

VERS DES INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES PLUS RÉSILIENTES

Méthode ASAIT

Décembre 2024

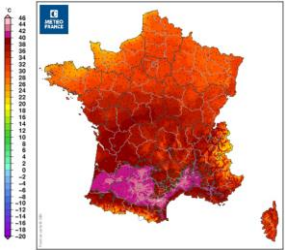
Marie COLIN

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



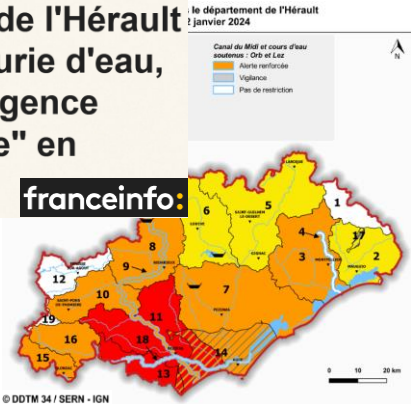
Températures maximales du 23 août 2023. © Météo-France



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



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

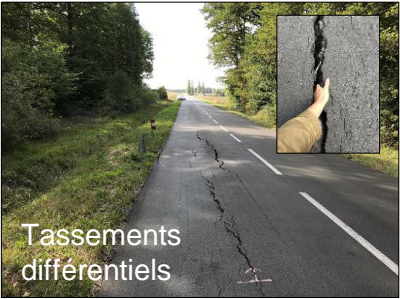


Juin

Août

Septembre

Octobre



ENJEUX DE LA RÉSILIENCE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Infrastructures
prématurément
vieilles,
dégradées ou
détruites



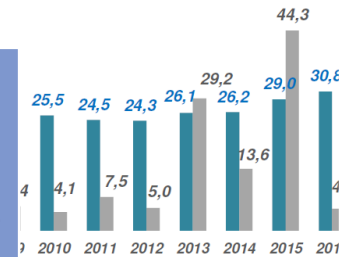
Organisation de
l'exploitation
perturbée



Politiques
d'entretien
impactées



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



Impacts sur
circulations et
usagers



Impacts
sur les
territoires :
desserte,
économie,
vie, etc.



Etc.

ENJEUX DE LA RÉSILIENCE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

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



+1,5°C

+2°C



2030

+2°C

+2,7°C



2050

+3°C

+4°C



2100

Quelques exemples d'impacts (monde)

+2,6°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 1,8



Précipitations

Occurrence des extrêmes pluvieux par décennie

+5,1°C



Température

Journée la plus chaude par décennie

x 5,1



Sécheresse

Une sécheresse qui se produisait une fois par décennie se produira x fois plus

x 2,8



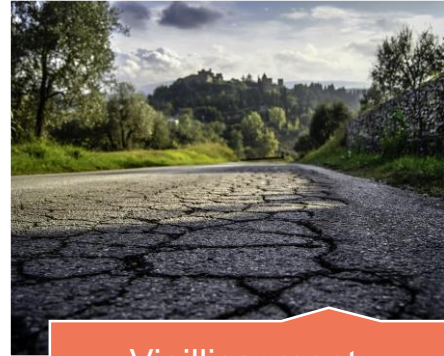
Précipitations

Occurrence des extrêmes pluvieux par décennie

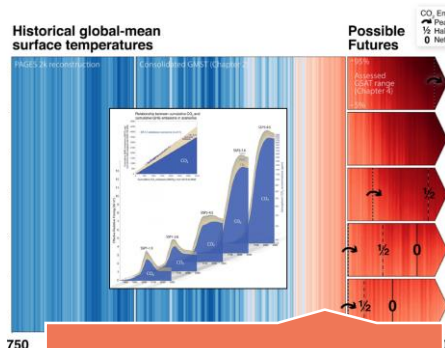
ENJEUX DE LA RÉSILIENCE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE



Crise, catastrophe



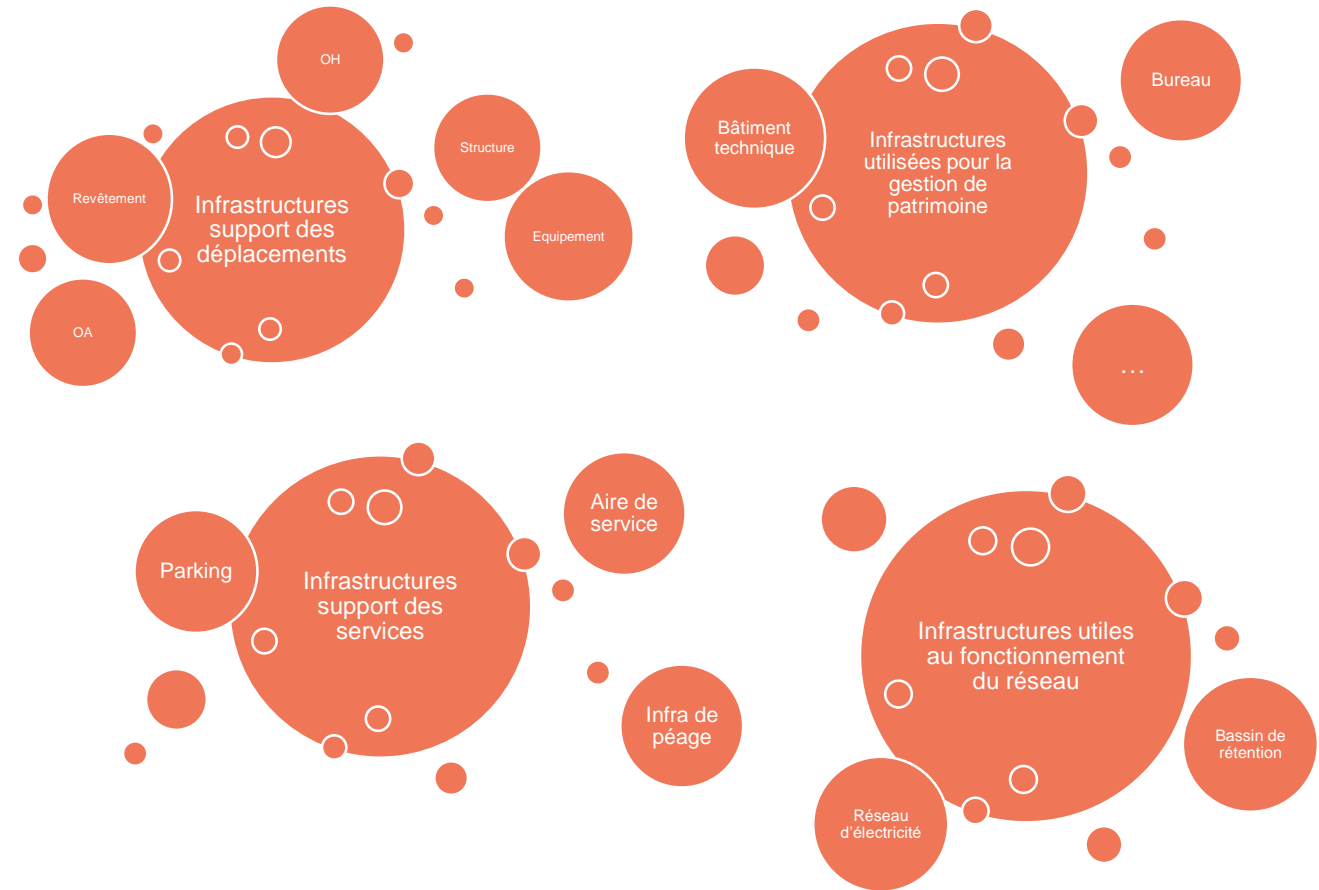
Viellissement, dégradation chronique



Changements climatiques



Evolutions techniques, sociétales, d'usage...

