

RÉSEAUX DE TRANSPORT FACE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

MÉTHODOLOGIE D'ANALYSE DE RISQUE

Les réseaux de transport doivent aujourd'hui faire face à de nombreux incidents climatiques qui peuvent dégrader les infrastructures et les services de déplacement. Malgré les politiques mises en place, le climat évolue et continuera d'évoluer dans les prochaines années. Des impacts plus fréquents ou plus importants sur les transports, et la mobilité, sont donc attendus. S'adapter est nécessaire, mais comment ?

Route inondée : un des impacts possibles sur les déplacements.



Des chutes de neige, et la circulation est ralentie, voire arrêtée sur certains axes. Du verglas, et le risque d'accidents augmente. Les épisodes de froid affectent aussi les choix de mobilité, de même que les canicules, amenant certains usagers à privilégier le télétravail lorsque cela leur est possible. Enfin, les infrastructures sont impactées plus ou moins fortement par des événements climatiques extrêmes (inondations, glissements de terrain...) ou par des événements moins violents – à long terme, les cycles de gel/dégel détériorent les chaussées, par exemple.

Malgré les efforts d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre, les conditions climatiques actuelles vont évoluer dans les prochaines années, qu'il s'agisse des moyennes ou des extrêmes climatiques :

- Les températures moyennes pourraient augmenter de 4 °C d'ici 2100 sans politique d'atténuation supplémentaire.
- Le niveau de la mer a augmenté de plus de 4 cm en 10 ans depuis 2008 et pourrait encore augmenter de plusieurs dizaines de centimètres d'ici à 2100^{1,2}.
- Les précipitations et les conditions de vent évolueront selon les zones géographiques.

- Les inondations, les tempêtes ou encore les canicules sont susceptibles de devenir plus fréquentes ou plus intenses.

Or, les infrastructures sont construites pour une longue durée : leurs vulnérabilités et celles de la mobilité vont évoluer avec le changement climatique. Par exemple, d'après le ministère de la Transition écologique et solidaire, en cas d'élévation d'un mètre du niveau de la mer, 198 km de routes nationales pourraient être submergées, ou encore 15 522 km de routes communales. Il est donc indispensable d'adapter les réseaux de transport afin d'anticiper des situations de crise de plus grande ampleur ou plus fréquentes et pour répondre à d'autres enjeux.

BÉNÉFICES D'UNE ADAPTATION DES RÉSEAUX AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

MIEUX GÉRER LES RISQUES ET LES CRISES

Adapter les réseaux, c'est déjà se poser la question de leurs vulnérabilités et des connaissances nécessaires pour les analyser. Il s'agit par exemple de mieux connaître le contexte géographique, environnemental et climatique dans lequel se situe le

AUTEUR

Marie Colin
Responsable de projet
résilience et infrastructures
Cerema

réseau concerné, ce qui permet d'identifier les infrastructures et les déplacements les plus exposés aujourd'hui, et l'évolution potentielle des événements susceptibles d'avoir un impact.

Il est alors possible de mettre en œuvre des solutions adaptées pour réduire les impacts potentiels : plans de déplacement en cas de crise, renforcement d'infrastructures, etc.

AMÉLIORER L'ENTRETIEN ET L'EXPLOITATION AU QUOTIDIEN

Pouvoir lister les infrastructures présentes sur un réseau, connaître leurs caractéristiques et leur état actuel est indispensable pour analyser leurs vulnérabilités. Si l'acquisition de cette connaissance demande un certain investissement (identifier les données manquantes, s'outiller pour collecter ces données, construire des bases de données), cet investissement peut très rapidement être utile pour optimiser au quotidien l'entretien et l'exploitation des réseaux.

Ainsi, une cartographie de l'état des infrastructures est un appui utile aux gestionnaires pour mieux identifier les plus dégradées et à réparer prioritairement, ou encore celles dont les dégradations peuvent poser des problèmes de sécurité aux usagers et pour lesquelles des mesures de sécurisation doivent être mises en place.

