



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité



Cerema

CLIMAT & TERRITOIRES DE DEMAIN

DOSSIER
DE PRESSE

JUIN 2025

Surchauffe et sécheresse

Les solutions pour adapter les
territoires au changement climatique

SOMMAIRE

page **03**

Face aux fortes chaleurs, il faut agir à toutes les échelles : du bâti jusqu'à l'aménagement

page **06**

Lutte contre les îlots de chaleur : diagnostiquer les besoins et évaluer l'efficacité des solutions existantes

- Diagnostiquer la vulnérabilité et l'exposition aux îlots de chaleur urbains (ICU)
- « Zones climatiques locales – LCZ » : visualiser la sensibilité aux fortes chaleurs de 12 000 communes de France
- « EnRezo » : visualiser le potentiel de développement de réseaux de froid sur un territoire
- « CoolParks » : évaluer le rafraîchissement apporté par les parcs urbains

page **19**

Espaces publics : aménager pour faire face aux canicules

- Stratégies pour repenser les espaces publics face à la surchauffe urbaine
- Réaménager des cours d'écoles en îlots de fraîcheur
- Rafraîchir les espaces urbains par la végétalisation : quelles essences planter et où ?

page **30**

Bâtiments publics : prévenir le phénomène de surchauffe et garantir le confort d'été

- Confort d'été : évaluer la surchauffe dans les bâtiments publics et les logements
- Adapter les bâtiments à la surchauffe urbaine avec le plan d'Adaptation des Bâtiments au Climat Dérégulé « ABCD »

page **39**

Retrait gonflement des argiles (RGA) : stabiliser les maisons pour remédier au phénomène

- MACH+® : une solution innovante d'adaptation des maisons exposées au retrait gonflement des sols argileux
- SAFE RGA et SEHSAR : deux projets de recherche pour identifier des solutions au phénomène de retrait gonflement des argiles

Face aux fortes chaleurs, il faut agir à toutes les échelles : du bâti jusqu'à l'aménagement

L'évolution du climat en cours – +1,7°C en moyenne en France hexagonale depuis 1900 – s'accompagne d'épisodes de fortes chaleurs plus fréquents et plus intenses*.

Le changement climatique change la donne : la prise en compte du climat dans la conception des aménagements, des bâtiments, et leur fonctionnement tout au long de leur cycle de vie, devient un impératif.

Les procédés de construction doivent intégrer cette réflexion complexe, nécessairement local, avec une composante nouvelle : penser également le climat de demain, un climat à +4°C.

Des méthodes et des outils sont d'ores et déjà disponibles partout en France, y compris dans les Outre-mer au regard de leurs spécificités. De nombreuses collectivités testent ces méthodes pour mieux prendre en compte les questions de surchauffe sur leur territoire, notamment en réponse au phénomène d'îlot de chaleur urbain pour les territoires les plus denses, afin de : déterminer les zones les plus touchées, identifier les lieux et populations les plus vulnérables et déployer un ensemble de solutions en vue d'atténuer l'effet de la chaleur.

Les solutions doivent combiner des interventions à toutes les échelles :

- Sur le bâti : diagnostic de résilience, stratégie intégrant un scénario +4°C et méthodologie de déploiement de solutions, à l'image de ce que le Cerema fournit aux collectivités notamment pour les bâtiments publics
- Dans les espaces publics et l'environnement immédiat d'un bâtiment et au-delà, le quartier, voire la ville (solutions fondées sur la nature - SaFN, réseaux de froid renouvelables...)

Les travaux réalisés par le Cerema (accompagnement des collectivités, travaux de projets de recherche, développement de méthodes de diagnostic, guides, etc.) clarifient les enjeux de la surchauffe urbaine et leurs impacts locaux et développent des méthodes et des solutions en partenariat avec les collectivités.

Ce dossier de presse présente outils et projets concrets mis en place par le Cerema. Les méthodes, outils, solutions, exemples, etc. présentés démontrent que l'adaptation aux fortes chaleurs est possible, et dès à présent, est bénéfique pour les collectivités et les concitoyens.

À propos du Cerema

Le changement climatique transforme les territoires. Référent public en aménagement et transport, le Cerema accompagne l'État et les collectivités pour adapter les territoires au défi climatique.

Le Cerema est un établissement public relevant du ministère de l'Aménagement du territoire et de la Décentralisation et du ministère de la Transition écologique, de la Biodiversité, de la Forêt, de la Mer et de la Pêche.



* Le climat futur en France : à quoi s'adapter ? (Météo France)



« L'adaptation aux fortes chaleurs de nos bâtiments, nos espaces publics et de l'aménagement de nos villes est à la fois un impératif pour la qualité de vie aujourd'hui et demain de nos concitoyens et à la fois un défi quotidien pour le monde de l'ingénierie. Il s'agit d'interroger lieu par lieu la construction ou l'aménagement d'hier au regard du climat de demain.

Cette approche « haute couture » doit petit à petit faire émerger des solutions facilement déployables et économiquement viables car il s'agit aussi d'un enjeu essentiel de santé publique et de cohésion territoriale.

C'est ce que permet le Cerema : recherche et innovation, développement méthodologique, solutions innovantes développées avec nos collectivités adhérentes puis diffusion des enseignements et appui au déploiement partout en France y compris en relation avec l'ingénierie privée. »

PASCAL BERTEAUD
Directeur du Cerema



« Les fortes chaleurs sont vécues par nos concitoyens comme un facteur d'inconfort récurrent. Les canicules représentent un enjeu de santé publique majeur pour des populations vulnérables comme les personnes âgées, les malades chroniques, les nouveaux nés, ainsi que les populations les plus précaires (étudiants, mal-logés, SDF...).

Garantir des villes vivables et agréables, c'est dès à présent un enjeu d'équité sociale et, pour demain, un facteur déterminant pour habiter nos villes, nos logements.

Nous n'aurons pas les moyens de faire table rase : il nous faut, dès aujourd'hui, améliorer les conditions du rafraîchissement de nos villes et de nos bâtiments. Aménager différemment en assurant le maintien des besoins élémentaires de la vie – présences suffisantes d'eau, d'un ensoleillement raisonnable, de sol non artificialisé et de végétation... Intégrer ces enjeux pour prioriser des stratégies de végétalisation, désimperméabilisation, désartificialisation et de rafraîchissement, ou encore construire des stratégies d'adaptation...

Autant de principes qui doivent guider la ville de demain. Autant de pratiques existantes à intensifier, à systématiser. Autant de solutions éprouvées à adapter aux contextes et besoins locaux dans les territoires.

Les acteurs publics – et au premier rang, les collectivités – doivent dès à présent créer les conditions favorables à une ville adaptée au climat de demain. Mais la dynamique nécessite l'association du plus grand nombre, pour que de nouvelles solutions émergent, pour que ces solutions répondent aux besoins et évolutions des modes de vie... Pour que la cité devienne un « commun » partagé, vivant, même en plein été. »

ANNABELLE FERRY
Directrice Territoires et Villes, Cerema

Le Cerema mobilisé pour la mise en œuvre du nouveau Plan national d'adaptation au changement climatique dans les territoires

Le 3^e Plan national d'adaptation au changement climatique (PNACC3) rendu public le 10 mars dernier par le ministère de la Transition écologique, de la Biodiversité, de la Forêt, de la Mer et de la Pêche, retient comme trajectoire climatique de référence une augmentation des températures moyennes de 2°C en 2030, 2,7 °C en 2050 et 4°C en 2100.

Cinq des 52 mesures portent tout particulièrement une action face aux fortes chaleurs et impliquent directement le Cerema :



5 Mesure 5

Protéger la population des désordres sur les bâtiments liés au retrait gonflement des argiles (RGA)
[Voir détail](#)

Le Cerema développe une solution innovante MACH+® de pilotage de l'humidification des sols évitant le phénomène de RGA
> Voir page 39

9 Mesure 9

Adapter les logements au risque de forte chaleur
[Voir détail](#)

- **Améliorer** la connaissance de la performance du parc bâti vis-à-vis du confort d'été
- **Rénover** les logements pour les adapter au changement climatique et les préparer au climat de demain

Le Cerema travaille à une meilleure prise en compte du confort d'été dans les diagnostics de performance énergétique (DPE), aide les collectivités à mieux prendre en compte cet enjeu dans leur patrimoine et accompagne les acteurs de la rénovation
> Voir page 30

10 Mesure 10

Déployer à grande échelle les technologies de froid renouvelable
[Voir détail](#)

Le Cerema est mobilisé pour cartographier des zones propices au développement des réseaux de chaleur et de froid
> Voir page 13

13 Mesure 13

Renaturer les villes pour améliorer leur résilience face au changement climatique
[Voir détail](#)

- **Évaluer** : outiller et former les collectivités locales à la réalisation de diagnostics de vulnérabilité climatique précis et contextualisés

Le Cerema fournit l'outil gratuit « LCZ - zones climatiques locales » de mesure de la sensibilité des quartiers au phénomène d'îlot de chaleur ; des données sont disponibles pour 12 000 communes de France, soit 44 millions d'habitants
> Voir page 10

- **Concevoir** : accompagner la conception d'espaces urbains denses, désirables et résilients, conciliant politiques de sobriété foncière et de renaturation

Le Cerema a créé l'outil « SESAME » (quelles essences plantées face à l'évolution du climat et pour quels services rendus par les arbres ?) et travaille aux côtés des collectivités au déploiement de solutions fondées sur la nature et aux enjeux de gestion de l'eau en ville
> Voir page 28

25 Mesure 25

Pérenniser la Mission Adaptation +4°C
[Voir détail](#)

Le Cerema copilote la Mission Adaptation +4°C, dispositif partenarial d'accompagnement des collectivités sous l'égide du ministère impliquant l'ADEME, l'ANCT, Météo-France, les Agences de l'eau, l'OFB.
> Voir <https://mission-adaptation.fr/>

LUTTE CONTRE LES ÎLOTS DE CHALEUR

Diagnostiquer les besoins dans les territoires
et évaluer l'efficacité des solutions existantes



page **08**

Diagnostiquer la vulnérabilité et l'exposition aux îlots de chaleur urbains (ICU)

page **10**

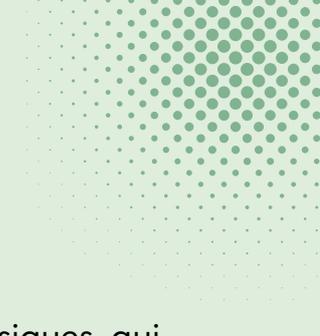
« Zones climatiques locales – LCZ » : visualiser la sensibilité aux fortes chaleurs de 12 000 communes de France

page **13**

« EnRezo » : visualiser le potentiel de développement de réseaux de froid sur un territoire

page **17**

« CoolParks » : évaluer le rafraîchissement apporté par les parcs urbains



Le milieu urbain est à l'origine d'un ensemble de phénomènes physiques qui viennent modifier le micro-climat des villes. Ainsi, sont observées en ville des températures de l'air plus élevées que dans la campagne environnante : c'est **l'îlot de chaleur urbain (ICU)**. Particulièrement marqué **en période nocturne**, l'ICU expose les habitants des villes à des températures plus élevées, qui ne permettent pas aux organismes de récupérer suffisamment durant la nuit, avec des **risques pour la santé**.