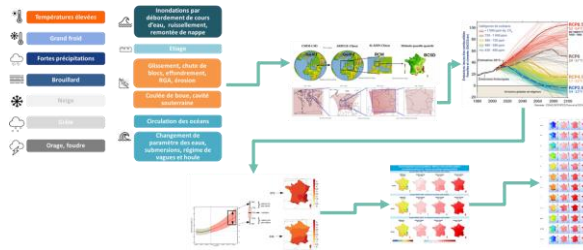


MÉTHODE ASAIT

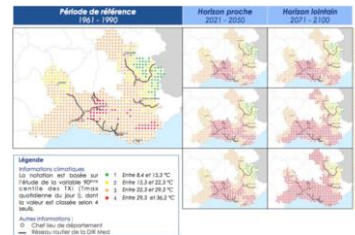
Approche Systémique de l'Adaptation des Infrastructures de Transport

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

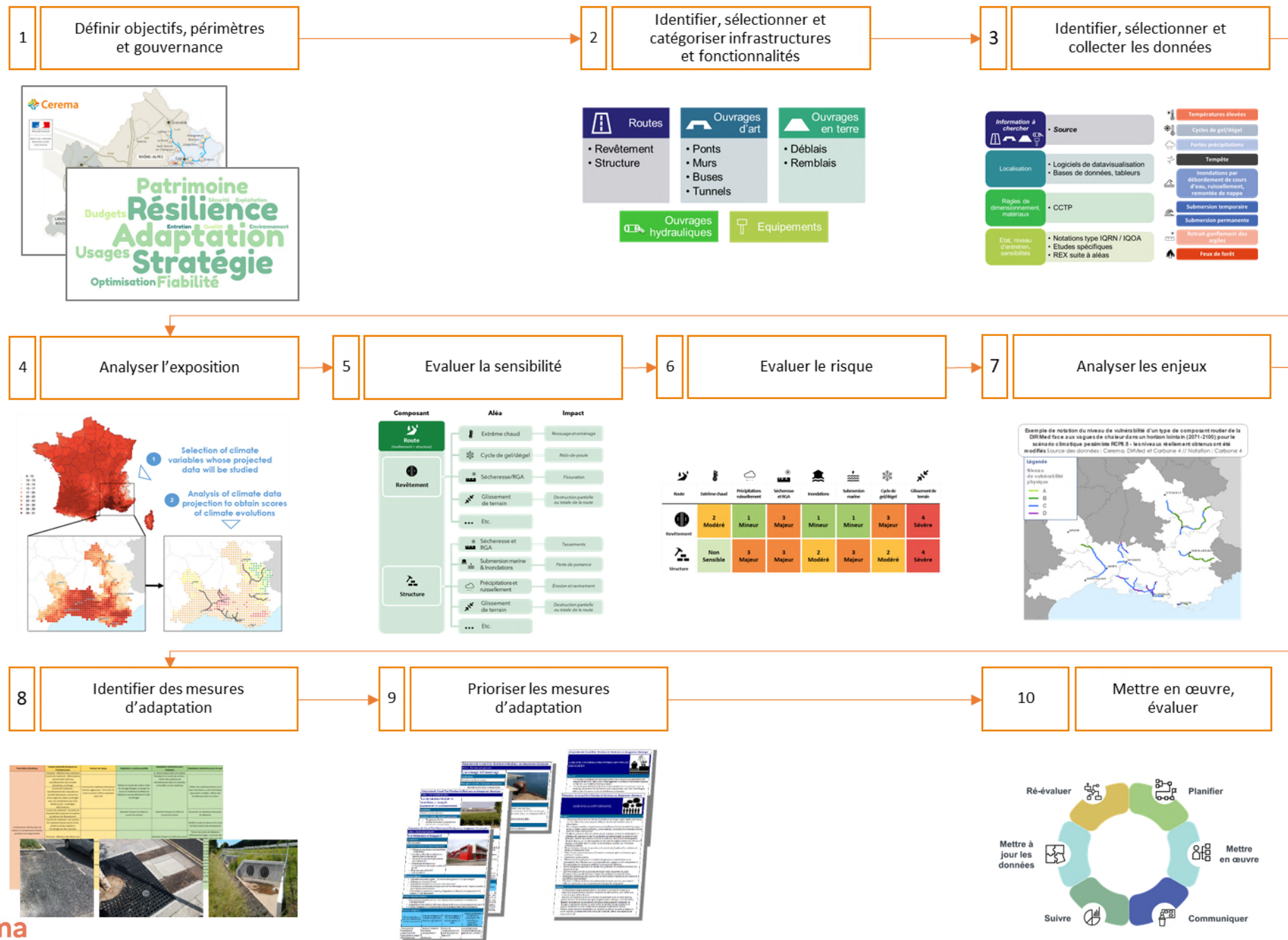


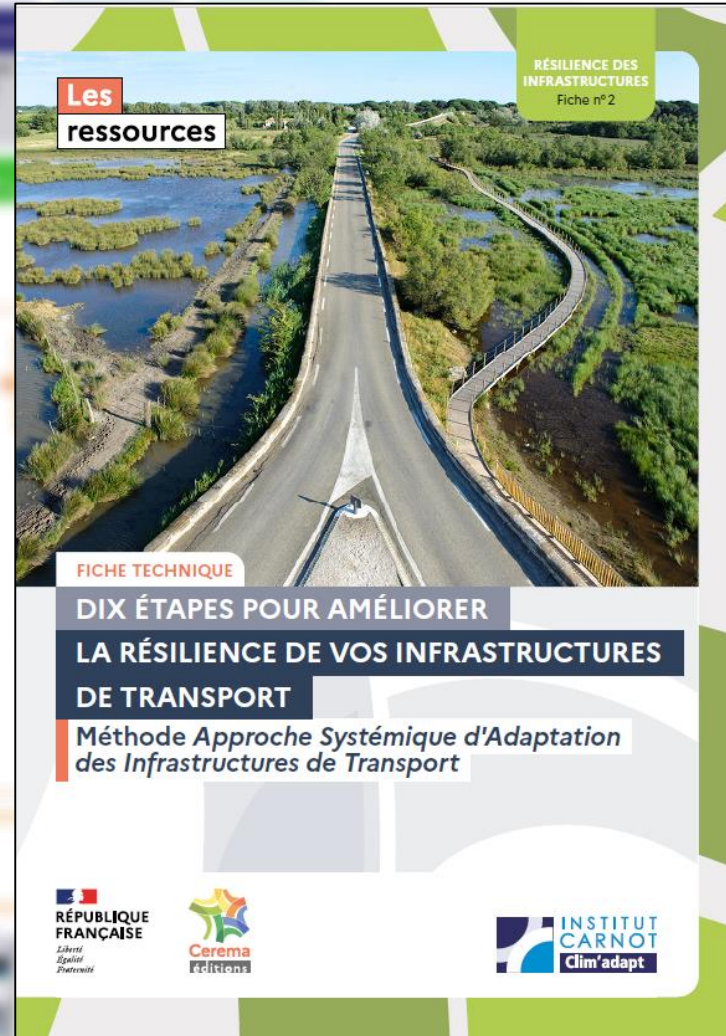
Identifier les solutions d'adaptation

Type / Product	Duration of life	Notes	Picture
Stand Slaps	Start before each flood event	Not for long-term inundation; possibility of future labor intensive; may require access to land or structure if existing soil at site not suitable. Height of structure up to 30 inches. The width of a standard slapping wall is 3 to 4 feet for stability. The slapping wall is not a FEMA recommended solution.	
Self-expanding sandbags (e.g., Floodal or DUC Flood Bags)	Start before each flood event	Made of a light weight polymer material that expands when exposed to water. Not for long-term inundation; possibility of failure; space intensive; does not require extensive storage area. Height of structure up to 36 inches. The width of a standard wall is 3 inches in height.	
Water Gates® wall-mount barrier	Seasonal use, no weather wear multiple years	Deployed flat, rises by water pressure forces and creates a barrier. Constructed from a high strength PVC fabric and incorporates integrated building system on the front corner. Rise height of structure is designed to retain water and is scale in size ranging from 6 to 60 inches.	
