

## 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

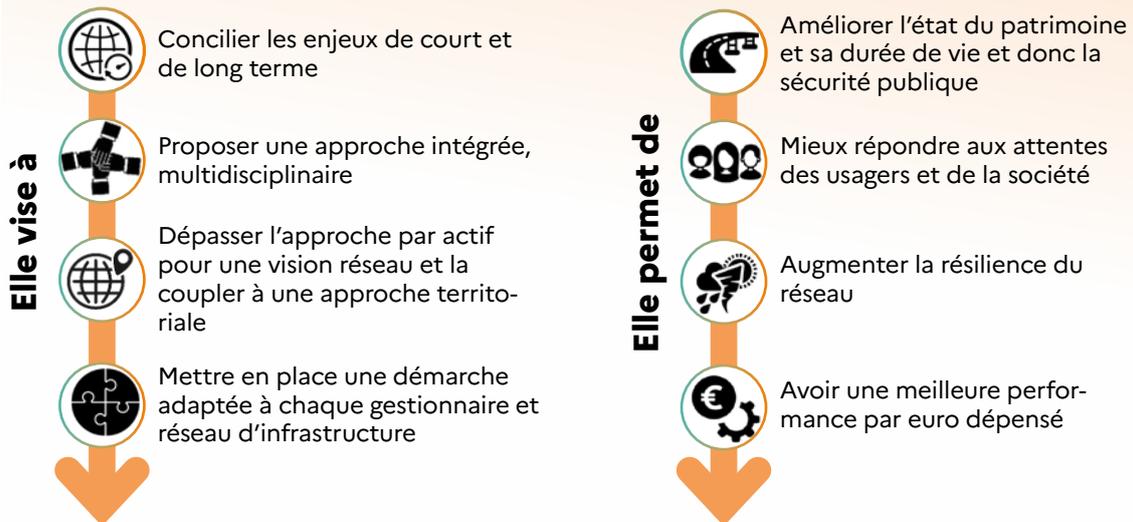


Fiche n° 01 - Janvier 2022

# Adopter une démarche de gestion intégrée

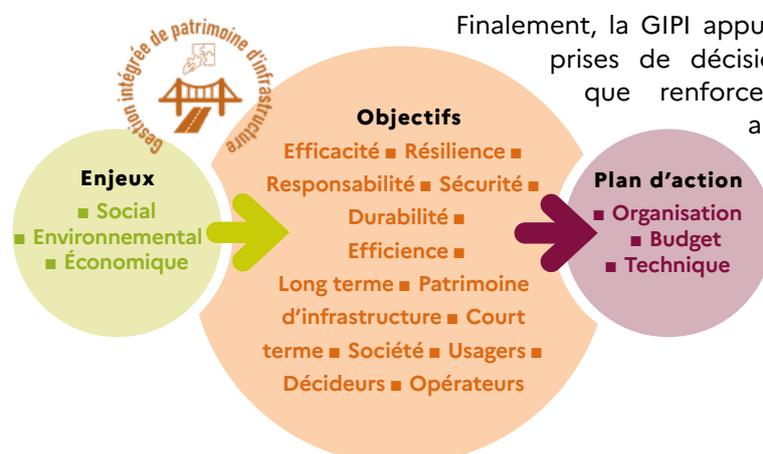


“ La Gestion Intégrée de Patrimoine d’Infrastructure (GIPI) est un processus visant à créer et maintenir les actifs afin de répondre aux besoins actuels et futurs des utilisateurs de la manière la plus efficace, efficiente et responsable possible. ”



La GIPI tient compte de l’environnement (naturel, socio-économique) et de l’ensemble des contextes techniques, socio-économiques, environnementaux pour proposer des solutions et des outils techniques, financiers, organisationnels. Elle vise à développer des infrastructures et services de transport plus durables, plus sûrs et plus résilients grâce à une gestion efficace, efficiente et responsable. Elle répond ainsi aux enjeux environnementaux, sociétaux et économiques actuels et futurs de la société tout en prenant en considération les contraintes techniques, budgétaires et organisationnelles des gestionnaires.

