

VERS DES INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES PLUS RÉSILIENTES

Méthode ASAIT

Décembre 2024



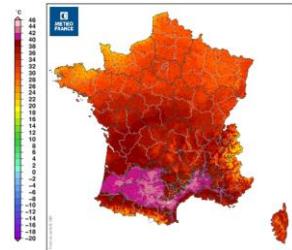
Marie COLIN

Référente technique résilience des infrastructures
et adaptation au changement climatique, Cerema

ENJEUX DE LA RÉSILIENCE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Le Monde

La vague de chaleur qu'a subie la France fin août 2023, du jamais-vu depuis au moins 1945



Températures maximales du 23 août 2023. © Météo-France

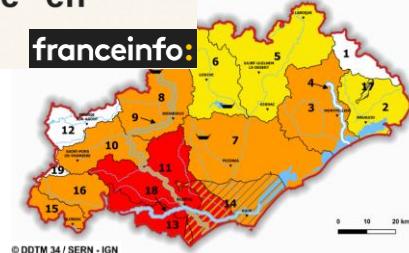


Incendies : sept fois plus de surface brûlée qu'une année ordinaire en France, trois fois plus en Europe

Le Monde

Sécheresse : 12 communes de l'Hérault déjà en pénurie d'eau, un plan d'urgence "eau potable" en préparation

franceinfo:



Comment protéger le Pas-de-Calais des inondations à répétition ?

Jeudi 4 janvier 2024

france culture



L'entrée d'une zone inondée à Arques, dans le nord de la France, le 3 janvier 2024, suite à la crue de l'Aa. © AFP - DENIS CHARLET

Juin



Dilatation

Ressuage

Août



Perturbations de trafic

Septembre



Tassements différentiels

Octobre

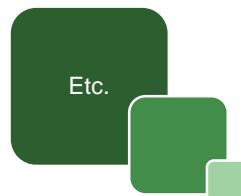
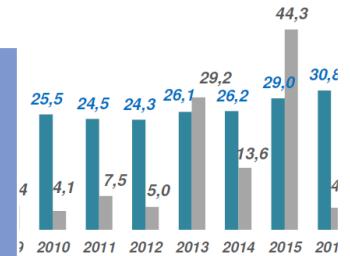


Impacts multiples

ENJEUX DE LA RÉSILIENCE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE



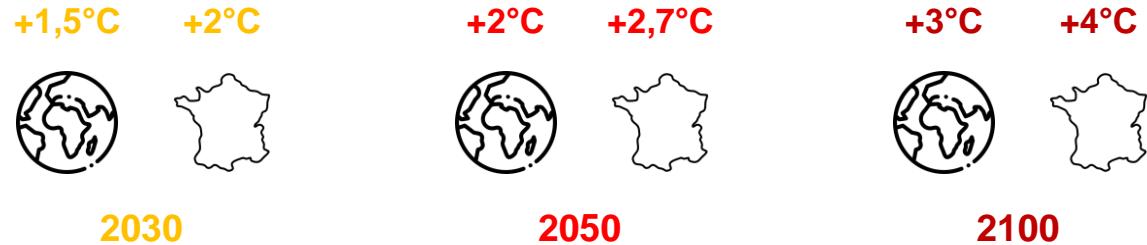
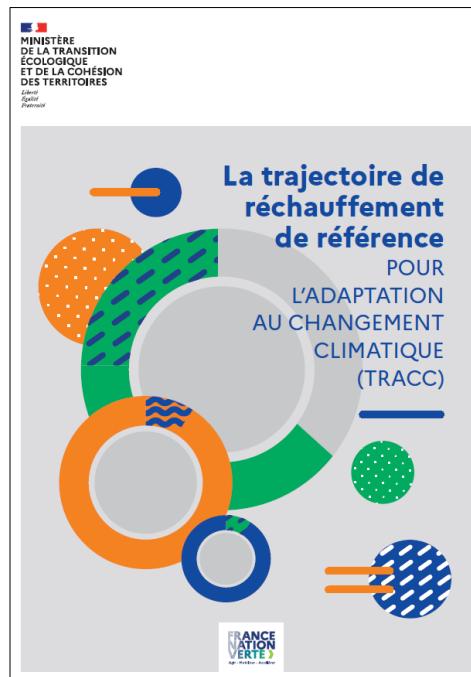
Hausse des coûts de réparation, d'entretien, etc.



Vers des infrastructures routières plus résilientes : méthode ASAIT

ENJEUX DE LA RÉSILIENCE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Référence : +1,1°C
par rapport à l'aire
préindustrielle (1850-1900)



Quelques exemples d'impacts (monde)						
+2,6°C		Température Journée la plus chaude par décennie	+5,1°C		Température Journée la plus chaude par décennie	
x 3,1		Sécheresse Une sécheresse qui se produisait une fois par décennie se produira x fois plus	x 5,1		Sécheresse Une sécheresse qui se produisait une fois par décennie se produira x fois plus	
x 1,8		Précipitations Occurrence des extrêmes pluvieux par décennie	x 2,8		Précipitations Occurrence des extrêmes pluvieux par décennie	

Vers des infrastructures routières plus résilientes : méthode ASAIT

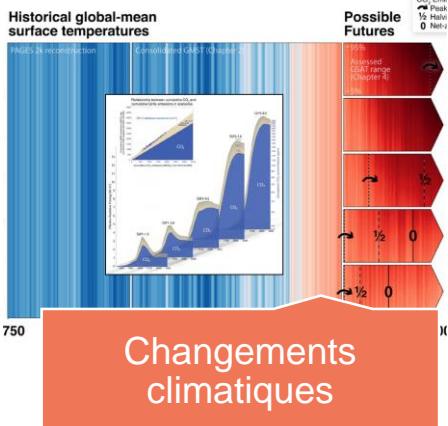
ENJEUX DE LA RÉSILIENCE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE



Crise, catastrophe



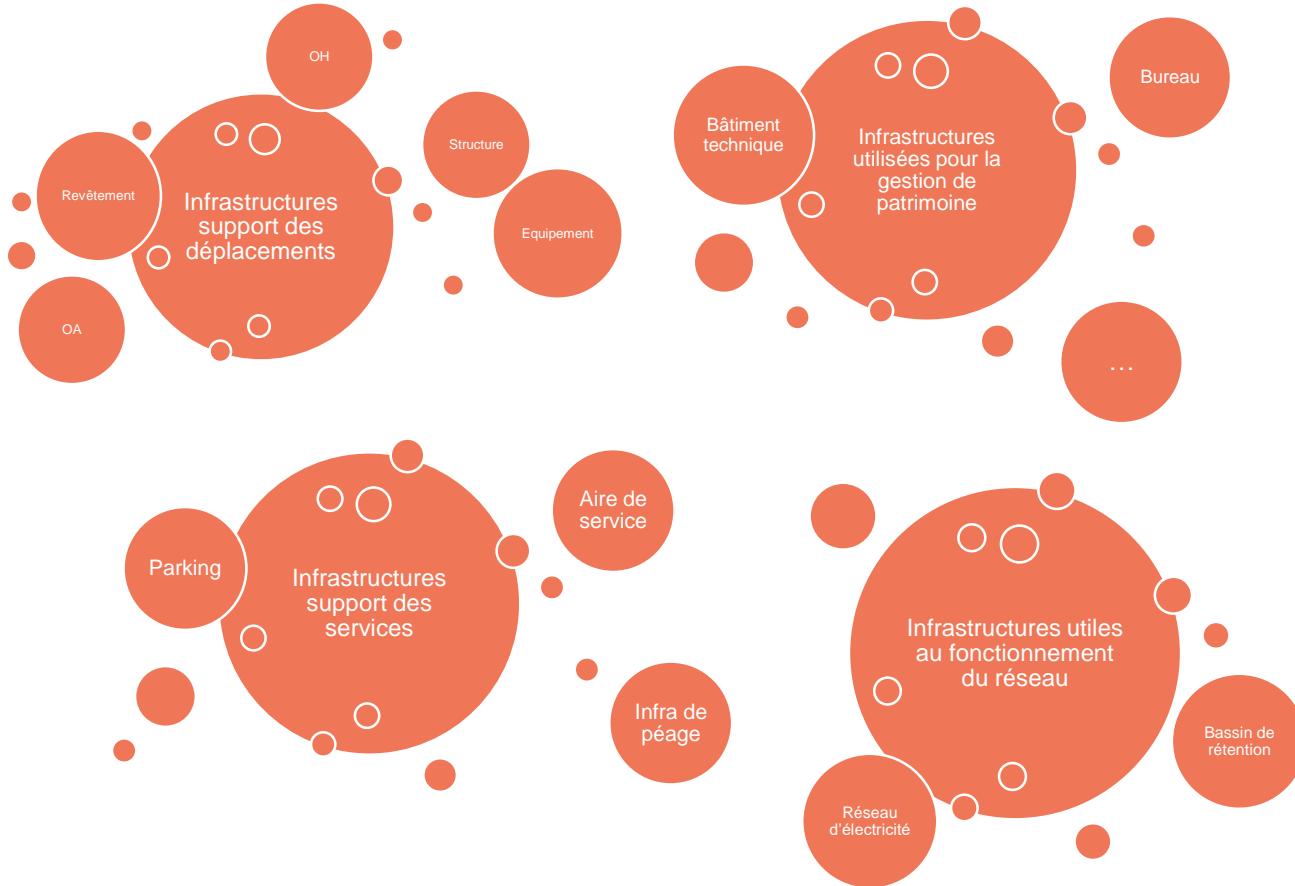
Vieillissement,
dégradation chronique



Changements
climatiques



Evolutions techniques,
sociétales, d'usage...



