



AIPCN Section française



# Journées Méditerranéennes de l'AIPCN et Assises du port du futur du Cerema 25 au 27 octobre 2023 à Sète France

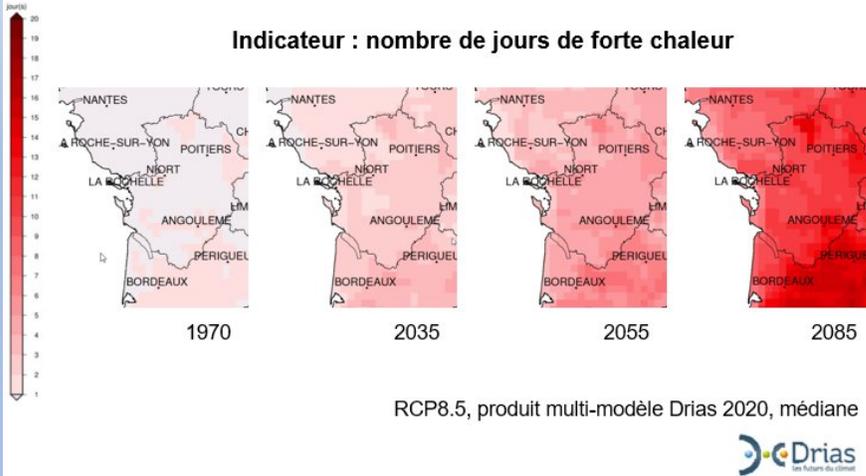
Analyse de résilience au changement  
climatique du Port Atlantique La Rochelle

Perrine VERMEERSCH - CEREMA



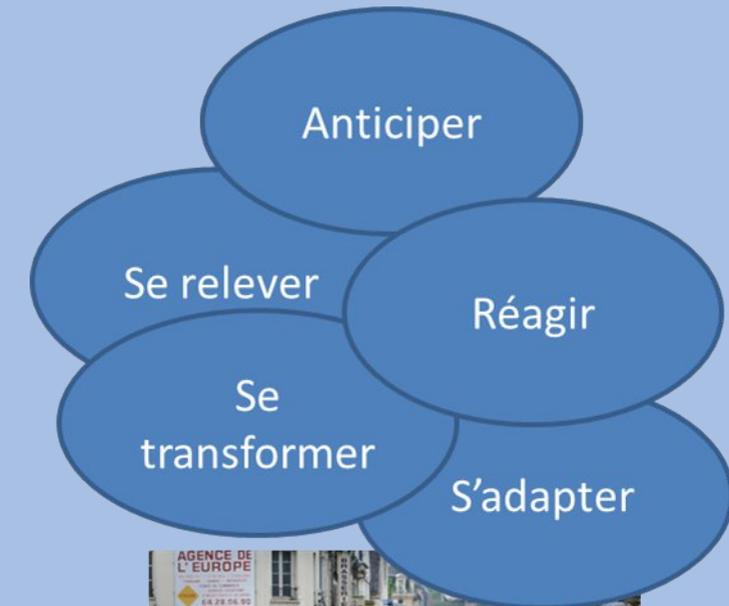
- Enjeux de la résilience d'un site portuaire au changement climatique
- Objectifs et périmètre de l'étude
- Diagnostic de vulnérabilité, stratégie d'adaptation : méthode
- Principaux résultats