La GIPI repose donc sur une approche systémique tenant compte de l’ensemble de ces contextes et dépassant l’approche par actif pour une approche concernant le patrimoine dans son ensemble et les interactions avec son environnement. De plus, les différents périmètres (physiques, fonctionnels, contextuels, etc.) et leurs évolutions doivent être adaptés en fonction du gestionnaire, du réseau, des objectifs fixés, etc. Enfin, la GIPI vise à concilier les enjeux de long terme avec les contraintes de court terme et les logiques opérationnelles.



Finalement, la GIPI appuie les gestionnaires dans leurs prises de décisions parfois complexes telles que renforcer, remplacer, maintenir ou abandonner à terme certaines parties ou éléments de leur réseau.

## Le phénomène de RGA

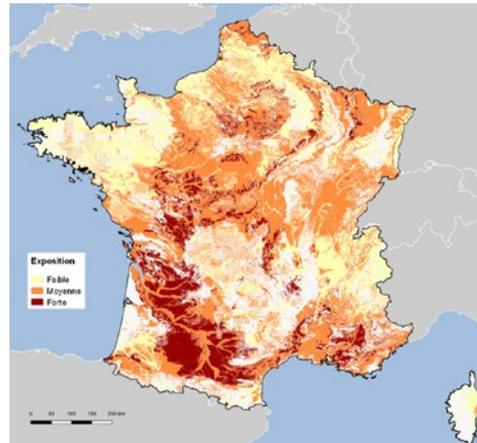
Le phénomène de retrait-gonflement des sols argileux touche l'ensemble du territoire national et se manifeste lors d'épisodes de sécheresse. S'il est de mieux en mieux décrit pour ses conséquences sur le bâti, ce phénomène est encore mal connu et mal caractérisé pour les infrastructures routières. En effet, les données d'exposition à ce phénomène sont basées principalement sur les sinistres observés sur le bâti. Le BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières) a publié une cartographie d'exposition du territoire qui permet d'identifier les formations argileuses a priori sujettes au phénomène de RGA et de les hiérarchiser selon un degré d'exposition croissant (cf. cartographie ci-contre).

Pour les gestionnaires d'infrastructures, il s'agit d'abord d'intégrer cette vulnérabilité dans leur démarche de gestion intégrée de patrimoine afin :

1. d'améliorer la connaissance du RGA et de ses potentielles conséquences sur leur réseau routier;
2. de définir et hiérarchiser des actions visant à réduire la vulnérabilité ou les conséquences du RGA;
3. de mettre en œuvre un plan d'action adapté au contexte et à l'environnement de la route;
4. d'assurer un suivi dans le temps des actions vis-à-vis du phénomène de RGA.



(source: Lamine Ighil Ameur/Cerema 2020)



Cartographie de l'exposition du territoire au phénomène de retrait gonflement : 48 % du territoire est en zone d'exposition moyenne ou forte (source: BRGM)

### Quelques chiffres sur l'impact du RGA sur le bâti

- **48 % du territoire** est en zone d'exposition moyenne ou forte (source: BRGM 2021)
- **Plus de 10 000 communes** reconnues en état de catastrophe naturelle sécheresse entre 1989 et 2017 (source: Géorisques 2020)
- **1,3 milliards d'euros** d'indemnités versées en 2019 au titre de l'assurance des sinistres de sécheresse (source: Fédération Française de l'Assurance, 2019)
- **31 % des indemnités catastrophes naturelles versées depuis 1982** concernent des sinistres sécheresse (source: Fédération Française de l'Assurance, 2019)

## Les enjeux liés au phénomène de RGA



(source: Lamine Ighil Ameur/Cerema 2020)

Enjeux techniques et budgétaires

- Améliorer la résilience du réseau
- Adapter les actions au contexte du réseau
- Limiter les coûts de réparation et de maintenance du réseau face au phénomène de RGA

Enjeux environnementaux

- Mettre en œuvre des solutions techniques respectueuses de l'environnement

Enjeux territoriaux et sociétaux

- Garantir la sécurité des usagers
- Maintenir le niveau de service

# Connaître son exposition et sa sensibilité

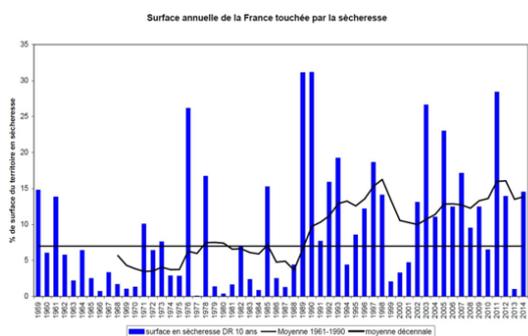
## Les mécanismes et l'environnement proche