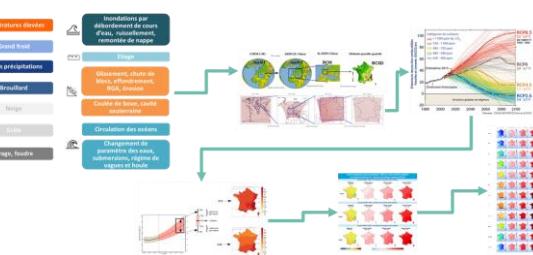
Vers des infrastructures routières plus résilientes : méthode ASAIT

MÉTHODE ASAIT

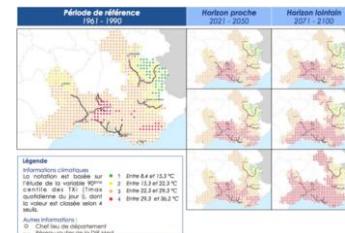
Approche Systémique de l'Adaptation des Infrastructures de Transport

Définir les objectifs, les périmètres et la gouvernance

Identifier les caractéristiques actuelles et futures des aléas



Analyser l'évolution des risques face au changement climatique



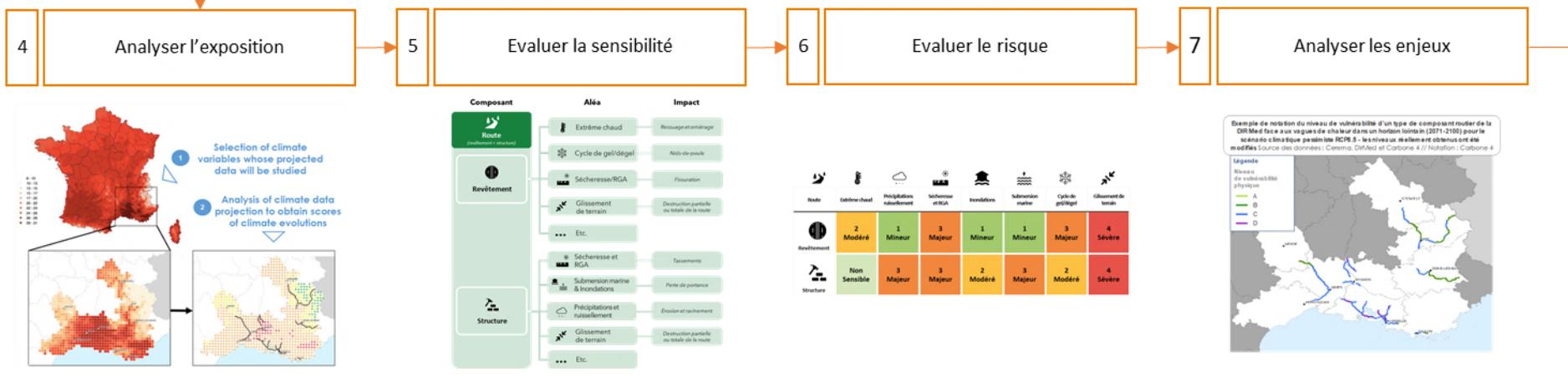
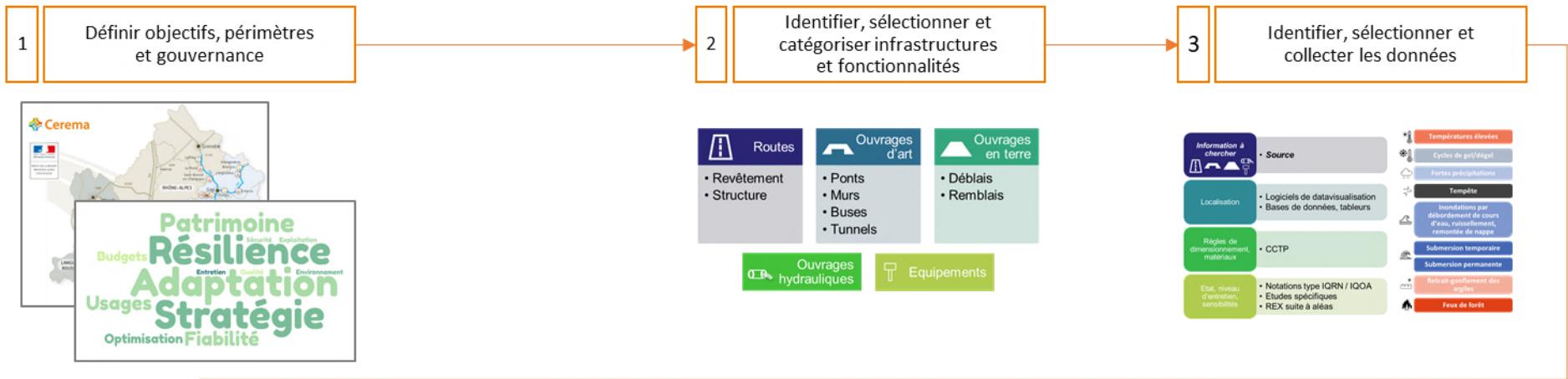
Identifier les solutions d'adaptation

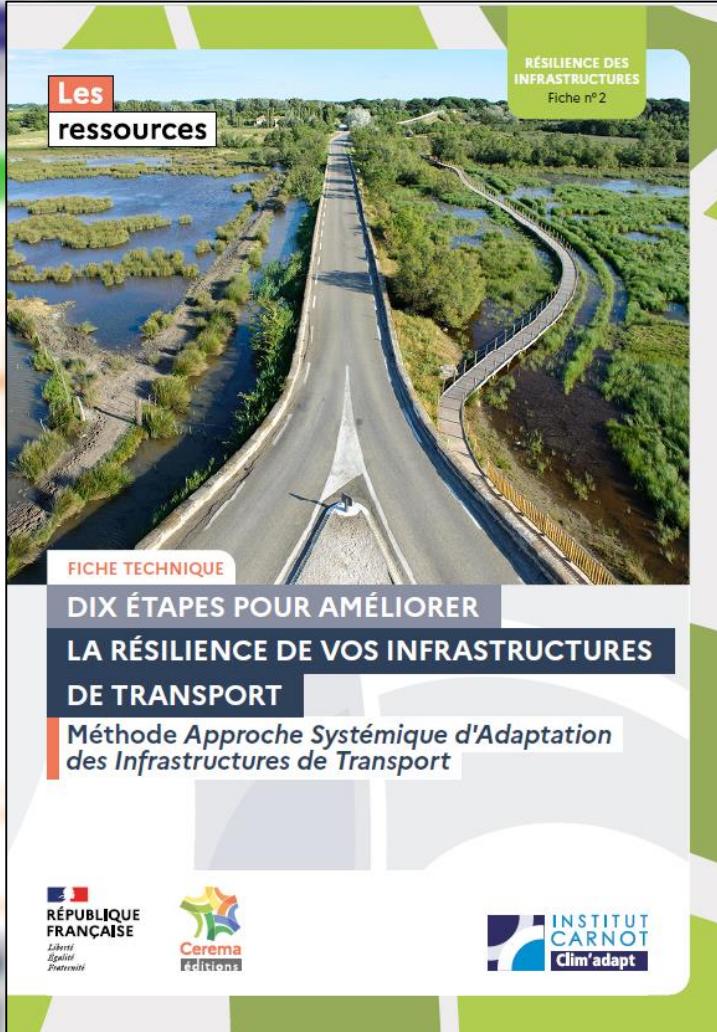
Type / Produit	Durée de vie	Méthode	Picture
Sand Bags	Until next flood event	Not for long term inundation, possibility of failure, can be deployed quickly, can be reused, can be integrated if existing soil at site not suitable. Height of sandbag wall = 3 times its height for stability. The sandbag wall must be anchored to the ground, material disposal, installation, etc.	
Self-expanding sand bags	Get before each flood	Deploy flat, does not require water, not for long term inundation, can be reused, does not require extensive storage, can be deployed quickly, can be reused, height of sandbag wall = 3 times its height.	
Water-Cap™ Self-draining Barrier	Seasonal use, reusable over multiple years	Deploys flat, rises to water pressure forces water out of barrier, has integrated drainage system, strength PVC, flexible and incorporates integrated drainage system, can be deployed quickly, height of structure is designed to retain water and is sold with a sandbag wall = 3 times its height.	
Asphalte	Seasonal use, reusable over multiple years	Deployable flexible protective structures, designed for rapid deployment, construction, hot and cold weather, height of structure ranges from 40 to 95 inches.	
Portable Cylinder Flood Barrier	Seasonal use, reusable over multiple years	Plastic sheets that form interlocking barriers are filled with water. Height of structure is ranges from 40 to 144 inches.	

