cadre de la gestion des inondations fluviales dans le Somerset, au Royaume-Uni [13]. Ce plan, ou cadre, donne aux décideurs la souplesse requise pour modifier le cours de l'adaptation (c'est-à-dire changer de parcours en vue d'appliquer les options d'adaptation appropriées) à mesure que de nouvelles données sont disponibles [4]. La connaissance des suites d'actions permet en outre de prévoir les futures mesures d'adaptation dans la conception des actions antérieures. Les transitions entre les actions peuvent ainsi être plus efficaces et moins coûteuses. Les différentes phases d'un parcours d'adaptation contribuent chacune à un plan plus large et sont ainsi conçues pour autoriser une certaine souplesse s'agissant des options futures, ce qui permet d'éviter les actions qui pourraient compromettre d'autres actions utiles ultérieurement. De plus, la validité des options retenues peut être contrôlée et évaluée au fil du temps, et les enseignements tirés peuvent être pris en compte dans le cycle de développement suivant [3].

Figure II
Plan d'adaptation d'infrastructures de transport à différents niveaux d'inondation au Royaume-Uni [13]



III. Références

1. Seneviratne, S.I., N. Nicholls, D. Easterling, C.M. Goodess, S. Kanae, J. Kossin, Y. Luo, J. Marengo, K. McInnes, M. Rahimi, M. Reichstein, A. Sorteberg, C. Vera, and X. Zhang. (2012). Changes in climate extremes and their impacts on the natural physical environment. In: *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation* [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, pp. 109-230.
2. Ara Begum, R., R. Lempert, E. Ali, T.A. Benjaminsen, T. Bernauer, W. Cramer, X. Cui, K. Mach, G. Nagy, N.C. Stenseth, R. Sukumar, and P. Wester. (2022). Point of Departure and Key Concepts. In: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösche, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 121–196, doi:10.1017/9781009325844.003.
3. Quinn, A. et al. (2018). "Adaptation becoming business as usual: A framework for climate-change-ready transport infrastructure," *Infrastructures*, 3(2), p. 10. Available at: <https://doi.org/10.3390/infrastructures3020010>.

4. Ferranti, E, Greenham, S & Wood, R. (2021). Adaptation pathways for infrastructure operators and policymakers.
5. UNECE. (2023). Guidelines for integrating climate change considerations in planning and operational processes. Stress test framework. Inland Transport Committee. United Nations Economic Commission for Europe. ECE/TRANS/WP.5/GE.3/2023/3.
6. Jaroszweski, D.; Chapman, L.; Petts, J. (2010). Assessing the potential impact of climate change on transportation: The need for an interdisciplinary approach. *J. Transp. Geogr.* 18, 331–335.
7. Haasnoot, M., Kwakkel, J.H., Walker, W.E. and ter Maat, J., (2013). Dynamic adaptive policy pathways: A method for crafting robust decisions for a deeply uncertain world. *Global environmental change*, 23(2), pp.485-498.
8. Star, J. et al. (2016). “Supporting adaptation decisions through scenario planning: Enabling the effective use of multiple methods,” *Climate Risk Management*, 13, pp. 88–94. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.crm.2016.08.001>.
9. Kwakkel, J.H., Haasnoot, M. and Walker, W.E. (2016). “Comparing robust decision-making and dynamic adaptive policy pathways for model-based decision support under Deep uncertainty,” *Environmental Modelling & Software*, 86, pp. 168–183. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2016.09.017>.
10. ADEME. (2021). ADEME comparative study, En entreprise, comment prendre des décisions pour s’adapter au changement climatique? Méthodes et études de cas en France et à l’international
11. Ranger, N., Reeder, T. and Lowe, J. (2013). Addressing ‘deep’ uncertainty over long-term climate in major infrastructure projects: four innovations of the Thames Estuary 2100 Project. *EURO Journal on Decision Processes*, 1(3-4), pp.233-262.
12. Haasnoot, M., Warren, A. and Kwakkel, J.H. (2019). Dynamic Adaptive Policy Pathways (DAPP). In *Decision Making under Deep Uncertainty* (pp. 71-92). Springer, Cham.
13. Black, Doogie and Pyatt, Nick. (2021). Adapting Urban Transport to Climate Change. Module 5f Sustainable Transport: A Sourcebook for Policy-makers in Developing Cities. 2nd Edition.
14. IPCC. (2019): Annex I: Glossary [Weyer, N.M. (ed.)]. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegria, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 677–702. <https://doi.org/10.1017/9781009157964.010>.
15. Siebentritt, M.A. and Stafford Smith, M. (2016). A User’s Guide to Applied Adaptation Pathways Version 1. Seed Consulting Services and CSIRO.
16. Walker, W.E., Rahman, S.A. and Cave, J. (2001). Adaptive policies, policy analysis, and policy-making. *European Journal of Operational Research*, 128(2), pp.282-289.
17. Chopra, K.R. (2005). Ecosystems and human well-being: Policy responses. Volume 3. Findings of the Responses Working Group. Washington. Island Press. Millennium Ecosystem Assessment.
18. Gregg, R.M., Kershner, J.M., & Hansen, L.J. (2013). Strategies for Climate Change Adaptation: A Synthesis. *Environmental Science*. DOI:10.1016/B978-0-12-409548-9.09365-9.
19. U.S. Climate Resilience Toolkit (nd). Decision Making Under Deep Uncertainty | U.S. Climate Resilience Toolkit. Available at: <https://toolkit.climate.gov/content/decision-making-under-deep-uncertainty> (Accessed: January 30, 2023).
20. C40 Cities. (2017). Infrastructure Interdependencies and Climate Risks. London: C40 Cities. Available at: https://unfccc.int/sites/default/files/report_c40_interdependencies_.pdf
21. Barnett, J., Graham, S., Mortreux, C., Fincher, R., Waters, E. and Hurlimann, A. (2014). A local coastal adaptation pathway. *Nature Climate Change*, 4(12), pp.1103-1108.