Lors d'une période de sécheresse, un déséquilibre hydrologique se crée dans le sol par l'effet combiné de la présence de la chaussée (qui protège le sol qu'elle couvre), de la présence de végétation (influence racinaire de la végétation à proximité de la chaussée) et de l'état des dispositifs d'assainissement. Cette dessiccation des couches superficielles du sol a tendance à se propager à la fois en profondeur (2 premiers mètres environ) et horizontalement, en partant des accotements vers le centre de la chaussée dans le cas d'une route par exemple.

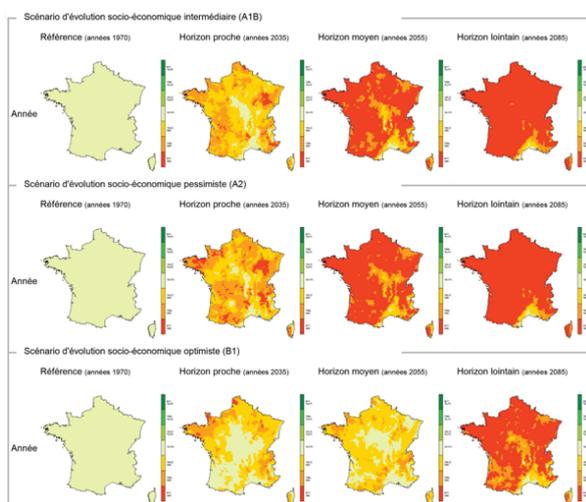
Le RGA a lieu dans la fraction argileuse des sols en place, son amplitude dépend du type d'argile : souvent de nature très plastique avec un indice de plasticité supérieur à 40. Le phénomène naturel de RGA se produit dans le sol argileux sous l'effet des sollicitations hydriques cycliques caractérisées par des chemins de séchage-humidification durant respectivement les périodes de sécheresse (où la succion est maximale) et de précipitations (où la succion est minimale, proche de 0). Ainsi, entre la zone centrale de la chaussée et ses abords, le sol support subit un tassement différentiel : les abords vont se tasser lors des épisodes de sécheresse et gonfler lors des épisodes de pluie.

## L'exposition à la sécheresse

La sécheresse est caractérisée par « l'absence ou l'insuffisance de pluie pendant une certaine période » (Larousse 2021). En France, on note depuis la fin des années 1980 une tendance claire à l'augmentation de la fréquence et de l'intensité (au sens de la surface affectée), des sécheresses (cf. graphe ci-dessous). Le changement climatique va accentuer ce phénomène. En effet, les projections pour les années à venir, réalisées notamment dans le cadre du projet de recherche ClimSec<sup>1</sup>, indiquent que le phénomène va s'amplifier sur le XXI<sup>e</sup> siècle et ce, quel que soit le scénario socio-économique adopté (ie. trajectoire des émissions de GES, cf. cartographie ci-dessous). En outre, tous les scénarios s'accordent sur le fait qu'à l'horizon de la fin du siècle, l'ensemble du pays sera touché par des périodes très à extrêmement sèches.



