

Les
ressources



FICHE TECHNIQUE

DIX ÉTAPES POUR AMÉLIORER LA RÉSILIENCE DE VOS INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT

*Méthode Approche Systémique d'Adaptation
des Infrastructures de Transport*

PRÉSENTATION

La série de fiches « Résilience des infrastructures » donne aux gestionnaires une information technique sur les conséquences du changement climatique sur les infrastructures.

INTRODUCTION

Les événements climatiques extrêmes sont aujourd’hui fréquents sur le territoire français et le changement climatique continuera à aggraver la tendance. Les modifications des conditions climatiques de fond, comme l’augmentation graduelle des températures moyennes, seront durables. Ces évolutions pourront impacter les infrastructures et les services de transport. Conscients des défis à venir, de nombreux opérateurs publics ou privés de réseaux de transport se mobilisent pour adapter leurs infrastructures.

Le Cerema propose une démarche en dix étapes pour analyser la vulnérabilité et améliorer la résilience des infrastructures de transport au changement climatique. Elle porte le nom suivant : **Approche Systémique d’Adaptation des Infrastructures de Transport** (ASAIT). Principalement destinée aux gestionnaires d’infrastructures de réseaux, cette démarche a déjà été appliquée à plusieurs reprises sur différents réseaux routiers et ferroviaires.

SOMMAIRE

- 1 ■ Résilience des infrastructures de transport terrestre :
de quoi parle-t-on ? p. 4
- 2 ■ Les étapes de la démarche p. 6

1 • RÉSILIENCE DES INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT TERRESTRE : DE QUOI PARLE-T-ON ?

Définition

Les infrastructures de transport terrestre sont les supports de services variés : assurer la mobilité des personnes ; faciliter les échanges ; assurer l'accessibilité à certains sites, territoires ou services ; réduire les temps de trajet ; sécuriser les déplacements et les fiabiliser ; faciliter les échanges de biens et de services ; et ainsi, participer au développement économique d'un territoire.

*« Résilience capacité des systèmes [...] interconnectés à faire face à un événement dangereux, une tendance ou une perturbation, en réagissant ou en se réorganisant de manière à préserver leur fonction essentielle, leur identité et leur structure essentielles »
(GIEC, 2021)*

Différentes perturbations peuvent impacter un réseau de transport : des perturbations majeures brutales (crises et catastrophes), des perturbations d'ampleur moindre, mais générant des dégradations chroniques ou des vieillissements accélérés et enfin des évolutions plus lentes du contexte dans lequel s'inscrit le réseau. Parmi les perturbations possibles, le changement climatique va amener une augmentation en fréquence et en intensité des aléas météorologiques, il faut donc que les réseaux d'infrastructures y soient préparés.

C'est ici qu'intervient la notion de résilience. S'il existe plusieurs définitions de la résilience selon les métiers et les angles de travail, le Cerema retient la définition suivante, inspiré de celle du GIEC. **Un système de transport est considéré comme résilient s'il est capable de faire face à une perturbation en étant adapté ou transformé afin de préserver ses infrastructures et services.**

Un climat qui évolue

Les aléas climatiques vont évoluer en fréquence, en amplitude et en saisonnalité, y compris dans l'hypothèse de respect de l'Accord de Paris, permettant de limiter le réchauffement mondial à 1,5°C. Dans ce scénario, Météo France a par exemple montré que la France métropolitaine connaîtrait une dizaine de jours de vagues de chaleur par an sur la majorité du territoire (excepté la Manche et l'Atlantique), une augmentation des nuits tropicales (nuits où la température est supérieure à 20°C) dans le Sud et une apparition de celles-ci à raison d'une dizaine par an en moyenne dans la moitié Nord de la France, ainsi qu'une baisse des précipitations dans le Sud et l'Ouest de la France, avec des épisodes réguliers de 15 à 20 jours sans pluie, voire jusqu'à un mois sur le pourtour méditerranéen.

D'après le sixième rapport d'évaluation du GIEC, les politiques mondiales en place fin 2020 conduisent à un réchauffement mondial médian de 3,2°C en 2100, et les engagements des États, exprimés dans leurs contributions nationales demandées par l'Accord de Paris et annoncés avant octobre 2021, conduisent à un réchauffement mondial médian de 2,8°C en 2100. Des travaux effectués par Météo France en 2023 ont montré qu'un tel réchauffement d'environ 3°C à l'échelle mondiale conduirait à un réchauffement de 4°C en moyenne en France métropolitaine, dont les impacts seraient considérables. Le sixième rapport du GIEC a également montré que, dans un scénario « sans politique d'atténuation », les températures moyennes annuelles à l'échelle mondiale pourraient augmenter de 4,4°C en fin de siècle, avec des étés plus chauds et marqués par des canicules plus sévères ; la hausse moyenne du niveau des océans et des mers pourrait être de 63 cm à 1,01 m en fin de siècle selon le même scénario, les événements extrêmes centennaux liés au niveau de la mer deviendraient alors annuels pour plus de la moitié des marégraphes mondiaux. Il faut également s'attendre à des aléas pouvant devenir plus intenses et/ou plus fréquents, des décalages dans le temps de la survenue de certains aléas – comme des feux de forêt de plus en plus précoces ou tardifs dans la saison, la survenue d'aléas dans des zones aujourd'hui peu ou pas touchées – comme le décalage vers le nord des zones à risque face aux feux de forêt, et la survenue simultanée de différents aléas dans une même région.