AquaFence	Seasonal use, no weather wear multiple years	Deployable flood protection structure designed for rapid deployment; constructed of soft and hard materials. Height of structure ranges from 40 to 144 inches.	
Portable Cellular Flood barriers	Seasonal use, no weather wear multiple years	Plastic sheets that form interlocking barriers and flow with water. Height of structure ranges from 40 to 144 inches.	

Définir une stratégie de résilience







EXEMPLES D'APPUI AUX GESTIONNAIRES

➤ Développement de la doctrine

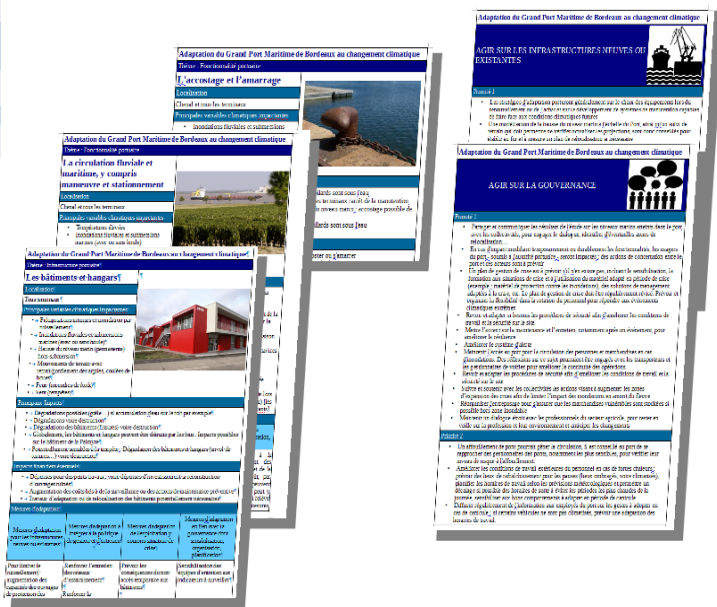


Parking perméable et réservoir de stockage des eaux pluviales, Royaume-Uni (Londres).
Photo : Cerema



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

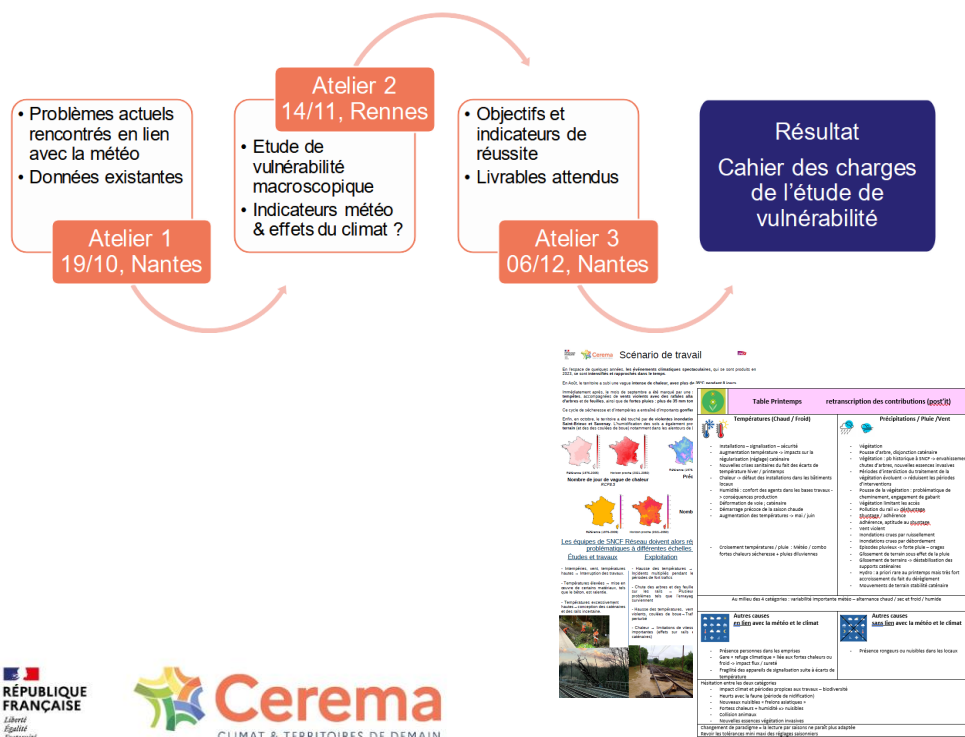
Conception et construction des infrastructures	Entretien	Exploitation, y compris gestion de crise	Planification, gouvernance
Connaissance des infrastructures	Périodes de réalisation des travaux	Connaissance des aléas climatiques	CCTP travaux
Connaissance des vulnérabilités	Moyens humains	Planification 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

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

Préparer la Nièvre d'après-demain

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/température/incendie dû à la proximité d'une forêt et mouvements de terrain

Analyse de vulnérabilité avec stratégie d'adaptation et évaluation des coûts de l'inaction sur l'ensemble du RNR 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
- RNR non concédé
- RNR 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