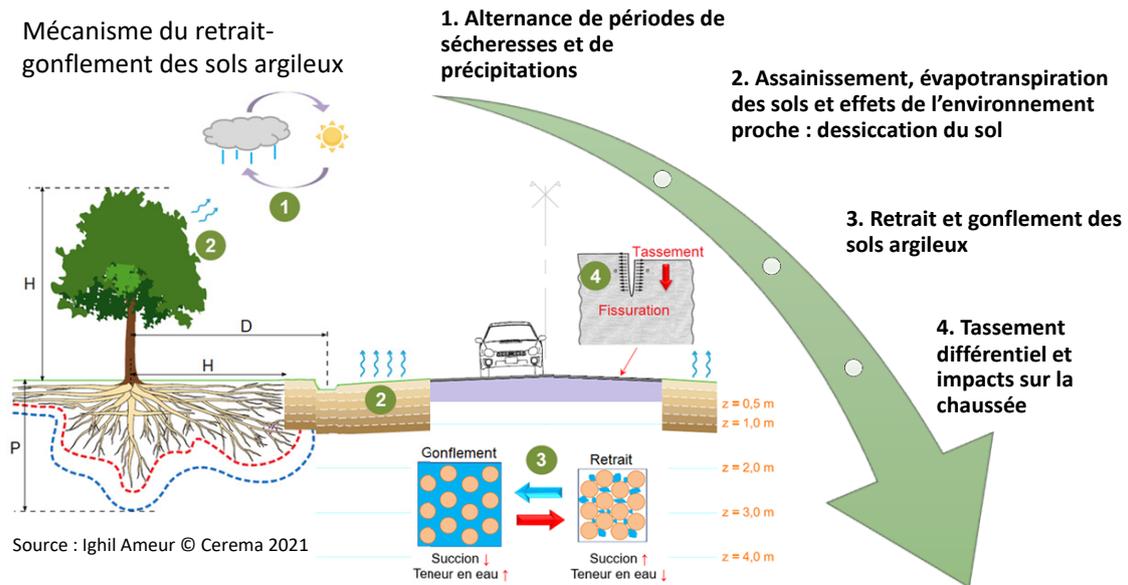
Indicateur annuel de sécheresse des sols en France d'après l'ONERC (Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique) : pourcentage annuel du territoire en sécheresse et moyenne décennale glissante. Il est disponible depuis 1959.



(source : Base de données DRIAS)

1 Travaux de recherche réalisés par les équipes de Météo France en partenariat avec le CNRS, le CERFACS, l'UMR SISYPHE (Mines Paris Tech) et le Cemagref, avec le soutien de la Fondation MAIF

## Mécanisme du retrait-gonflement des sols argileux



## Les impacts du RGA

Le phénomène de RGA entraîne principalement deux types de pathologies de chaussée:

- un tassement différentiel en bordure de rive des chaussées. Le tassement peut aller jusqu'à 5 cm environ par rapport au niveau initial;
- une fissuration longitudinale, à une distance d'environ 50 à 70 cm du bord de la chaussée. Ces fissures peuvent avoir une ouverture allant de quelques millimètres jusqu'à 3 à 4 cm.



(source: Lamine Ighil Ameer/Cerema 2020)

Dans certains cas, ces pathologies peuvent apparaître dès la première année (premier cycle de séchage-humidification) et ainsi endommager la chaussée peu de temps après sa construction. L'apparition de fissures induit par la suite des problématiques dues à l'absence d'étanchéité de la couche de roulement.

En matière d'usage, ces pathologies ont des conséquences importantes sur la sécurité et les qualités d'usage de la chaussée. Elles engendrent des problèmes de sécurité pour l'ensemble des véhicules et en particulier pour les deux roues. Enfin, elles dégradent fortement l'uni des chaussées (confort de roulement).

## Ce qu'il faut retenir

Les déterminants de l'exposition au phénomène de RGA sont :

- les conditions météorologiques : alternance de périodes sèches et humides ;
- la nature des sols : sols argileux très plastiques ;
- l'environnement proche de la route : couverture des abords, végétation, état des dispositifs d'assainissement.

Les conséquences sur la chaussée sont à la fois physiques (tassement différentiel, fissuration longitudinale) et fonctionnelles (problème de sécurité et dégradation du confort de roulement).

# Agir pour protéger son réseau

## La prise en compte du phénomène de RGA

Faute de solutions bien définies et évaluées aujourd'hui, il s'agit en premier lieu, pour les gestionnaires, de s'informer et de se former sur ce phénomène afin de le prendre en compte dans les projets d'aménagement et d'entretien routiers. Ainsi, si les solutions techniques « clé en main » manquent encore, il est tout de même possible de formuler des recommandations :

### Sensibiliser ses équipes sur la question du RGA

Améliorer sa connaissance des mécanismes de RGA pour mieux identifier les zones à risques et les pathologies associées au phénomène.

### Mener une évaluation des zones à risques sur son réseau

Identifier les tronçons de son réseau exposés au RGA et qualifier cette exposition en fonction de l'environnement proche de la chaussée.