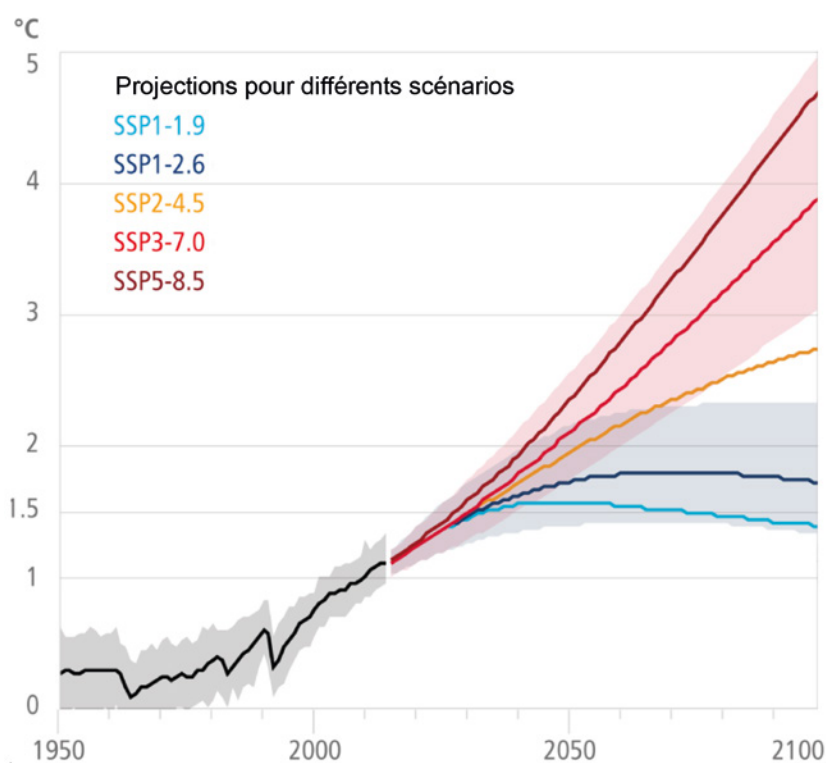


Figure 1 : Évolution passée de la température atmosphérique moyenne mondiale et évolutions projetées pour les scénarios climatiques (SSP) couramment utilisés (GIEC, AR6) (Source : GIEC, 2023)

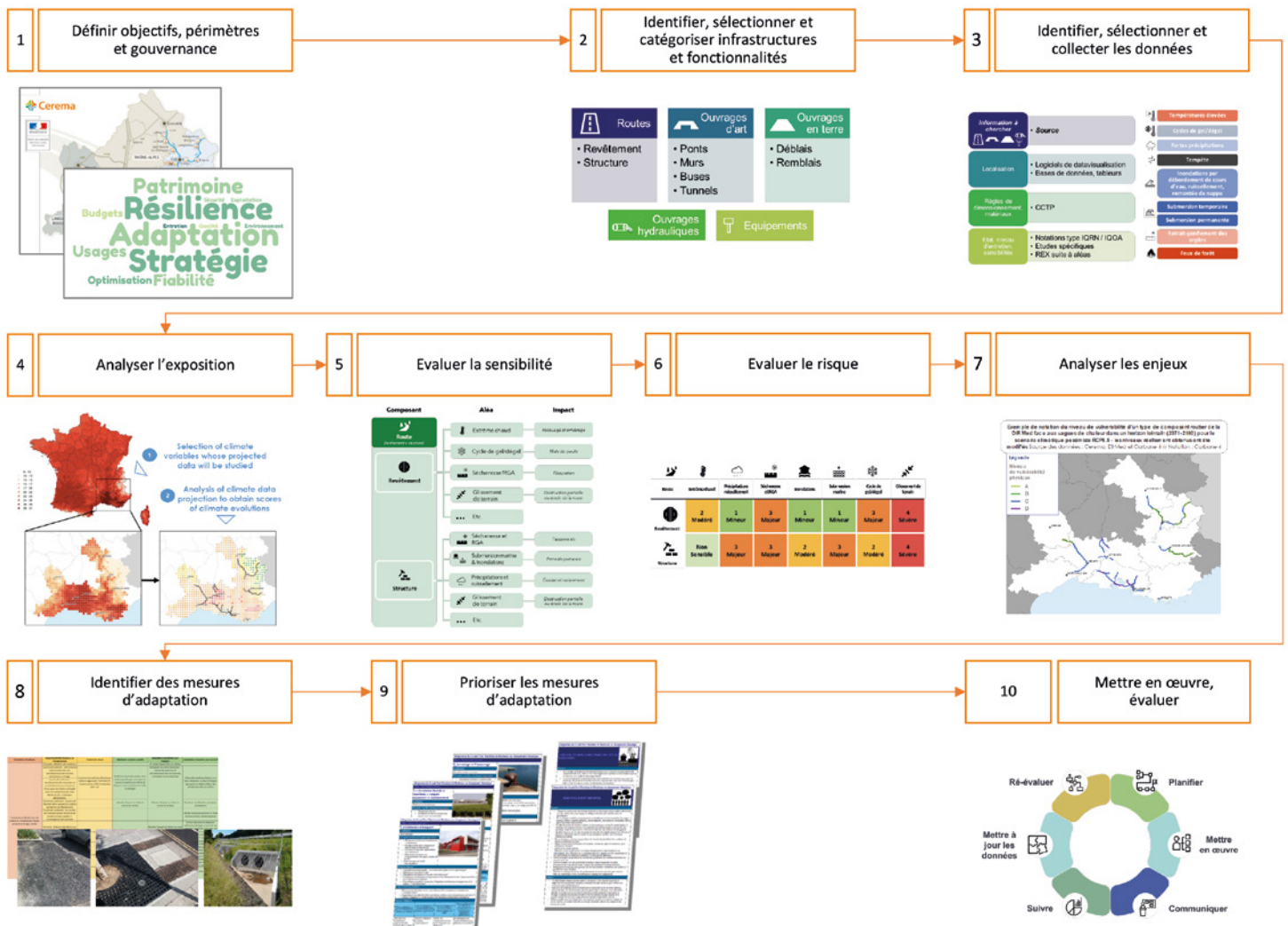
Les impacts sur les réseaux de transport terrestres

