

**GROUPE DE TRAVAIL « Géotechnique, changement climatique  
et développement durable »**  
**REUNION du Sous-Groupe 2 du 28/04/2023 à 10H**

Réunion en Visio (Teams)

Compte rendu établi par Isabelle HALFON (présidente du GT)  
Copie à Nathalie BORIE (secrétaire du CFMS)

Liste des présents :

Nom	Prénom	Entreprise ou organisme	email	Présent	Absent	Excusé
ARAB	Rabah	HUESKER	<a href="mailto:rabah.arab@HUESKER.fr">rabah.arab@HUESKER.fr</a>	X		
BARBOSA	Alvaro	SOLETANCHE BACHY	<a href="mailto:alvaro.barbosa@soletanche-bachy.com">alvaro.barbosa@soletanche-bachy.com</a>	X		
BENAHMED	Nadia	INRAE	<a href="mailto:nadia.benahmed@inrae.fr">nadia.benahmed@inrae.fr</a>			X
BOUSSAFIR	Yasmina	UGE	<a href="mailto:yasmina.boussafir@univ-eiffel.fr">yasmina.boussafir@univ-eiffel.fr</a>			X
CHEVALIER	Christophe	UGE	<a href="mailto:christophe.chevalier@univ-eiffel.fr">christophe.chevalier@univ-eiffel.fr</a>			X
CUISINIER	Olivier	Université Lorraine	<a href="mailto:Olivier.Cuisinier@univ-lorraine.fr">Olivier.Cuisinier@univ-lorraine.fr</a>			X
CZABANSKI	Charlotte	SNCF Réseau	<a href="mailto:charlotte.czabanski@reseau.sncf.fr">charlotte.czabanski@reseau.sncf.fr</a>			X
DELERABLEE	Yvon	TERRASOL	<a href="mailto:yvon.delerablee@setec.com">yvon.delerablee@setec.com</a>			X
DI DONNA	Alice	Université Grenoble Alpes	<a href="mailto:alice.di-donna@univ-grenoble-alpes.fr">alice.di-donna@univ-grenoble-alpes.fr</a>			X
HALFON	Isabelle	BRGM	<a href="mailto:i.halfon@brgm.fr">i.halfon@brgm.fr</a>	X		
HEMMATI	Sahar	UGE	<a href="mailto:sahar.hemmati@univ-eiffel.fr">sahar.hemmati@univ-eiffel.fr</a>	X		
IGHIL AMEUR	Lamine	CEREMA	<a href="mailto:lamine.ighil-ameur@cerema.fr">lamine.ighil-ameur@cerema.fr</a>	X		
JAOUEN	Timothée	GINGER / BURGEAP	<a href="mailto:t.jaouen@groupeginger.com">t.jaouen@groupeginger.com</a>	X		
LAMBERT	Serge	KELLER	<a href="mailto:serge.lambert@keller.com">serge.lambert@keller.com</a>			
LEFEBVRE MIGNON	Valérie	Arcadis	<a href="mailto:valerie.lefebvre@arcadis.com">valerie.lefebvre@arcadis.com</a>	X		
MAKKI	Lamis	UGE	<a href="mailto:lamis.makki@univ-eiffel.fr">lamis.makki@univ-eiffel.fr</a>	X		
MEUNIER	Christophe	ALIOS + USG	<a href="mailto:christophe.meunier@alios.fr">christophe.meunier@alios.fr</a>	X		
MEYER	Grégory	Egis	<a href="mailto:Gregory.MEYER@egis-group.com">Gregory.MEYER@egis-group.com</a>	X		
OKYAY	Umur Salih	INFRANEO	<a href="mailto:us.okyay@infraneo.com">us.okyay@infraneo.com</a>	X		
PERLO	Sabrina	CEREMA	<a href="mailto:sabrina.perlo@cerema.fr">sabrina.perlo@cerema.fr</a>	X		