### Suivre les impacts du RGA sur son réseau

Capitaliser sur les zones à risques, les dommages identifiés afin de permettre une meilleure prise en compte du risque dans la gestion du réseau, etc.

### Prendre des mesures préventives pour réduire les risques

S'assurer de la bonne évacuation des eaux pluviales pour éviter leur stagnation et si possible, viser des fossés peu profonds limitant l'évapotranspiration.

## Des solutions techniques

Il n'existe pas encore de solutions techniques adaptées et uniques pour résoudre les problématiques de RGA sur les infrastructures. Il faut pour cela miser sur un panel de solutions à adapter à la configuration, à l'environnement proche et aux contraintes du gestionnaire. Elles peuvent se classer en trois catégories (cf. encadrés ci-dessous).

Actuellement, des solutions de remédiation sont testées pour prévenir ou réparer les dégâts dus au phénomène de RGA sur les routes. Elles sont à adapter au cas par cas en tenant compte de nombreux critères : économiques (coût de mise en œuvre, coût de maintenance), environnementaux (émissions de GES, pollution des sols), techniques (facilité de mise en œuvre, durabilité de la solution).

La prise en compte des effets du changement climatique, notamment par la caractérisation des expositions futures au phénomène de RGA, est également fondamentale pour adopter des solutions pérennes dans le temps. Seule une analyse de l'infrastructure et de son contexte permet de définir la ou les solution(s) à mettre en œuvre.

### Ouvrage / Structure de chaussée

Ces solutions consistent essentiellement à renforcer la structure de chaussée, pour tenter de retarder ou prévenir l'apparition de pathologies.

- Pose d'une **géogrille** dans le corps de chaussée pour limiter la remontée de fissures
- **Stabilisation par blocs de polystyrènes**

### Environnement proche

Ces solutions permettent de limiter les variations importantes de la teneur en eau du sol tels que l'évapotranspiration au niveau des accotements et l'influence racinaire de la végétation à proximité de la chaussée.

- **Étanchéification verticale** des accotements (encapsulage par confinement latéral) pour limiter la dessiccation
- **Étanchéification horizontale** des accotements pour repousser le front de au-delà de la structure de chaussée

### Sol argileux

Il s'agit alors de traiter le sol en place, parfois jusqu'à une profondeur de 4 m, pour réduire sa sensibilité au phénomène de RGA et conserver un état hydrique équilibré sous la chaussée mais ces solutions sont souvent plus lourdes et plus coûteuses, avec des risques environnementaux et sanitaires à évaluer au préalable.

- Injection de **résine expansive** pour empêcher le tassement différentiel
- **Stabilisation chimique** afin de rendre moins sensible les argiles au RGA

# Les initiatives du Cerema



## Observatoire des Routes Sinistrées par la Sécheresse (ORSS)

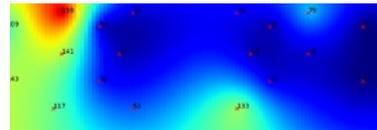
L'ORSS est un observatoire sur la région Centre-Val de Loire lancé par le Cerema depuis 2017. L'objectif de ce projet est d'étudier le phénomène et les conséquences du RGA sur les chaussées et de tester de nouvelles solutions de remédiation afin d'être en capacité de formuler des recommandations aux gestionnaires à terme. En quelques chiffres, l'ORSS c'est :

5 départements partenaires du Cerema

Financement 60%/40% Cerema et Conseils Départementaux

Des expérimentations sur 8 sites  
16 planches d'essais

11 solutions de remédiations testées pendant 5 ans



## Assistance et expérimentation avec le Conseil Départemental de la Haute-Garonne

Depuis plusieurs années, le Cerema collabore avec le CD31 sur la problématique du RGA. Dans le cadre d'expérimentations sur la technique dite du « puits au lait de chaux », le Cerema assiste et conseille les services du département qui travaillent en régie à l'entretien du réseau. Il s'agit de les accompagner dans le développement de l'outil permettant de réaliser les puits et dans la mise en œuvre et le suivi de l'efficacité de la solution.



## D'autres expérimentations en cours

Le Cerema accompagne de nombreux gestionnaires et des entreprises sur la problématique du RGA: suivi et évaluation d'itinéraires, diagnostics et tests in situ et en laboratoire, expérimentations de solutions, etc. L'objectif est de mieux comprendre le phénomène et de déterminer des solutions et leur domaine d'application pour une meilleure gestion du patrimoine routier.