Ces évolutions climatiques vont impacter les infrastructures de transport de diverses façons :

- réduction de la durée de vie des infrastructures, soit du fait de la hausse de la fréquence des catastrophes naturelles, soit du fait de dégradations chroniques amplifiées ;
- impacts sur les méthodes et politiques de conception, d'entretien et d'exploitation des infrastructures. Les gestionnaires pourraient par exemple être amenés à revoir le dimensionnement de certaines buses pour anticiper des inondations de plus grande ampleur, à adapter leurs ressources humaines et techniques pour mieux faire face aux besoins accrus en entretien et surveillance (par exemple, l'augmentation de la fréquence des campagnes de vérification de la température des rails pour le ferroviaire) ou aux situations de crise ;
- impacts sur la qualité de service et sur les circulations : circulations ralenties ou coupées en raison d'événements climatiques extrêmes (précipitations intenses, feux de forêt, etc.), avec une durée plus ou moins longue selon les éventuelles dégradations de l'infrastructure ;
- impacts sur la sécurité des déplacements, soit liés directement aux aléas (feux de forêt, tempêtes, submersions marines), soit liés aux dégradations des infrastructures par certains aléas (inondations, mouvements de terrain, etc.). Par exemple, les gestionnaires pourraient devoir limiter plus fréquemment la vitesse des trains lors des vagues de chaleur, pour éviter un déraillement dû à la déformation des rails ;
- augmentation des coûts de réparation, d'entretien ou de reconstruction, ainsi que des pertes d'exploitation importantes. Le coût des assurances pourrait également augmenter. Globalement, c'est toute l'économie du territoire qui peut être impactée en cas de perturbation du trafic de marchandise, des déplacements touristiques, etc. Le gestionnaire doit donc engager des coûts d'adaptation, à mettre en balance des coûts en cas d'inaction.

2 • LES ÉTAPES DE LA DÉMARCHE

Pour répondre aux enjeux de l'adaptation et accompagner les gestionnaires dans l'amélioration de la résilience de leur réseau, le Cerema a développé une démarche de résilience constituée de dix grandes étapes. Ces étapes sont décrites ci-dessous, ainsi que les résultats obtenus à l'issue de chacune d'elle.



Étape 1 : définition des objectifs, des périmètres et de la gouvernance

Cette étape consiste pour un gestionnaire, à définir les objectifs souhaités au travers de sa démarche de résilience, les différents périmètres pertinents pour travailler à l'élaboration d'une stratégie d'adaptation, et la gouvernance à mettre en place pour les travaux associés.

En développant une stratégie d'adaptation, un gestionnaire de transport peut poursuivre différents objectifs liés :

- à la durabilité des infrastructures et/ou à leur résistance aux aléas : limiter des dégradations chroniques, résister à un aléa majeur d'une certaine intensité ;

- au niveau de service : limiter les impacts sur les déplacements, garantir la sécurité du réseau ;
- à l'optimisation des budgets et investissements pour l'entretien de leur réseau ;
- etc.

Les objectifs doivent être clairs, spécifiques, mesurables, et si possible temporalisés, pour permettre de choisir des indicateurs d'évaluation du succès de la démarche. Par exemple, un objectif peut être de « limiter la hausse du taux de renouvellement des infrastructures du réseau à X points de pourcentage à l'horizon 2100 » ou

(Source : Cerema, réalisé à partir de plusieurs sources dont Carbone 4, RTL, Setec)



Figure 2 : Les périmètres physique, fonctionnel et des aléas. Le périmètre géographique peut être choisi après définition de ces trois périmètres. (Source : Cerema)

encore « limiter les retards moyens annuels à X minutes en 2035 lors des épisodes de canicules sur la zone dense francilienne ». Cette étape constitue un préalable indispensable au lancement d'une analyse de risque ou de toute étude technique complémentaire.

Ces objectifs guident les périmètres de l'étude :

- le périmètre temporel : **le(s) horizon(s) et scénario(s)** de projection ;
- **le périmètre physique** c'est-à-dire, celui des **infrastructures** à étudier, voire de leurs composants : les chaussées, les rails, le ballast, les ouvrages en terre, les ouvrages d'art, ainsi que les équipements, les réseaux électriques ou de télécommunication, les bâtiments, etc. ;
- **le périmètre fonctionnel**, qui correspond à la liste des **fonctionnalités** fournies par un réseau : déplacements du quotidien, déplacements liés au tourisme, transport de marchandises, etc. ;
- **le périmètre climatique**, c'est-à-dire les aléas à étudier ;
- et enfin **le périmètre géographique**, qui dépend des périmètres mentionnés précédemment.

Pour mener à bien ce type de démarche, il est nécessaire de faire participer **les services du gestionnaire en charge de la gestion des différentes infrastructures** à étudier à un **niveau opérationnel** (pour bénéficier des retours d'expérience du terrain) et à un **niveau stratégique** (pour garantir la mobilisation tout au long de la démarche et de la mise en œuvre de la stratégie de résilience).

Cette étape permet la sensibilisation des collaborateurs du gestionnaire aux enjeux de la résilience au changement climatique, le développement

d'une vision partagée autour de la question de la résilience des infrastructures du réseau et l'identification des freins soulevés par les équipes mobilisées pour la mise en œuvre d'une telle démarche de résilience.

► Résultats obtenus à l'issue de cette étape :

- des objectifs de résilience clairs, spécifiques, avec un horizon temporel et qui pourront par la suite facilement être quantifiés (mesurables) ;
- les grands types d'infrastructures, de fonctionnalités et d'aléas à étudier et le périmètre géographique de l'étude ;
- éventuellement, un cahier des charges pour la réalisation d'études de résilience adaptées à ses besoins.