Indicateur : nombre de jours de forte chaleur



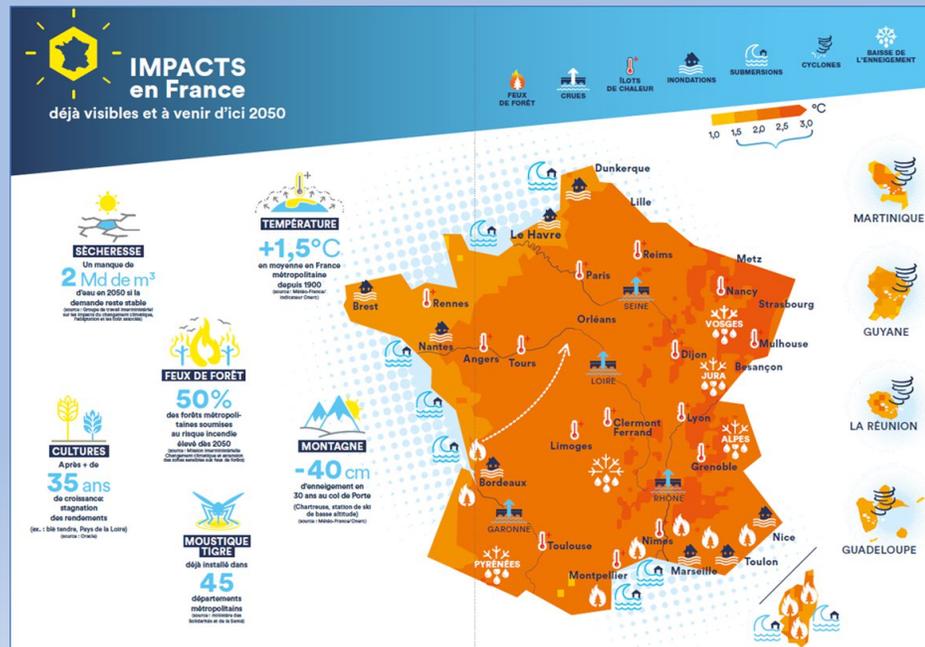
AIPCN Section française

# La résilience



Le climat change...

Des évolutions des aléas et conditions climatiques de fond différentes selon les territoires



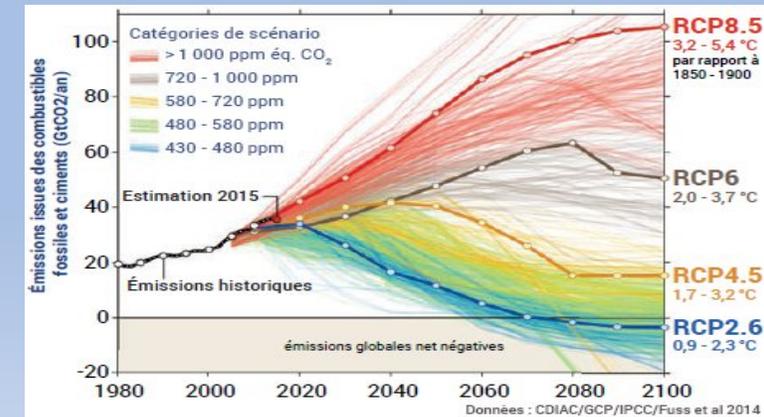
## OBJECTIFS

- Acquérir une **vision globale de la vulnérabilité** des infrastructures et fonctionnalités portuaires au changement climatique
- Elaborer une **stratégie d'adaptation** avec des propositions d'actions
- Intégrer l'ensemble de ces éléments dans un volet spécifique aux **futurs projets stratégiques** (le prochain est prévu pour la période 2025-2030)



## PERIMETRES

- **TECHNIQUE** : 29 composants analysés (11 familles d'infrastructures) et 22 sous-fonctionnalités analysées (6 familles de fonctionnalités)
- **GEOGRAPHIQUE** : l'ensemble des infrastructures situées dans l'emprise du port, ainsi que les fonctionnalités qui leur sont liées et qui sont du ressort direct du Port (et non des opérateurs portuaires implantés sur site)
- **TEMPOREL** : court terme (2050) et long terme (2100)
- **CLIMATIQUE** : deux scénarios d'évolution climatique étudiés (RCP 4.5 et RCP 8.5)

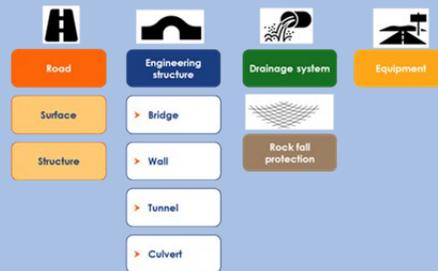


AIPCN Section française

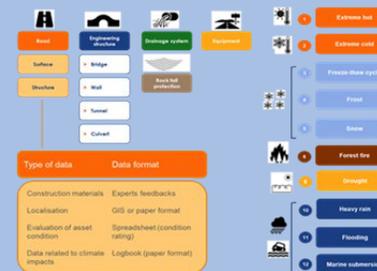
1. Définir objectifs, périmètres et gouvernance