Le changement climatique ne constitue pas une cause du phénomène d'ICU, mais un facteur susceptible d'aggraver son intensité. Il est donc impératif pour les collectivités de concevoir dès à présent des villes pouvant diminuer l'intensité des ICU, voire de créer des îlots de fraîcheur, afin de s'adapter à un climat futur avec des vagues de chaleur encore plus fréquentes et plus sévères.

Une collectivité peut se demander si elle est concernée par les ICU, quelles sont les **zones à forts enjeux** et déterminer l'efficacité des solutions qu'elle souhaite mettre en place. En réponse, le Cerema propose des outils permettant de **diagnostiquer la vulnérabilité d'exposition, couplée à la vulnérabilité socio-économique** d'un territoire, afin d'**identifier rapidement les secteurs et les publics les plus fragiles** face aux canicules.

Des solutions d'aménagement de l'espace public reposant sur **la présence d'eau** ou des **solutions fondées sur la nature (SFN)** peuvent être mobilisées. **Le rafraîchissement « actif »** des bâtiments, par la production de froid, est un des leviers, car les réseaux de froid représentent une solution de climatisation des bâtiments, évitant certains inconvénients des systèmes individuels de climatisation. C'est pourquoi il peut être pertinent de connaître le potentiel de développement de réseaux de froid sur un territoire.

Les outils, préconisations et les cartographies mises à disposition par le Cerema permettent d'accompagner les élus dans leurs décisions et peuvent ainsi servir à justifier des choix dans les Plans locaux d'urbanismes (PLUi) ou lors de projets d'aménagement, au regard d'enjeux propres à chaque tissu urbain.





Diagnostiquer la vulnérabilité et l'exposition aux îlots de chaleur urbains (ICU)

La Communauté Urbaine du Grand Reims (CUGR) souhaitait connaître l'exposition de son territoire à l'îlot de chaleur urbain : une étude a été menée par le Cerema, en partenariat avec Météo France.

Selon Météo France, à Reims, le nombre annuel maximum de nuits très chaudes supérieures à 24°C est relativement faible sur la période 1976-2005 (3 nuits) mais va doubler dès 2030 (6 nuits) et être quasiment multiplié par 5 en 2050 (14 nuits).

La stratégie votée en 2022 pour le Grand Reims prévoit, parmi ses 80 actions, la mise en place d'un outil d'aide à la décision permettant d'identifier les zones les plus exposées et vulnérables aux îlots de chaleur et d'envisager des actions de réaménagement des territoires concernés.

Un diagnostic de l'effet d'îlot de chaleur urbain sur le territoire

L'analyse de vulnérabilité déployée avec l'aide du Cerema a reposé sur le croisement de trois types d'informations :

- Les températures réellement relevées et ressenties grâce à des simulations réalisées par Météo France : comparaison d'un été caniculaire et d'un été classique
- Une analyse de la sensibilité du bâti et de l'aménagement des quartiers aux phénomènes de canicule, grâce à la cartographie LCZ (zones climatiques locales) du Cerema
- Une analyse climatique et de vulnérabilité socio-économique du territoire réalisée par le Cerema identifiant des zones où sont répertoriées les populations fragiles concernées par l'ICU (vulnérabilité sociale et sanitaire) du Grand Reims

En croisant les différentes données analysées et cartographies, la collectivité a pu cibler des zones à enjeux et réfléchir à des solutions adaptées au contexte local.



[Pour en savoir plus sur le projet du Grand Reims](#)



Le Cerema a ensuite accompagné la définition d'une stratégie d'adaptation à la surchauffe urbaine afin de faciliter l'appropriation et le partage du diagnostic ICU par les services et les élus du territoire, à travers différentes méthodes :

- Fiches de recommandations pour le territoire en matière de planification (morphologies urbaines de référence), d'aménagement opérationnel (matériaux, types de végétaux) et de solutions techniques
- Ateliers de sensibilisation visant à faciliter l'appropriation et le partage du diagnostic par les services et les élus du territoire (Grand Reims et Ville de Reims)
- Recommandations qui détaillent les actions les plus adéquates à mettre en œuvre

La nécessité de mobiliser plusieurs solutions d'adaptation à la surchauffe urbaine

La ville impactée par l'îlot de chaleur urbain doit aborder en priorité la problématique de la surchauffe urbaine au travers d'une stratégie d'adaptation globale qui mobilise au minima les leviers suivants : la réorganisation du tissu urbain, l'apaisement des mobilités en limitant l'autosolisme et en favorisant les modes actifs, la renaturation des espaces publics et privés, la gestion intégrée des eaux pluviales et de ruissellement, la réduction des surfaces imperméabilisées, la mise en œuvre de revêtements et de matériaux adaptés, la création d'espaces de rencontre et de refuge permettant le déploiement des usages (loisirs, sport, convivialité, repos et détente).

Compte tenu de la diversité des leviers, les services techniques de la Communauté Urbaine du Grand Reims et la ville de Reims doivent travailler en synergie, de manière concertée et collaborative.

ZOOM SUR

ISSU : un projet de recherche pour évaluer l'impact des solutions destinées à réduire la surchauffe urbaine

Le Cerema rejoint le projet de recherche national ISSU Innovations et Solutions face à la Surchauffe Urbaine, lancé en 2024. Réunissant 70 partenaires nationaux publics et privés, il doit permettre d'établir un référentiel et une méthodologie pour évaluer l'impact des solutions destinées à réduire la surchauffe urbaine et guider ainsi les élus et services des collectivités dans leurs décisions et actions.

Le Cerema est présent dans l'ensemble des volets du projet, avec une approche transversale, et mobilisera des compétences en matière d'aménagement, de solutions fondées sur la nature, d'analyse microclimatique, de conception des bâtiments et des espaces publics. étal, carbone et low tech, analyse multicritères...

Un an après le lancement du projet, des premiers sites ont été évalués :

- La grande rue Saint-Michel, dans le cadre du plan « Toulouse plus fraîche » de la Métropole, avec un appui du laboratoire LMDC de l'Insa pour le déploiement d'un outil d'aide à la décision par la simulation numérique alimentée par le suivi des solutions grises et vertes déployées dans le réaménagement de la rue
- Le campus de l'ESTP de Cachan, qui dans le cadre de la rénovation du site, teste des matériaux et solutions vertes avec différents partenaires (Source urbaine, Colas, UGE...), et va notamment travailler sur les méthodologies de mesure de confort thermique de l'utilisateur
- La Place de la Providence à Marseille, où la Ville souhaite analyser les facteurs de la surchauffe et du confort avant et après des travaux de transformation de l'espace public, avec l'appui de Urban Cooling Solutions

Plusieurs autres sites sont en cours de sélection pour tester d'autres méthodologies et creuser d'autres questions telles que la biodiversité, la santé des sols et la croissance du végétal, carbone et low tech, analyse multicritères...



Découvrez le [projet ISSU](#)



« Zones climatiques locales – LCZ »

Visualiser la sensibilité aux fortes chaleurs de 12 000 communes de France

Le Cerema met à disposition l'outil « Zones climatiques locales » (LCZ), permettant d'accéder aux données et cartes indiquant le degré d'exposition au phénomène d'îlot de chaleur des quartiers de 12 000 communes de France. 88 aires urbaines les plus densément peuplées sont ainsi couvertes, soit 44 millions d'habitants.

Ce service est unique car il donne pour tous les territoires un accès gratuit et compréhensible à des données uniformisées permettant de classer les zones urbaines en fonction de leur exposition potentielle au phénomène d'îlot de chaleur.

Le Cerema répond ainsi à un besoin essentiel des territoires pour prioriser leur action face aux fortes chaleurs ; une priorité du Plan national d'adaptation au changement climatique (PNACC3).

État des lieux de la sensibilité des 88 plus grandes aires urbaines de l'Hexagone aux fortes chaleurs

L'outil dit « LCZ » couvre les 88 plus grandes aires urbaines de l'Hexagone, soit 44 millions d'habitants (Outre-mer à l'étude en 2025). Cet outil permet d'indiquer que :

- Plus de 5 millions d'habitants vivent dans des quartiers à forte sensibilité aux fortes chaleurs.
- Plus de 20 000 hectares (200 km², soit 2 fois la surface de la ville de Paris) de zones bâties sont à forte ou très forte sensibilité à l'effet d'îlot de chaleur et demanderaient des actions d'adaptation importantes. Dans les plus grandes villes (> 400 000 habitants), ces zones représentent près de 20 % des tissus urbanisés.
- Sur l'ensemble des villes de plus de 20 000 habitants, 4,2 millions de personnes vivent dans des quartiers à forte ou très forte sensibilité, soit 20 % de la population totale de ces communes.
- Sur les villes de plus de 400 000 habitants, 2 millions de personnes vivent dans des secteurs à forte ou très forte sensibilité, soit 50 % de la population.
- Sur les villes de 200 à 400 000 habitants, 350 000 personnes sont dans des secteurs à forte ou très forte sensibilité, soit 18 % de la population.
- Ce taux est de 16 % pour les villes de 100 000 à 200 000 habitants, et il est plus faible (7 %) pour les villes de 20 000 à 50 000 habitants.