Définir une stratégie de résilience



Vers des infrastructures routières plus résilientes : méthode ASAIT





EXEMPLES D'APPUI AUX GESTIONNAIRES

➤ Développement de la doctrine



Parking perméable et réservoir de stockage des eaux pluviales, Royaume-Uni (Londres).
Photo : Cerema



Buses sur l'AA66, Royaume-Uni.
Photo : Highway England

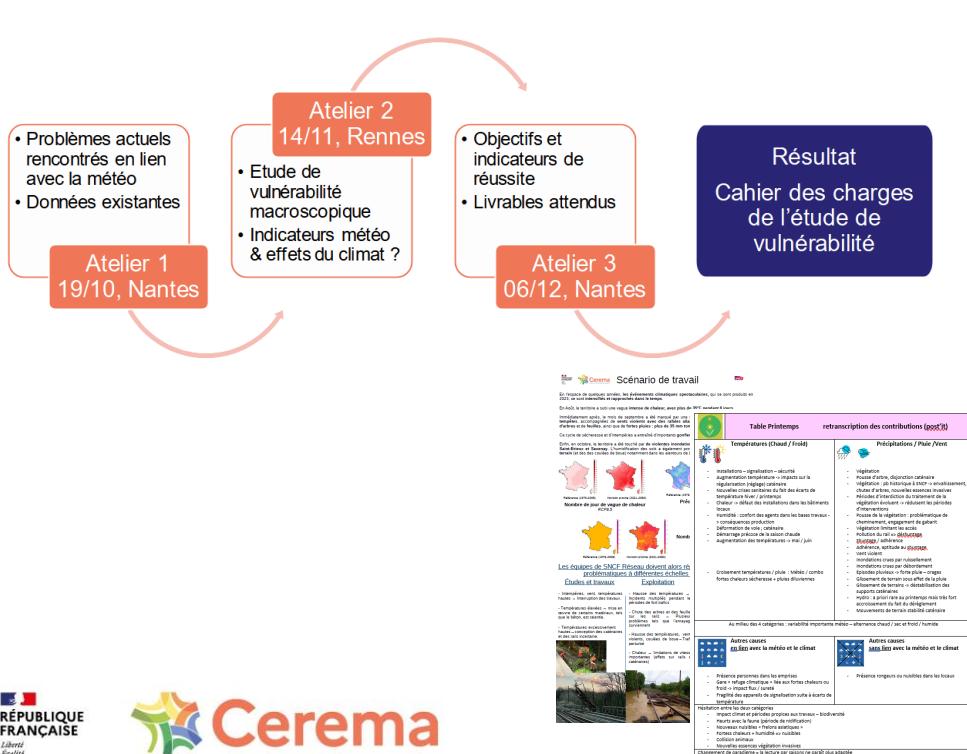
Conception et construction des infrastructures	Entretien	Exploitation, y compris gestion de crise	Planification, gouvernance
Connaissance des infrastructures	Périodes de réalisation des travaux	Connaissance des aléas climatiques	CCTP travaux
Connaissance des vulnérabilités	Moyens humains	Planification de la gestion de crise / post-crise	Sensibilisation, formation, communication interne
Bases de données infras	Fréquence des tournées d'inspection	Procédures de sécurité (crise)	Moyens humains
Règles de conception, dimensionnement		REX d'impacts suite à un aléa	Moyens budgétaires
Infrastructures de protection : digues, etc.			
Choix des matériaux de conception			
Renforcement de structures			

Stratégie d'adaptation du Grand Port Maritime de Bordeaux
Source : Cerema

Vers des infrastructures routières plus résilientes : méthode ASAIT

EXEMPLES D'APPUI AUX GESTIONNAIRES

- Développement de la doctrine
- Accompagnement des gestionnaires et collectivités territoriales



Etude de vulnérabilité Département de la Nièvre

Définir les objectifs, périmètres et la gouvernance en vue de la réalisation d'une analyse de vulnérabilité – Appui à la mobilisation du concédant	Client : Préfecture de la Nièvre
	Chef de projet CeremaCE

Analyse de vulnérabilité simplifiée

- Analyse des évolutions climatiques attendues
- Analyses des impacts potentiels sur différents secteurs, dont les infrastructures de transport
- Appui à la définition d'une stratégie d'adaptation déclinée en plan d'action

Résultats :

- Base de connaissance solide sur le changement climatique
- Sensibilisation en interne sur le sujet
- Appropriation par les différents services
- Mobilisation en interne et mobilisation des acteurs du territoire

Indice d'exposition aux risques des infrastructures routières
NB : Indice = nombre de risques par longueur de route : aucun (0), inondation d'après le Plan de Prévention des Risques Naturels (PPRN), inondation d'après l'Atlas des Zones Inondables (AZI). Retrait, Gonflement d'Argiles (RGA), gel/empête/incendie dû à la proximité d'une forêt et mouvements de terrain

Préparer la Nièvre d'après-demain
STRATÉGIE DÉPARTEMENTALE D'ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE DU DÉPARTEMENT DE LA NIÈVRE

Analyse de vulnérabilité avec stratégie d'adaptation et évaluation des coûts de l'inaction sur l'ensemble du RRN non concédé et concédé, y compris Loi 3DS

Accompagner une direction de l'administration centrale (TEDET) au cadrage de l'étude, à la passation de l'AO et au suivi de l'étude	Client : DGITM/TEDET
	2023 – 2025 / Pilote : ITM (150k€)

Appui au cadrage et à la passation de l'appel d'offre

- Appui au cadrage
- Appui à la rédaction du cahier des charges
- Appui à l'analyse des offres (juillet 2023)

Appui au suivi de l'étude :

- Etude de vulnérabilité physique et fonctionnelle (Lot 1 - TF)
- Identification de solutions d'adaptation, critères de hiérarchisation et zones prioritaires de mise en œuvre (Lot 1 - TO)
- Etude du coût de l'inaction avec développement d'une à diffuser – coûts des dégradations et des pertes de fonctionnalité (Lot 2 - TF)

Réseau concerné :

- Au 1^{er} janv. 23
- RRN non concédé
- RRN concédé
- Y compris Loi 3DS

Vers des infrastructures routières plus résilientes : méthode ASAIT

EXEMPLES D'ÉTUDES DE RÉSILIENCE RÉCENTES

Analyse de vulnérabilité avec stratégie d'adaptation et évaluation des coûts de l'inaction sur l'ensemble du RRN non concédé et concédé, y compris Loi 3DS

Accompagner une direction de l'administration centrale (TEDET) au cadrage de l'étude, à la passation de l'AO et au suivi de l'étude

Client : DGITM/TEDET

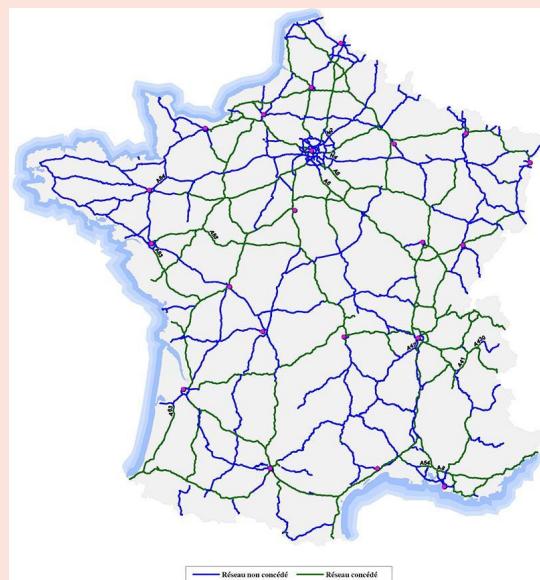
2023 – 2025 / Pilote : ITM (150k€)

Appui au cadrage et à la passation de l'appel d'offre

- Appui au cadrage
- Appui à la rédaction du cahier des charges
- Appui à l'analyse des offres (juillet 2023)

Appui au suivi de l'étude :

- Etude de vulnérabilité physique et fonctionnelle (Lot 1 - TF)
- Identification de solutions d'adaptation, critères de hiérarchisation et zones prioritaires de mise en œuvre (Lot 1 - TO)
- Etude du coût de l'inaction avec développement d'une à diffuser – coûts des dégradations et des pertes de fonctionnalité (Lot 2 - TF)



Réseau concerné :

- Au 1^{er} janv. 23
- RRN non concédé
- RRN concédé
- Y compris Loi 3DS

EXEMPLES D'ÉTUDES DE RÉSILIENCE RÉCENTES

Accompagner la SNCF Réseau dans le cadrage d'une étude de résilience sur le réseau breton et ligérien et le choix du prestataire

Sensibiliser et impliquer les collaborateurs concernés

Client : SNCF Réseau
(Bretagne-Pays-de-la-Loire)

2023 – en cours

Sensibilisation en interne aux enjeux de l'adaptation

- Réalisation d'une présentation sur les enjeux et la démarche de résilience à destination du comité de direction

Cadrage des objectifs de l'étude

- Réalisation d'un atelier préparatoire pour identifier des premiers objectifs possibles
 - Réalisation de 3 ateliers de travail collaboratif avec plusieurs collaborateurs de SNCF Réseau pour cadrer les besoins/objectifs et livrables attendus, et les périmètres de l'étude

Rédaction du cahier des charges technique

Appui à l'analyse des offres



EXEMPLES D'APPUI AUX GESTIONNAIRES

- Développement de la doctrine
- Accompagnement des gestionnaires et collectivités territoriales
- Diffusion des connaissances

Techni.Cités
Le magazine des cadres techniques de la fonction publique

Transport Pour des routes de plus en plus résilients

INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT ET VH : VERS DES STRATEGIES ET SOLUTIONS DE RÉSILIENCE

CONGRÈS DE L'IDRRIM

Méthode ASAIT
10 étapes pour améliorer la résilience de vos infrastructures de transport

Cerema
CLIMAT & TERRITOIRES DE DEMAIN

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté Égalité Fraternité

Cerema
CLIMAT & TERRITOIRES DE DEMAIN

Résilience des infrastructures

RGA
Retrait-gonflement des sols argileux

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

Cette fiche de la série « Résilience des infrastructures » traite du phénomène de retrait-gonflement des sols argileux (RGA) et de ses conséquences sur les infrastructures routières. Dans le contexte du changement climatique, ce phénomène risque d'engendrer plus de dommages et nécessite d'être pris en compte. Cette fiche, divisée en trois parties, définit les enjeux de la problématique (partie 1), contribue à améliorer la connaissance du patrimoine routier (partie 2) afin de déterminer les moyens d'action pour le rendre plus résilient (partie 3).