CHOISIR LE NIVEAU DE SERVICE

Pour prendre ces décisions (Que faut-il adapter ? Quand intervenir ?), il convient de connaître les fonctionnalités et enjeux de ces réseaux et de déterminer le niveau de service proposé aux usagers.

Les réseaux concernés sont-ils des axes de desserte nationale, régionale, locale ? Majoritairement utilisés pour du déplacement quotidien type domicile-travail, pour des déplacements touristiques, des services liés à la logistique ? Sont-ils empruntés par les services de secours ? Mènent-ils à des services de santé, des supermarchés, des écoles ? Sont-ils redondants ou constituent-ils l'unique axe de desserte d'une région ? Quel niveau de trafic et quel type de trafic – véhicules légers ou poids lourds – supportent-ils ? Tous ces questionnements contribuent à mieux identifier les enjeux portés par les réseaux.

Lorsqu'un événement climatique affecte un réseau, plusieurs de ces fonctionnalités peuvent être affectées : la circulation peut être perturbée, voire impossible en cas de verglas, d'inondation, de glissement de terrain par exemple. Les moyens humains et financiers étant contraints, les décideurs politiques et techniques sont alors confrontés au choix des fonctionnalités à maintenir prioritairement. En période de crise notamment, il s'agit de hiérarchiser les sections de réseau à protéger en premier lieu, les déplacements à dévier ou interdire.

Sur le long terme, les infrastructures subissent des dégradations plus lentes. Il s'agit alors de choisir le moment de leur réparation ou de leur renforcement, période pendant laquelle le réseau est susceptible d'être fermé aux usagers.

OPTIMISER LES COÛTS

Qu'il s'agisse de mieux prévenir les risques, d'anticiper les crises ou encore d'améliorer le niveau de service proposé, l'adaptation peut permettre de réduire les coûts. Ainsi, la diminution des vulnérabilités des réseaux contribue à réduire les coûts de réparation liés aux destructions potentielles lors d'événements extrêmes ou encore les coûts d'entretien liés au vieillissement accéléré des infrastructures à long terme.

Enfin, l'optimisation des coûts concerne le territoire dans son ensemble, qui peut souffrir d'impacts économiques lorsque les déplacements fonctionnent en mode dégradé.

QUELS OUTILS ET MÉTHODES POUR L'ADAPTATION ?

UNE MÉTHODE D'ANALYSE DES RISQUES

Pour répondre à ces enjeux, le ministère de l'Environnement a publié en 2011 un premier Plan national d'adaptation au changement climatique (PNACC)³. Ce plan avait pour objectif de proposer un ensemble d'actions visant à anticiper et adapter les transports, la santé, l'industrie et bien d'autres domaines (20 au total) au changement climatique.

Dans le cadre de ce plan, le Cerema et de nombreux partenaires, dont des gestionnaires de réseaux, ont testé des analyses de risque sur différents types de réseaux : routiers, portuaires, aéroportuaires. Le Cerema a ainsi pu développer une méthodologie d'analyse des risques encourus par tous les types d'infrastructures et leurs fonctionnalités face au changement climatique, publiée en 2015⁴.

Les effondrements de chaussée peuvent avoir un impact considérable sur les déplacements et la vie des territoires.



Cette méthodologie repose sur plusieurs grandes étapes :

- le choix des objectifs de l'analyse : par exemple, sensibiliser différents acteurs impliqués dans la gestion des réseaux, cartographier les principales vulnérabilités d'un réseau, minimiser les coûts d'entretien à moyen terme ;
- la définition du périmètre de l'analyse – événements, sections, infrastructures, fonctionnalités à prendre en compte –, qui va de pair avec les objectifs choisis ;
- l'analyse de l'exposition du réseau face aux événements actuels et l'exposition future, c'est-à-dire l'analyse des événements qui peuvent se produire, leurs caractéristiques actuelles en fréquence et en intensité et les évolutions probables ;
- l'analyse des vulnérabilités des infrastructures, qui nécessite des données sur les caractéristiques des infrastructures : les matériaux de construction et techniques de conception, leur état, le suivi de leur entretien sont autant de données qui aident à mieux identifier les potentielles défaillances des infrastructures face à différents événements climatiques ;
- l'analyse des risques, qui intègre les résultats issus des étapes précédentes et permet, selon les fonctionnalités et enjeux du réseau, de prioriser les risques. Ces fonctionnalités peuvent être les déplacements touristiques, la mobilité du quotidien, des opérations logistiques, l'accès des services de secours... Les enjeux dépendent de l'importance attribuée à ces fonctionnalités, selon des critères comme le niveau de trafic, l'importance économique des zones desservies...