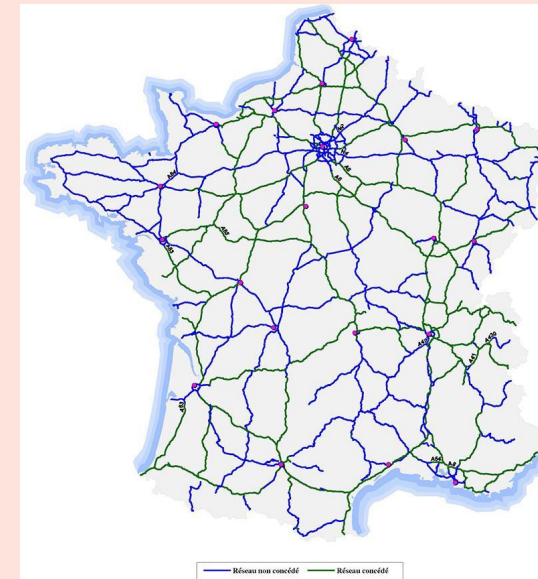
2023 – 2025 / Pilote : ITM (150k€)

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

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

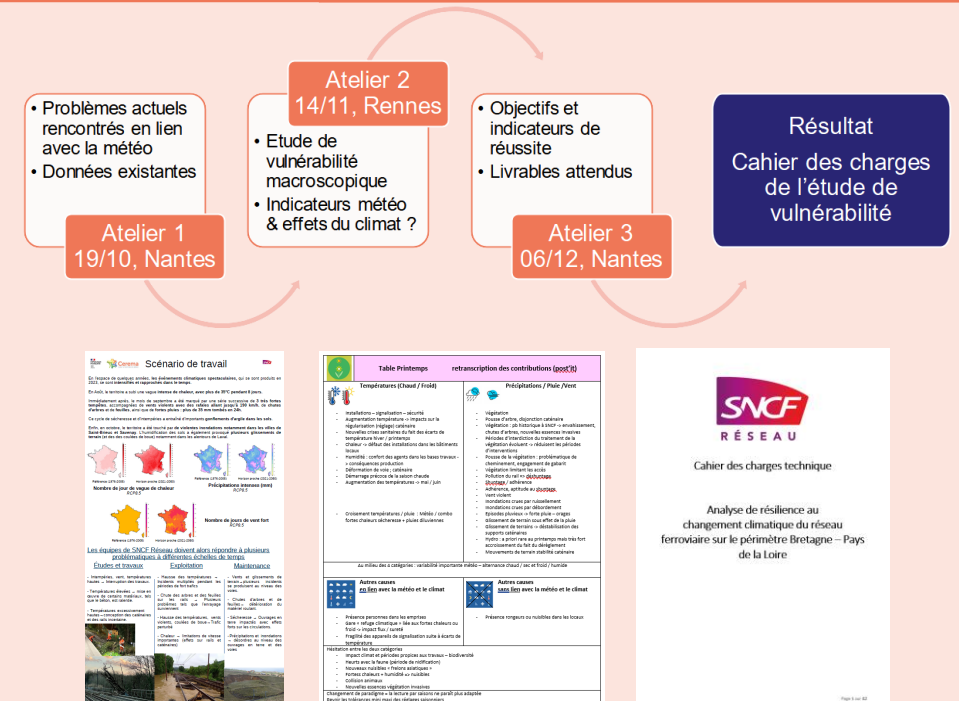
- Réalisation d'une présentation sur les enjeux et la démarche de résilience à destination du comité de direction

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



EXEMPLES D'APPUI AUX GESTIONNAIRES

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



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)

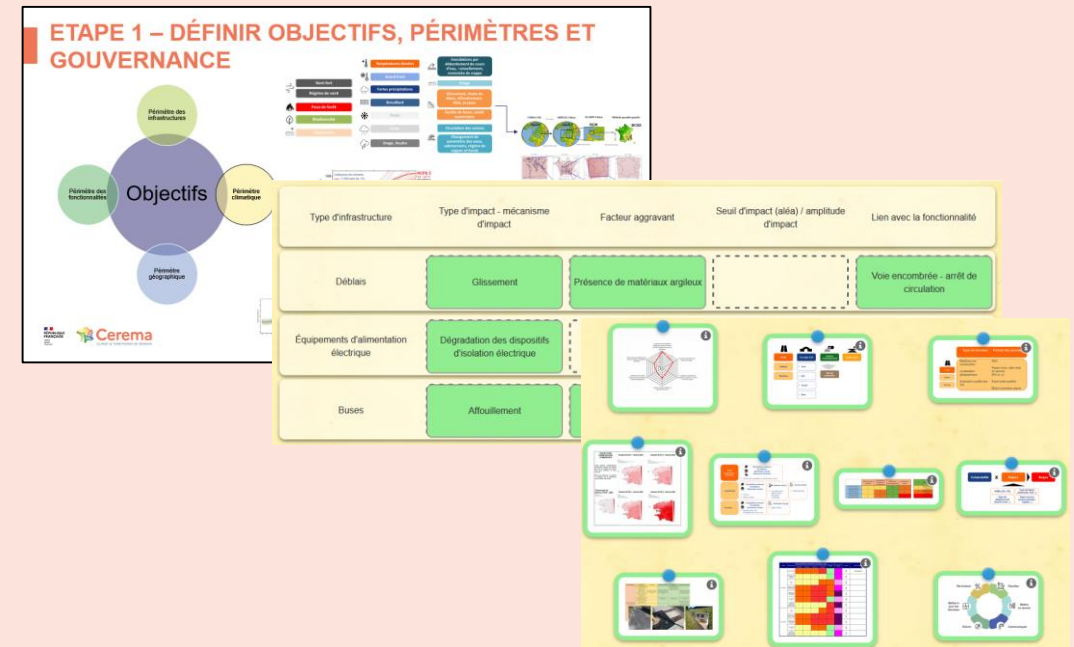
Chef de projet CeremaTM

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 2021

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

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

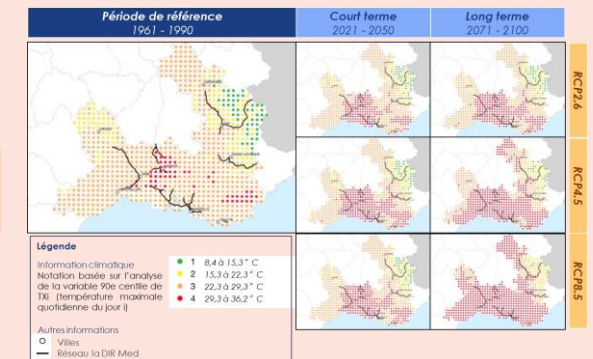
Positionnement du Cerema en MOA

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.

