

Mise à jour du guide assainissement routier

Rendre les ouvrages hydrauliques plus résilients face au
changement climatique

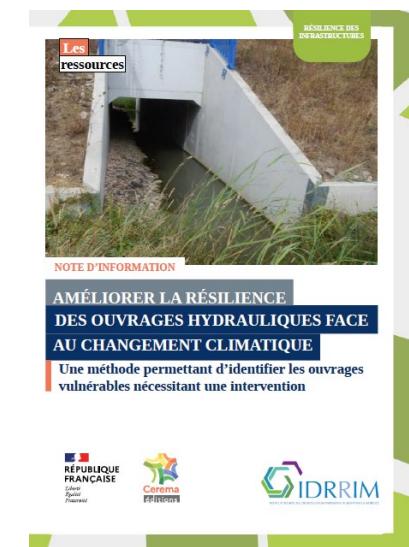
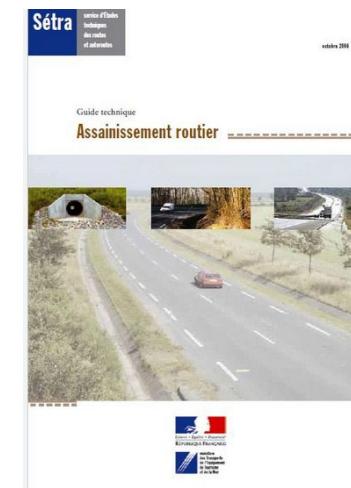
Jean-Michel SIGAUD
Cerema

Plan de l'intervention

1. Contexte et enjeux
2. Les potentialités de dégradation associées aux ouvrages hydrauliques
3. L'état des connaissances actuelles en matière de changement climatique et de projection sur les pluies extrêmes
4. Méthode d'identification des ouvrages vulnérables et solutions d'adaptation au changement climatique
5. Perspectives

La mise à jour du guide technique de l'assainissement routier (GTAR, octobre 2006)

- **Mise à jour rendue nécessaire par son antériorité et les nouveaux dispositifs réglementaires**
- **Prise en compte du changement climatique dans les études hydrologiques**
 - Présentation de la **méthode d'identification des OH à risque** et proposition d'une **stratégie de réduction de la vulnérabilité**, basée sur :
 - **Retours d'expérience**
 - **Bonnes pratiques**des exploitants d'infrastructures



1. Contexte et enjeux

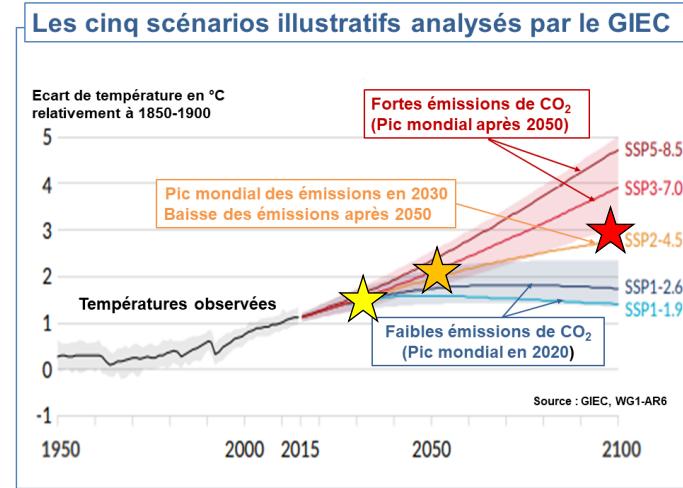
- Un climat qui évolue :**

Scénario TRACC	Réchauffement moyen sur la France métropolitaine	Horizon
+ 1,5 °C	+ 2,0 °C	2030
+ 2,0 °C	+ 2,7 °C	2050
+ 3,0 °C	+ 4,0 °C	2100

(Source : Météo France)

- Des infrastructures de transport plus vulnérables face au changement climatique et aux précipitations extrêmes**

- Résilience des ouvrages face à des événements extrêmes ou des dégradations chroniques amplifiées par le CC ?
- Quels impacts sur les politiques de conception / entretien / exploitation ?
- Impact sur la qualité de service / trafic ?
- Impact sur les coûts de réparation, d'entretien et de reconstruction ?