ANALYSE DE RISQUE POUR LA DIR MED

Le Cerema a souhaité tester cette méthodologie sur différents réseaux de transport. Ainsi, il a fait appel à Carbone 4, un cabinet de conseil spécialisé en transition énergétique et adaptation au changement climatique, pour mener une analyse sur tout le réseau de la Direction interdépartementale des routes de Méditerranée (DIR Med). L'étude a également associé la Direction générale des infrastructures, des transports et de la mer (DGITM) du ministère de la Transition écologique et solidaire et la DIR Méditerranée a été partie prenante.

L'analyse a évalué les niveaux de risque du réseau de la DIR Med, qui comporte plus d'un millier d'ouvrages d'art répartis sur plus de 750 km dans 9 départements.

Onze types d'événements climatiques (températures élevées, pluies intenses, inondations...) ont été pris en compte. Leurs caractéristiques – intensité, fréquence, distribution sur une aire géographique – ont été étudiées pour une période dite « de référence », couvrant 30 années passées, et deux périodes futures, à horizon moyen (2021-2050) et lointain (2071-2100).

Des données issues de modèles climatiques français qui prennent en compte différents scénarios climatiques du GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) ont été utilisées, notamment un scénario sans politique supplémentaire d'atténuation du changement climatique (RCP8.5) et un scénario avec quelques mesures d'atténuation supplémentaires (RCP4.5). Ces données ont permis d'évaluer l'exposition actuelle du réseau face aux 11 types d'événements climatiques et l'évolution de cette exposition dans les prochaines années.

Les vulnérabilités des infrastructures du réseau ont ensuite été évaluées. Pour cela, différentes catégories d'infrastructures ont été listées : revêtement et structure de chaussée, ouvrages d'art (en maçonnerie, en béton armé par exemple), équipements, réseau d'assainissement, etc. Le groupe de travail a ensuite identifié des profils de vulnérabilité pour chaque type d'infrastructure et des caractéristiques techniques dont la présence ou l'absence modifie ces profils types de vulnérabilité. Le niveau de vulnérabilité a été évalué sur la base d'une échelle créée en lien avec la DIR Med, pour répondre à un besoin opérationnel. Des notes ont été obtenues pour chaque section du réseau selon le type de route, d'ouvrage d'art et de différentes caractéristiques techniques.

La criticité du réseau a également été évaluée en combinant deux composantes :

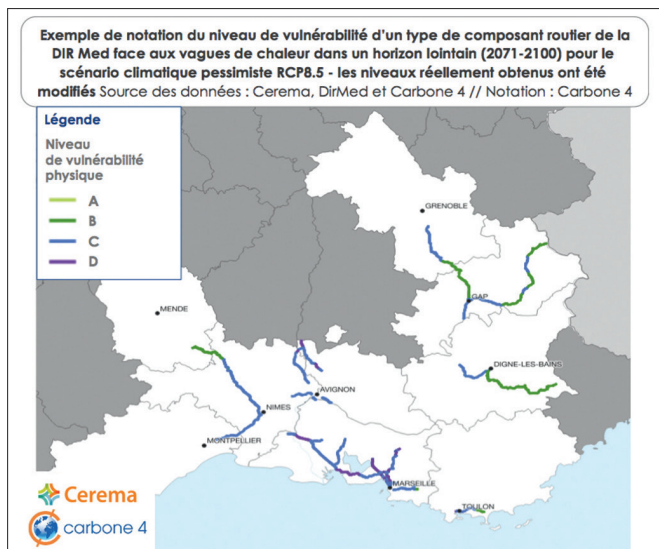
- le risque de coupure du trafic du fait d'un impact avec ou sans dégradation d'infrastructure (par exemple, la neige peut perturber le trafic sans causer de dégât sur l'infrastructure, les inondations peuvent couper le trafic du fait de la destruction d'une infrastructure) ;
- l'enjeu économique des sections du réseau, fonction notamment du trafic.