Nom	Prénom	Entreprise ou organisme	email	Présent	Absent	Excusé
RANDRIAMPARANY	Andri	ADP	<a href="mailto:Andri.RANDRIAMPARANY@adp.fr">Andri.RANDRIAMPARANY@adp.fr</a>	X		
SANFRATELLO	Jean-Pierre	COLAS	<a href="mailto:sanfratello@campus.colas.fr">sanfratello@campus.colas.fr</a>			X
TANG	Anh Minh	ENPC	<a href="mailto:anh-minh.tang@enpc.fr">anh-minh.tang@enpc.fr</a>	X		
THIERY	Yannick	BRGM	<a href="mailto:y.thiery@brgm.fr">y.thiery@brgm.fr</a>	X		
VASILESCU	Roxana	PINTO GC	<a href="mailto:rvasilescu@pintogc.com">rvasilescu@pintogc.com</a>			X
VUILLERMET	Eric	BRL Ingenierie	<a href="mailto:Eric.Vuillermet@brl.fr">Eric.Vuillermet@brl.fr</a>	X		
ZUMBO	Vilma	SYSTRA	<a href="mailto:vzumbo@systra.com">vzumbo@systra.com</a>	X		

Ordre du jour :

- Présentation de Marie Colin (Cerema)
- Inventaire des effets du chgt climatique par familles d'ouvrages
- Répartition du travail en vue de la prochaine réunion

## **1. Présentation de Marie Colin (Cerema) - « Résilience des ouvrages géotechniques aux changements climatiques : connaissances et méthodes »**

Le Groupe de travail reçoit Marie Colin (Cerema), pour une présentation intitulée : « Résilience des ouvrages géotechniques aux changements climatiques : connaissances et méthodes ».

Marie Colin travaille sur l'adaptation des ouvrages au changement climatique et notamment sur les aspects méthodologiques, principalement domaine routier.

Elle est également membre de l'Association mondiale de la route.

Le support de présentation et l'enregistrement de la présentation sont disponibles sur le Teams du Groupe de travail :

- Présentation : [20230428-ACC-CFMS.pdf](#)
- Enregistrement : [GT CFMS - Géotech. chgt climatique, dev durable - SS-GROUPE 2-20230428\\_100854-Enregistrement de la réunion \(2\).mp4](#)

Ci-dessous, quelques notes prises lors de cette présentation :

Présentation de la démarche de résilience appliquée au Cerema.

1. Définition des objectifs et des périmètres
2. Identification et collecte des données : grosse étape
3. Evaluation des vulnérabilités
4. Choisir les solutions d'adaptation : pas seulement le renforcement de l'infrastructure mais aussi l'entretien, des modifications de l'exploitation, ....
5. Incorporer les résultats aux processus de décision

C'est une démarche à un niveau stratégique générale. C'est plutôt appliqué pour différents types d'infrastructure d'un réseau, pas à une infrastructure en particulier.

Exemples d'aléas primaires et aléas secondaires pris en compte :

Secrétariat Général et correspondance : **INSAVALOR / CFMS – 66 Boulevard Niels Bohr – CS52132 – 69603 VILLEURBANNE Cedex**

Email : [cfms.secretariat@geotechnique.org](mailto:cfms.secretariat@geotechnique.org)

Site internet : [www.geotechnique.org](http://www.geotechnique.org)

SIRET : 498 676 022 00011 – APE 9499Z — Association régie par la loi du 01-07-1901

Aléas	EXPOSITION (tendance)		
	Période de réf.	Court terme	Long terme
Retrait-gonflement des argiles	→	→	↗
	→	→	↗
Tempête	→	→	→
Fortes chaleurs	↗	↗	↗
Neige	→	→	↘
Vague de froid	↘	↘	↘
Gel	↘	↘	↘
Inondations par débordement de cours d'eau	→	↗	→
Inondation de type crue torrentielle	↗	↗	↗
Inondation par submersion marine	↗	↗	↗
Inondation par remontée de nappe	→	→	↗
Feux de végétation et de forêt	→	→	→
Mouvements de terrain	→	→	→

figure 1

A noter : les mouvements de terrain (glissement de terrain, RGA, etc) sont considérés comme des aléas (aléas secondaires). Comme on ne dispose pas de projections sur ces aléas, on croise les projections sur les aléas climatiques avec les zones susceptibles de subir des mouvements de terrain.