(source : Lamme Ighil Ameur/Cerema 2020)

## Références bibliographiques ●●●

- Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées, Blois. Impact de la sécheresse sur les chaussées - Installation de 3 sites test en Loir-et-Cher (41), Rapport de recherche. Opération de recherche 11M 065.
- Jean-Pierre Magnan. Panorama des sols gonflants en géotechnique. Bulletin des Laboratoires des Ponts et Chaussées, 2013, n° 280-281.
- Philippe Reiffsteck. Les sols gonflants en génie civil, rapport de recherche. Pôle Géotechnique, thème GEO 37, sujet de recherche 1.37.01.9. 1999

## Pour aller plus loin ●●●

- Cerema. Patrimoine routier: vers une gestion intégrée pour vos territoires. P'tit essentiel. 2021. <https://publications.cerema.fr/webdcdc/pti-essentiel/patrimoine-routier/>
- Lamine Ighil Ameur. Solutions de remédiation pour limiter les vulnérabilités des routes affectées par les sécheresses, Revue RGRA, avril 2021. [www.editions-rgra.com/revue/980/developpement-durable/solutions-de-remediation-pour-limiter-les-vulnerabilites-des-routes](http://www.editions-rgra.com/revue/980/developpement-durable/solutions-de-remediation-pour-limiter-les-vulnerabilites-des-routes)
- Adapter les routes aux impacts du changement climatique: l'Observatoire des Routes Sinistrées par la Sécheresse (ORSS) [www.cerema.fr/fr/actualites/adapter-routes-aux-impacts-du-changement-climatique](http://www.cerema.fr/fr/actualites/adapter-routes-aux-impacts-du-changement-climatique)

## Contributeurs ●●●

Pierre Gayte, Lamine Ighil Ameur, Marianne Chahine, Martin Olivier, Sébastien Herve (Cerema).

## Contact ●●●

[dgipi-itm@cerema.fr](mailto:dgipi-itm@cerema.fr)  
[lamine.ighil-ameur@cerema.fr](mailto:lamine.ighil-ameur@cerema.fr)

## Le Cerema vous accompagne

Le Cerema possède une expertise reconnue sur la gestion de patrimoine d'infrastructures construite principalement autour des chaussées et des ouvrages d'art. Cette expertise s'enrichit des savoir-faire dans le domaine de l'environnement, des risques et de la mobilité et sur la résilience des infrastructures. Il est donc en mesure de vous accompagner dans la mise en œuvre de la démarche globale ou sur des problématiques spécifiques de votre réseau.

/ Offre de service Résilience des infrastructures au changement climatique.

/ Offre de service Gestion Intégrée de patrimoine d'Infrastructures (GIPI)

Le Cerema ce sont des méthodes éprouvées et adaptées à vos besoins, des outils facilement appropriables et des avis d'expert sur les solutions opérationnelles.

**Maquettage**  
Cerema DSC  
Pôle édition  
et valorisation  
des connaissances

**Date de publication**  
Janvier 2022  
ISSN : 2417-9701  
2022/03

Commander ou télécharger nos ouvrages sur  
[www.cerema.fr](http://www.cerema.fr)

© 2022 - Cerema  
La reproduction totale  
ou partielle du document  
doit être soumise  
à l'accord préalable  
du Cerema.

### La collection « Connaissances » du Cerema

Cette collection présente l'état des connaissances à un moment donné et délivre de l'information sur un sujet, sans pour autant prétendre à l'exhaustivité. Elle offre une mise à jour des savoirs et pratiques professionnelles incluant de nouvelles approches techniques ou méthodologiques. Elle s'adresse à des professionnels souhaitant maintenir et approfondir leurs connaissances sur des domaines techniques en évolution constante. Les éléments présentés peuvent être considérés comme des préconisations, sans avoir le statut de références validées.

Aménagement et cohésion des territoires - Ville et stratégies urbaines - Transition énergétique et climat - Environnement et ressources naturelles - Prévention des risques - Bien-être et réduction des nuisances - Mobilité et transport - Infrastructures de transport - Habitat et bâtiment