Aléas climatiques et météorologiques influençant le retrait-gonflement des sols argileux

Fiche n° 01 - Janvier 2022

INSTITUT CARNOT Clim'adapt

Collection | Connaissances

Vers des infrastructures routières plus résilientes : méthode ASAIT

**Changement climatique
Les réseaux de transport aussi sont vulnérables !**

Collection | Le P'tit Essentiel

Pourquoi suis-je concerné ?

Quelles sont ces vulnérabilités ?

Comment les identifier ?

Cerema

**Infrastructures routières
S'adapter au changement climatique, une nécessité !**

Collection | Le P'tit Essentiel

Quels sont les risques ?

Pourquoi dois-je agir maintenant ?

Que faire avec un budget restreint ?

Cerema

EXEMPLES D'ÉTUDES DE RÉSILIENCE RÉCENTES

Sensibilisation de SNCF Réseau à la résilience au changement climatique

Sensibiliser des collaborateurs SNCF Réseau aux enjeux et à l'urgence de l'adaptation, les aider à monter en compétence dans le cadre des études de vulnérabilités au changement climatique

Client : SNCF Réseau
(Stratégie)

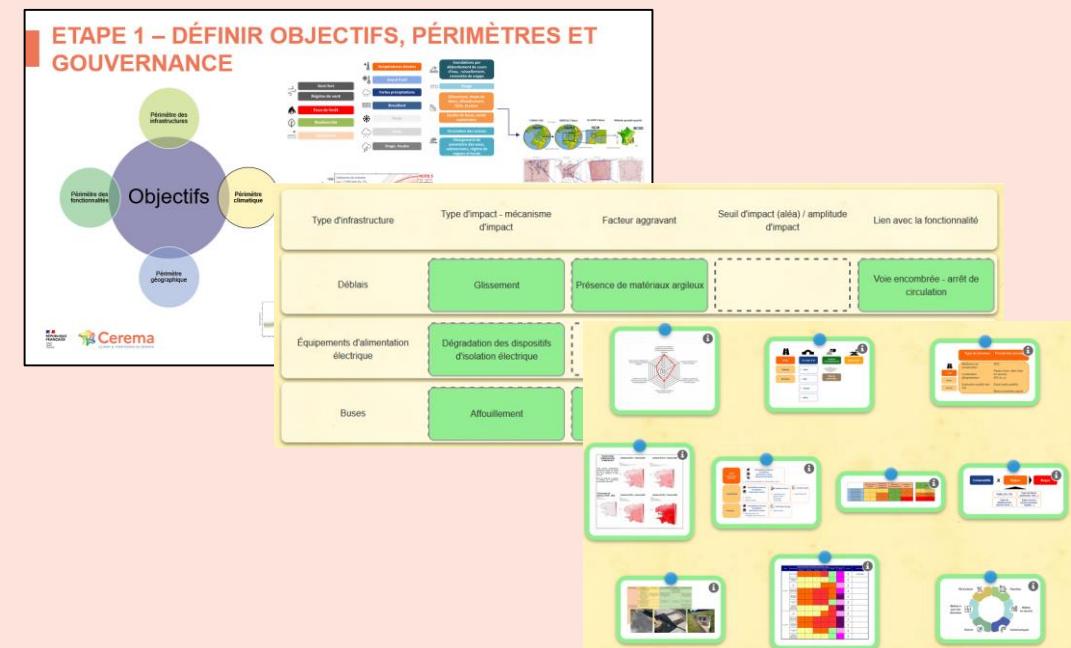
Chef de projet CeremaITM

Session de sensibilisation aux enjeux de l'adaptation des réseaux ferroviaires au changement climatique (Cerema)

- Rappels sur le changement climatique
- Rappels sur les impacts du CC sur les infras ferroviaires
- Présentation de démarche et solutions pour faire face au CC

Sessions d'approfondissement sur la démarche de résilience (Cerema)

Bilan : plus de 150 agents formés, de nouveaux travaux lancés



EXEMPLES D'APPUI AUX GESTIONNAIRES

- Développement de la doctrine
- Accompagnement des gestionnaires et collectivités territoriales
- Diffusion des connaissances
- **Accompagnement de l'innovation**



e-jTR JOURNÉES TECHNIQUES ROUTE 2023

4. Outils de suivi des expérimentations in situ

Suivi ORSS

- Topographie**
Suivi topographique des profils en travers de la chaussée y compris les accotements
Appareils : Trimble S6 et GPS Leica
- Scanner dynamique 3D**
Suivi de l'environnement proche de la route en réalisant un relevé dynamique 3D en environnement complexe
Appareil : GEOSLAM Zeb-Horizon
- Tensiométrie du sol**
Suivi de la cartographie de l'état hydrique du sol via la mesure continue de la succion
Appareils : sondes Watermark® et Monitor®

L. IGHIL AMEUR | Les solutions de remédiation pour limiter les vulnérabilités des routes affectées par la sécheresse dans le contexte du changement climatique 9



Merci de votre attention



Contacts :
Marie Colin – marie.colin@cerema.fr

QUELQUES RÉFÉRENCES D'ÉTUDES DE RÉSILIENCE - CEREMA

DOMAINE ROUTIER

QUELQUES RÉFÉRENCES D'ÉTUDES DE RÉSILIENCE - CEREMA

Analyse de vulnérabilité du réseau routier national géré par la DIR Méditerranée

Vérifier l'applicabilité de la démarche Cerema à large échelle

Evaluer l'exposition et les vulnérabilités actuelles et futures des 750km de réseau routier dans un contexte de changement climatique

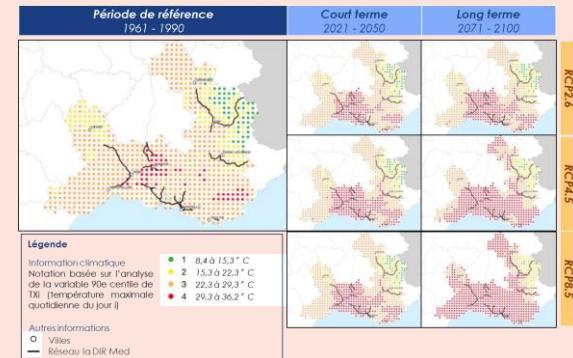
Client : Ministère de la transition écologique

2017-2018

Positionnement du Cerema en MOA

Analyse des expositions actuelles et futures

- Identification des données de projections climatiques à analyser : sources, modèles, scénarios, horizons, périmètre
- Analyse de l'exposition projetée pour différents scénarios climatiques et horizons : températures, précipitations, inondations, etc.



QUELQUES RÉFÉRENCES D'ÉTUDES DE RÉSILIENCE - CEREMA

Evaluer les expositions et vulnérabilités actuelles et futures Identifier des solutions d'adaptation

Client : ASF

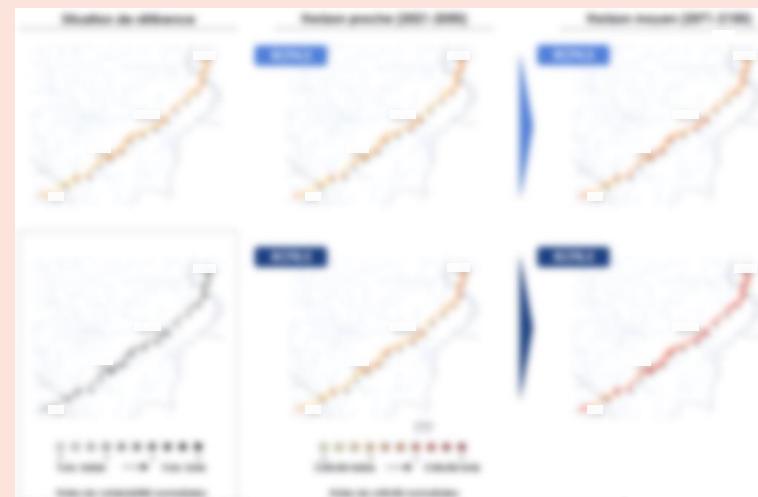
2018-2019

Appui au suivi de l'analyse de vulnérabilité

- Analyse des évolutions climatiques attendues
 - Analyse des impacts potentiels de différentes variables climatiques sur les infrastructures de transport
 - Analyse de l'évolution des vulnérabilités dans un contexte de changement climatique