Analyse des sensibilités et vulnérabilités

- Catégorisation des actifs du réseau pour permettre l'étude des vulnérabilités : types de ponts, de chaussées, etc.
- Identification de fonctionnalités du réseau
- Analyse des vulnérabilités actuelles des actifs et des fonctionnalités de l'ensemble du réseau
- Estimation de l'évolution de ces vulnérabilités



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

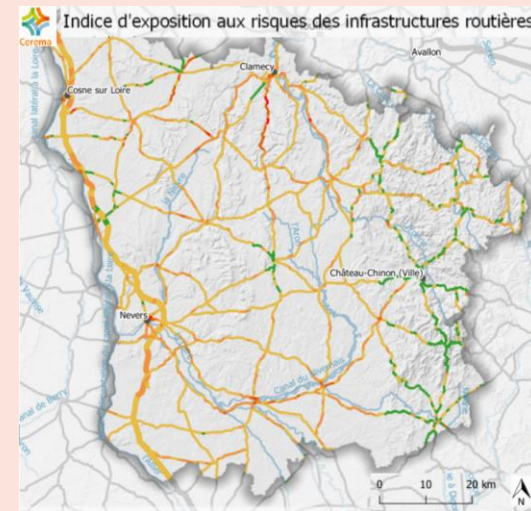
2019

Analyse de vulnérabilité simplifiée

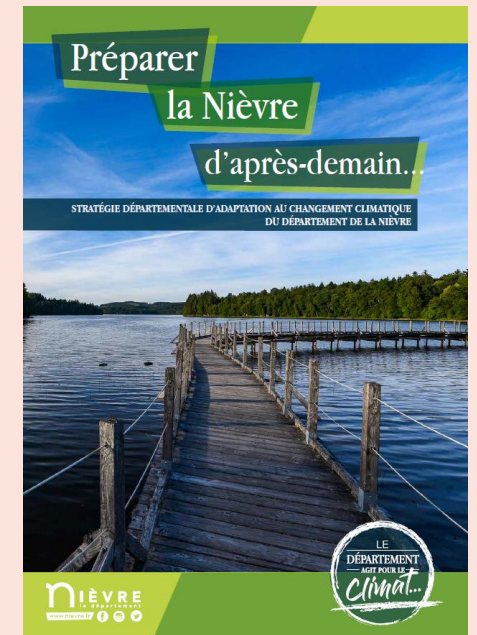
- Analyse des évolutions climatiques attendues
- Analyses des impacts potentiels sur différents secteurs, dont les infrastructures de transport
- Appui à la définition d'une stratégie d'adaptation déclinée en plan d'action

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

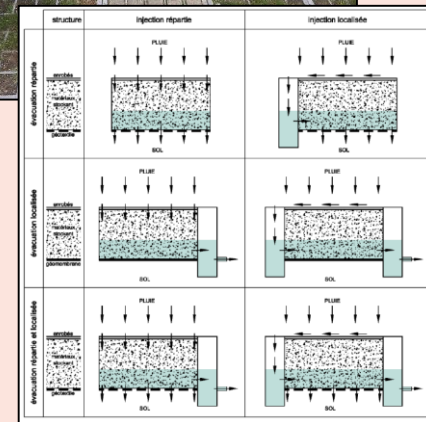
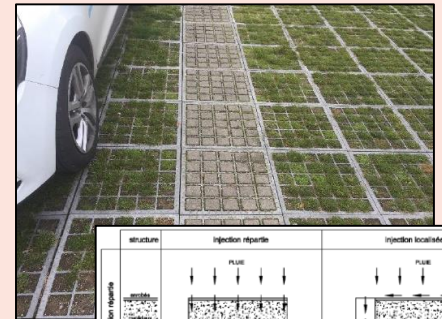
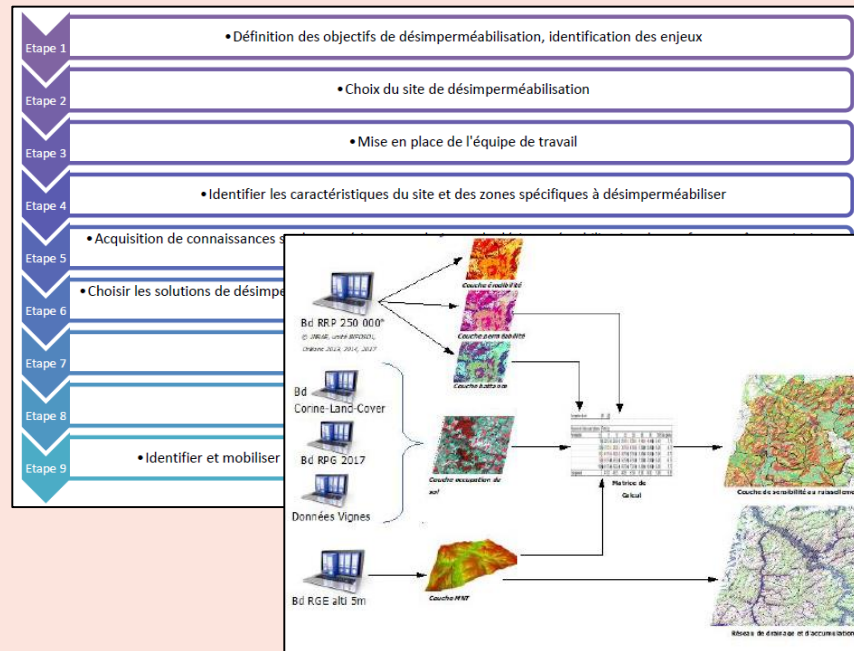
Projet Road&Eau : Désimperméabilisation des surfaces revêtues, enjeux et stratégies

Financier : 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

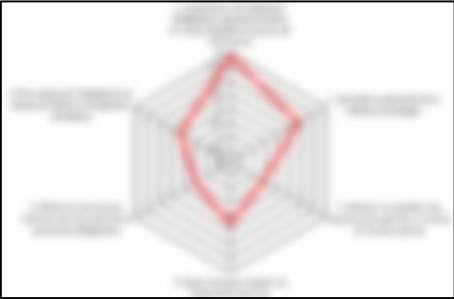
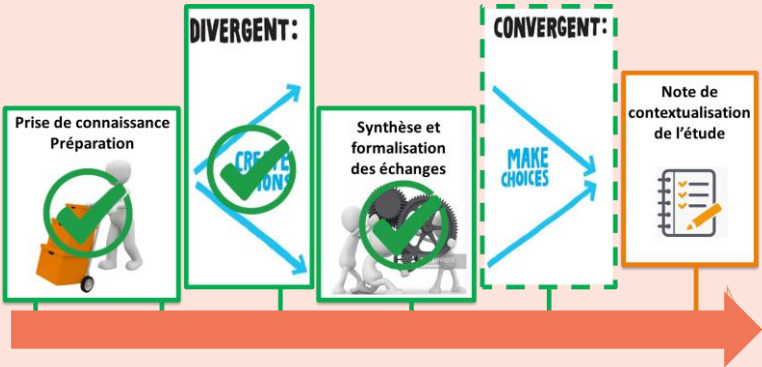
2019-2020