Hypothèses pour les projections :

- 3 horizons : proche, moyen et lointain (2030, 2050, 2070)
- Choix des scénarios médians et pessimiste

A noter que le MTE (ministère de la transition écologique) doit définir prochainement la TRACC : trajectoire d'adaptation au changement climatique. Elle vise à définir des scénarios de réchauffement climatique pour la France. C'est Meteo France qui calculera les projections correspondant à cette TRACC.

Comment est caractérisé la vulnérabilité des ouvrages ? Pour chaque type d'ouvrages, on donne une note sur l'exposition de l'ouvrage aux différents aléas : exemple ci-dessous

Les notes de vulnérabilité sont échelonnées de 0 à 9, 0 correspondant à une vulnérabilité nulle et 9 correspondant à une vulnérabilité extrême du composant aux divers aléas.

Système // Aléas		Extrême chaud	Précipitations - Ruissellement	Inondation - lente, bassin versant	Inondation - crue	Sécheresse	Retrait-gonflement des argiles	Glissements de terrain	Feux de forêt
Remblais	Référence :	1	8	8	7	1	3	8	0
Déblais	Référence :	1	8	4	4	2	3	8	0

Échelle de notation de la vulnérabilité physique

Niveau (dégradé couleur)	Type d'impact	Description du type d'intervention de l'opérateur	Exemples
7 - 8 - 9	Critique	Destruction partielle ou totale du système, système inadapté ou système inutilisable nécessitant un <b>redimensionnement / une reconstruction ou une relocalisation</b> (gros travaux)	Route inondée Buse à redimensionner
4 - 5 - 6	Majeur	Dégâts importants qui requièrent des <b>aménagement complémentaires ou des travaux légers</b>	Fissuration et craquements des revêtements de la route
1 - 2 - 3	Mineur / modéré	Impacts mineurs palliés par une <b>maintenance préventive / curative</b> "classique"	Route sujette régulièrement à de fortes pluies
0	Pas d'impact	Pas d'impact identifié dans la littérature	

Exemple de grille d'analyse d'impacts physiques – étude A9 / ASF. Les résultats ont été modifiés.  
Source : Carbone 4

figure 2

Il s'agit d'une démarche stratégique globale, qui sert à identifier les infrastructures vulnérables, pour ensuite faire une analyse plus précise des solutions dans un objectif opérationnel.

Solutions d'adaptation : des catalogues ont été publiés par l'association mondiale de la route (PIARC) et fiches résilience éditées par le Cerema.

Pour la géotechnique, des travaux ont été faits par le Cerema il y a une dizaine d'années, concernant :

- Les projections climatiques 2100
- Analyse des impacts (analyse macroscopique) sur les infra routières, ferroviaires, aéroportuaires
- Liste de documents de référence, normes qui étaient potentiellement à adapter
- Identification des besoins en données climatiques
- Adaptation des documents de référence

Ce travail a permis d'identifier les référentiels à faire évoluer. Mais ce travail commence à dater et serait à réactualiser.

## 2 - Sommaire des futures recommandations

Lors de cette réunion, on se focalise sur le **chapitre 6 – Adaptation des ouvrages** :

### 1. Objet / Périmètre / cadrage des recommandations

- Périmètre géographique : France métropolitaine et outre-mer
- Périmètre des ouvrages géotechniques pris en compte, exclusion des barrages et tunnels
- Dans le contexte changement climatique, objectifs des recommandations :
  - Evaluation des impacts sur les ouvrages géotechniques
  - Proposition de mesures d'atténuation et d'adaptation

### 2. Données d'entrée, sites d'informations, documents de référence

- Informations actuelles (météo France, élévation niveau mer...) site internet du DRIAS (<http://www.drias-climat.fr/>).
- Rapports du GIEC : Site IPCC : [IPCC](http://www.ipcc.ch/) — Intergovernmental Panel on Climate Change . Autres sites ?