L'analyse de risque repose ensuite sur le croisement des caractéristiques actuelles et futures des événements climatiques et des niveaux de vulnérabilité des infrastructures et de leurs fonctionnalités ou enjeux. Pour chaque événement climatique, chaque infrastructure et chaque enjeu étudié, l'analyse a contribué à générer des cartes qui mettent en évidence les sections du réseau dont les niveaux de risque sont actuellement les plus élevés, ainsi que le niveau de risque général (figure 1). Des cartes prospectives présentent une projection à moyen et long terme en montrant l'évolution de ces niveaux de risque avec le changement climatique.

Cette méthodologie et l'étude menée sur le réseau de la DIR Méditerranée ont été identifiées comme exemples de meilleure pratique par l'Association mondiale de la route (AIPCR). Le Cerema poursuit son travail dans ce domaine, avec la réalisation d'analyses sur d'autres réseaux (réseau routier et de transport en commun d'une métropole, réseau portuaire), ainsi que le développement d'indicateurs pour caractériser plus finement les vulnérabilités.

-Figure 1-

Résultat d'analyse de risque pour un type d'infrastructure présent sur le réseau de la DIR Med.



Route inondable et pont submersible sur la Cèze en Occitanie.



VERS DES STRATÉGIES D'ADAPTATION

Une fois les vulnérabilités connues, il est possible de choisir des solutions d'adaptation. Différents types de solutions existent :

- l'adaptation ou le renforcement des infrastructures existantes ou à venir : utilisation d'enrobés spécifiques, redimensionnement des réseaux d'assainissement... ;
- l'adaptation de leur entretien et de leur exploitation : adaptation de la mise en place des barrières de dégel... ;
- l'adaptation de la gestion de crise : mise en place de systèmes d'alerte précoce... ;
- la mise en place de mesures de planification et de sensibilisation : sensibilisation, adaptation des cahiers des charges de travaux, mise en place de plans de déplacement pour les situations de crise...

Le choix des mesures d'adaptation dépend du type de vulnérabilité et du niveau de risque. Des critères complémentaires peuvent aider à affiner les choix, notamment si le périmètre d'analyse de risque est large et la liste des vulnérabilités exhaustive. Les impacts économiques et financiers et le coût des mesures à mettre en œuvre peuvent ainsi être pris en compte. La hiérarchisation des solutions est alors possible à l'aide d'analyses économiques.

Enfin, les incertitudes liées aux impacts, l'horizon temporel auquel ces impacts peuvent être ressentis et d'autres paramètres encore peuvent jouer sur le choix d'adaptation.

La mise en place de la stratégie d'adaptation avec des solutions priorisées s'appuie sur la mobilisation et la sensibilisation des services du gestionnaire à tous les niveaux. Il est également nécessaire de réaliser un suivi de sa mise en œuvre et d'évaluer ultérieurement les nouveaux niveaux de vulnérabilité obtenus avec les solutions adoptées pour ajuster la stratégie au fur et à mesure. ■

RÉFÉRENCES

1. Ouzeau et al., J. Jouzel (dir.), *Le climat de la France au XXI^e siècle - Volume 4 - Scénarios régionalisés : édition 2014 pour la métropole et les régions d'outre-mer*, Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, 2014.
2. Planton et al., J. Jouzel (dir.), *Le climat de la France au XXI^e siècle - Volume 5 Changement climatique et niveau de la mer : de la planète aux côtes françaises*, Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, 2015.
3. V. Berche, M. Colin, « PNACC : l'enjeu de l'adaptation des infrastructures », RGRA n° 933, janvier 2016.
4. « Plan national d'adaptation au changement climatique, volet Infrastructures et systèmes de transport, action 3 – Analyse des risques liés aux événements climatiques extrêmes sur les infrastructures, systèmes et services de transport », Cerema, 2015.