Cadrement 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

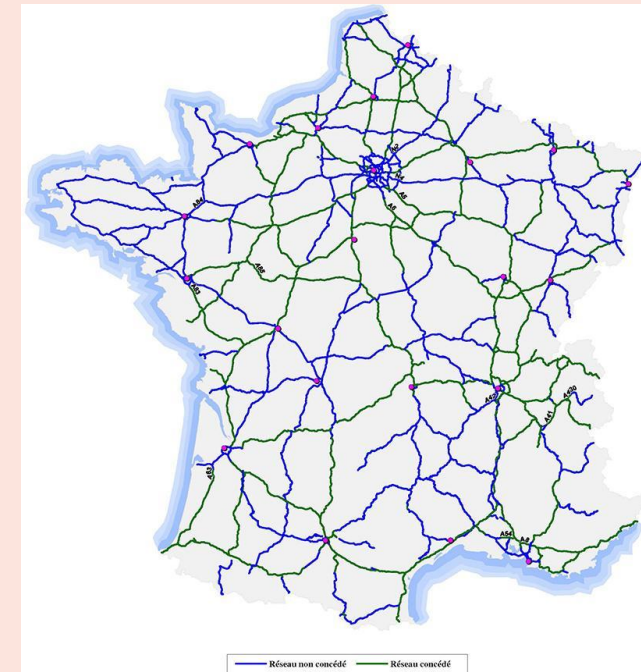
2023 – en cours

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

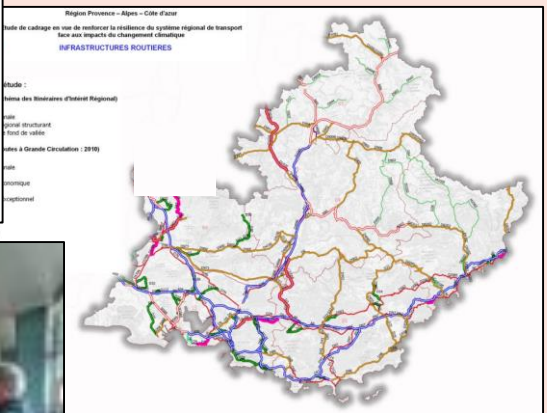
Réalisation du cadrage d'une étude multimode et multi-partenariale

- 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 :	Espace foncier artificialisé (hors bâti) : délaissé / parking / aire stationnement / accotement
	Revêtement de chaussée	Espace foncier non artificialisé : naturel ou agricole
Ouvrages (Ponts / tunnels, murs de soutènement, ouvrage de protections, ...)	Structure de chaussée	
	Ouvrage en maçonnerie	Ouvrage bois
	Ouvrage métal	Ouvrage avec enrochement
	Ouvrage béton	Ouvrage souterrain (tunnel)
Équipements extérieurs (hors bâtis)	Ouvrage en terre (remblai/déblai)	Ouvrage en terre (remblai/déblai)
	Équipements électriques / électroniques	Équipements de télécommunication
	Installations d'énergie : Production / stockage / Distribution	Équipement de navigation / d'aide à la circulation / signalisation
Terminaux / Bâtiments / Hangars	Bâtiments "gestion des passagers" (Terminal embarqué / gares / Plage / aires de service, pôles d'échanges, ...)	Portiques / hauts-mâts / grues / Auvents (Gares péages, gares ferroviaires)
	Bâtiments de service (bureaux, gestion navigation, ...)	Équipements spécifiques au bâti : assainissement, déchets / électricité - climatisation
	Bâtiment pour le fret / logistique	SSI (système de sécurité incendie)
Environnement / Biodiversité Ou dépendances vertes	Arbres / Végétation	
	Faune	



QUELQUES RÉFÉRENCES D'ÉTUDES DE RÉSILIENCE - CEREMA

DOMAINE FERROVIAIRE

QUELQUES RÉFÉRENCES D'ÉTUDES DE RÉSILIENCE - CEREMA

Lisea (analyse de vulnérabilité)

Client : Lisea

2021-2023

S'engager dans une stratégie d'ACC

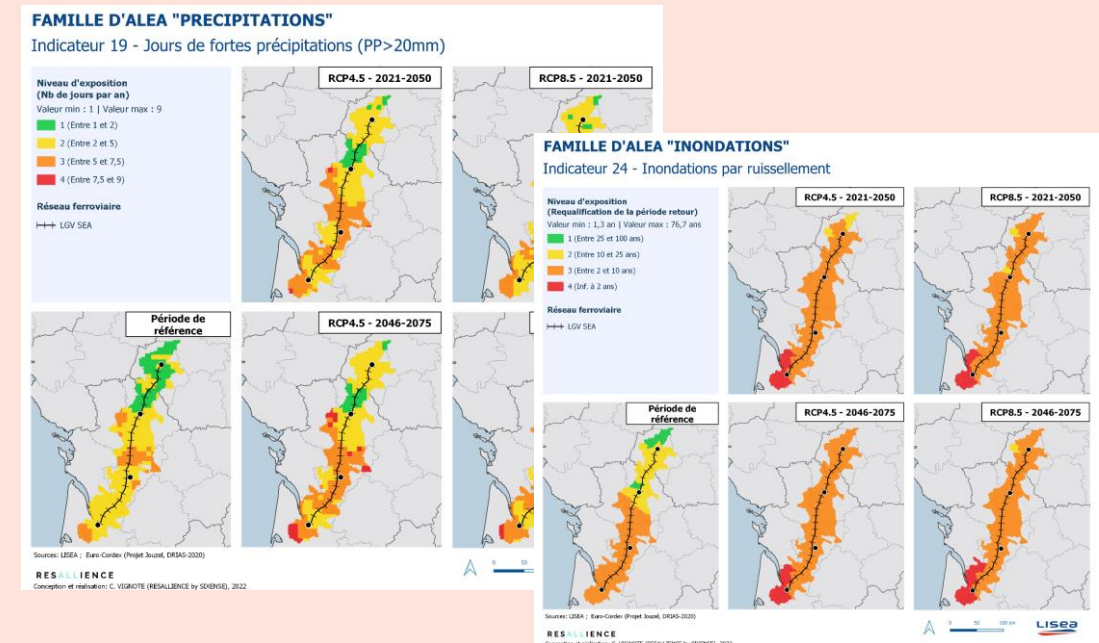
Analyser les vulnérabilités de la LGV au changement climatique

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)

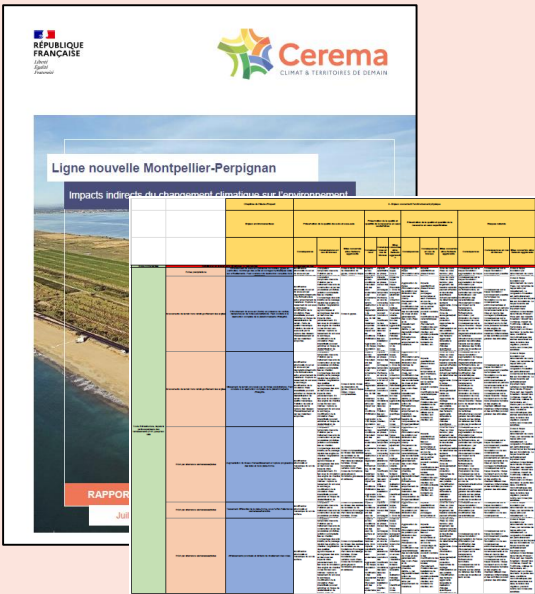
2021-2022

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'infras 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

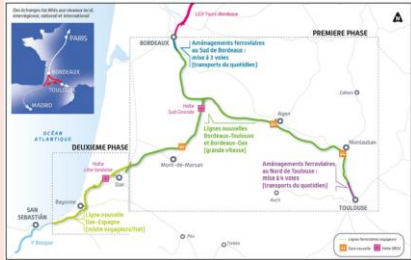
- Caractéristiques actuelles et évolutions de 12 familles d'aléas selon les scénarios RCP4.5 et RCP8.5