22. Rosenzweig, C. and Solecki, W. (2014). Hurricane Sandy and adaptation pathways in New York: Lessons from a first-responder city. *Global Environmental Change*, 28, pp.395-408.
23. Aastha Lamichhane et al. (2022). *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 1016 012034.
24. Martin, S. (2012). Examples of ‘no-regret’, ‘low-regret’ and ‘win-win’ adaptation actions. *ClimateXChange*. RBGE.
25. Coulter, L. (2019). *Climate Change Adaptation Pathways Framework: Supporting Sustainable Local Food in B.C.* Prepared for the B.C. Ministry of Agriculture through the 2018-19 Mitacs Science Policy Fellowship. Victoria.
26. Serrao-Neumann, S., Cox, M., Schuch, G. and Low Choy, D. (2015). *Adaptation Pathways. Climate Change Adaptation for Natural Resource Management in East Coast Australia Project*, Griffith University.
27. ADEME. (2019). *Construire des trajectoires d'adaptation au changement climatique du territoire - Guide méthodologique*.
28. PIANC. (2022). *Managing Climate Change Uncertainties in Selecting, Designing and Evaluating Options for Resilient Navigation Infrastructure*. EnviCom PTGCC Technical Note 1. The World Association for Waterborne Transport Infrastructure. Available at: <https://www.pianc.org/publication/climate-change-adaptation-planning-for-ports-and-inland-waterways-2/>
29. The World Road Association (PIARC). (2015). *International Climate Change Adaptation Framework for Road Infrastructure*. Available at: <https://www.piarc.org/ressources/publications/8/23557,SpecialProject-ClimateChange-EN.pdf>.
30. PIANC. (2020). *Climate Change Adaptation Planning for Ports and Inland Waterways*. EnviCom WG 178. The World Association for Waterborne Transport Infrastructure. Available at: <https://www.pianc.org/publication/envicom-ptgcc-technical-note-1/>
31. Asam, S., Bhat, C., Dix, B., Bauer, J. and Gopalakrishna, D. (2015). *Climate Change Adaptation Guide for Transportation Systems Management, Operations, and Maintenance*. U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration.
32. Werners, S.E. et al. (2021). “Adaptation pathways: A review of approaches and a learning framework,” *Environmental Science & Policy*, 116, pp. 266–275. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2020.11.003>.
- 30.
33. Zandvoort, M. et al. (2017) “Adaptation Pathways in planning for uncertain climate change: Applications in Portugal, the Czech Republic and the Netherlands,” *Environmental Science & Policy*, 78, pp. 18–26. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.08.017>.
34. Siebentritt, M., Halsey, N. and Stafford-Smith, M. (2014). *Regional Climate Change Adaptation Plan for the Eyre Peninsula*. Prepared for the Eyre Peninsula Integrated Climate Change Agreement Committee. Available at: <https://cdn.environment.sa.gov.au/environment/docs/ep-regional-climate-change-adaptation-plan.pdf>.
35. Buijs, F., Simm, J., Wallis, M. & Sayers, P. (2007). *EA and DEFRA Performance and Reliability of Flood and Coastal Defences: R&D Technical Report FD2318/TR1*, Environment Agency.
36. Werners, S. E., J. v. Loon, and A. Oost. (2015). *Method selection in adaptation research: the case of the Delta Programme for the Dutch Wadden region*. *Regional Environmental Change (Special Issue “Approaches to Problem-Oriented Adaptation Research”)*. In press. <http://dx.doi.org/10.1007/s10113-015-0799-9>.
37. Werners, S. E., E. van Slobbe, T. Bölscher, A. Oost, S. Pfenninger, G. Trombi, M. Bindi, and M. Moriondo. (2015). *Turning points in climate change adaptation*. *Ecology and Society* 20(4):3. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-07403-200403>