Étape 2 : identification, sélection et catégorisation des infrastructures et fonctionnalités

L'étape 2 permet de préciser la liste des infrastructures et des fonctionnalités à traiter dans le cadre de l'étude.

Il s'agit **d'identifier finement les infrastructures importantes** pour le gestionnaire et indispensables à l'atteinte des objectifs définis en étape 1. Les infrastructures retenues sont ensuite classées par catégories facilitant la réalisation de l'analyse de risque, selon leur type de conception, leurs matériaux ou d'autres facteurs pouvant jouer sur leur sensibilité face à des aléas. Par exemple, une route peut être divisée en deux catégories : « revêtement » et « structure », elles-mêmes divisées en sous-catégories selon leurs matériaux de construction, les hypothèses de conception,

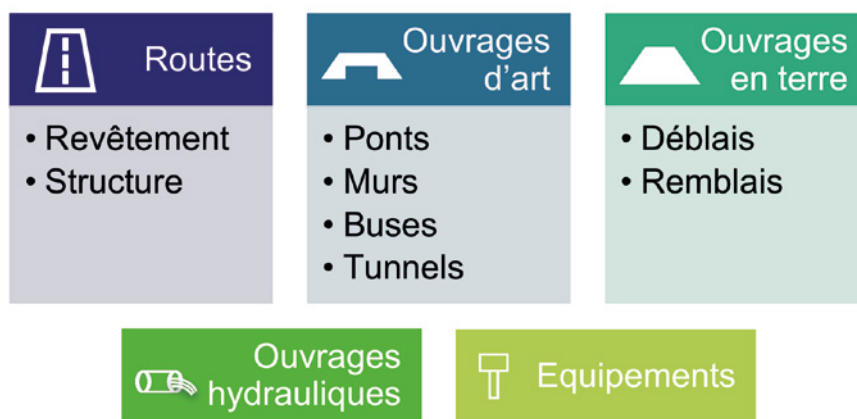


Figure 3 : Exemple de décomposition d'un réseau routier (Source : Cerema)

leur état de dégradation, etc. Cette étape de décomposition est itérative et le niveau de finesse de la décomposition est à adapter aux attentes du gestionnaire et aux données disponibles.

Si l'étude porte aussi sur un volet fonctionnel, il sera également nécessaire de **préciser les fonctionnalités** attendues du réseau : déplacements quotidiens de personnes, transport de marchandises, etc.

► **Résultats obtenus à l'issue de cette étape :**

- la liste structurée des infrastructures et des fonctionnalités qu'il est souhaitable et possible d'étudier.

Étape 3 : identification, sélection et collecte des données

L'étape 3 consiste à **identifier et sélectionner les données nécessaires à la réalisation de l'analyse de risque**, puis à les collecter et les structurer de sorte à ce qu'elles soient facilement exploitables dans le cadre de l'étude.

Trois grands types de données sont collectées :

- **les données patrimoniales**, il s'agit notamment de la géolocalisation des infrastructures et de leur situation par rapport à l'environnement naturel (présence de cours d'eau, falaises, etc.), de leur âge, des paramètres de dimensionnement initiaux, des matériaux de construction employés, de l'état de dégradation des infrastructures, des politiques d'entretien mises en œuvre, des conditions d'exploitation, etc. ;

- **les données relatives aux fonctionnalités du réseau**. En général, pour une étude portant sur un réseau routier, des données relatives aux niveaux de trafic sont retenues :

trafic moyen journalier annuel, trafic lié à certains déplacements ciblés (poids lourds vs. véhicules légers, trafic moyen journalier annuel été ou hors été, etc.). Les études dans le domaine ferroviaire s'intéressent généralement aux performances de la ligne étudiée : pourcentage de trains annulés, retard moyen, etc. D'autres données peuvent être collectées selon les fonctionnalités retenues ;

- **les données climatiques**. Ce sont les caractéristiques des aléas : **intensité, fréquence ou durée, et localisation pour les périodes passée, présente et futures (projections climatiques selon les scénarios retenus)**. Pour cela, il faut revenir au choix des aléas effectué en étape 1 et choisir les variables les plus pertinentes pour décrire ces aléas. Par exemple, l'aléa relatif aux précipitations extrêmes peut être décrit par une variable telle que le « nombre de jours de fortes précipitations » (durée en nombre de jours) ou les « précipitations quotidiennes intenses » (intensité en millimètres).

► **Résultats obtenus à l'issue de cette étape :**

- une base de données structurée et adaptée à la réalisation de l'analyse de risque.

Une échelle de notation est choisie pour noter ces évolutions. Par exemple, l'intensité d'un aléa peut être notée sur la base d'une échelle à quatre niveaux équivalents, définie à partir des valeurs minimale et maximale de toute la plage de valeurs prises par cet aléa aux différents horizons et scénarios de projection.

► **Résultats obtenus à l'issue de cette étape :**

- des notes d'exposition des infrastructures aux aléas climatiques actuels et aux évolutions projetées, sous format tableur ou cartographique.

Étape 5 : analyse de sensibilité

La sensibilité d'une infrastructure ou d'une fonctionnalité correspond à l'ampleur possible des impacts d'un aléa sur cette infrastructure ou fonctionnalité, qui varie selon ses caractéristiques. L'analyse de sensibilité consiste donc à **identifier pour chaque aléa étudié, l'ampleur possible des impacts sur toutes les infrastructures et fonctionnalités** retenues, puis à **noter cette sensibilité physique et/ou fonctionnelle**.