44 millions d'habitants concernés

12 000 communes couvertes dont :

248 communes de 20 000 à 50 000 habitants

79 communes de 50 à 100 000 habitants

40 communes de plus de 100 000 habitants

Un pré-diagnostic simple pour agir face aux fortes chaleurs

Ce service gratuit de pré-diagnostic de sensibilité des quartiers d'un territoire au phénomène d'îlot de chaleur est directement utile pour **aider les collectivités à la décision** :

- Sensibiliser des élus à la lutte contre la surchauffe urbaine dans les projets de renouvellement urbain, et les projets d'aménagement opérationnel en cartographiant la sensibilité de leur territoire : **Métropole Européenne de Lille, Rodez Agglomération, Paris Terres d'Envol**

[Voir l'exemple de la Métropole Européenne de Lille](#) 

- Réviser un Plan local d'urbanisme intercommunal (PLUi) en intégrant les enjeux de lutte contre la surchauffe : **Limoges Métropole, Rodez Agglomération**

[Voir l'exemple de Rodez Agglomération](#)

- Nourrir et prioriser des stratégies de végétalisation/ désimperméabilisation et de rafraîchissement urbain : **Ville de Libourne, Carcassonne Agglomération**

[Voir l'exemple de Libourne](#)

- Caractériser l'exposition de la ville au phénomène de surchauffe urbaine pour construire des plans d'adaptation : **Bourg-en-Bresse, Beauvais, La Roche-Sur-Yon, Grand Reims, Région Sud - Provence-Alpes-Côte-d'Azur**

[Voir l'exemple de la Région Sud - Provence-Alpes-Côte-d'Azur](#)

Il permet ainsi aux acteurs territoriaux d'accéder à un premier niveau d'analyse pour prioriser et focaliser leurs actions complémentaires (diagnostic plus poussé sur un périmètre pré-identifié) entraînant un gain de temps et d'argent.

Le service gratuit LCZ peut être complété d'analyses intégrant des scénarios d'évolution du climat, notamment via les outils [Climadiag chaleur en ville](#) de Météo France. Le centre de ressources [Plus fraîche ma ville](#) de l'ADEME propose aux collectivités un espace projet, afin de réaliser des simulations budgétaires et d'accéder à des recommandations techniques. L'ensemble de ces outils et services peuvent faire l'objet d'un accompagnement des collectivités dans le cadre de la [Mission adaptation](#).



ZOOM SUR

Le concept des zones climatiques locales (LCZ)

Le pôle satellitaire du Cerema a développé une méthode originale basée sur des images satellite à très haute résolution spatiale ainsi que des bases de données ouvertes pour cartographier les LCZ et identifier ainsi les quartiers particulièrement exposés à la surchauffe urbaine et susceptibles de contribuer à l'effet d'îlot de chaleur urbain.

Ce concept se fonde sur une classification géo-climatique des territoires urbanisés ; une classification éprouvée et internationalement reconnue, issue de travaux de recherche. Il consiste à découper un territoire en zones uniformes du point de vue de l'occupation du sol (artificialisée ou naturelle), de la structure urbaine, des matériaux, et des activités humaines en supposant que ces zones ont un comportement climatique homogène.



DÉCOUVRIR LE SERVICE GRATUIT LCZ



[Visualiseur
cartographique](#)



[Lien vers les données
téléchargeables](#)



[Guide
méthodologique](#)



[Guide
utilisateur](#)





« EnRezo »

Visualiser le potentiel de développement de réseaux de froid sur un territoire

Face aux fortes chaleurs, les réseaux de froid sont une solution de climatisation des bâtiments évitant certains inconvénients des systèmes individuels de climatisation.

Pour tous les territoires et les collectivités de France, le Cerema, via son outil EnRezo, recense le potentiel de développement des réseaux de froid, utile à une prise de décision politique, dans une optique de massification des réseaux de chaleur et de froid et de décarbonation de la chaleur en France.

Les enjeux relatifs aux réseaux de froid

L'augmentation de la durée, de l'intensité et de la fréquence des vagues de chaleur implique d'actionner tous les leviers : végétalisation des toitures, désimperméabilisation des sols, bioconception des bâtiments, protections solaires, isolation, etc. Le rafraîchissement « actif » des bâtiments, par la production de froid, est un des leviers.

Le 3^e Plan National d'Adaptation au Changement Climatique (PNACC3) indique un objectif ambitieux de développement des réseaux de froid, notamment dans le but de limiter le développement de solutions individuelles de rafraîchissement qui, dans certaines configurations, accentuent les phénomènes d'îlots de chaleur urbain.

Si les réseaux de froid bénéficient de nombreux atouts (meilleure gestion des fluides frigorigènes, bilan carbone plus faibles, pas de contribution à l'effet d'îlot de chaleur urbain), ils restent peu développés en France (environ 40 réseaux déployés en France). Son développement doit permettre de maîtriser l'équipement de logements et bâtiments publics par près d'un million de climatiseurs individuels chaque année (800 000 unités vendues en 2021).

Le Cerema met à disposition des collectivités ses ressources et outils pour prendre en main cet enjeu de production collective de froid dit « efficace ».



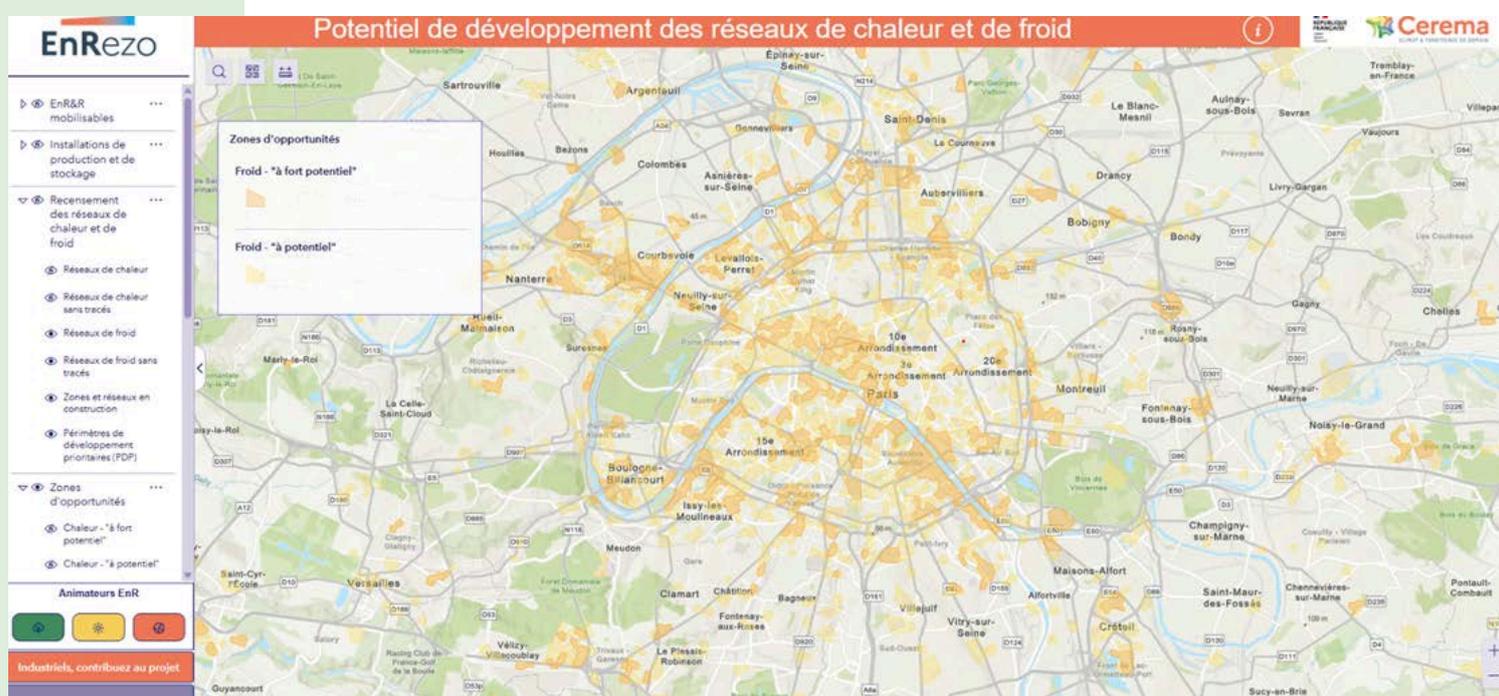
Un outil d'aide à la décision sur le potentiel de développement de réseaux de froid

« EnRezo » est un outil développé par le Cerema, avec le soutien de la Direction générale de l'énergie et du climat (DGEC) et de l'ADEME, qui permet à tous les territoires et collectivités de France d'identifier les potentiels de développement des réseaux de chaleur et de froid, facilitant ainsi la réalisation des études d'opportunité, des schémas directeurs et des documents de programmations énergétiques (SDE, PCAET, SRADET, PPE).

L'outil cartographique propose à l'utilisateur une visualisation de données relatives aux :

- Besoins en chaleur et en froid des bâtiments
- Infrastructures
- Réseaux de chaleur et de froid existants pouvant être étendus
- Gisements disponibles d'énergies renouvelables et de récupération

Les représentations de zones d'opportunités « à potentiel » et « à fort potentiel », permettent d'identifier et de hiérarchiser les secteurs les plus opportuns pour développer des réseaux de chaleur et de froid.



Trois modules cartographiques complémentaires sont mis à disposition :

- « EnRezo Expert », permet à l'utilisateur d'accéder à plus de données et de visualiser d'autres zones d'opportunités en modifiant certains paramètres (densité thermique, besoins minimum, etc.)
- « EnRezo 2050 », module prospectif basé sur les scénarios Transition(s) 2050 de l'ADEME, permet d'avoir une visualisation des besoins et zones d'opportunités de développement des réseaux de chaleur et de froid à horizon 2050
- « EnRezo DROM », module qui permet la prise en compte des spécificités des Outre-mer, avec un focus particulier sur le développement du froid renouvelable

Les données sont disponibles pour être croisée avec d'autres données spécifiques au territoire comme les consommations réelles des bâtiments, les projets urbains et de rénovation, les établissements sensibles et vulnérables à l'îlot de chaleur urbain, etc.

Les données sont également disponibles sur le [Portail cartographique des énergies renouvelables](#), dont le principal objectif est d'aider les collectivités à définir les zones d'accélération pour mobiliser les énergies renouvelables de leur territoire.