Secrétariat Général et correspondance : **INSAVALOR / CFMS – 66 Boulevard Niels Bohr – CS52132 – 69603 VILLEURBANNE Cedex**

Email : [cfms.secretariat@geotechnique.org](mailto:cfms.secretariat@geotechnique.org)

Site internet : [www.geotechnique.org](http://www.geotechnique.org)

SIRET : 498 676 022 00011 – APE 9499Z — Association régie par la loi du 01-07-1901



- Projections générales pour les prochaines décennies : expliquer les différents scénarios du GIEC (citer les sources d'information) : reprendre la présentation de JCh Calvet et celle de G. Le Cozannet

### 3. Liste des différents effets du changement climatique

- Sécheresse
- Inondation
- Fortes précipitations
- Température
- Elévation niveau mer
- Vent (augmentation intensité ou nouvelles zones exposées)
- Incendie
- intensification / augmentation fréquence de certains phénomènes
- phénomènes en cascade

Après présentation de la liste, essayer de hiérarchiser des effets pour la France, en fonction de leur intensité, fréquence, occurrence, en s'appuyant sur les projections du GIEC et DRIAS.

### 4. Prise en compte des effets par famille d'ouvrages

Un paragraphe par famille d'ouvrage avec tableaux de synthèse et commentaires sur les tableaux (aide à la compréhension)

- Maisons individuelles
- Routes, voiries, chaussées, voies ferrées (ouvrages en service)
- Dignes fluviales
- Pentés naturelles (rocheuses et terrains meubles)
- Fondations : superficielles / profondes / dallages
- Soutènements yc composants (ancrages, renforcements, etc.)
- Ouvrages hydrauliques (rétablissement, buses, dalots) / réseaux
- Ouvrages maritimes : quais, terre-pleins, digues, épis, brise-houles
- Ouvrages d'art en site aquatique (ponts, viaducs, etc.)
- Terrassements (travaux)
- Améliorations de sol / sol renforcé (inclusions rigides, ...)

### 5. Ouvrages neufs : choix de conception

Hypothèses concernant les actions climatiques : lister les principales actions climatiques et indiquer comment elles doivent évoluer, et éventuellement fournir des valeurs recommandées ou des gammes de valeurs :

- Températures min et max, températures moyennes,
- gel,
- sécheresse /humidité du sol,
- élévation du niveau de la mer,
- ... ?



## 6. Adaptation des ouvrages existants par familles d'ouvrages

Lister les solutions d'adaptation et les évaluer.

Critères d'évaluation : on passe en revue les 17 indicateurs de l'ONU mais ils apparaissent trop larges, et en dehors des compétences du groupe de travail. On examine aussi les 17 indicateurs du projet TERDOUEST. Ces indicateurs sont trop nombreux et on recherche des indicateurs plus lisibles. On propose donc d'évaluer les solutions selon les 5 critères suivants :

Critères proposés par le GT :

1. Faisabilité technique
2. Empreinte carbone
3. Economie, coût (séparer investissement et exploitation ?)
4. Efficacité : a-t-on des retours d'expérience ? solution éprouvée ?
5. Durabilité, pérennité

D'autres critères sont importants, mais pas du ressort du GT CFMS :

6. Acceptabilité par M.Ouvrage / gestionnaire
7. Acceptabilité par le public

Remarques : on pourrait évaluer plutôt des techniques que des « solutions », une solution pouvant être la combinaison des différentes techniques. Certains critères sont difficiles à évaluer, ou sont à évaluer au cas par cas, mais cela permet de sensibiliser le M. Ouvrage.

## 8. Réduction de la vulnérabilité

## 9. Exemples : études de cas

## 3 - Prochaines réunions et répartition du travail

**Pour la prochaine réunion (26/05/2023) :**

- IH prépare un tableau d'analyse de la vulnérabilité des différents types d'ouvrages géotechniques, en reprenant les aléas et la grille de notation présentée par Marie Colin (figure 2 de ce compte-rendu). Ce tableau sera rempli au cours de la prochaine réunion.
- IH regroupe tous les tableaux déjà préparés dans un fichier Word. Un travail sur la terminologie des aléas sera à réaliser en réunion, en reprenant les termes utilisés dans la présentation de Marie Colin (figure 1 de ce compte-rendu).

Prochaines réunions :

- **26/05/2023 à 10h (Teams)**
- **23/05/2023 à 10h (Teams)**

1 ○○○○○○○○○○○○○○○○○○○