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



Centile 5		Médiane	Centile 95	Ecart en mm		
1.6.2.1.2. Données de projections pour les précipitations, vent et indice feu météo						
Evolutions des Précipitations pour l'horizon Fin de siècle 2071 – 2100 RCP 8.5		Indicateurs climatiques	Bordeaux	Agen	Montauban	Toulouse
		Cumul des précipitations annuelles	585 mm (+1.1%)	600 mm (+4.4%)	645 mm (+4%)	553 (+11%)
		Automne / Hiver	279 mm (+17%)	262 mm (+11%)	183 mm (+9%)	158 mm (+7%)
		Printemps / Été	306 mm (+1%)	338 mm (+1%)	462 mm (+4%)	395 mm (+16%)
		Portages 62h	124 mm (+2.6%)	124 mm (+2.6%)	113 mm (+30%)	113 mm (+2.6%)
Evolution des Cumuls de Précipitations		Précipitations quotidiennes extrêmes	25.2 mm (+13%)	22.3 mm (+10%)	22 mm (+10%)	21.2 mm (+1%)
RCP 8.5		Nombre de jours de fortes précipitations (> 20 mm)	7	5	4	4
		Pourcentage des précipitations intenses (> 30h)	71%	72%	73%	77%
		Nombre de jours de précipitations extrêmes (> 30h)	5	5	4	4

3.3.1.2 Ouvrages en terre		Solutions Curatives	Solutions Préventives par l'entretien	Solutions Préventives Neuf
Composant	Impacts			
Ouvrages en terre	Risque de destruction du système existant		Centrifuge de la végétation sur les talus	Centrifuge de la végétation sur les talus
	Risque de dégradation des ouvrages de protection	Inspection des ouvrages de protection		
Ouvrages en terre	Risque de dégradation des ouvrages de protection	Inspection des ouvrages de protection		
	Risque de dégradation des ouvrages de protection	Inspection des ouvrages de protection		
Impacts du changement climatique sur le système voie				
Ce système comprend les composants : plateforme, voies, ballast, pistes et accès, appareils de voies, appareils de dilataion, clôtures...				
Aléas		Impacts	Sensibilité du système	Levier
Nature	Evolution	Intervalle des valeurs prévues par le scénario RCP 8.5	Risque d'impact	Faible
	Evolution	Intervalle des valeurs prévues par le scénario RCP 8.5	Risque d'impact	Faible
Nature	Evolution	Intervalle des valeurs prévues par le scénario RCP 8.5	Risque d'impact	Faible
	Evolution	Intervalle des valeurs prévues par le scénario RCP 8.5	Risque d'impact	Faible

QUELQUES RÉFÉRENCES D'ÉTUDES DE RÉSILIENCE - CEREMA

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

Client : SNCF Réseau (Occitanie)

2021-2022

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

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

Timeline:

- Prise de connaissance
- Echanges sur les objectifs et le périmètre de l'étude
- Validation des objectifs et périmètres et travail sur le Cdc
- Finalisation et relecture du Cdc
- Cahier des charges techniques

Map: Le choix d'un périmètre géographique pour la présente étude s'oriente vers ces 3 tronçons : A, B, C (et leurs combinaisons ?)

- A : Le doublet existant Montpellier-Narbonne
- B : La ligne Toulouse-Narbonne
- C : La ligne Narbonne-Perpignan

Table of Infrastructure Components:

Infrastructures	Composants
Voies principales et voies de services hors ouvrages (dont voies en gare, voies de garage, voies d'accès aux bâtiments de maintenance, etc.)	Plateformes Voies sur dalles ? Rails (y compris joint, soudure) Ballast Traverses Pistes et accès Appareil de voie (matériel) Installation Terminales Embranchées (ITE)
Ouvrages en terre	Clôtures Déblais Remblais Buses (béton, métallique, simple, double, etc.) Dalots Bassins
Ouvrages hydrauliques	Fossés Descentes d'eau ? Collecteurs drainant Ouvrages de traversée Protection de berges Pompes
Ouvrages d'art	Ponts (VIPP, Pont cadre, Pont dalle nervurée) Portique simple ou double, etc.) Murs (murs poids, murs en terre, etc.) Tranchées Tunnels
Installation de traction électrique (ITE)	Massifs Supports (ancrage, poteaux, etc.) Fils de contact et porteurs

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)

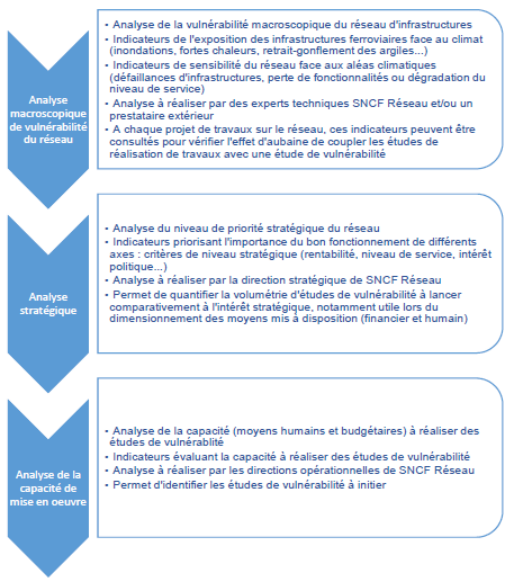
2022

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

Précisions sur l'utilisation des indicateurs (Cerema)

- Découpage cartographique
- Croisement des indicateurs



Type de découpage	Carroyage	Troisquans élémentaires	Lignes	Directions territoriales / régionales
Atouts	• Simplicité apparente (conceptuelle, géométrique, visuelle)	• Découpage simple : par exemple, à chaque segment de voie	• Cohérence de réseau	• Cohérence de réseau
Limites	• Perte de la structure et de la « continuité » de réseau	• Cohérence en termes de fonctionnalités (passager et fret)	• Cohérence avec les composants du réseau	• Cohérence avec les composants du réseau
Usages	• Perte de la structure et de la « continuité » de réseau	• Perte de la structure et de la « continuité » de réseau	• Nécessite d'identifier les lignes, selon les segments de voie	• Nécessite d'identifier les lignes, selon les segments de voie
Points de vigilance	• Carte	• Carte	• Carte	• Carte

Phase de l'analyse	Famille d'indicateurs	Indicateur	Disponibilité de l'indicateur	Type de découpage conseillé	Source de la donnée
Analyse de vulnérabilité macroscopique	Indicateurs d'exposition	Croisement d'un point bas géographique de l'infrastructure ferroviaire avec la proximité d'un cours d'eau	Indicateur a priori facilement mobilisable	Carroyage	SIG SNCF Réseau + carte IGN (BD TOPO®)
		Zones sensibles aux remontées de nappes	Indicateur a priori facilement mobilisable	Carroyage	Site Géorisques
		Zones exposées à l'élévation du niveau de la mer à marée haute	Indicateur a priori facilement mobilisable	Carroyage	Site SeaLevel-Rise du BRGM
		Niveau d'exposition au retrait/gonflement des argiles	Indicateur a priori facilement mobilisable	Carroyage	Site Géorisques
		Proximité d'une forêt	Indicateur a priori facilement mobilisable	Carroyage	Carte IGN (BD FORET®)