Trouver des références de réseaux de froid renouvelable déjà développés

La France compte à ce jour 43 réseaux de froid qui alimentent plus de 1 600 bâtiments (à comparer aux plus de 1 000 réseaux de chaleur qui alimentent 50 000 bâtiments). Le réseau le plus important, situé à Paris, représente près de la moitié des livraisons de froid.



Les zones à « fort potentiel »
4% des besoins nationaux de froid



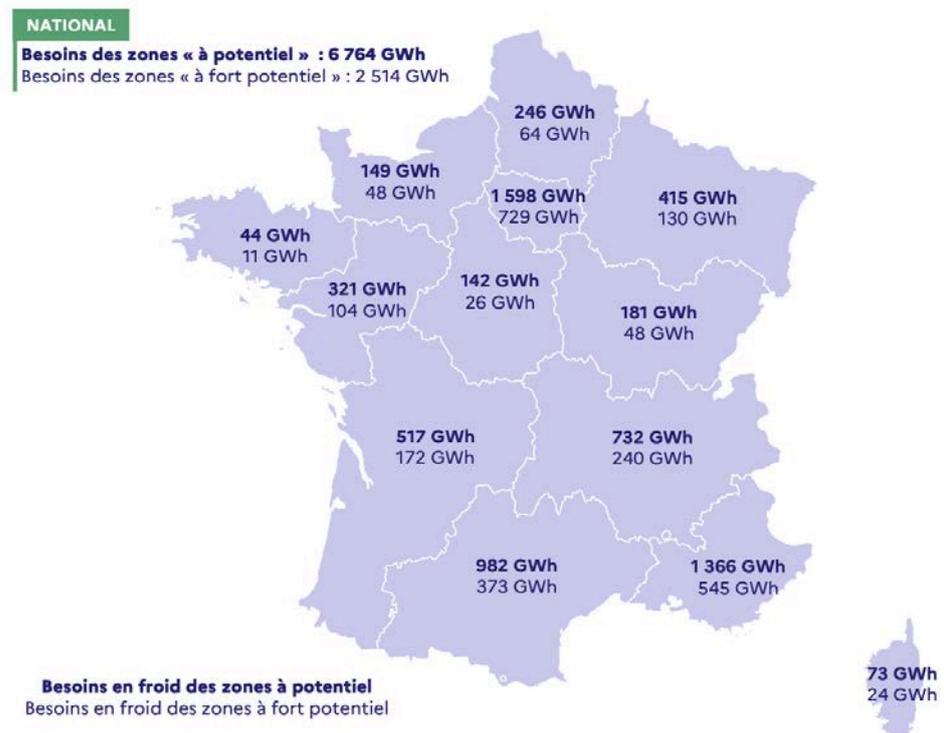
Les zones d'opportunités correspondent à des secteurs favorables, d'un point de vue technique, au développement des réseaux de froid

Ces solutions restent donc peu développées alors qu'elles bénéficient de nombreux avantages : grande efficacité énergétique, faible impact environnemental, valorisation du patrimoine (aucun équipement en toiture ou en façade), etc.

Afin de permettre aux collectivités de mieux connaître ces nouvelles infrastructures et de s'inspirer de projets voisins, le Cerema a travaillé en 2022 sur un retour d'expérience d'une quinzaine de réseaux de froid existants et en développement.

Analyser le potentiel de développement des réseaux de froid sur un territoire

Les analyses sont disponibles à toute maille territoriale sur les catégories de bâtiments souhaités (résidentiel/tertiaire). À titre d'exemple, à l'échelon régional, les potentiels identifiés par le Cerema pour le développement de réseaux de froid sont les suivants :



Identifier les zones prioritaires de développement

En croisant les analyses issues de l'outil « Zones climatiques locales - LCZ » sur les mesures de sensibilité d'un quartier aux fortes chaleurs avec les données EnRezo, il est possible d'identifier les zones pertinentes au développement d'une solution collective de rafraîchissement (réseau de froid) afin de ne pas amplifier, par l'accumulation de climatiseurs individuels, un éventuel effet d'îlot de chaleur urbain (ICU).

En se concentrant sur les zones particulièrement sensibles à l'effet d'ICU selon l'outil « LCZ » du Cerema, il est identifié que 12 000 bâtiments de 110 communes pourraient bénéficier prioritairement d'une extension ou d'une conversion de réseau au froid. Cela représenterait 20 % des projets de développement de réseau de froid à l'échelle nationale.



DÉCOUVRIR LA PLATEFORME ENREZO



[Portail cartographique
des énergies
renouvelables](#)



[Retrouvez le bilan 2021
du déploiement des
réseaux de froid en
France](#)



[Accédez à l'analyse du potentiel
de développement des réseaux de
froid au regard de l'enjeu « d'îlot
de chaleur urbain »](#)





« CoolParks » : évaluer le rafraîchissement apporté par les parcs urbains

Lancé en 2019, le projet de recherche CoolParks a permis de développer un logiciel en libre accès pour évaluer la fraîcheur générée par un parc et son impact sur le confort thermique des bâtiments environnants. Il fournit ainsi à l'ensemble des acteurs de l'aménagement un outil opérationnel d'aide à la décision pour optimiser l'aménagement de l'espace urbain et améliorer le confort des habitants.

Le projet de recherche & innovation CoolParks (appel à projets Modeval-Urba 2019 de l'ADEME) mené de 2019 à 2023 repose sur l'analyse approfondie de 15 des 204 parcs de la ville de Nantes, en partenariat avec la Métropole de Nantes.

Il s'agissait d'identifier les paramètres ayant de l'influence sur la création et la diffusion de la fraîcheur (cartographie des parcs, simulations microclimatiques, étude approfondie du parc du Procé, et simulations thermiques sur les bâtiments environnants).

Les résultats des simulations microclimatiques ont montré des **différences significatives**, pouvant aller **jusqu'à 7,6 °C** entre un parc à couvert boisé dense et un parc constitué essentiellement d'asphalte, notamment dans des conditions de vent faible et de forte demande évaporative.

L'observation du parc du Procé montre que le parc est généralement plus frais que son environnement, surtout en soirée et la nuit. Les zones boisées sont les plus fraîches, notamment lorsque le vent est faible. La morphologie urbaine influence fortement la diffusion de la fraîcheur: les rues avec végétation et bâtiments espacés conservent mieux la fraîcheur que les rues étroites et minéralisées. Des échanges thermiques entre le parc et la ville sont parfois observés, dans les deux sens. Enfin, la topographie, notamment la position en vallée, contribue aussi à la distribution spatiale des températures.

Les simulations thermiques ont montré des **diminutions pouvant atteindre 12,5 %** des consommations en climatisation pour certaines typologies de bâtiments en cas de présence de parc à proximité.



Pour en savoir plus sur « CoolParks »



**DÉCOUVRIR LE LOGICIEL GRATUIT
COOLPARKS**

Synthèse méthodologique

Le projet CoolParks offre une approche intégrée alliant cartographie, simulation et mesure expérimentale, permettant non seulement de comprendre et de quantifier les effets rafraîchissants des parcs urbains mais aussi de fournir aux décideurs un outil opérationnel pour optimiser l'aménagement de l'espace urbain et améliorer le confort des habitants.

Cartographie et caractérisation des parcs

Une revue bibliographique a permis d'identifier les facteurs de refroidissement (taille, type de végétation, surfaces imperméables, etc.). 204 parcs nantais ont été recensés, dont 15 ont été sélectionnés pour une analyse approfondie grâce à une fiche synthétique détaillée.

Simulations microclimatiques

Afin de quantifier le rafraîchissement induit par les parcs et d'évaluer sa diffusion dans leur environnement bâti, des simulations ont été réalisées avec l'outil « Solene-Microclimat ». Elles intègrent différentes conditions météorologiques. Le parc est représenté comme un agencement de motifs élémentaires, définis par la combinaison d'une strate arborée (arbre isolé, couvert boisé et couvert boisé dense) et d'un type de sol (asphalte, terre, pelouse).

Expérimentation d'un parc à Nantes

Le parc de Procé a servi de site d'observation pour caractériser le rafraîchissement généré par un parc urbain. Des mesures ont été réalisées sur sept journées réparties entre 2021 et 2022, à différentes heures de la journée, à l'intérieur du parc et le long de trois transects dans les rues adjacentes.

Simulations thermiques des bâtiments

L'effet d'un parc urbain sur les besoins en climatisation et le confort thermique du parc résidentiel de la ville de Nantes en période estivale a été étudié. Pour cela, 414 720 simulations thermiques dynamiques ont été lancées, représentatives de toutes les combinaisons des paramètres d'étude : géométries de quartier (rue canyon, croisement, double rues canyons, plot), rapports d'aspect, orientations, fichiers météo, taux de vitrage, périodes (avant et après réglementation thermique), cas de rafraîchissement (avec ou sans climatisation) et typologies de bâtiments.



ESPACES PUBLICS

Aménager pour faire face aux canicules



page **21**

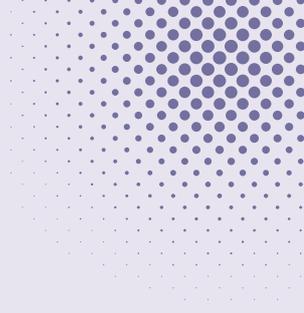
Stratégies pour repenser les espaces publics face à la surchauffe urbaine

page **24**

Réaménager des cours d'écoles en îlots de fraîcheur

page **28**

Rafrâchir les espaces urbains par la végétalisation : quelles essences planter et où ?



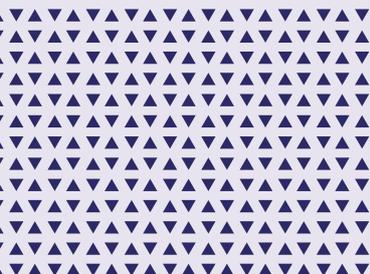
Face aux îlots de chaleur urbains (ICU), les villes disposent de solutions qui ont chacune leur efficacité et leurs cobénéfices.