Identification de solutions d'adaptation

- Par variable climatique
 - Et par famille d'infrastructures



QUELQUES RÉFÉRENCES D'ÉTUDES DE RÉSILIENCE - CEREMA

Etude de vulnérabilité des réseaux routiers du Département de la Nièvre

Définir les objectifs, périmètres et la gouvernance en vue de la réalisation d'une analyse de vulnérabilité – Appui à la mobilisation du concédant

Client : Préfecture de la Nièvre
2019

Analyse de vulnérabilité simplifiée

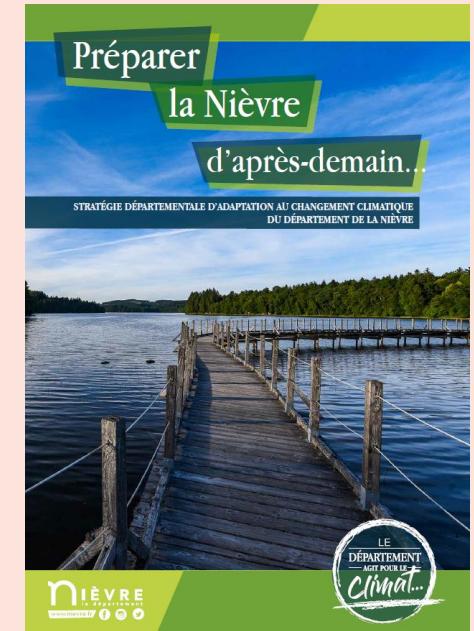
- Analyse des évolutions climatiques attendues
- Analyses des impacts potentiels sur différents secteurs, dont les infrastructures de transport
- Appui à la définition d'une stratégie d'adaptation déclinée en plan d'action

Résultats :

- Base de connaissance solide sur le changement climatique
- Sensibilisation en interne sur le sujet
- Appropriation par les différents services
- Mobilisation en interne et mobilisation des acteurs du territoire



NB : Indice = nombre de risques par tronçon de route : aucun (0), inondation d'après le Plan de Prévention des Risques Naturels (PPRN), inondation d'après l'Atlas des Zones Inondables (AZI), Retrait Gonflement d'Argiles (RGA), gel/tempête/incendie dû à la proximité d'une forêt et mouvements de terrain



QUELQUES RÉFÉRENCES D'ÉTUDES DE RÉSILIENCE - CEREMA

Projet de recherche - FEREC

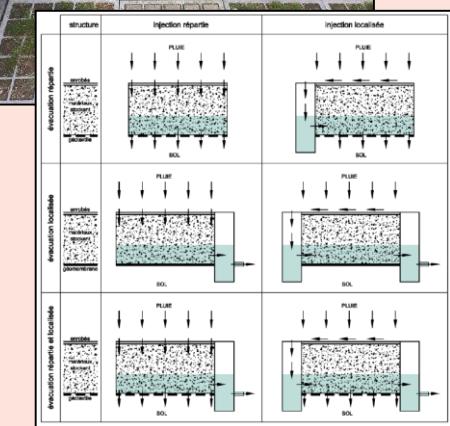
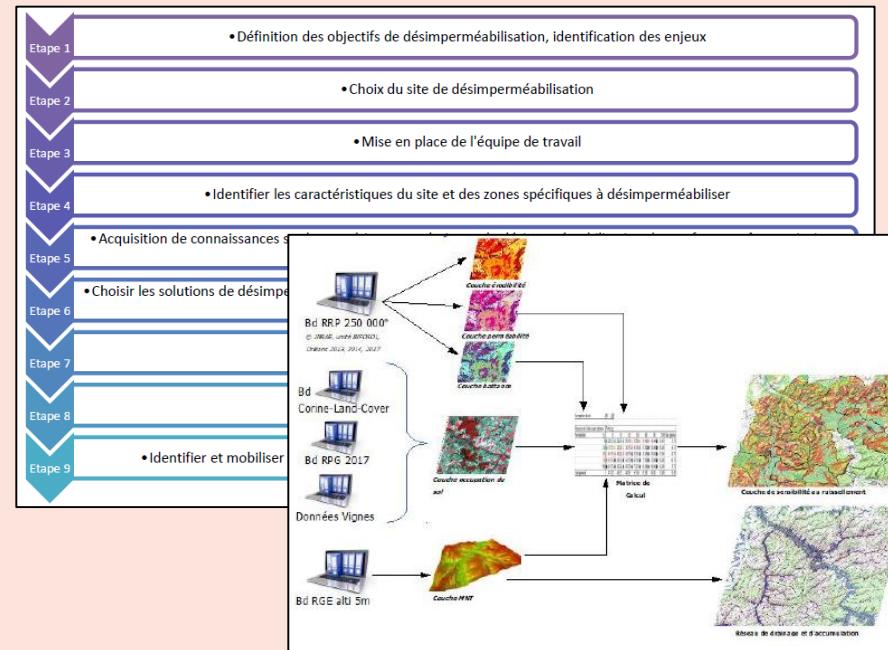
Projet Road&Eau : Désimperméabilisation des surfaces revêtues, enjeux et stratégies

Financeur : Ferec

2019 - 2020

Projet de recherche sur les enjeux et stratégies de désimperméabilisation des surfaces revêtues

- Identifier les bénéfices et contraintes de la désimperméabilisation pour les constructeurs et collectivités
- Proposer des pistes pour identifier les zones les plus vulnérables et les solutions pertinentes
- Identifier des stratégies techniques de désimperméabilisation et besoins de développement
- Offrir une base nationale d'exemples de solutions aux constructeurs et collectivités en capitalisant les retours d'expérience



QUELQUES RÉFÉRENCES D'ÉTUDES DE RÉSILIENCE - CEREMA

Etude de résilience du réseau routier Sanef/SAPN

Définir les objectifs, périmètres et la gouvernance en vue de la réalisation d'une analyse de vulnérabilité – Appui à la mobilisation du concédant

Client : Sanef/SAPN

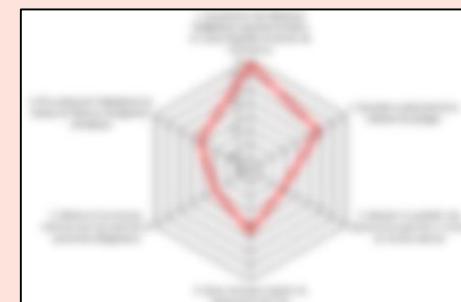
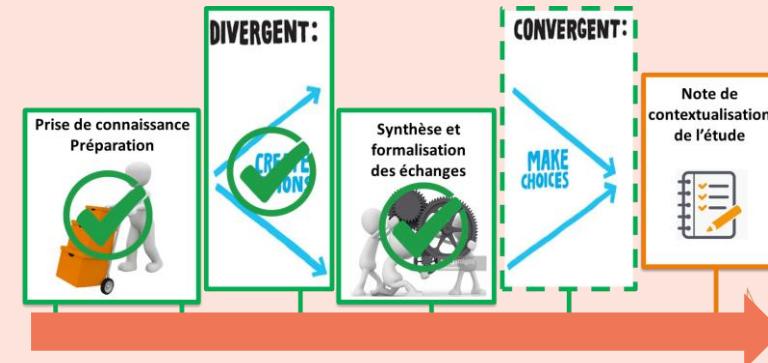
2019-2020

Cadrage du périmètre d'une future étude de résilience

- Appui à l'identification des objectifs
- Appui au choix des infrastructures et fonctionnalités
- Appui au choix des aléas

Appui à la mobilisation du concédant

- Rédaction d'un rapport détaillant les apports de la mise en œuvre de la démarche



QUELQUES RÉFÉRENCES D'ÉTUDES DE RÉSILIENCE - CEREMA

Etude de résilience du réseau routier national concédé et non concédé

Accompagner une direction de l'administration centrale au cadrage de l'étude, à la passation de l'AO et au suivi de l'étude

Client : DGITM

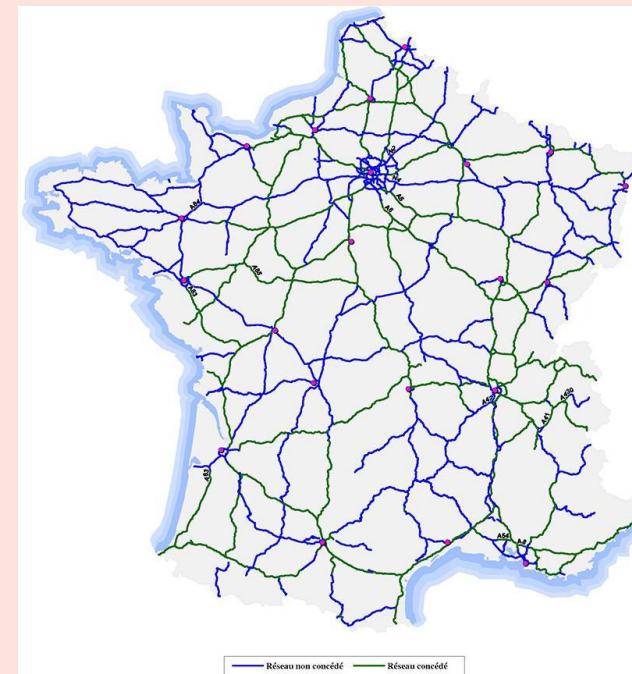
2023 – en cours

Appui au cadrage et à la passation de l'appel d'offre

- Appui au cadrage
- Appui à la rédaction du cahier des charges
- Appui à la formulation des réponses dans le cadre de l'AO
- Appui à l'analyse des offres (juillet 2023)