Cette étape permet de **décrire la nature des impacts des aléas identifiés sur les infrastructures et fonctionnalités**. Le mécanisme d'impact est généralement brièvement présenté. Lorsque c'est possible, il est aussi intéressant de caractériser :

- les seuils d'impacts, c'est-à-dire les seuils des aléas à partir desquels on peut observer des perturbations ou des dégradations ;

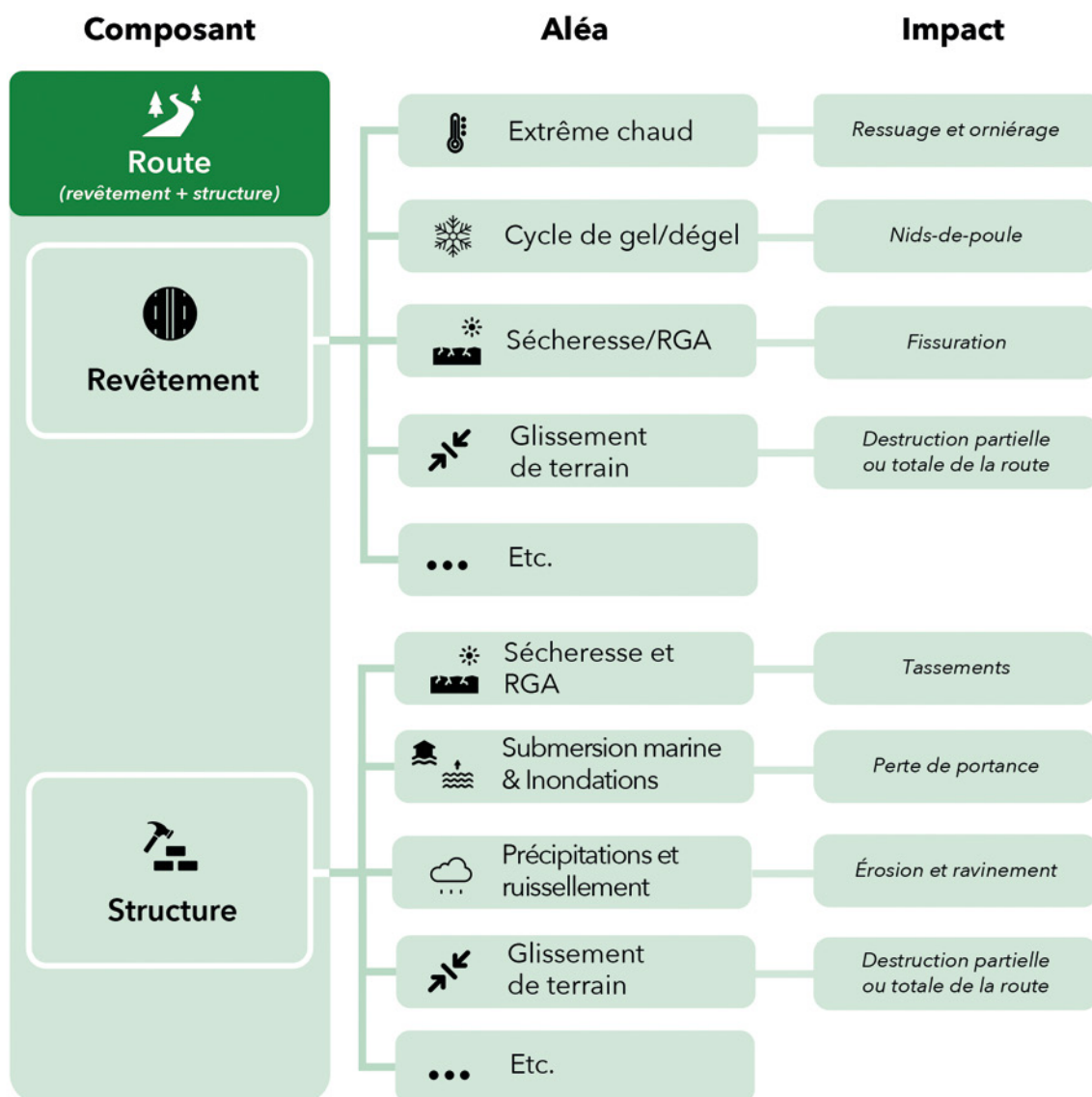


Figure 6 : Description simplifiée de sensibilités d'un réseau routier (Source : Setec)

Étape 6 : analyse de risque

- l'ampleur des dégâts : dégradation à destruction pour une infrastructure, perturbation mineure à rupture de trafic pour une fonctionnalité de type déplacement par exemple ;
- les facteurs aggravants qui modulent la sensibilité au sein d'une même catégorie ou sous-catégorie d'infrastructure ou de fonctionnalité. Par exemple, deux revêtements de chaussée différents ne répondront pas de la même façon face à l'occurrence d'un aléa donné, selon les matériaux de construction ou le niveau de trafic.

Pour terminer, la sensibilité de chaque infrastructure et fonctionnalité est évaluée suivant une grille de notation. Plusieurs méthodes de notation peuvent être utilisées, par exemple : notation selon une échelle linéaire à plusieurs niveaux, comparaison du niveau de sensibilité relatif des infrastructures (ou des fonctionnalités) entre elles, deux à deux (procédure hiérarchique d'analyse), etc.

► Résultats obtenus à l'issue de cette étape :

- par aléa et infrastructure ou sous-catégorie d'infrastructure, et par fonctionnalité : une liste détaillée des impacts, des valeurs seuil d'impact et de l'ampleur des dégâts si cela est possible, et des facteurs aggravants ;
- des notes de sensibilité pour chaque infrastructure et fonctionnalité, par aléa, sous format tableur ou cartographique.

Le risque peut être défini comme le résultat de la combinaison des évolutions climatiques avec leurs impacts potentiels sur les infrastructures et fonctionnalités.

Le niveau de risque associé à une infrastructure ou à une fonctionnalité est obtenu par le croisement des notes d'évolution des variables climatiques (étape 4) **avec les notes de sensibilité des infrastructures ou des fonctionnalités** (étape 5).