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)

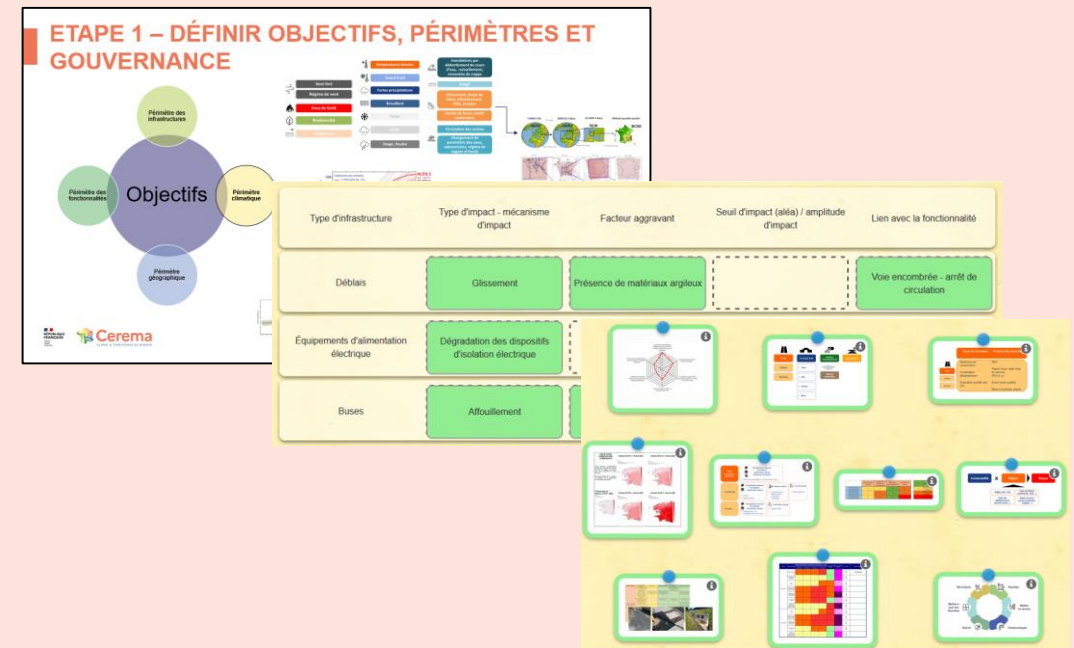
2022

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 répétés 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, accompagnées de vents violents avec des rafales allant jusqu'à 150 km/h, de chutes d'arbres et de feuilles, ainsi que de fortes pluies : plus de 10 mm tombés en 24h.

Ce cycle de sécheresse et d'intempéries a entraîné d'importants impacts.

Enfin, en octobre, le territoire a été touché par de violentes inondations à Saint-Brieuc et Sevenay. L'humidification des sols a également entraîné des coulées de boue, notamment dans les alignements.

Table Printemps **retranscription des contributions (post'it)**

Températures (Chaud / Froid)	Précipitations / Pluie / Vent
<ul style="list-style-type: none">Installations – signalisation – sécuritéAugmentation température -> impacts sur la régularisation (réglage) caténaireNouvelles crises sanitaires du fait des écarts de température hiver / printempsChaleur -> défaut des installations dans les bâtiments locauxHumidité : confort des agents dans les basses températuresconséquences productionDéformation de voie : caténaireDémarrage précoce de la saison chaudeAugmentation des températures -> mai / juin	<ul style="list-style-type: none">végétationPousse d'arbres, disjonction caténaireVégétation : pb historique à SNCF -> envahissement, chutes d'arbres, nouvelles essences invasivesPériodes d'interdiction du traitement de la végétation évoluent -> réduisent les périodes d'interventionPousse de la végétation : problématique de cheminement, engagement de gabaritVégétation limitant les accèsPollution du rail -> déboisementStoppage / adhérenceAdhérence, aptitude au stoppageVent violentInondations crues par ruissellementInondations crues par débordementÉpisodes pluvieux -> forte pluie -> oragesGlisement de terrain sous effet de la pluieGlisement de terrain -> désstabilisation des supports caténauxHydro : à priori rare au printemps mais très fort accroissement du fait du dégelMouvements de terrain stabilisés caténaire

Au milieu des 4 catégories : variabilité importante météo - alternance chaud / sec et froid / humide

Autres causes en lien avec la météo et le climat	Autres causes sans lien avec la météo et le climat
<ul style="list-style-type: none">Présence personnes dans les emprisesGare « refuge climatique » liée aux fortes chaleurs ou froid -> impact flux / duréeFragilité des appareils de signalisation suite à écarts de température	<ul style="list-style-type: none">Présence rongeurs ou nuisibles dans les locaux

Distinction entre les deux catégories

- Impact climat et périodes propices aux travaux - biodiversité
- Heures avec la faune (période de nidification)
- Nouveaux nuisibles « félins asiatiques »
- Fortes chaleurs + humidité -> nuisibles
- Collision animaux
- Nouvelles essences végétation invasives

Changement de paradigme : la lecture par saisons ne paraît plus adaptée
Revoir les tolérances mini maxi des réglages saisonniers

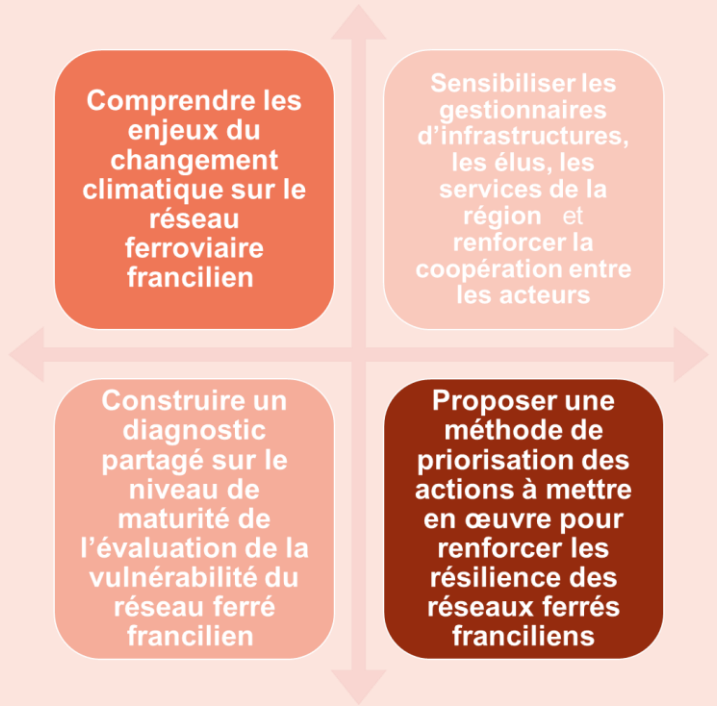
QUELQUES RÉFÉRENCES D'ÉTUDES DE RÉSILIENCE - CEREMA

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