Appui au suivi de l'étude :

- Etude de vulnérabilité physique et fonctionnelle
- Identification de solutions d'adaptation et zones prioritaires où les mettre en œuvre
- Etude du coût de l'inaction avec développement d'une méthodologie qui a vocation à être largement diffusée



QUELQUES RÉFÉRENCES D'ÉTUDES DE RÉSILIENCE - CEREMA

Projet R&D - Diagnostic de vulnérabilité des infrastructures d'intérêt régional face au changement climatique en région Sud

Réalisation d'un diagnostic de vulnérabilité tous modes,
partagé entre la Région, l'Etat et les gestionnaires d'infrastructures

Client : Région PACA

2022 – en cours

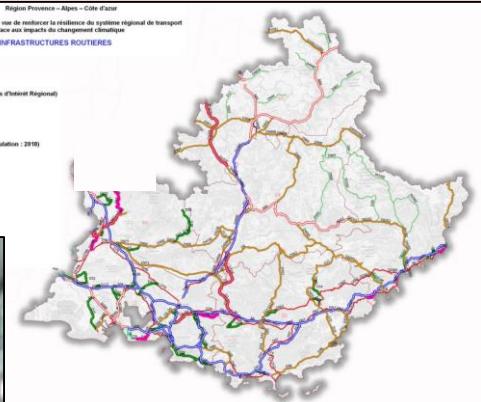
Réalisation du cadrage d'une étude multimode et multi-partenariale

- Définition des objectifs, des périmètres routier, ferroviaire, aéroportuaire, fluvio-maritime ; décomposition en composants et constitution d'un socle commun à tous les modes de transport
- Travaux en collaboration avec les gestionnaires d'infrastructures (environ 20)
- Production d'une note technique de cadrage détaillant les périmètres et le contenu du diagnostic

Projet R&D : Réalisation du diagnostic (à partir de septembre 2024)

- Production d'indicateurs climatiques
- Etude de la vulnérabilité physique et fonctionnelle
- Lien avec la résilience du territoire et les principaux enjeux desservis par les infrastructures du périmètre

Socle de composants communs (Toutes infrastructures)	
Famille de systèmes	Composants
Voies et fonciers non bâtis (Terre-pleins)	Voies de circulation : Revêtement de chaussée Structure de chaussée
Ouvrages (Ponts / tunnels, murs de soutènement, ouvrage de protections, ...)	Ouvrage en maçonnerie Ouvrage métal Ouvrage béton Ouvrage béton armé
Équipements extérieurs (hors bâtis)	Équipements électriques / Installations d'énergie : Production stockage / Distribution
Terminaux / Hangars	Bâtiments "gestion des passagers" (Terminal embarqué / gares / Péage / aires de service, pôles d'échanges, ...)
Environnement / Biodiversité Ou dépendances vertes	Équipements spécifiques au bâti : assainissement, déchets / climatisation Bâtiment pour le fret / logistique Arbres / Végétation Faune



QUELQUES RÉFÉRENCES D'ÉTUDES DE RÉSILIENCE - CEREMA

DOMAINE FERROVIAIRE

QUELQUES RÉFÉRENCES D'ÉTUDES DE RÉSILIENCE - CEREMA

Lisea (analyse de vulnérabilité)

S'engager dans une stratégie d'ACC
Analyser les vulnérabilités de la LGV au changement climatique

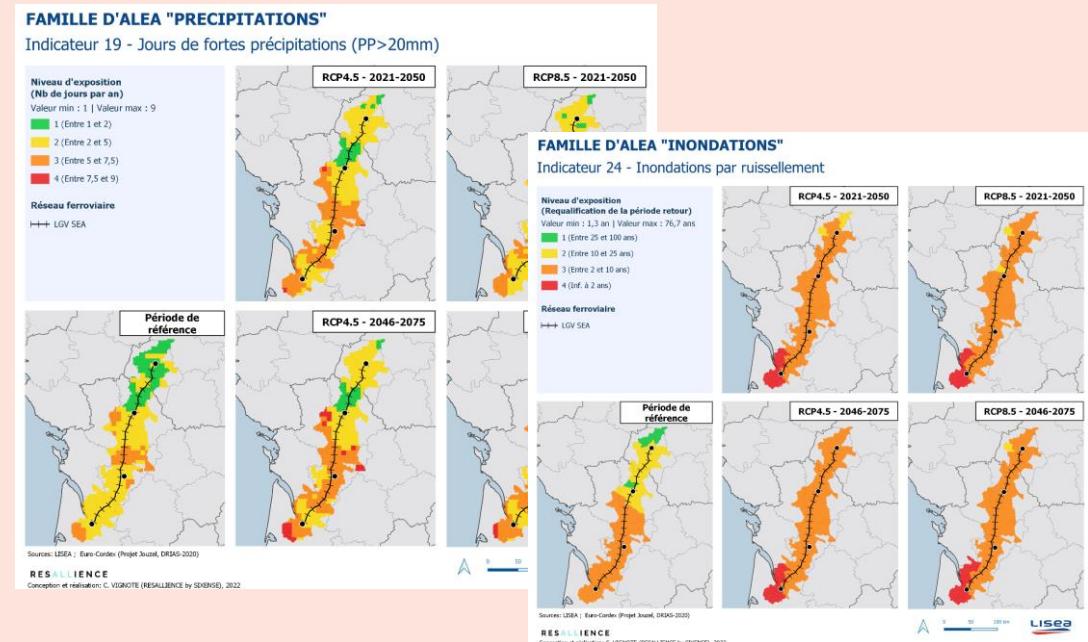
Client : Lisea
2021-2023

Appui au cadrage de l'étude et à la passation d'un AO

- Appui à la rédaction du CCTP
- Appui à l'analyse des offres

Appui à l'analyse de vulnérabilité – AMO Cerema

- Analyse des évolutions climatiques attendues
- Analyse des impacts potentiels de différentes variables climatiques sur les infrastructures de transport
- Analyse de l'évolution des vulnérabilités dans un contexte de changement climatique



QUELQUES RÉFÉRENCES D'ÉTUDES DE RÉSILIENCE - CEREMA

Etude de résilience ferroviaire de l'Axe Seine

Evaluer la vulnérabilité de l'Axe Seine au changement climatique et identifier des solutions d'adaptation

Tester la méthodologie Cerema et l'adapter au contexte ferroviaire

Client : SNCF Réseau (Normandie)

2021-2022

Appui au suivi de l'analyse des vulnérabilités

- Identification et catégorisation des actifs ferroviaires, soit 12 types d'infrastructures décomposés en 72 catégories de composants
- Analyse des caractéristiques actuelles et futures de 12 familles d'aléas
- Analyse des sensibilités relatives des composants et infrastructures face aux aléas impactants



Identification des solutions d'adaptation

Accompagnement

- en matière de sensibilisation interne à l'entreprise

QUELQUES RÉFÉRENCES D'ÉTUDES DE RÉSILIENCE - CEREMA

Etude de résilience ferroviaire de la ligne nouvelle Montpellier-Perpignan

Intégrer l'adaptation au changement climatique dans l'étude d'impact de la Ligne Nouvelle Montpellier-Perpignan

Client : SNCF Réseau (LNMP)

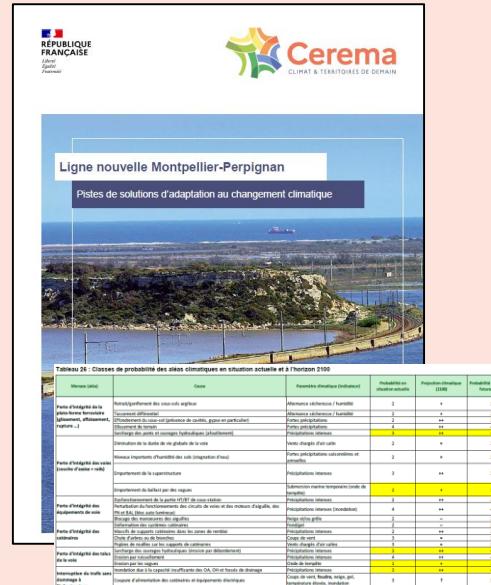
2021-2022

Production d'avis techniques sur l'analyse des vulnérabilités

- Analyse macroscopique des vulnérabilités
 - Avec prise en compte d'impacts « fonctionnels »

Identification de solutions d'adaptation

Identification des impacts de défaillances d'infrastructures en lien avec le CC sur l'environnement au sens de l'étude d'impact



QUELQUES RÉFÉRENCES D'ÉTUDES DE RÉSILIENCE - CEREMA

Etude de résilience ferroviaire de la ligne nouvelle Grand Projet du Sud-Ouest Bordeaux-Toulouse

Analyser l'exposition au changement climatique
Etudier les typologies d'impacts
Préconiser des solutions d'adaptation

Client : SNCF Réseau (GPSO)

2022-2023

Analyse d'exposition à l'échelle du projet et exploitation des projections climatiques du portail DRIAS