Projections de la température moyenne mondiale par rapport à la période pré-industrielle 1850-1900 selon différents scénarios climatiques. (Source : Giec, 1er groupe de travail, 2013)

2. Les potentialités de dégradation associées aux OH

- **De multiples dégradations possibles en cas d'évènements hydrologiques extrêmes**
 - Inondation de la chaussée avec mise en charge de l'ouvrage
 - Phénomènes érosifs destructifs
 - Atterrissements / comblement des ouvrages et formation d'embâcles
- **Les causes de dégradations et les facteurs aggravants :**
 - Un sous-dimensionnement hydraulique de l'ouvrage (mise en charge)
 - Un ou plusieurs défaut(s) de conception et/ou d'exécution des ouvrages
 - Une fragilité structurelle inhérente à la nature de l'ouvrage
 - Un défaut d'entretien des cours d'eau ou une tendance à l'obturation



A75 - Effondrement d'une buse à Lodève (34) –
Septembre 2015 (source : DIR Massif Central)

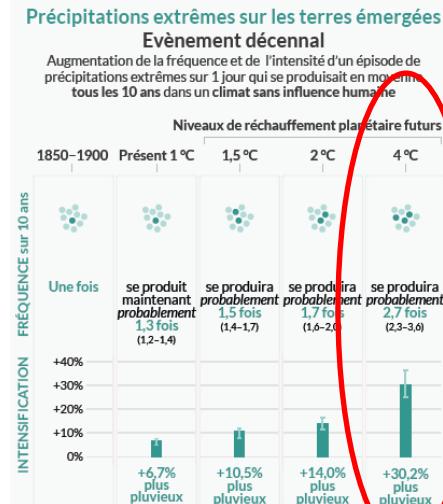
Buse métallique fortement
dégradée (source : Cerema -
journées techniques COTITA Aix-
en-Provence – Janvier 2020)



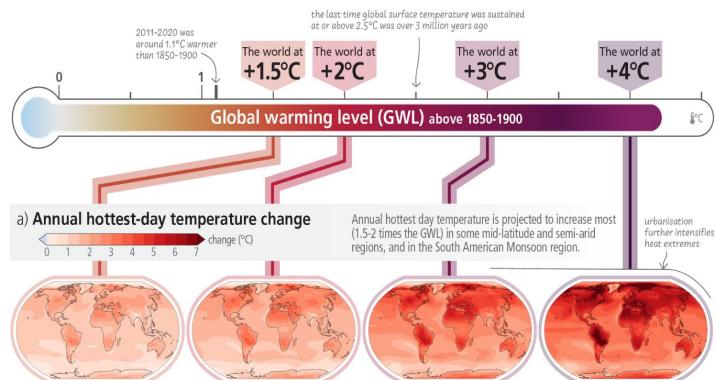
→ **Changement climatique**
= facteur aggravant !

3. L'état des connaissances actuelles en matière de projection sur les pluies extrêmes

- **Une connaissance limitée des projections sur les précipitations extrêmes → fortes incertitudes**
 - Besoin d'améliorer la prédictivité des modèles climatiques
 - Besoin de prendre en compte les phénomènes convectifs
- **Une tendance générale (+30%)mais de fortes disparités locales**
 - Périodes de retour traitées par les projets scientifiques **non adaptées** (DRIAS / Explore2)
 - Accès aux seules données journalières (pluies 24h)



(Source : Projections des changements de l'intensité et de la fréquence des précipitations journalières extrêmes sur les terres émergées
(source : <https://www.ipcc.ch/working-group/wg1/>))



(Source : rapport IPPC – AR6 issu des travaux du GIEC, Mars 2023)

3. L'état des connaissances actuelles en matière de projection sur les pluies extrêmes (suite)

- **En l'état actuel des connaissances :**
 - Choix de retenir une valeur forfaitaire unique de **+30 % pour l'intensité des pluies extrêmes d'ici à 2100**
 - sur l'ensemble du territoire de la France métropolitaine
 - pour l'ensemble des périodes de retour et durées de précipitations considérées
- **Conséquences sur les débits de projet :**
 - Se traduit de manière différente selon la formule de calcul utilisée (Rationnelle, Crupedix, formule de transition)
 - Recommandation d'augmenter de **+30% le débit calculé à partir des données pluviométriques actuelles**
(coefficients de Montana + PJ₁₀)