Le croisement peut s'effectuer de différentes manières selon les objectifs du gestionnaire, par exemple en multipliant les notes d'évolution des variables climatiques et les notes de sensibilité.

Il est possible de réaliser le croisement entre les notes des évolutions climatiques et les notes de sensibilité des différents composants du réseau : on obtient alors le niveau de risque du composant donné face à l'aléa considéré.

Cette étape se termine par la structuration et la mise en forme des données de notation afin que la présentation finale des résultats soit adaptée aux objectifs du gestionnaire, identifiés à l'étape de cadrage (étape 1).

► Résultats obtenus à l'issue de cette étape :

- des notes de risque des infrastructures et fonctionnalités du réseau, sous format matriciel ou cartographique ;
- la base de données associée.











	 Route	 Extrême chaud	 Précipitations ruissellement	 Sécheresse et RGA	 Inondations	 Submersion marine	 Cycle de gel/dégel	 Glissement de terrain
 Revêtement	2 Modéré	1 Mineur	3 Majeur	1 Mineur	1 Mineur	3 Majeur	4 Sévère	
 Structure	Non Sensible	3 Majeur	3 Majeur	2 Modéré	3 Majeur	2 Modéré	4 Sévère	

Figure 7 : Exemple type de notation de la sensibilité physique (Source : Setec)

Étape 7 : analyse des enjeux du territoire

Cette étape vise à faire le lien entre résilience du réseau et résilience du territoire et à mieux comprendre les potentiels impacts sur le territoire de la défaillance d'infrastructures et/ou de fonctionnalités du réseau.

Cette étape renvoie à la définition des objectifs de l'étude lors de l'étape de cadrage (étape 1). Il faut tout d'abord **identifier les enjeux du territoire vis-à-vis des réseaux de transport en tenant compte des objectifs d'étude définis initialement**. Ces enjeux concernent notamment les problématiques d'accessibilité : à un lieu d'intervention pour des services de secours ou de réparation d'urgence d'autres infrastructures, à un bassin d'emploi ou économique majeur pour la région considérée, à des services essentiels tels que les hôpitaux ; ou encore les problématiques d'aménagement du territoire : développement économique et/ou de la qualité de vie d'un territoire via la fiabilisation et la sécurisation de ses réseaux de transport par exemple.

L'analyse de ces enjeux soulève la question de l'interdépendance des réseaux, notamment les interdépendances entre infrastructures : les réseaux de transport terrestre ont en commun certaines infrastructures au niveau des nœuds de transport (interdépendance géographique) ;

les réseaux routiers et ferroviaires dépendent des réseaux électriques (interdépendance entre infrastructures). Les réseaux de télécommunication sont indispensables à l'exploitation des réseaux de transport terrestres et à la gestion de crise (interdépendance cybernétique), activités qui nécessitent une bonne coordination entre toutes les parties prenantes (interdépendance logique). La défaillance d'un élément des systèmes ainsi formés autour des réseaux de transport terrestre peut avoir des conséquences en chaîne sur le réseau concerné et le territoire desservi.

Après l'analyse des enjeux, il faut donc **identifier les défaillances d'infrastructures ou les impacts sur les interdépendances** qui ont des conséquences graves vis-à-vis du territoire. A l'issue de cette analyse, les notes de risque obtenues en étape 6 peuvent être pondérées en fonction des enjeux du territoire.

► Résultats obtenus à l'issue de cette étape :

- une analyse des enjeux du territoire par rapport aux réseaux de transport ;
- les notes de risque (étape 6) pondérées par ces enjeux, le résultat pouvant être présenté sous format tableur ou cartographique.

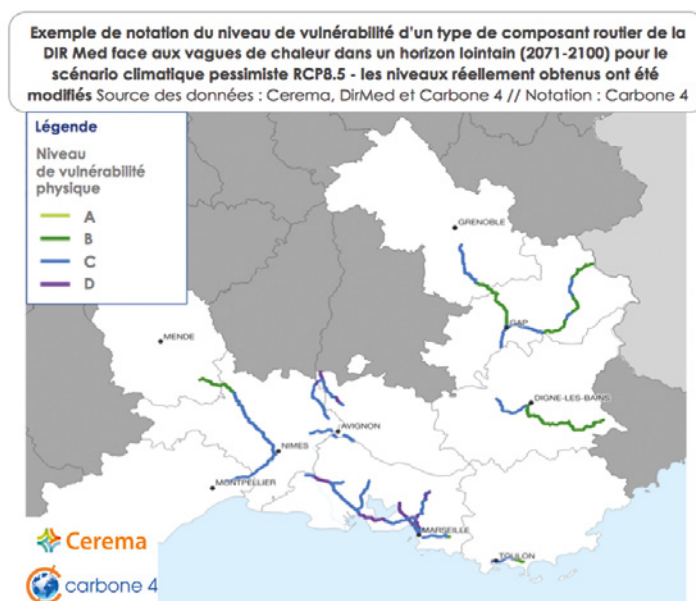


Figure 8 : Exemple de résultat d'analyse de risque (2018) d'un type de composant routier de la DIR Méditerranée face aux vagues de chaleur à un horizon lointain (2071-2100 pour le scénario pessimiste RCP8.5 (les niveaux réellement obtenus ont été modifiés) (Source : Carbone 4)

Étape 8 : identification des mesures d'adaptation

L'étape 8 consiste à **rechercher des mesures d'adaptation pour améliorer la résilience** d'un réseau.

Un large spectre de mesures d'adaptation doit être examiné, elles peuvent concerner :

- différents aspects du cycle de vie d'une infrastructure : conception de l'infrastructure, construction, entretien, exploitation, gestion de crise et planification ;
- différentes phases de gestion d'un impact : la prévention, la préparation, l'absorption, l'adaptation, la transformation ;
- différents domaines de la gestion d'une infrastructure : technique, économique, humain, etc.