2. Sélectionner les composants et services



3. Identifier et collecter les données



6. Evaluer la vulnérabilité

|           | Extreme hot | Extreme cold | Heavy rain | Drought | Flooding | Marine submersion | Level | Impact      |
|-----------|-------------|--------------|------------|---------|----------|-------------------|-------|-------------|
| Road      | 2           | 1            | 2          | 0       | 3        | 3                 | 2     | Critical    |
| Surface   | 2           | 1            | 2          | 0       | 3        | 3                 | 2     | Significant |
| Structure | 0           | 0            | 2          | 0       | 3        | 3                 | 1     | Minor       |
|           |             |              |            |         |          |                   | 0     | No impact   |

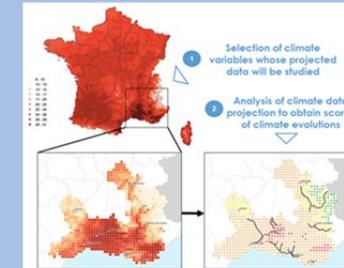
|           | Extreme hot | Extreme cold | Heavy rain | Drought | Flooding | Marine submersion |
|-----------|-------------|--------------|------------|---------|----------|-------------------|
| Road      | 2           | 0            | 0          | 2       | 2        | 0                 |
| Surface   | 2           | 0            | 0          | 2       | 2        | 0                 |
| Structure | 0           | 2            | 0          | 0       | 0        | 0                 |



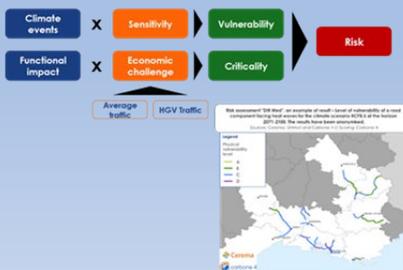
5. Analyser la sensibilité



4. Analyser l'exposition



7. Evaluer le risque



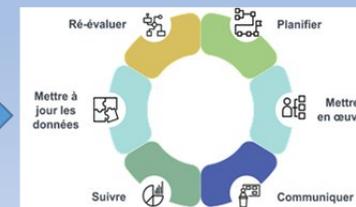
8. Identifier les mesures d'adaptation

| Adaptation Measures (Infrastructure Related) | Adaptation Measures (Traffic Hazard Management) | Adaptation Measures (Maintenance Measures) | Adaptation Measures (Planning)                    |
|--|---|--|---|
| Traffic adaptation measures                  | Intelligent Transport Systems (ITS)             | Preventive maintenance                     | Integration of climate change in the design phase |
| Bridge networks                              | Early warning systems                           | Routine service restoration                | Technical regulations                             |
| Tunnel protection from flooding              | Resilient structures                            | Regulations to climate change              | Legal frameworks                                  |
| Resilient structures                         | Evacuation routes                               | Others                                     | Others  |