4. Méthode d'identification des ouvrages vulnérables et solutions d'adaptation au changement climatique

- Une méthode en 6 étapes clés :

- 1 **Recensement exhaustif des ouvrages hydrauliques**
- 2 **Priorisation des ouvrages hydrauliques situés dans les zones d'aléa inondation fort**
- 3 **Diagnostic structurel des ouvrages**
- 4 **Etude de transparence hydraulique des ouvrages**
- 5 **Identification et priorisation des interventions sur les OH les plus vulnérables**
- 6 **Mise en place des actions correctrices**

4. Méthode d'identification des ouvrages vulnérables et solutions d'adaptation au changement climatique (suite)

1

Recensement exhaustif des ouvrages hydrauliques

- **Méconnaissance de certains OH d'ouverture < 2m**
- **Connaissance exhaustive des OH = enjeu fort pour un gestionnaire**
 - Permet de garantir la pérennité de son patrimoine
 - Permet de mieux anticiper les besoins financiers d'entretien et de maintenance des OH
- **Recensement complexe et chronophage**
 - Peut être externalisé
 - Utilisation possible de méthodes à grand rendement (LIDAR, etc.)
- **Nécessité de pérenniser cette connaissance (base de données, SIG, etc.)**

4. Méthode d'identification des ouvrages vulnérables et solutions d'adaptation au changement climatique (suite)

2

Priorisation des ouvrages hydrauliques situés dans les zones d'aléa inondation fort

- Identification des ouvrages situés dans les zones où **l'aléa inondation par débordement / ruissellement est le plus fort** :
 - **Priorisation des interventions** sur les ouvrages les plus exposés
 - **Rationalisation des coûts des études / interventions** sur les OH jugés les plus à risque
 - **Dans la pratique** : croisement de données par SIG :
[données OH] x [aléas inondation fort] → ouvrages prioritaires
- Nota : attention particulière pour les OH ayant des **remblais de forte hauteur**
- Données sur l'aléa inondation (PPRi) disponibles auprès des DDT

4. Méthode d'identification des ouvrages vulnérables et solutions d'adaptation au changement climatique (suite)

3

Diagnostic structurel des ouvrages

- **Vis-à-vis du risque hydraulique, à vérifier en particulier :**
 - Etat général de l'ouvrage et de ses têtes
 - Nature et granulométrie des remblais contigus
 - Présence de fissures / cavités en amont
 - Présence de dispositifs de protection (enrochements, gabions, perrés, têtes d'ouvrages, etc.)
 - Hauteur des remblais sur ouvrage
 - Présence d'atterrissements en entrée et/ou dans l'ouvrage
- Peut se baser sur l'IQOA, y compris pour les OH d'ouverture < 2m
 - *Classe 1* → Aucune intervention en dehors de l'entretien courant
 - *Classe 2/2E* → Défauts mineurs : entretien spécialisé
 - *Classe 3/3U* → Défauts structurels : chemisage, reconstruction, etc.

4. Méthode d'identification des ouvrages vulnérables et solutions d'adaptation au changement climatique (suite)

4

Etude de transparence hydraulique

- **L'étude hydrologique préalable :**
 - Prise en compte du **changement climatique pour le débit de projet :**
$$Q_{T_CC} = 1,3 \text{ fois } Q_T$$
 - Sur le RRN :
$$Q_{100_CC} = 1,3 \text{ fois } Q_{100}$$
$$Q_{ex_CC} = 1,5 \text{ fois } Q_{100_CC}$$
- **L'étude de vérification hydraulique :**
 - **Vérification des critères hydrauliques repris du GTAR :**
 - Régime d'écoulement maîtrisé (fluvial/torrentiel)
 - Vitesse d'écoulement limitée à 4 m/s (2.5 m/s dans les buses métalliques)
 - Hauteur d'eau H_{AM} en amont d'ouvrage limitée à 1,2 fois la hauteur de l'ouvrage
 - **Tirant d'air minimal** de 50 cm pour les OA (ouverture > 2m), taux de remplissage < 75% pour les OH d'ouverture < 2m