Les mesures doivent prendre en considération les enjeux de décarbonation et de protection de l'environnement. Ainsi, elles devront, lorsque c'est possible, intégrer le développement de modes de transport alternatifs et l'utilisation de matériaux et techniques de construction avec faible émission de GES et limitant les impacts sur l'environnement. Elles doivent s'articuler avec les enjeux de gestion des autres réseaux de transport.

Il peut être utile de classer les mesures d'adaptation identifiées par typologie et de les relier aux impacts concernés dans un tableur, pour faciliter l'étape suivante de priorisation.

► Résultats obtenus à l'issue de cette étape :

- un panel de mesures d'adaptation pour les différents impacts recensés, classé par typologie de mesure.

Étape 9 : hiérarchisation des mesures d'adaptation

Les mesures d'adaptation identifiées en étape 8 sont souvent très nombreuses et ne peuvent pas être toutes mises en place immédiatement. Le gestionnaire doit prioriser ces mesures d'adaptation.

Deux étapes de priorisation sont à mener : chaque solution peut faire l'objet d'une analyse coût-efficacité et les solutions retenues à l'issue

de ces analyses peuvent faire l'objet d'un choix supplémentaire. Pour ce dernier choix, différentes méthodes de priorisation existent. Leur mise en œuvre est plus ou moins aisée et elles comportent différents avantages et limites :

- des méthodes quantitatives empruntées à la socio-économie, telles que les analyse coûts-bénéfices, analyses des coûts du cycle de vie, etc.
- des méthodes purement financières, qui peuvent demander une base de données étoffée : analyse par options réelles, analyse de portefeuille, etc.
- des méthodes qualitatives et quantitatives comme par exemple, la priorisation multicritère, qui permet une priorisation sur la base de critères qualitatifs à choisir par le gestionnaire, tels que les coûts de réalisation et d'entretien, l'efficacité de la mesure d'adaptation, sa facilité de mise en œuvre, les impacts environnementaux, l'acceptabilité sociale, etc.
- d'autres méthodes spécifiques développées au cas par cas, dont la méthode des trajectoires d'adaptation qui permet de définir des séquençements parallèles ou interconnectés de mesures d'adaptation

► Résultats obtenus à l'issue de cette étape :

- une analyse coût-efficacité pour chaque solution identifiée en étape 8 ;
- une priorisation des solutions retenues suite à la mise en œuvre des analyses coût-efficacité.

Étape 10 : planification, mise en œuvre, suivi et évaluation de l'adaptation

Une fois la liste des mesures d'adaptation priorisée, le gestionnaire peut mettre en œuvre les mesures d'adaptation. Il doit pour cela définir un plan d'adaptation avec un calendrier de mise en œuvre et des financements. Il doit aussi mobiliser les acteurs concernés par la mise en œuvre des mesures. La communication est également importante :

- en interne, une sensibilisation a déjà eu lieu en amont de l'étude de résilience ; elle est indispensable pour impliquer les collaborateurs concernés ;

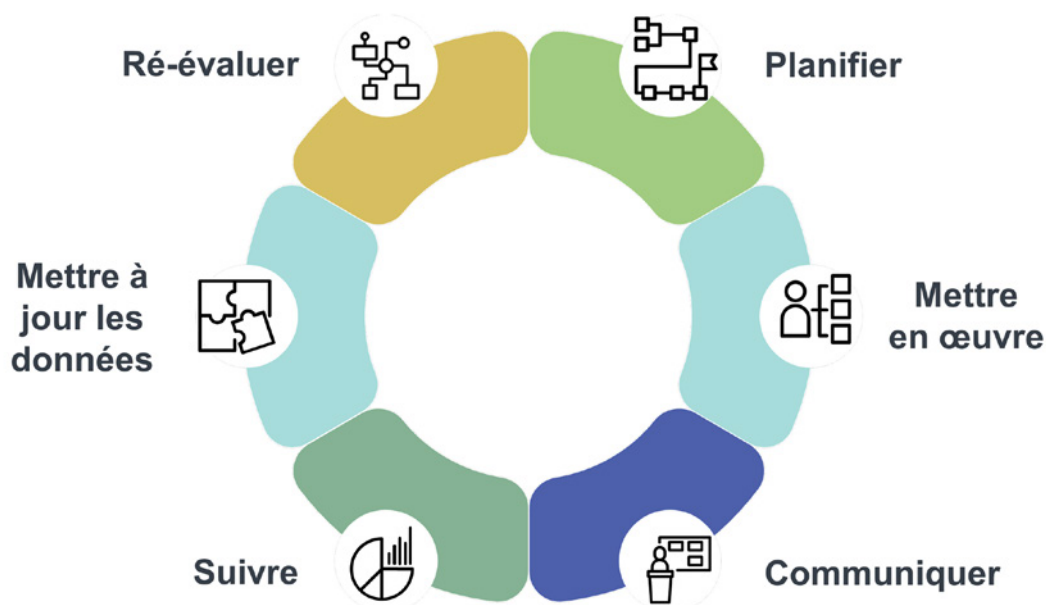


Figure 9 : Étape 10 : mise en œuvre, évaluation (Source : Cerema)

- à l'extérieur, une communication vers les éventuels concédants de réseau, les usagers et les financeurs est utile pour faire comprendre la démarche dans son ensemble et éventuellement trouver des financements.