Pour bien apprécier l'usage d'une solution, il faut dans l'idéal bien prendre en compte l'ensemble des cobénéfices et impacts négatifs, en termes de biodiversité, de ressource en eau, de coût global, de stockage carbone, de santé, etc. Cette analyse peut amener à des conclusions qui ne sont pas totalement univoques.

Au niveau d'un projet d'aménagement, ce n'est pas forcément un seul type de solutions, mais bien plusieurs types de solutions qui peuvent ainsi être mobilisés.

C'est toute cette complexité d'échelle, de temporalité, de cobénéfices et d'impacts qu'une collectivité ou un aménageur doit avoir en tête pour faire appel à des solutions pertinentes et efficaces en matière de rafraîchissement urbain. Chaque solution doit être adaptée au contexte urbain, ce qui nécessite une ingénierie, pour pouvoir aider les collectivités à faire les meilleurs choix.

Dans le contexte du changement climatique, comment faire évoluer l'aménagement et en garantir l'appropriation par la population ? Pour y répondre, le Cerema mène pour le compte de ses collectivités adhérentes analyses et recommandations en matière de déplacements, d'habitat, de confort d'usage et de végétalisation des espaces publics en concertation avec les habitants et usagers.





Stratégies pour repenser les espaces publics face à la surchauffe urbaine

Face aux enjeux de surchauffe urbaine et d'attractivité, la Métropole Toulon Provence Méditerranée a fait appel au Cerema pour l'accompagner dans sa démarche de réaménagement des espaces publics de deux quartiers en renouvellement urbain des centres-villes de Toulon et de la Seyne-sur-Mer (83).

Dans le contexte du changement climatique, comment faire évoluer l'aménagement et en garantir l'appropriation par la population ? Pour y répondre, le Cerema a mené analyses et recommandations en matière de déplacements, d'habitat, de confort d'usage et de végétalisation des espaces publics en lien avec des habitants.

Phase 1 : objectiver la réalité de la surchauffe urbaine et mobiliser la participation des usagers grâce aux balades sensibles

Un travail de terrain a permis de collecter des relevés de températures d'air ambiant et d'organiser des balades sensibles avec des habitants, des techniciens des villes et de la métropole et des élus. L'objectif : sensibiliser les participants aux enjeux de santé liés aux fortes chaleurs et à l'aménagement urbain pour identifier des aménagements pertinents.

Le constat :

- 90 % de nuits tropicales dans le cœur de l'îlot Courdouan à Toulon (dont près de 20 % induite par le contexte urbain), et 75 à 90 % de nuits tropicales dans le centre-ville de La Seyne-sur-Mer pendant l'été 2023 (dont 30 à 40 % induites par le contexte urbain).
- Des situations d'inconfort thermique en journée aggravées par la minéralité des espaces publics, leur occupation par les véhicules (roulants et en stationnement), l'absence d'ombrages, le manque ou l'inhospitalité de zones refuges.

Phase 2 : proposer des solutions et scénarios d'aménagement

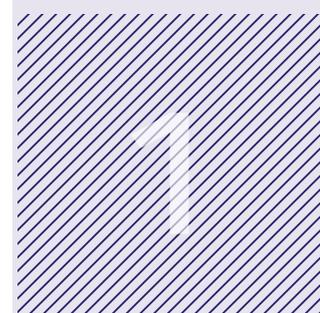
Différents scénarios ont combiné des solutions reposant sur trois types de solutions ainsi que sur des cheminements usages préférentiels :

- Solutions vertes, qui font intervenir la nature : plantation d'arbres, toitures ou façades végétalisées, gestion des eaux pluviales superficielles, végétalisation des espaces publics (places, parkings)
- Solutions grises liées aux infrastructures tels que les revêtements, le mobilier urbain et les bâtiments : fontaines / jets d'eau, structures d'ombrage, revêtements à albédo élevé, isolation et inertie thermique des bâtiments, etc.
- Solutions douces relevant des comportements ou de la gestion urbaine : réduction de l'utilisation de la climatisation, réduction du trafic routier / des moteurs thermiques, etc.

Ces scénarios intègrent 8 composantes de l'aménagement : nature en ville, gestion des eaux pluviales, aménagement, éclairage public, mobilité, trames et connexions des espaces publics, matériaux, bâtiments.



Pour en savoir plus sur la démarche de la métropole Toulon Provence Méditerranée



Scénario ambitieux : assurer le confort d'usage en piétonisant définitivement le centre-ville

Légende :

Ombrage



Mobilier



Trame verte



Voirie



Design actif



Des recommandations transposables à d'autres territoires

L'étude identifie des recommandations spécifiques à certains espaces publics des zones projets. Des préconisations transversales sont également formulées afin de :

1. Garantir la continuité dans le temps de la dynamique engagée pour la prise en compte de la surchauffe urbaine

- Poursuivre la mobilisation transversale des collectivités, des maîtres d'ouvrages et des partenaires
- Confier le pilotage des équipes de maîtrise d'œuvre à des paysagistes concepteurs et rémunérer la mission sur une base forfaitaire
- S'appuyer sur de la concertation et tester des aménagements transitoires

2. Faire de la place à la nature partout où c'est possible

- Réaliser des études de sols
- Valoriser l'eau de pluie et favoriser la végétation existante
- Désimperméabiliser et planter
- Végétaliser en zone contrainte

3. Changer de paradigme : pour des espaces publics inclusifs et rendus aux riverains

- Limiter la place de la voiture : réaliser une étude de mobilité à une échelle élargie
- Travailler la lisibilité des trames de parcours fraîcheur
- Créer des centralités refuges

4. Utiliser des revêtements adaptés aux usages et aux rayonnements

5. Promouvoir les brasseurs d'air

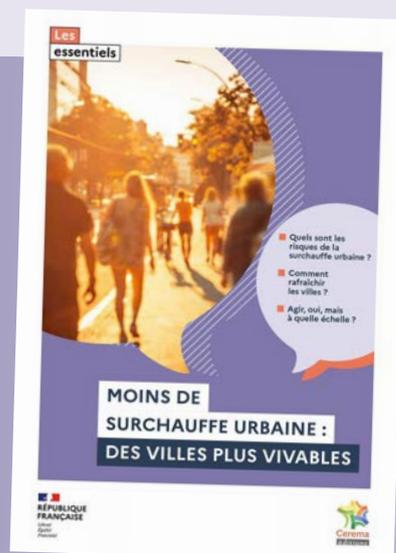
LES ESSENTIELS

Moins de surchauffe urbaine : des villes plus vivables

Les villes et les centres bourgs induisent un phénomène de surchauffe urbaine. Source d'inconfort pour les habitants et les usagers des espaces publics, elle peut engendrer de graves effets sur la santé, notamment des publics vulnérables, et affecter leur cadre de vie. La lutte contre la surchauffe urbaine est donc aujourd'hui incontournable pour une ville durable et vivable.

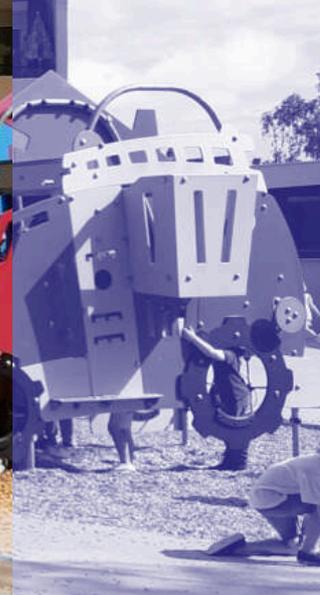
Renaturer des espaces, choisir des matériaux adaptés, veiller à bien s'hydrater, apprendre à ventiler naturellement les logements... autant d'actions pour lesquelles les collectivités comme les citoyens ont un rôle à jouer. Car les solutions pour lutter contre la surchauffe urbaine relèvent autant de comportements adaptés que d'actions d'aménagement, dans les espaces privés ou publics.

Afin d'accompagner les collectivités dans leur réflexion, un cahier de synthèse des préconisations et scénarios pour penser l'adaptation des espaces publics est disponible.



[Découvrez l'édition](#)





Réaménager des cours d'écoles en îlots de fraîcheur

Le Cerema a accompagné la ville de Figéac dans la réflexion sur le réaménagement d'une cour d'école et de ses abords, à travers une démarche de co-construction. Le projet auquel ont contribué les élèves a permis de désimpermeabiliser et végétaliser une partie de la cour, et de créer des espaces adaptés aux usages.

La commune de Figéac (46) a lancé un projet de réaménagement de la cour de l'école primaire Jacques Chapou et de ses abords. L'objectif : améliorer le bien-être et impliquer les élèves, les équipes pédagogiques et les riverains. L'ambition : en faire un projet référence pour les autres écoles de la ville. Le Cerema a accompagné ce projet sur la base d'une méthode et de recommandations inspirées par d'autres projets et nourries des entretiens avec les enseignants, parents d'élèves, auxiliaires de vie scolaire et élèves.

Phase 1 : un diagnostic bioclimatique et des usages 360°

Un diagnostic des fonctionnalités et usages de la cour ainsi que de son impact bioclimatique a été mené selon les critères suivants :

- Gestion des eaux pluviales
- Sols et des revêtements
- Usages de la cour auprès des différents acteurs (élèves, personnels de l'école, agents techniques de la ville...) et sous différents aspects : différents usages entre les temps de récréation, de midi et de centre de loisir, usages différenciés selon la météo, confort thermique et acoustique...

Phase 2 : co-construire des scénarios d'aménagement pour une cour d'école résiliente

Un travail a été mené pour définir ce qu'est une cour d'école résiliente à partir des travaux antérieurs du Cerema, de retours d'expérience d'autres aménagements de cours d'école, puis au moyen d'entretiens avec les enseignants, parents d'élèves, auxiliaires de vie scolaire et élèves.

Trois scénarios d'aménagement ont ainsi été proposés à l'issue de la concertation menée entre avril et novembre 2022, avec une attention spécifique portée aux enjeux suivants :



Microclimat



Biodiversité



Genre et
inclusivité



Modularité
de l'espace



Contraintes
d'entretien



Coûts



[Voir la vidéo](#)



Pour comprendre les fonctionnalités de la cour, les enfants de chaque niveau avaient préparé un parcours passant par les différents endroits d'intérêt, et un jeu de spatialisation en fonction du ressenti et de la météo (où vont les enfants quand il fait froid/ chaud/ lorsqu'il pleut ?).