4. Méthode d'identification des ouvrages vulnérables et solutions d'adaptation au changement climatique (suite)

4 ➤

Etude de transparence hydraulique (suite)

- **L'étude de vérification hydraulique (suite):**

- Dans les faits, les critères hydrauliques du GTAR sont rarement tous atteints pour les OH anciens
 - Définition de nouveaux critères hydrauliques plus « lâches » tout en garantissant des conditions d'écoulement « acceptables » :

- Régime d'écoulement maîtrisé (fluvial/torrentiel) 
 - Vitesse d'écoulement limitée à 5 m/s (2.5 m/s dans les buses métalliques) 
 - Mise en charge possible, mais absence de surverse sur la chaussée et/ou acceptabilité d'une surverse latérale maîtrisée vis-à-vis des enjeux environnants
 - Absence d'impact négatif sur les enjeux situés en aval
 - Absence de risque d'érosion / affouillement en aval de l'ouvrage

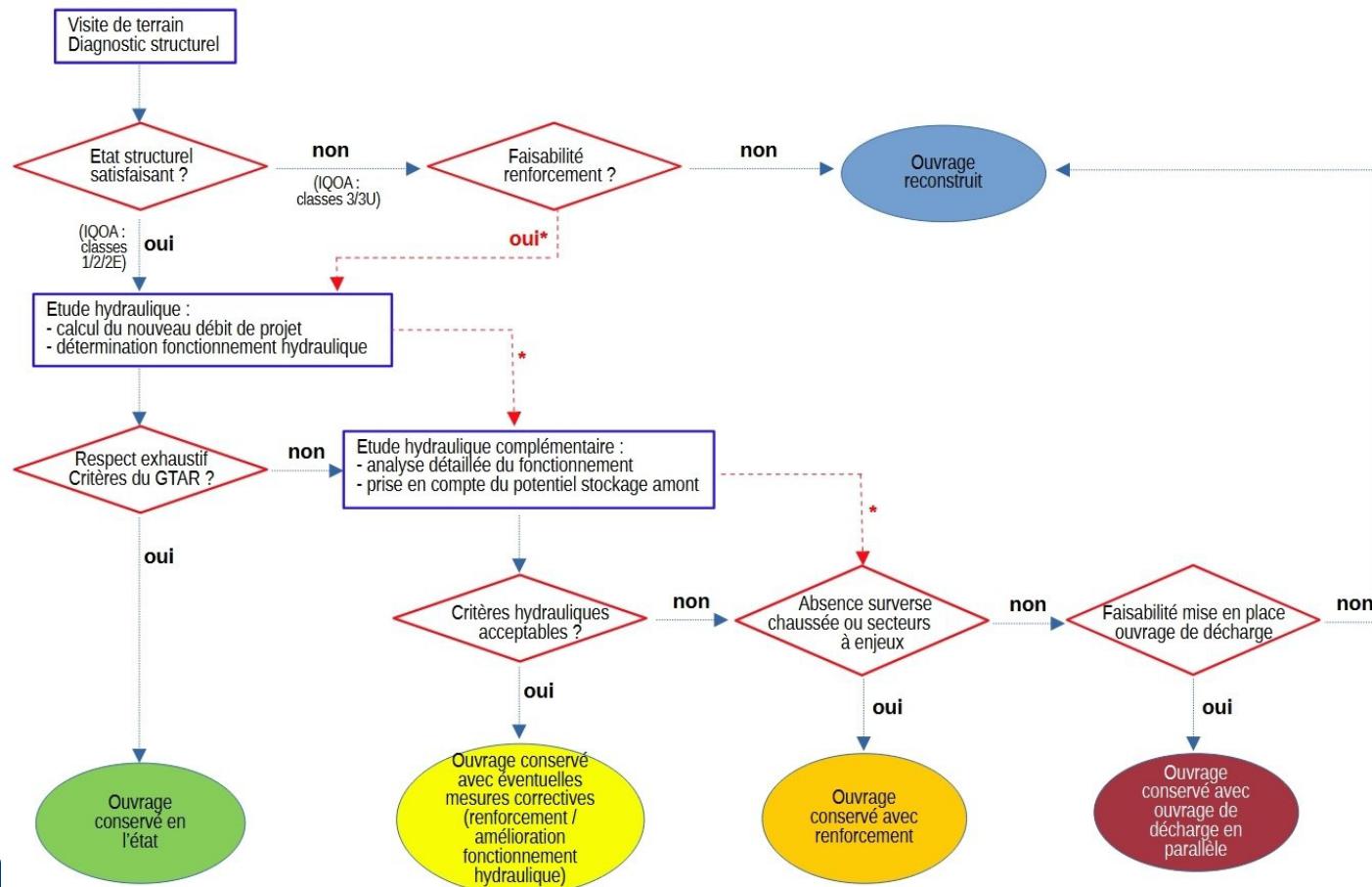
→ Dispositions constructives à prévoir dans ce cas...