9. Prioriser les mesures



10. Mettre en œuvre, évaluer



TEMPERATURES CHAUDES



VENTS FORTS



HAUSSE DU NIVEAU MARIN



TEMPERATURES FROIDES & GEL



PRECIPITATIONS



MOUVEMENT DE TERRAIN & SUBSIDENCE



INONDATIONS



Inondation par ruissellement

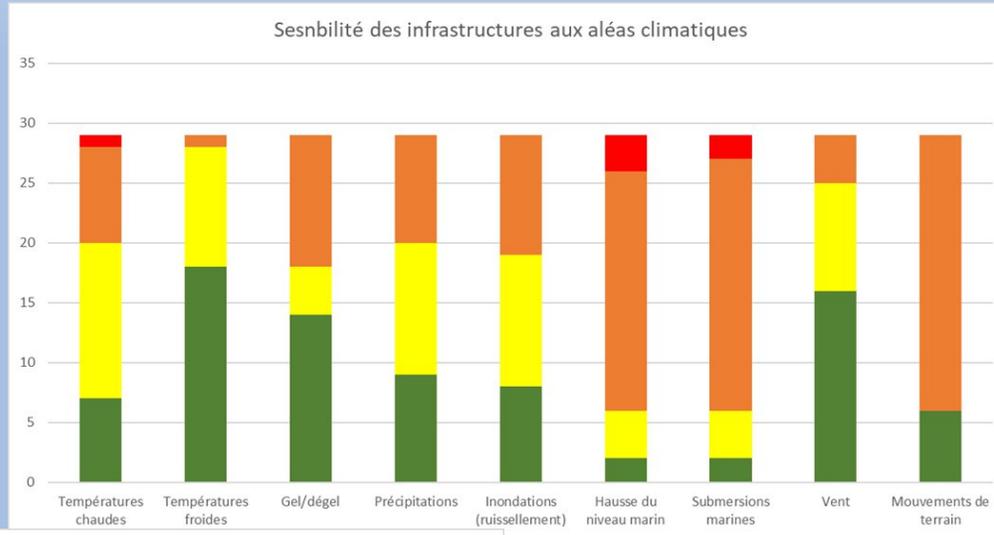
Submersion marine

| Aléa étudié                       | Evolution | Fiabilité |
|-----------------------------------|-----------|-----------|
| TEMPERATURES CHAUDES              | ↑         | Forte     |
| TEMPERATURES FROIDES              | ↓         | Forte     |
| GEL / DEGEL                       | ↓         | Forte     |
| PRECIPITATIONS                    | →         | Modérée   |
| INONDATION PAR RUISSELLEMENT      | →         | Modérée   |
| HAUSSE DU NIVEAU MARIN            | ↑         | Forte     |
| SUBMERSION MARINE                 | ↑         | Forte     |
| VENTS FORTS                       | →         | Modérée   |
| MOUVEMENT DE TERRAIN & SUBSIDENCE | →         | Forte     |

## ANALYSE DE L'EXPOSITION CLIMATIQUE

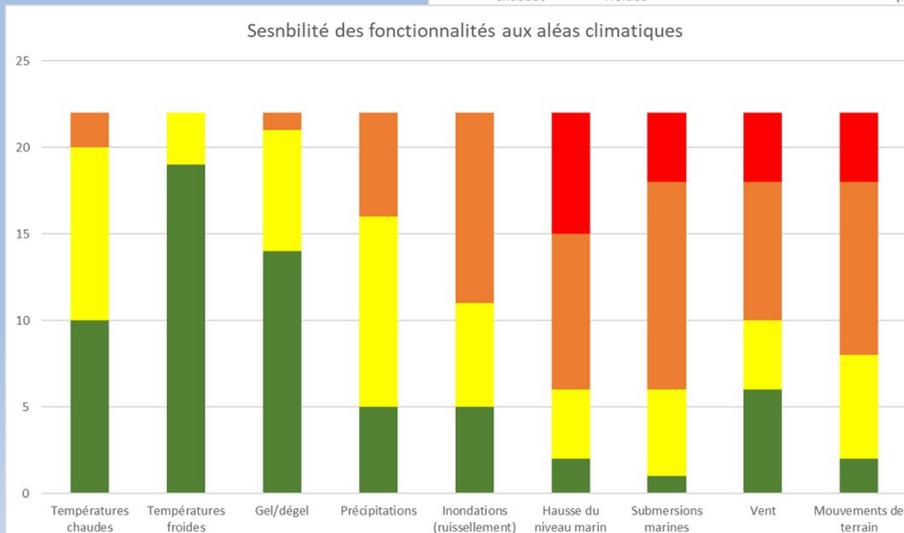
# ANALYSE ET NOTATION DE LA SENSIBILITE AUX ALEAS CLIMATIQUES

AIPCN Section française



**Echelle de notation de la sensibilité physique**

|   |   |
|---|---|
| 0 | Pas d'impact  |
| 1 | Besoin en petites opérations de réparation courante, au fur et à mesure de la durée de vie de l'infrastructure, avec notamment mobilisation potentielle des équipes de prévention |
| 2 | Des interventions sont à réaliser du fait de dégradations petites ou moyennes survenues après l'événement   |
| 3 | Des réparations importantes sont à mener, voire la reconstruction de l'infrastructure   |



**Echelle de notation de la vulnérabilité fonctionnelle**

|   |  |
|---|--|
| 0 | Pas d'impact sur la fonctionnalité                                     |
| 1 | Impact engendrant une gêne mineure de la fonctionnalité                |
| 2 | Impact engendrant une perturbation de la fonctionnalité (mode dégradé) |
| 3 | Impact engendrant un arrêt / une rupture totale de la fonctionnalité   |