Les enfants se sont ensuite exprimés sur les atouts et faiblesses de la cour à l'aide de la méthode du speed-boat, une technique créative qui peut être utilisée pour identifier les forces (les voiles qui propulsent le bateau) et les faiblesses (les ancres qui retiennent le bateau) d'un système. Cette méthode est une manière créative et interactive de visualiser les forces et les faiblesses d'une cour d'école et de réaliser un diagnostic partagé de la cour d'école.

Phase 3 : confronter les scénarios par la concertation et dessiner ensemble la cour de demain et les futurs abords de l'école

Au-delà des entretiens avec les adultes, des ateliers participatifs avec les enfants invitant chaque classe à dessiner et exposer le plan idéal pour leur cour d'école, ont permis de collecter les souhaits d'aménagement en matière de :

- Nature : biodiversité, espace vert, eau
- Activités : jeux dynamiques et sportifs, jeux créatifs et de partage
- Mobiliers et abris : mobiles, non mobiles, à vocation de protection ou de séparation

Le deuxième volet a porté sur les abords de l'école, avec la réalisation d'un diagnostic multithématique et d'un diagnostic des usages, le recueil de l'avis des usagers à travers des ateliers et parcours commentés puis l'identification des cheminements prioritaires.

À l'issue de ces différentes concertations, la commune de Figeac a pu retenir un scénario d'aménagement pour transformer la cour de l'école primaire Jacques Chapou en un îlot de fraîcheur qui soit le plus adapté aux différents publics, usages et contraintes territoriales.

Résultat : une cour désimperméabilisée avec des espaces pour différents usages

Après les phases de diagnostic et de concertation, un plan a été défini et les travaux ont été réalisés en 2023. La cour rénovée propose aujourd'hui une grande diversité d'ambiances sportives, ludiques, créatives...

40 % de la cour ont été désimperméabilisés (800 m² sur 2 000 m²), avec la création d'espaces végétalisés avec une noue, qui permettent l'infiltration de l'eau de pluie et le rafraîchissement, des plantations d'arbres et d'arbustes qui amèneront de l'ombrage et l'installation de bacs potagers, par exemple, pour les activités pédagogiques.

Un terrain multisport clôturé, au centre de la cour, favorise la mixité et la compatibilité des diverses activités lors des récréations, des gradins en bois réalisés par les services techniques de la ville ainsi que des tableaux ont été installés sous le préau, pour des temps repos ou des temps pédagogiques.

Le projet répond ainsi à plusieurs besoins :

- Améliorer le bien-être des élèves et des usagers adultes évoluant au sein de l'espace
- S'adapter au changement climatique, renaturer
- Offrir une place à chacun, encourager les apprentissages et le vivre-ensemble
- Élargir les réflexions aux abords de la cour, en particulier sur les pratiques de mobilités douces

L'observation d'une récréation témoigne désormais de l'enthousiasme et de **l'appropriation très positive de l'espace** par tous. Les espaces sont beaucoup mieux partagés et **une partie de leur entretien est assurée par les enfants eux-mêmes** (petites plantations, balayage des copeaux à la fin des récréations).

Cette démarche a également permis à la collectivité de disposer aujourd'hui d'une méthodologie collaborative adaptable et reproductible pour d'autres espaces publics (palette végétale, sols perméables, infiltration, mobiliers urbains...) et d'une expérience de concertation et d'implication des parties prenantes qui a favorisé la réussite du projet.



« Le Cerema en qualité de partenaire de référence a permis aux acteurs d'élargir leur vision, de créer des synergies permettant à terme de renforcer les projets pédagogiques sur la biodiversité et sur la gestion de l'eau. Ce nouvel espace est envisagé par l'équipe pédagogique comme un outil au service des apprentissages. »

FABIEN CALMETTES

Directeur des services techniques à la ville de Figeac

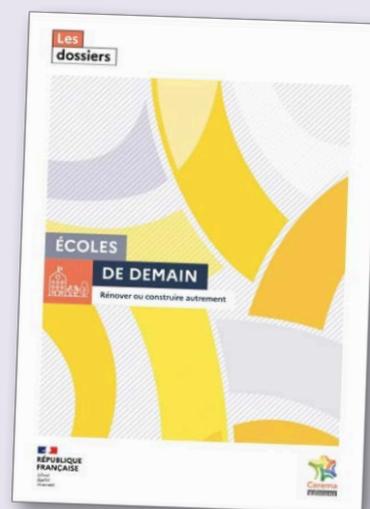
LES DOSSIERS

Écoles de demain : rénover ou construire autrement

Parmi les équipements publics, l'école constitue un lieu central dans la vie des enfants mais aussi des citoyens, et des communes quelle que soit leur taille. Dans les petites villes et les villages, l'école est un marqueur de dynamisme économique, social et urbain, un service et un lieu de vie essentiel aux habitants.

Ce dossier propose aux collectivités un panorama sur l'évolution des pratiques et des usages à l'intérieur des bâtiments scolaires et dans leur environnement.

Sa vocation est d'éclairer les collectivités, les acteurs du monde scolaire, les maîtres d'ouvrage et maîtres d'œuvre sur les évolutions à prendre en compte dans tout projet de rénovation ou de construction d'écoles. Il apporte des éléments de réponses, montre des pistes d'évolutions originales, peu répandues, et innovantes à travers des exemples repérés dans de nombreuses communes de France et à l'international.



[Découvrez l'édition](#)





Rafrâchir les espaces urbains par la végétalisation Quelles essences planter et où ?

Végétaliser les espaces urbains peut fortement contribuer à réguler la température : un enjeu essentiel pour la qualité de vie en ville. Mais quelles essences sont capables de répondre au contexte local tout en intégrant les évolutions pressenties du climat ? Comment identifier les sites prioritaires à végétaliser ?

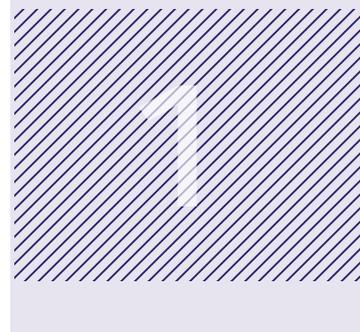
Le Cerema a mené pour la collectivité de Saint-Georges-De-Reneins (69) un travail de sélection des espèces d'arbres adaptées ainsi qu'une cartographie locale des sites sur lesquels la plantation est possible et aura le plus d'impact pour l'amélioration du cadre de vie : une méthode innovante et efficace en quatre étapes.

Phase 1 : sélectionner les essences adaptées

Le Cerema a développé l'outil SESAME (Services écosystémiques rendus par les Arbres, Modulés selon l'Essence) avec la ville et la métropole de Metz afin d'identifier les essences d'arbres à la fois adaptées à un contexte locale et répondant à certains services souhaités par la collectivité (rafraîchissement, stabilisation d'un terrain, réduction du ruissellement de l'eau, stockage du carbone, etc.). Cet outil, adapté à chaque territoire, a été mobilisé pour Saint-Georges-De-Reneins.



Pour en savoir plus
sur le projet de de
Saint-Georges-De-
Reneins



Intégrer l'arbre dans les projets de renaturation urbaine avec SESAME

SESAME permet de déterminer quelles espèces planter en ville en fonction du contexte et des besoins. Il est aujourd'hui déployé dans plusieurs régions.

Concrètement : une réflexion collaborative et partagée autour du choix d'une liste d'essences d'arbres et arbustes est menée. L'étape suivante consiste à définir les types d'espaces paysagers caractéristiques du territoire sur lesquels l'outil sera appliqué.

Les travaux se déroulent sur une durée de deux ans avec des phases intermédiaires qui permettent de valider les choix avec les instances de gouvernance mises en place.



Découvrez l'outil

2

Phase 2 : recenser les espaces où il est possible et le plus utile de planter

Les critères suivants ont été appliqués :

- Les espaces déficitaires en végétation sont évalués à partir d'une cartographie des arbres et arbustes issue de l'interprétation de données LiDAR fournies par l'IGN
- Les espaces publics et les quartiers en projet pour la collectivité sont également ciblés
- La répartition spatiale des habitants sur la commune, en particulier les populations pouvant prioritairement bénéficier de ces espaces tels que les personnes âgées, jeunes enfants, ménages à faible revenu... est étudiée
- Les différentes contraintes techniques (bâti, voirie, réseaux...) impactant les possibilités de plantation sont pris en compte

Phase 3 : prioriser les sites selon le principe « 3-30-300 »

Ce principe permet d'assurer aux habitants de :

1. Voir au moins 3 arbres par les fenêtres de leur logement
2. Vivre dans un quartier disposant d'au moins 30 % de surface arborée
3. Résider à moins de 300 m (soit 5 à 10 minutes à pied) d'un parc ou d'un espace vert

Sur la base de ce principe, les secteurs à arborer en priorité ont été sélectionnés en croisant trois données d'entrée à la maille d'aire géographique de 200 x 200 m :



Population totale vulnérable
+
indice de canopée faible
+
éloignement des espaces arborés (> 300 m à pied)

Une carte des secteurs prioritaires en termes de « besoin de nature » est obtenue.

Phase 4 : assurer la « plantabilité » des secteurs prioritaires

La faisabilité de plantations d'arbre est déterminée en fonction de l'accessibilité du foncier concerné et des contraintes du site (voirie, réseaux enterrés, bâti...). La carte obtenue de « plantabilité » est ensuite croisée avec celle obtenue des secteurs prioritaires pour in fine identifier les lieux sur lesquels la plantation aurait un impact optimal.

L'outil SESAME est actuellement en cours d'adaptation et d'utilisation par plusieurs collectivités en France (Île-de-France, Provence-Alpes-Côte-d'Azur, Bordeaux).

« L'outil SESAME est un levier essentiel pour optimiser et orienter les plantations, tout en assurant un suivi rigoureux de leur adaptation aux évolutions climatiques. »

CHRISTINE BOST

Présidente de Bordeaux Métropole et Maire d'Eysines

BÂTIMENTS PUBLICS

Prévenir le phénomène de surchauffe
et garantir le confort d'été



page **32**

Confort d'été : évaluer la surchauffe dans les bâtiments publics et les logements

page **36**

Adapter les bâtiments à la surchauffe urbaine avec le plan d'Adaptation des Bâtiments au Climat Dérégulé « ABCD »



L'adaptation au changement climatique pose clairement la question du risque d'inconfort thermique à horizon 2050 et de son corollaire le développement maîtrisé de la climatisation pour éviter la profusion de solutions inefficaces sur le plan du confort et de la performance énergétique. Par ailleurs les travaux de rénovation énergétique au titre du confort d'hiver peuvent conduire à des risques d'inconfort thermique l'été.