- Reprofilage de la tête amont
 - Réaménagement du site environnant
 - Solutions de confortement / protections

4. Méthode d'identification des ouvrages vulnérables et solutions d'adaptation au changement climatique (suite)

5 Identification et priorisation des interventions sur les OH les plus vulnérables

Prise en compte des critères :
 - **structurels**
 - **hydrauliques**
 ... et des **contraintes d'exploitation** et de la **faisabilité des travaux**

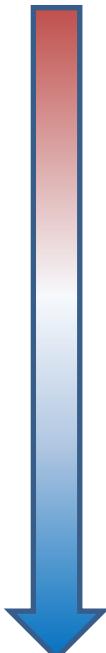


4. Méthode d'identification des ouvrages vulnérables et solutions d'adaptation au changement climatique (suite)

5

Identification et priorisation des interventions sur les OH les plus vulnérables (suite)

- **Priorisation des interventions :**
 - Priorité 0 : curage, entretien courant, nettoyage des berges
 - Priorité 1 : ouvrages classés 3/3U, critères hydrauliques inacceptables
 - Priorité 2 : ouvrages classés 3/3U, critères hydrauliques acceptables ou respectant le GTAR
 - Priorité 3 : ouvrages classés 2/2E, critères hydrauliques inacceptables
 - Priorité 4 : ouvrages classés 1, critères hydrauliques inacceptables
 - Priorité 5 : ouvrages classés 2/2E, critères hydrauliques acceptables
 - Priorité 6 : ouvrages classés 2/2E, critères hydrauliques respectant le GTAR



4. Méthode d'identification des ouvrages vulnérables et solutions d'adaptation au changement climatique (suite)

6

Mise en place des **actions correctrices**

- **Opérations relevant de l'entretien courant**
 - Nettoyage / dévégétalisation
 - Curage
- **Travaux de renforcement** (« entretien spécialisé »)
 - Amélioration de l'entonnement de l'OH
 - Masque amont / perré de protection
 - Chemisage (buses)
 - Traitement des fissures / cavités en amont (prévention des phénomènes érosifs)
 - Éventuels dispositifs de dissipation d'énergie (prévention des passages en torrentiel et vitesses excessives dans l'ouvrage...)

5. Perspectives

- **Prise en compte du changement climatique dans le GTAR...**
... mais suppose de **connaître plus précisément les projections climatiques en termes de pluies extrêmes**
- Parti pris d'augmenter forfaitairement de **+30% les débits de projet** par rapport aux résultats obtenus avec la méthode actuelle...
... faute de connaissances fines sur les projections
- Tendance à recon siderer au fur et à mesure de l'avancée des connaissances scientifiques et des nouvelles projections climatiques à venir

Merci de votre attention

Jean-Michel SIGAUD

Cerema – Direction territoriale Centre-Est – Agence de Clermont-Ferrand
8 rue Bernard Palissy – 63000 Clermont-Ferrand
Tél. 01-59-44-46-07 – Mail : jean-michel.sigaud@cerema.fr