# ANALYSE ET NOTATION DE LA VULNERABILITE AUX ALEAS CLIMATIQUES

Vulnérabilité = sensibilité x exposition climatique

-  Vulnérabilité faible
-  Vulnérabilité modérée
-  Vulnérabilité forte
-  Vulnérabilité très forte

| Fonctionnalités               | Vulnérabilité très forte  |
|-------------------------------|---|
| Activités maritimes           |             |
| Gestion des marchandises      |     |
| Transport terrestre           |     |
| Fonctionnement des réseaux    |      |
| Fonctionnement du port        |     |
| Mise à disposition de foncier |    |

| Familles d'infrastructures   | Vulnérabilité très forte  |
|------------------------------|---|
| Ouvrages maritimes           |     |
| Infrastructures routières    |     |
| Infrastructures ferroviaires |      |
| Terre-pleins                 |     |
| Ouvrages hydrauliques        |      |
| Ouvrages d'art               |     |
| Bâtiments                    |      |
| Réseaux secs                 |     |
| Equipements                  |     |
| Accès maritimes              |   |
| Bateaux                      |    |

## S'adapter à l'aggravation des submersions marines



### INFRASTRUCTURES CONCERNÉES

Ouvrages maritimes : en enrochement, en béton armé, métalliques et écluse à sas  
 Infrastructures routières  
 Infrastructures ferroviaires : voie ferrée  
 Terre-pleins (dalle béton et plateforme en enrobé)  
 Ouvrages hydrauliques : pompes, bassins, canalisations, aqueducs de ceinture  
 Ouvrages d'art : viaduc  
 Bâtimens : de stockage (légers, structure métal, structure bois), industriels et tertiaires  
 Réseaux secs : fibre optique et poste de transformation  
 Équipements : dispositifs d'amarrage - d'accostage et dispositifs automatiques/informatiques (dont salle serveurs)

### PRÉCONISATIONS GÉNÉRALES

Faciliter les clients et les exploitants du port à la culture du risque naturel afin de réduire la vulnérabilité aux risques de submersion marine  
 Développer des partenariats avec les universités pour :  
 Collecter les données physiques collectées par le port (pluviométrie, températures, marée, submersion...) en direction du suivi des évolutions du climat  
 Identifier les zones plus vulnérables par submersion marine et les événements importants  
 Mettre en place des ouvrages plus fréquemment, et à la suite de des événements importants dans la zone de marnage et dans les zones identifiées comme les plus vulnérables  
 Surveiller l'évolution de la houle et des courants pour prévoir des solutions pertinentes  
 Surveiller l'évolution de l'acidité/salinité de l'eau



## S'adapter à la hausse des températures



### INFRASTRUCTURES CONCERNÉES

Ouvrages maritimes : Écluse à sas  
 Infrastructures routières  
 Infrastructures ferroviaires : Voie ferrée et plateforme en béton  
 Terre-pleins (Dalle béton et plateforme en enrobé)  
 Ouvrages d'art : Pont-rail et Viaduc  
 Réseaux secs : Poste de transformation  
 Équipements : dispositifs d'amarrage - d'accostage et dispositifs automatiques/informatiques

### PRÉCONISATIONS GÉNÉRALES

Faciliter les clients et les exploitants du port à la culture du risque naturel afin de réduire la vulnérabilité aux risques de submersion marine  
 Développer des partenariats avec les universités pour :  
 Collecter les données physiques collectées par le port (pluviométrie, températures, marée, submersion...) en direction du suivi des évolutions du climat  
 Identifier les zones plus vulnérables par submersion marine et les événements importants  
 Mettre en place des ouvrages plus fréquemment, et à la suite de des événements importants dans la zone de marnage et dans les zones identifiées comme les plus vulnérables  
 Surveiller l'évolution de la houle et des courants pour prévoir des solutions pertinentes  
 Surveiller l'évolution de l'acidité/salinité de l'eau

### MESURES D'ADAPTATION POUR LES INFRASTRUCTURES NEUVES OU EXISTANTES

- Les dégradations consécutives à la hausse des températures maximales sur les éléments en acier (écluse, voie ferrée, ponts) pourront demander un renouvellement plus fréquent
- Mettre en place un dispositif de refroidissement pour les postes de transformation (hors climatisation)
- Mettre en place un dispositif de refroidissement pour les postes de transformation (hors climatisation)
- Mettre en place un dispositif de refroidissement pour les postes de transformation (hors climatisation)

### ADAPTATION À INTÉGRER À LA GESTION ET D'ENTRETIEN

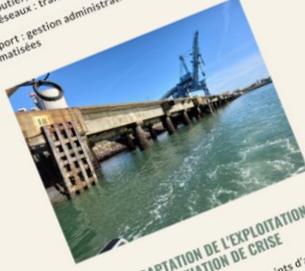
Surveiller l'évolution des températures des salles serveurs et des équipements informatiques  
 Mettre en place un dispositif de refroidissement pour les postes de transformation (hors climatisation)  
 Mettre en place un dispositif de refroidissement pour les postes de transformation (hors climatisation)  
 Mettre en place un dispositif de refroidissement pour les postes de transformation (hors climatisation)