Face aux défis climatiques croissants, **l'adaptation des bâtiments à la surchauffe urbaine** constitue une priorité stratégique pour garantir la résilience du cadre bâti et assurer la protection des occupants.

Elle repose sur deux étapes fondamentales :

- **Le diagnostic des risques climatiques**, qui permet d'évaluer l'exposition aux aléas et d'analyser la vulnérabilité des bâtiments afin de hiérarchiser les interventions
- La mise en œuvre d'une **stratégie d'adaptation**, qui inclut le déploiement et le suivi des solutions issues de la recherche et innovation

Le confort d'été est essentiel à la qualité de vie d'un logement. La Réglementation environnementale 2020 (RE2020) intègre des indicateurs comme les degrés heure d'inconfort, lorsque la température intérieure du logement dépasse les 26 °C ou les 28 °C.

Cette notion de confort d'été est difficile à définir, car elle est subjective et localisée. C'est pourquoi le Cerema met à la disposition des professionnels un outil facile d'accès et simple d'utilisation pour accompagner les acteurs du bâtiment dans l'évaluation du confort d'été.

Le Plan National d'Adaptation au Changement Climatique (PNACC 3) fixe des objectifs ambitieux en la matière, et le Cerema s'inscrit pleinement dans cette dynamique en développant des méthodologies robustes et des solutions innovantes.





Confort d'été

Evaluer la surchauffe dans les bâtiments publics et les logements

Le Cerema développe une méthode de diagnostic global du confort estival dans les bâtiments existants, afin de repérer les situations d'inconfort liées aux vagues de chaleur estivale et d'analyser les solutions d'adaptation susceptibles de réduire les effets ressentis par les occupants. C'est ce qui a été mis en œuvre à l'été 2024 auprès de l'Institut National de Formation des personnels du ministère de l'Agriculture (INFOMA).



[Pour en savoir plus sur le projet](#)
[INFOMA](#)

Construit dans les années 1980 sur la commune de Corbas (Rhône), le site de l'INFOMA comprend sept bâtiments accueillants les activités administratives, logistiques et d'enseignements. De nombreux agents ont fait part de l'inconfort thermique ressenti durant les étés. Le Cerema a fourni une assistance technique à la réalisation d'un diagnostic global des bâtiments et une évaluation objective du confort estival pour ensuite formuler des recommandations visant à améliorer le bien-être des usagers et utilisateurs de l'établissement.

Au regard des analyses menées, les solutions les plus efficaces en termes de rapport gains / coût pour le confort d'été est constituée de la **mise en place d'horaires décalés** qui permettrait de réduire de moitié les besoins de refroidissement en avançant les horaires de travail de 2h00, et l'**installation de brasseurs d'air**. La **végétalisation des abords des bâtiments** peut également améliorer la protection solaire des façades.

La **sensibilisation des occupants** aux bonnes pratiques d'usage est aussi à envisager : aération, limitation de l'usage de la climatisation.

Phase 1 : le diagnostic global du site et des bâtiments

Trois types d'indicateurs ont été évalués :

- Techniques : structure et enveloppe des bâtiments, installations et équipements, performance environnementale et énergétique, conformité et suivi réglementaire
- Économiques : valeurs foncière et immobilière, investissements, dépenses et revenus
- Qualité d'usage actuel et par rapport aux usages envisagés : attractivité, confort et santé, sécurité, adaptabilité et fonctionnalité, intensité d'usage

Cette évaluation est complétée par une enquête réalisée auprès des usagers et occupants (ressentis et usages) ainsi que par des visites in situ : usages réels, conflits d'usage, dysfonctionnements éventuels, points forts et besoins.

2

Phase 2 : évaluer le confort d'été des bâtiments

- Caractériser l'inconfort thermique d'été actuel et évaluer l'efficacité des équipements existants
- Recueillir des éléments chiffrés dans le but de réfléchir à la sensibilisation des agents, et aux bonnes pratiques à adopter en conséquence
- Évaluer l'efficacité de certains dispositifs déjà existants
- Identifier certaines pistes d'actions utiles à l'amélioration du confort d'été

ZOOM SUR

Mesures physiques et évaluation de l'inconfort

Plusieurs outils et méthodes d'évaluation ont été déployés dans les locaux de six bâtiments, comprenant notamment :

- Une enquête réalisée auprès des occupants pour cerner les différents usages et comportements (utilisation de climatiseur, de ventilateur, ouverture des fenêtres, etc...) et de cibler les zones d'inconfort d'été à instrumenter et analyser en priorité
- Un monitoring réalisé, du 1^{er} juillet au 20 août 2024, à l'aide du dispositif THEMIS pour suivre en temps réel et à distance les données mesurées dans 30 locaux. Les données mesurées sont les suivantes : la température, l'humidité relative et le CO₂ à l'intérieur des locaux. Les données relevées par l'ensemble des capteurs ont été complétées par les données météo issues de la plateforme « *Open Weather Map (OWM)* », directement couplées au dispositif THEMIS
- Des relevés de l'ensoleillement des façades présentés sous la forme de diagrammes solaires ont été réalisés à l'aide d'un outil breveté, afin d'effectuer des mesures immédiates sur le terrain

3

Phase 3 : formuler des préconisations pour améliorer le confort des usagers

Une simulation thermique dynamique a été réalisée sur un échantillon de bâtiments, afin d'évaluer l'évolution du comportement thermique en fonction de différents paramètres (météo, occupation des locaux, isolation thermique, équipements techniques, etc.).

Cette simulation a permis de créer un modèle numérique de trois bâtiments puis de calculer l'évolution des températures à l'intérieur de ces derniers en fonction de différents scénarios d'adaptation afin d'en mesurer l'efficacité.

Afin de s'appuyer sur les températures moyennes probables dans les prochaines années, des données météorologiques prospectives ont été intégrées au modèle.

Plusieurs solutions techniques ont été comparées, à l'aide de critères d'efficacité (basées sur le taux global d'inconfort et les besoins de refroidissement) et de coût (coût global et coût d'investissement) qui permettent ensuite de les hiérarchiser. Les solutions étudiées pour améliorer le confort d'été sont :

- Masque végétal et casquettes longues (masques posés sur la paroi des bâtiments)
- Films solaires et casquettes longues
- Brasseurs d'air
- Horaires décalés
- Isolation renforcée
- Surventilation nocturne
- Combinaison de solutions pertinentes



« RITE » : un outil pour évaluer le Risque d'Inconfort Thermique d'Été dans les logements

Le Cerema a développé un outil d'évaluation et de prévision rapide du confort d'été à l'intérieur des logements neufs ou rénovés : « Risque d'Inconfort Thermique d'Été face au changement climatique – RITE ».

Il s'agit d'un outil conçu pour être accessible par n'importe quel acteur du bâtiment (maître d'ouvrage, artisan...), afin qu'il puisse :

- Qualifier et évaluer le niveau d'inconfort thermique avec justesse, que la construction soit neuve ou existante
- Se représenter le risque d'inconfort d'été liés aux travaux de rénovation
- Mener des actions pour l'amélioration du confort d'été sans climatisation
- Prévoir la résilience du bâti face une situation future d'étés plus chauds De produire un rapport expertise fiable et simple d'accès

L'outil permet de se représenter le niveau de confort dans les logements rénovés ou neufs et de se situer face à une situation future d'étés plus chauds.

Le processus d'évaluation se base sur deux notions croisées :

- L'indice de charge thermique, représentatif de la captation de chaleur au sein des logements
- L'aptitude au refroidissement, sans dispositif de climatisation, essentiellement par ouverture des baies

RITE est d'ores et déjà disponible en ligne sous une forme simplifiée. L'approche « expert » sera prochainement ajoutée à l'application.

« Il faut assurer des conditions de confort acceptables dans les logements, tout particulièrement en ville, aujourd'hui et pour les projections climatiques à 2050 et 2080. L'outil RITE est un outil simple d'évaluation et de prévision du niveau de confort thermique d'été d'un logement. Nous l'utilisons sur des dizaines d'opérations, il nous permet de donner des repères aux maîtres d'ouvrage en mesurant l'impact de différentes solutions techniques pour la construction et la rénovation tout en laissant la conception, le dimensionnement, le chiffrage des solutions à la MOE. »

VÉRONIQUE VELEZ

Responsable du département Innovation et prospective
Union nationale des fédérations d'organismes HLM



[Découvrir
l'application
« RITE »](#)

RAPPORT

Construire et réhabiliter aujourd'hui avec le climat de demain : panorama des solutions techniques pour améliorer le confort d'été

L'étude réalisée par le Cerema pour l'Union sociale pour l'habitat, cofinancée par la Banque des Territoires, présente un panorama à 360° des solutions techniques possibles pour améliorer le confort d'été et lutter contre les îlots de chaleur urbains dès la conception, dans les constructions neuves et les réhabilitations de logements.

Cette publication vise à donner des repères aux maîtres d'ouvrage pour :

- Faire connaître l'éventail des solutions pertinentes, pour la construction et la rénovation
- Parler des enjeux pour demain et de comment aborder l'adaptation
- Les aider à s'orienter dans ce large inventaire pour la programmation de leurs projets
- Leur donner des clés d'appréciation des projets qui leur sont soumis tout en laissant la conception, le dimensionnement, le chiffrage des solutions à la maîtrise d'œuvre
- Dépasser parfois le cadre d'évaluation conventionnel (RT, RE, STD)



[À paraître sur la plateforme CeremaDoc](#)



Adapter les bâtiments à la surchauffe urbaine avec le plan d'Adaptation des Bâtiments au Climat Dérégulé « ABCD »

Les collectivités disposent d'un patrimoine bâti devant être adapté aux évolutions du climat et en particulier aux fortes chaleurs. La méthode dite « ABCD » du Cerema propose des projections climatiques, une caractérisation des aléas futurs et des risques pour les bâtiments ainsi qu'une méthodologie pour prioriser les bâtiments et déterminer des solutions. Les résultats sont synthétisés dans une proposition de plan d'actions accompagné d'un outil de suivi et d'évaluation.