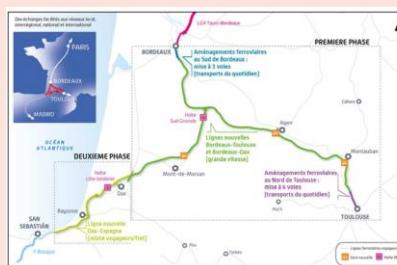
- Caractéristiques actuelles et évolutions de 12 familles d'aléas selon les scénarios RCP4.5 et RCP8.5

Impacts des aléas sur l'infrastructure

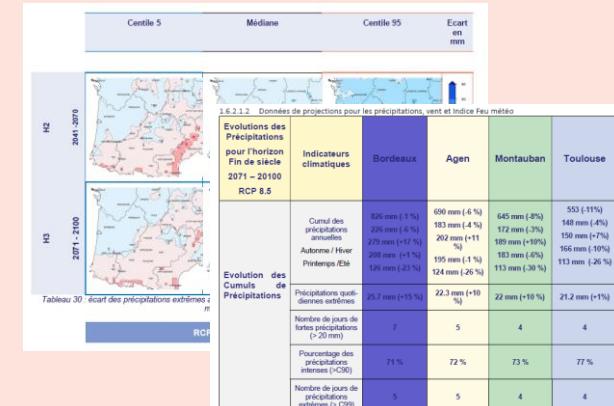
- Décomposition fine de l'infrastructure ferroviaire
- Identification des aléas prioritaires
- Typologies d'impacts et de sensibilités relatives des composants et infrastructures

Pistes de solutions par familles d'aléas et par composants d'une LGV type GPSO

- Leviers d'actions déjà mis en œuvre (EI) et ou envisageables (expérience Cerema : conception, entretien, exploitation, gouvernance) par composants
- Recommandations générales



Détail risque	Impact	Solutions Curatives			Solutions Preventives sur l'existing		Solutions Preventives neuf	
		Inspection de l'ouvrage de protection pour détection et réparation des dégâts	Inspection de l'ouvrage de protection pour renforcement (ex.: protection contre les vagues)	Gestion de la végétation sur les talus	Gestion de la végétation sur les talus	Intervalle des valeurs prévisionnelles sur le tracé (fin de siècle)	Données des prévisions de référence	Nature
Impacts du changement climatique sur le système voie								
Détail risque	Aleas	Impact	Sensibilité du système	Leviers				
	Nature	Intervalle des valeurs prévisionnelles sur le tracé (fin de siècle)	Nature	Mise en place de mesures de renforcement des ouvrages	Famille			
	Exemples	Données des prévisions de référence		Renforcement des ouvrages	Conception, dimensionnement, renforcement			
	Exemples			Amélioration de la tolérance	Exploitation, gestionnaire			
	Exemples							



QUELQUES RÉFÉRENCES D'ÉTUDES DE RÉSILIENCE - CEREMA

Appui au cadrage de l'étude de résilience ferroviaire de l'axe occitan

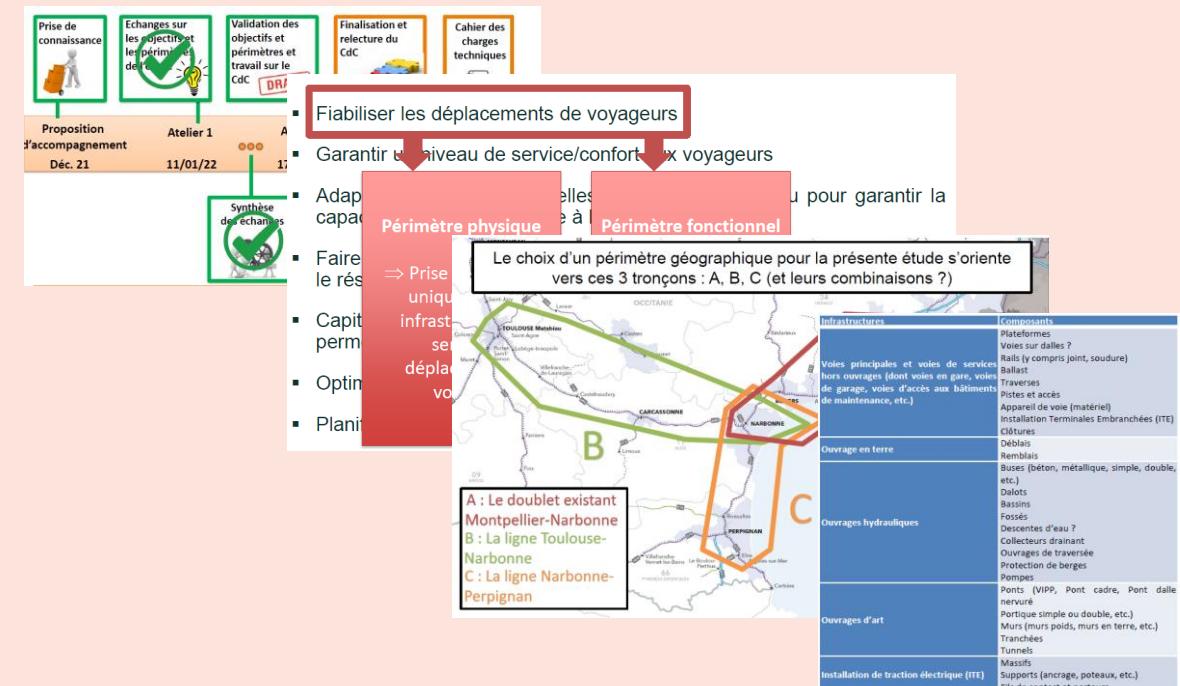
Accompagner la SNCF Réseau dans le cadrage d'une étude de vulnérabilité sur le réseau occitan et le choix du prestataire

Client : SNCF Réseau (Occitanie)

2021-2022

Définition simplifiée des objectifs

- Réalisation de 3 ateliers de cadrage des infrastructures, fonctionnalités, aléas et hypothèses climatiques et du périmètre géographique



Appui à la rédaction des pièces techniques de l'AO

Appui au choix du prestataire

QUELQUES RÉFÉRENCES D'ÉTUDES DE RÉSILIENCE - CEREMA

Etude sur les critères de priorisation pour la réalisation d'analyses de vulnérabilité ferroviaires

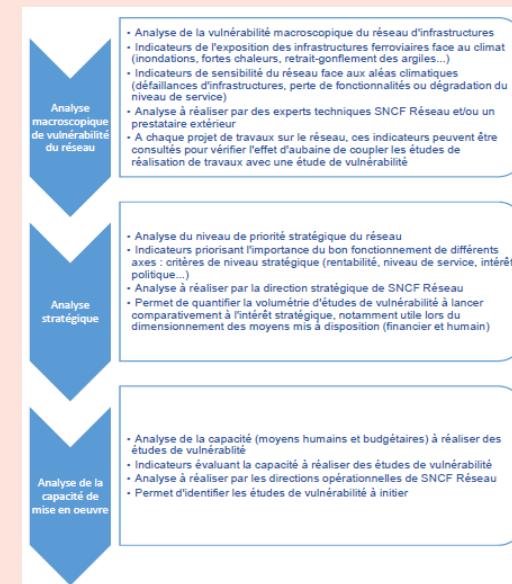
Proposer des critères pour prioriser la réalisation d'études de vulnérabilité sur l'ensemble du réseau ferroviaire SNCF Réseau

Client : SNCF Réseau (Stratégie)

2022

Plusieurs indicateurs proposés (Cerema)

- Indicateurs pour l'analyse macroscopique de vulnérabilité : indicateurs d'exposition et de défaillance
- Indicateurs pour l'analyse stratégique
- Indicateurs pour l'analyse de la capacité de mise en œuvre



Type de découpage	Carriageway	Tronçons élémentaires	Lignes	Direction territoriale / infraréseau
Ateliers	+ Simplifié apparente (conceptuelle, géométrique, visuelle)	+ Déroulage linéaire : par exemple, à risque apparent de voie	+ Coherence de réseau : cohérence entre les fonctions (voie, voie et fret)	+ Coherence de réseau
Limites	+ Perde de la structure et de la continuité de la ligne	+ Cohérence de réseau : cohérence entre les fonctions (voie et fret)	+ Perde de la structure et de la continuité de la ligne	+ Coherence éventuelle avec le pilotage et financement de l'étude de vulnérabilité prévue
Usages	+ Prise en compte des usages	+ Déroulage linéaire : par exemple, à risque apparent de voie	+ Nécessité d'identifier les lignes, voies et tronçons	+ Déroulage macroscopique ne discerne pas les lignes
Points de vigilance	+ Code : tolérance de sécurité			
Phase de l'analyse				
Famille d'indicateurs				
Indicateur				
Disponibilité de l'indicateur				
Type de découpage conseillé				
Source de la donnée				

QUELQUES RÉFÉRENCES D'ÉTUDES DE RÉSILIENCE - CEREMA

Sensibilisation / formation de collaborateurs de SNCF Réseau à la résilience au changement climatique

Sensibiliser des collaborateurs SNCF Réseau aux enjeux et à l'urgence de l'adaptation, les aider à monter en compétence dans le cadre des études de vulnérabilités au changement climatique

Client : SNCF Réseau (Stratégie)