## S'adapter à une hausse permanente du niveau marin



### FONCTIONNALITÉS CONCERNÉES

- Activités maritimes : accostage et amarrage, régulation des niveaux d'eau et réparations (travaux extérieurs)
- Gestion des marchandises : chargement/déchargement, stockage (vrac sec et liquide), sous-abri, conteneurs, matériels/bateaux
- Transport terrestre : routier, traitement de l'eau pluviale et distribution
- Fonctionnement des réseaux : électrique, traitement de l'eau pluviale et opérations automatisées/informatisées



### MESURES D'ADAPTATION DE L'EXPLOITATION Y COMPRIS SITUATION DE CRISE

- Les plans d'amarrage devront être adaptés. Les points d'amarrage pourront être rehaussés
- Revoir le système global de gestion de niveau d'eau, en lien avec les infrastructures (écluse, vannes, canalisations, bassins ...) et les équipements sensibles (électriques, hydrauliques...)
- Adapter les systèmes de traitement de l'eau pluviale en cas de présence d'eau salée

### MESURES D'ADAPTATION À INTÉGRER À LA POLITIQUE DE GESTION ET D'ENTRETIEN

Surveiller l'évolution des ouvrages en enrochement plus fréquemment, et à la suite de des événements importants  
 Identifier les zones plus vulnérables par submersion marine et les événements importants  
 Mettre en place des ouvrages plus fréquemment, et à la suite de des événements importants dans la zone de marnage et dans les zones identifiées comme les plus vulnérables  
 Surveiller l'évolution de la houle et des courants pour prévoir des solutions pertinentes  
 Surveiller l'évolution de l'acidité/salinité de l'eau



### ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE DU PORT ATLANTIQUE DE LA ROCHELLE



RECHERCHE DE SOLUTIONS D'ADAPTATION

## RECHERCHE DE SOLUTIONS D'ADAPTATION : QUELQUES EXEMPLES



**Mener des diagnostics de vulnérabilité du bâti** en zone inondable et **appliquer les mesures de réduction** nécessaires (protection des installations électriques et électroniques avec redondance des réseaux les plus critiques, utilisation de batardeaux si possible, installation de pompes à eau, choix de matériaux résistants...)



**Surveiller les dégradations consécutives à la hausse des températures maximales** sur les éléments en acier et les voiries (couches et joints de chaussée) qui pourront demander un renouvellement plus fréquent

**Prévoir les conséquences du non accès temporaire aux bâtiments** situés ou dont les accès sont situés en zone inondable



**Mettre hors d'eau / surélever les équipements sensibles** (postes de transformations et dispositifs automatiques/informatiques), voir l'opportunité de délocaliser (autre bâtiment, étage supérieur...)

**Engager différentes actions destinées à limiter le ruissellement** : augmentation des capacités des ouvrages de protection des inondations et d'assainissement, création de bassins de stockage, et gestion alternative : infiltration, stockage à la parcelle, création de noues...

## LES SUITES...

- Cerema : Prioriser les solutions et établir le plan d'action
- Port : Mettre en œuvre le plan (planifier, suivre, communiquer...)

# Analyse Multi-Critères

## Indicateurs classiques

- efficacité
- coût
- faisabilité technique
- rapidité de mise en oeuvre
- facilité de mise en oeuvre

## Indicateurs de-résilience

- Cohésion - Solidarité
- Anticipation - Veille
- Adaptation, Apprentissage et Innovation
- Sobriété et besoins essentiels
- Robustesse et continuité
- Stratégies - Gouvernance



## Indicateurs d'impact

- Chaînes de défaillances
- Probabilité de survenue des impacts pendant la vie des infrastructures
- Ampleur des impacts

**Merci de votre attention**

**[perrine.vermeersch@cerema.fr](mailto:perrine.vermeersch@cerema.fr)**

Pour aller plus loin :

<https://www.cerema.fr/fr/actualites/changement-climatique-gerer-infrastructures-resilientes>

<https://www.cerema.fr/fr/actualites/boussole-resilience-adaptation-territoires-mode-emploi-du>

[www.cerema.fr](http://www.cerema.fr)

[www.larochelle.port.fr](http://www.larochelle.port.fr)