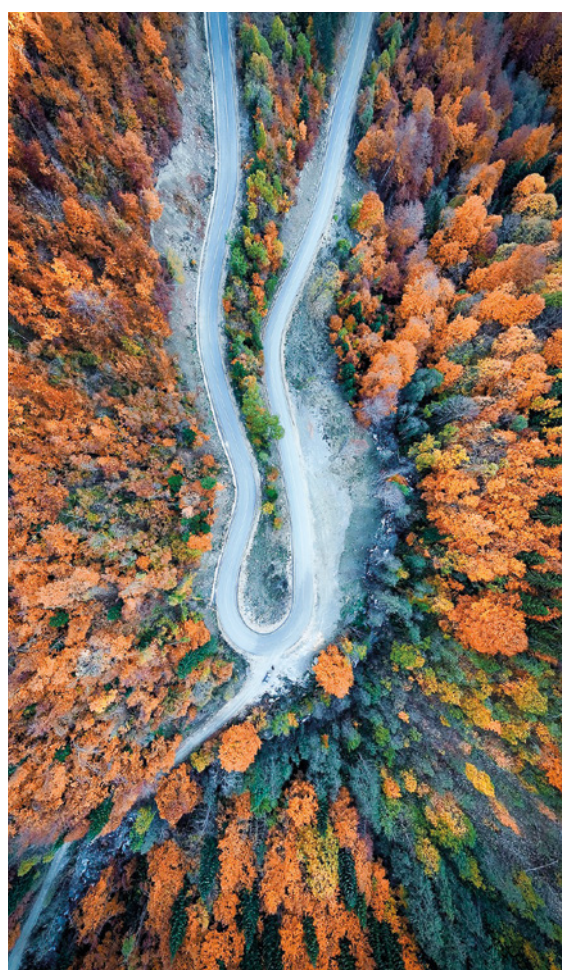
Des retours d'expérience sur ces études de cas seront présentés dans des fiches à venir, qui décriront de façon détaillée les différentes étapes de la démarche.

Un suivi de la mise en œuvre est à réaliser. Ensuite, un bilan des actions réalisées et des bénéfices de résilience obtenus est à prévoir ; les bénéfices peuvent être évalués à l'aune des critères décidés en étape 1 de la démarche (cadrage des objectifs).

Une nouvelle évaluation des risques peut être réalisée au bout de cinq ou dix ans par exemple, pour tenir compte de leur évolution potentielle avec la mise en œuvre des mesures d'adaptation et des éventuelles nouvelles données disponibles : données patrimoniales, données liées aux fonctionnalités et données de projection disponibles.

Conclusion

Cette démarche a été mise en œuvre de façon complète ou partielle, avec un niveau de détail fin ou de façon macroscopique sur de nombreux réseaux de transport ferroviaires et routiers : réseau de la Direction interdépartementale des routes Méditerranée, réseau routier de la Nièvre, section de l'A9, réseau Sanef/SAPN, réseau ferroviaire Axe Seine, réseau ferroviaire Bordeaux-Toulouse du Grand Projet du Sud-Ouest, LGV SEA, etc.



(Source : Pixabay)

Références bibliographiques

- Cerema. *Vulnérabilité et risques : les infrastructures de transport face au climat*. 2019 (disponible sur doc.cerema.fr)
- Cerema. *Changement climatique - Les réseaux de transport aussi sont vulnérables !* 2018 (disponible sur doc.cerema.fr)
- Cerema. *Infrastructures routières, s'adapter au changement climatique, une nécessité*. 2019 (disponible sur doc.cerema.fr)
- Cerema. *Patrimoine routier : vers une gestion intégrée pour vos territoires*. 2021 (disponible sur doc.cerema.fr)
- Cerema. *Plan national d'adaptation au changement climatique (PNACC) volet infrastructures et systèmes de transport - Action 1 - Impacts potentiels du changement climatique sur les infrastructures et systèmes de transport, sur leurs référentiels de conception, entretien et exploitation, et besoins de précisions des projections climatiques*. 2015 (disponible sur doc.cerema.fr)

La série de fiches « Résilience des infrastructures »

- Fiche n°1 • Le retrait gonflement des sols argileux (RGA)
- **Fiche n°2 • Dix étapes pour améliorer la résilience de vos infrastructures de transport - Méthode Approche Systémique d'Adaptation des Infrastructures de Transport**

LE CEREMA, DES EXPERTISES AU SERVICE DES TERRITOIRES

Le Cerema est un établissement public qui apporte son expertise pour la transition écologique, l'adaptation au changement climatique et la cohésion des territoires. Grâce à ses 26 implantations partout en France, il accompagne les collectivités dans la réalisation de leurs projets. Le Cerema agit dans 6 domaines d'activité : Expertise & ingénierie territoriale, Bâtiment, Mobilités, Infrastructures de transport, Environnement & Risques, Mer & Littoral.

> Téléchargez nos publications sur doc.cerema.fr

DIX ÉTAPES POUR AMÉLIORER LA RÉSILIENCE DE VOS INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT

Méthode Approche Systémique d'Adaptation des Infrastructures de Transport



CONTRIBUTEURS

Coordinateurs :

Marie Colin et Thomas Plantier (Cerema)

Rédacteurs et/ou relecteurs :

Marie Colin, Marc Di Martino, Fabien Palhol et Thomas Plantier (Cerema), Teodora Popescu (DGITM), Vivian Dépoues (I4CE), Karim Selouane (Resalliance), Michaël Gonzva et Marine Lericolais (Setec), Corinne Roecklin (SNCF Réseau)

CONTACTS

resilience-infrastructures@cerema.fr

<https://www.cerema.fr/fr/contact>



EXPERTISE & INGÉNIERIE TERRITORIALE | BÂTIMENT
| MOBILITÉS | **INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT** |
ENVIRONNEMENT & RISQUES | MER & LITTORAL



www.cerema.fr

Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement

Cité des mobilités - 25 avenue François Mitterrand - CS 92803 - F-69674 Bron Cedex - Tél. +33 (0)4 72 14 30 30 - Achevé d'imprimer : mars 2024 - Dépôt légal : mars 2024 - ISSN : 2969-1036 - Imprimeur : Dupliprint - Tél : 02 43 11 09 00 / Réalisation : Cerema / Crédit photo : couverture : © Arnaud Bouissou (Terra).