38. Intergovernmental Panel on Climate Change (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* [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
39. WEATHER. 2022. *Weather-project.eu*. [online]. Available at: <https://weather-project.eu/weather/index.php>. Accessed 06 March 2023.
40. CORDIS. 2022a. *Cordis.europa.eu*. [online]. Available at: <https://cordis.europa.eu/project/id/233919>. Accessed 06 March 2023.
41. CORDIS. 2022b. *Cordis.europa.eu*. [online]. Available at: <https://cordis.europa.eu/project/id/314506/reporting>. Accessed 06 March 2023.
42. SIRMA. 2022. *sirma-project.eu*. [online]. Available at: <https://sirma-project.eu/>. Accessed 06 March 2023.
43. Copernicus. 2022. *Copernicus.eu*. [online]. Available at: <https://www.copernicus.eu/en>. Accessed 06 March 2023.
44. Climate ADAPT. 2022. [online]. Available at: <https://climate-adapt.eea.europa.eu/>. Accessed 06 March 2023.
45. World Road Association, PIARC. (2019). *Adaptation methodologies and strategies to increase the resilience of roads to climate change – Case Study Approach*.
46. Abel, N. et al. (2016). “Building Resilient Pathways to transformation when ‘no one is in charge’: Insights from Australia’s Murray-Darling Basin,” *Ecology and Society*, 21(2). Available at: <https://doi.org/10.5751/es-08422-210223>.
47. Lempert, R.J. and Groves, D.G. (2010) “Identifying and evaluating robust adaptive policy responses to climate change for water management agencies in the American West,” *Technological Forecasting and Social Change*, 77(6), pp. 960–974. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2010.04.007>.
48. Wise, R.M. et al. (2014) “Reconceptualising adaptation to climate change as part of pathways of change and response,” *Global Environmental Change*, 28, pp. 325–336. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2013.12.002>.
49. Kingsborough, A., Borgomeo, E. and Hall, J.W. (2016) “Adaptation Pathways in practice: Mapping Options and trade-offs for London’s Water Resources,” *Sustainable Cities and Society*, 27, pp. 386–397. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2016.08.013>.
50. Hermans, L.M. et al. (2017) “Designing monitoring arrangements for collaborative learning about adaptation pathways,” *Environmental Science & Policy*, 69, pp. 29–38. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.12.005>.
51. Murti, R, Mathez-Stiefel, S-L, Rist, S. (2019). A methodological orientation for social learning based adaptation planning: Lessons from pilot interventions in rural communities of Burkina Faso, Chile and Senegal. *Systemic Practice and Action Research*. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11213-019-09495-8>.
52. Mukheibir, P., Kuruppu, N., Gero, A. et al. (2013). Overcoming cross-scale challenges to climate change adaptation for local government: a focus on Australia. *Climatic Change* 121, 271–283. <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0880-7>
53. Lin, B.B., Capon, T., Langston, A., Taylor, B., Wise, R., Williams, R. and Lazarow, N. (2017). Adaptation pathways in coastal case studies: lessons learned and future directions. *Coastal Management*, 45(5), pp.384-405.
54. Bloemen, P., Reeder, T., Zevenbergen, C. et al. (2018). Lessons learned from applying adaptation pathways in flood risk management and challenges for the further development of this approach. *Mitig Adapt Strateg Glob Change* 23, 1083–1108. <https://doi.org/10.1007/s11027-017-9773-9>