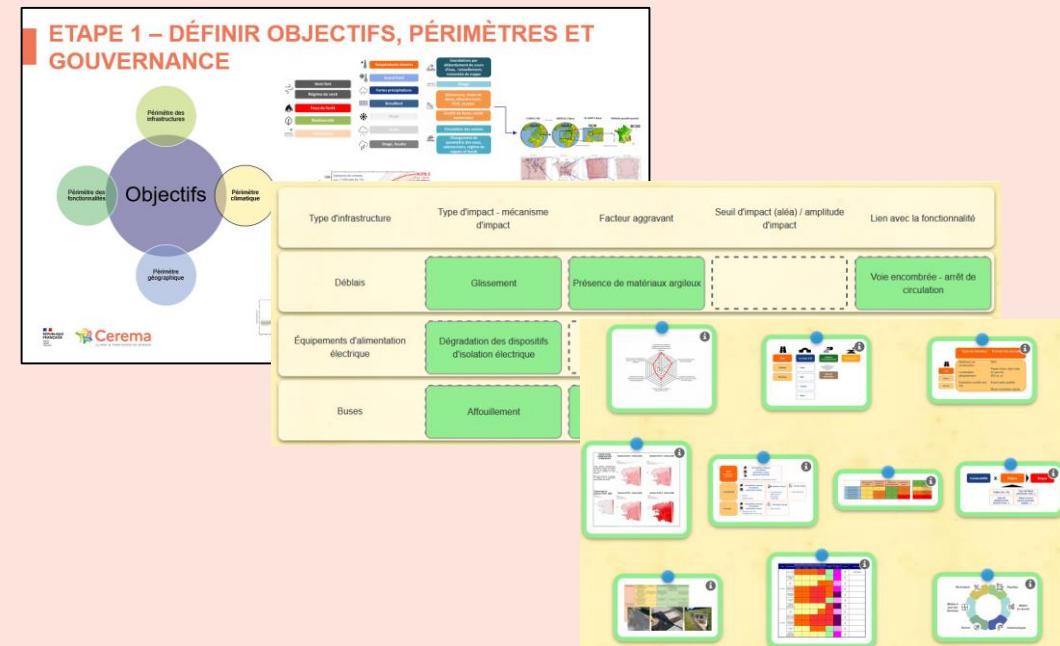
2022

Session de sensibilisation aux enjeux de l'adaptation des réseaux ferroviaires au changement climatique (Cerema)

- Rappels sur le changement climatique
- Rappels sur les impacts du CC sur les infras ferroviaires
- Présentation de démarche et solutions pour faire face au CC

Sessions d'approfondissement sur la démarche de résilience (Cerema)

Bilan : plus de 150 agents formés, de nouveaux travaux lancés



QUELQUES RÉFÉRENCES D'ÉTUDES DE RÉSILIENCE - CEREMA

Appui au cadrage de l'étude de résilience ferroviaire du réseau breton et ligérien

Accompagner la SNCF Réseau dans le cadrage d'une étude de résilience sur le réseau breton et ligérien et le choix du prestataire
Sensibiliser et impliquer les collaborateurs concernés

Client : SNCF Réseau
(Bretagne-Pays-de-la-Loire)

2023 – en cours

Sensibilisation en interne aux enjeux de l'adaptation

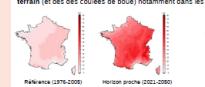
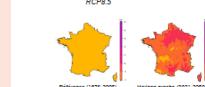
- Réalisation d'une présentation sur les enjeux et la démarche de résilience à destination du comité de direction

Cadrage des objectifs de l'étude

- Réalisation d'un atelier préparatoire pour identifier des premiers objectifs possibles
- Réalisation de 3 ateliers de travail collaboratif avec plusieurs collaborateurs de SNCF Réseau pour cadrer les besoins/objectifs et livrables attendus, et les périmètres de l'étude

Rédaction du cahier des charges technique

Appui à l'analyse des offres

Scénario de travail		
En l'espace de quelques années, les événements climatiques spectaculaires, qui se sont produits en 2023, se sont intensifiés et rapprochés dans le temps.		
En Août, le territoire a subi une vague intense de chaleur, avec plus de 35°C pendant 8 jours. Immédiatement après, le mois de septembre a été marqué par une série successive de 3 très fortes tempêtes, avec des vents dépassant 100 km/h, des pluies torrentielles jusqu'à 150 mm, des chutes d'arbres et de feuilles, ainsi que de fortes pluies : plus de 35 mm tombées en 2h.		
Ce cycle de sécheresse et d'impénétrabilité a entraîné d'importants impacts.	Table Printemps	retranscription des contributions (post-it)
 Enfin, en octobre, le territoire a été touché par de violentes inondations et des coulées de boue notamment dans les alentours de Saint-Brieuc et Savernay. L'humidification des sols a également été importante.	 Températures (Chaud / Froid)	 Précipitations / Pluie / Vent
<ul style="list-style-type: none">- installations – signalisation – sécurité- augmentation température -> impacts sur la régulation (réglage) caténaires- nouvelles crises saisonnières du fait des écarts de température- chaleur -> défaut des installations dans les bâtiments locaux- confort des agents dans les bases travaux -> conséquences production- déformation de voie caténaires- augmentation des températures - mai / juin	<ul style="list-style-type: none">- végétation- poussée d'arbre, disjonction caténaire- végétation : pb historique à SNCF - dégâts, dévastation, routes d'accès, normes de sécurité inviolables- perturbation / intervention du traitement de la végétation évoluent -> réduisent les périodes d'intervention- impact sur la végétation : problématique de cheminement, engagement de gabarit- végétation limitant les accès- pollution de la voie => dégradations- supports caténaires- adhérence, aptitude au sabotage- vent violent- dégâts aux arbres par ruisseaulement- inondations crues par débordement- épisode pluvieux - forte pluie - orages- glissement de terrain sous effet de la pluie- dégâts aux arbres -> déstabilisation des supports caténaires- hydro : a priori rare au printemps mais très fort accroissement du taux de dégel- mouvements de terrain stabilisent caténaires	<ul style="list-style-type: none">- croisement température / pluie : météo / combo fortes chaleurs sécheresse + pluies diluviales
 Les équipes de SNCF Réseau doivent alors faire face à ces problématiques et adapter leur approche.	 Etudes et travaux	 Exploitation
<ul style="list-style-type: none">- intempéries, vent, températures hautes - interruption des travaux- températures élevées - mise en œuvre de certains matériaux, tels que le béton, est ralentie- risques d'avalanche et de glissement de terrain- hausses des températures violentes, coulées de boue perturbé- chaleur -> limitations (effets caténaires)	<ul style="list-style-type: none">- hausses des températures multiples de périodes de fort réchauffement- chute des arbres et dégâts aux infrastructures- risques d'avalanche et de glissement de terrain- hausses des températures violentes, coulées de boue perturbé- chaleur -> limitations (effets caténaires)	<ul style="list-style-type: none">- autres causes en lien avec la météo et le climat- autres causes sans lien avec la météo et le climat
		
<p>Horizon moyen (2022-2050)</p> <p>Nombre de jour de vague de chaleur RCP8.5</p> <p>Horizon proche (2022-2050)</p>	<p>Autres causes en lien avec la météo et le climat</p> <ul style="list-style-type: none">- présence polluante dans les entreprises- température élevée -> dégâts aux portes chaleurs ou froid -> impact fluo / sûreté- fragilité des appareils de signalisation suite à écarts de température	<p>Autres causes sans lien avec la météo et le climat</p> <ul style="list-style-type: none">- présence rongeurs ou nuisibles dans les locaux
<p>Horizon moyen (2022-2050)</p> <p>Nombre de jour de vague de chaleur RCP8.5</p> <p>Horizon proche (2022-2050)</p>	<p>Horizon moyen (2022-2050)</p> <p>Impact climat et périodes propices aux travaux - biodiversité</p> <ul style="list-style-type: none">- heurts avec la faune (période de nidification)- forêt chaleureuse => florae statiques- forêt chaleureuse + humidité => nuisibles- collisions animaux- nouvelles essences végétales invasives	<p>Horizon moyen (2022-2050)</p> <p>Changement de paradigme : la météo et les températures ne paraît plus adaptée</p> <p>Revoir les tolérances maxi des réglages saisonniers</p>

QUELQUES RÉFÉRENCES D'ÉTUDES DE RÉSILIENCE - CEREMA

Etude de résilience Ile-de-France

Assistance pour créer un diagnostic partagé de la vulnérabilité des infrastructures de transport ferré franciliennes au changement climatique et prioriser les actions à mettre en place pour renforcer leur résilience

Client : Région Ile-de-France

2023 – en cours



QUELQUES RÉFÉRENCES D'ÉTUDES DE RÉSILIENCE - CEREMA

Lisea (solutions d'adaptation)

Elaboration d'un plan d'adaptation de la LGV SEA au changement climatique

Client : Lisea

2024 – en cours

Appui à l'élaboration d'un plan d'adaptation

Prestation conjointe Setec / Cerema

- Analyse d'exemples de meilleures pratiques pour établir des plans d'adaptation ferroviaires
- Proposition de critères de priorisation et pré-sélection d'infrastructures et/ou secteurs prioritaires pour l'adaptation
- Identification de solutions d'adaptation sur la base d'un catalogue préétabli et hiérarchisation
- Identification de solutions complémentaires sur la base d'un atelier collaboratif avec Lisea
- Rédaction d'un programme d'adaptation avec fiches action