Pour en savoir plus sur la méthode « ABCD »

Une méthode pour adapter les bâtiments aux différents aléas

Les collectivités possèdent et gèrent un grand nombre de bâtiments publics. Selon l'échelle de la collectivité, les bâtiments concernés sont les établissements scolaires (écoles, crèches, collèges et lycées), les établissements administratifs (mairie, centres techniques), les bâtiments culturels et sportifs (centres culturels, médiathèques, etc.) et certains centres de santé, de sécurité et de secours.

Les bâtiments publics font face à différents aléas :



Les vagues de chaleur



Les sécheresses



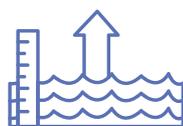
Les fortes pluies



Les tempêtes et vents extrêmes



Les épisodes de grêle



La montée du niveau de la mer et la submersion marine



Les feux de forêts et les incendies de végétation

Le Cerema a donc développé la méthode Adaptation des Bâtiments au Climat Dérégulé, dite « ABCD ». Cette méthode est déclinable à toutes les échelles, de quelques bâtiments à plusieurs centaines de milliers.

1

Phase 1 : le diagnostic de risque



Il croise une analyse d'exposition et de la vulnérabilité pour chacun des risques.

L'objectif de ce diagnostic est de prioriser les bâtiments sur lesquels intervenir. La présentation du diagnostic doit donc, pour favoriser les choix éclairés, mettre en avant les niveaux de risque au regard des enjeux des bâtiments.

2

Phase 2 : les recommandations opérationnelles



À l'issue du diagnostic, la méthode ABCD propose des recommandations opérationnelles, hiérarchisées selon les niveaux de risques identifiés, couplés aux enjeux des bâtiments.

Les bâtiments sont classés en groupes de priorisation pour permettre aux collectivités :

- De cibler les bâtiments nécessitant une intervention immédiate
- D'identifier ceux pouvant intégrer l'adaptation dans des projets de rénovation déjà programmés
- De planifier dans le temps les actions sur les bâtiments à moindre risque ou à enjeux moindre

Pour chaque aléa identifié comme critique, la méthode propose des pistes d'adaptation techniques et organisationnelles et des solutions d'adaptation fondées sur la nature (SFN), adaptées aux typologies de bâtiments concernées.

3

Phase 3 : une feuille de route patrimoniale selon trois logiques complémentaires



Ces recommandations permettent aux collectivités d'élaborer une feuille de route d'adaptation, progressive et pragmatique, qui s'intègre dans leur stratégie patrimoniale globale. La feuille de route s'articule autour de trois logiques d'adaptation complémentaires :

1. L'adaptation transformatrice : repenser en profondeur
2. L'adaptation incrémentale : améliorer l'existant
3. L'adaptation réactive : prévoir de faire face à l'urgence

Le Cerema propose un accompagnement pour :

- Former les agents en charge du patrimoine et sensibiliser les élus
- Proposer des recommandations adaptées aux divers parcs immobiliers et échelonner les interventions de bureaux d'études pour effectuer des diagnostics de vulnérabilité complémentaires afin de confirmer les actions d'adaptation à mettre en œuvre
- Anticiper les mises à jour du diagnostic, à mesure que les connaissances climatiques s'affinent

Toutes ces étapes sont effectuées en vue d'intégrer les actions d'adaptation dans les programmations pluriannuelles d'investissement (PPI).

Premier plan « ABCD » réalisé pour le Conseil départemental du Val-de-Marne (94)

En partenariat avec le Conseil départemental du Val-de-Marne, le Cerema a élaboré un plan visant, par des mesures adaptatives, à limiter les effets négatifs du dérèglement climatique sur les activités de service public se déroulant dans les bâtiments départementaux.

Ce projet a permis de produire un plan d'adaptation qui permettra au parc bâti du Département d'être mieux armé face au climat à venir.

Après avoir réalisé le diagnostic et des fiches aléas pour chaque bâtiment, la Cerema a proposé un plan d'action personnalisé, axé sur les aléas où l'on peut avoir des « actions préventives » plutôt que sur les « actions correctives ».

À ce stade, le plan se décline en plusieurs chapitres :

- Intégrer l'adaptation aux constructions neuves et aux rénovations lourdes, à travers la mise à jour des référentiels et des nouvelles exigences dans le cahier des charges des simulations thermiques dynamiques
- Les actions d'opportunité, lorsque certains travaux ponctuels sont lancés
- Les actions en lien avec l'organisation des services et les usages du bâtiment
- Les actions programmées dans un plan d'actions à court/moyen terme. Cette programmation pourrait mixer des objectifs de baisse de bâtiments « très vulnérables » et des typologies de travaux à répéter sur de nombreux bâtiments (campagne d'installation de protections solaires par exemple)

Le Département poursuit sa réflexion sur le choix d'un plan d'action opérationnel au regard des urgences de rénovation.



[Pour en savoir plus sur le premier plan "ABCD"](#)



RETRAIT GONFLEMENT DES ARGILES

Stabiliser les maisons pour remédier au phénomène



page **41**

MACH+® : une solution innovante pour adapter les maisons exposées au retrait et gonflement des sols argileux

page **43**

SAFE RGA et SEHSAR : deux projets de recherche pour identifier des solutions au phénomène de retrait gonflement des argiles



Le changement climatique bouleverse les cycles météorologiques de sécheresses et de précipitations auxquels les sols non saturés sont habitués.

Le retrait gonflement des sols argileux - RGA est un phénomène naturel qui se produit dans les sols contenant des fractions argileuses sensibles aux variations de leur teneur en eau en fonction des conditions météorologiques de sécheresse ou de précipitations. Il dépend également de la nature minéralogique du sol argileux (typologie des argiles) et de l'environnement proche dans lequel il se produit.

Ce phénomène s'intensifie naturellement et durablement avec l'accentuation et le dérèglement des cycles de séchage/humidification qui, en se produisant d'une manière encore plus aléatoire, dégrade davantage les propriétés des sols argileux.

Les maisons individuelles construites sur des sols argileux sont particulièrement sensibles au phénomène. Elles peuvent subir des dommages structurels tels que des fissures des murs, des distorsions de portes ou fenêtres, des dislocations des dallages et des cloisons et, parfois, des ruptures de canalisations enterrées.

En France métropolitaine, les sécheresses fréquentes et intenses connues depuis 2015, sous l'effet du changement climatique, ont contribué à l'extension du phénomène de RGA. Plus de 10,4 millions de maisons individuelles sont potentiellement très exposées au phénomène de retrait gonflement des sols argileux, dont près de la moitié bâtie après 1976.

Sur la période récente, le coût de la sinistralité du bâti exposé a connu une forte croissance, notamment dans les maisons individuelles, dans certains bâtiments aux fondations peu profondes et sur des infrastructures de transports (routes). La part de ce coût lié au RGA, qui représentait 25 à 35 % du régime d'indemnisation des catastrophes naturelles entre 2010 et 2016, a atteint 70 % pour les cinq dernières années (soit environ 1,5 Md€ par an).

Des solutions existent pour réduire les impacts du RGA sur les bâtiments, mais elles sont relativement coûteuses à mettre en œuvre et ne peuvent être déployées sur tous les bâtiments. Dans ce contexte, le Cerema développe, teste et prépare le déploiement de solutions innovantes afin d'agir face aux désordres causés par le RGA.





MACH+[®]

Une solution innovante pour adapter les maisons exposées au retrait et gonflement des sols argileux

Le Cerema et son Institut Carnot Clim'adapt développent la solution MACH[®] de rémédiation et de prévention au risque de RGA. Simple, écologique et peu onéreuse, elle est testée en vraie grandeur sur différentes maisons, avec des résultats concrètement observables.

Le procédé MACH[®] « MAison Confortée par Humidification »

Le procédé MACH[®] permet de rééquilibrer l'état hydrique des sols de façon écologique pendant les périodes de sécheresse en appliquant les principes suivants :

- Récupération des eaux de pluie de la toiture, pour les stocker dans des cuves
- Installation d'un réseau hydraulique enterré, qui alimente plusieurs points d'humidification disposés autour des façades fissurées
- Installation de capteurs implantés dans le sol de fondation pour mesurer en continu le phénomène

Le Cerema a expérimenté le procédé MACH[®] de 2016 à 2020 sur une maison des années 60 et sinistrée à la suite de l'épisode de sécheresse de 2015. Les résultats observés durant ces quatre années de sécheresses intenses sont satisfaisants, tant en termes de stabilisation d'ouverture des fissures existantes que d'absence d'apparition de nouvelles fissures.

Cette solution expérimentale est à la fois écologique, efficace, peu coûteuse, et donc accessible à tous les sinistrés. À titre indicatif, le procédé expérimental MACH[®] a été mis en place pour un coût total de 15 k€ HT. Soit un coût nettement inférieur à celui d'un confortement en sous-œuvre traditionnel.

Le procédé MACH[®] a été doublement primé à l'occasion de la première édition des Trophées Bâtiments Résilients initiés par la Mission Risques Naturels (MRN) en 2020 et aux Green Solutions Awards 2020-21 de *Construction21* en 2021.



[Pour en savoir plus sur la solution MACH+](#)

Les développements à horizon 2025

Les travaux de recherche et développement se poursuivent aujourd'hui à travers trois déploiements qui seront menés en parallèle en 2025 :

- **Le projet « MACH® Séries »**

Ce projet a pour objectif de réaliser de nouvelles expérimentations sur des maisons avec des configurations différentes. L'objectif est de confirmer le caractère reproductible de la solution MACH® et son adaptabilité aux différents sites. Ces expérimentations utiliseront des données météorologiques locales et des mesures continues de la succion du sol.

- **La solution intelligente MACH+®**

Un projet de recherche lauréat de l'appel à projets Carnot Clim'Adapt 2021, qui vise à intégrer l'intelligence artificielle pour la réhumidification automatique du sol en fonction des seules données météorologiques locales. Ceci permettrait de s'affranchir de la mesure continue de la succion du sol.

- **Le projet « RGA-Prevent »**

RGA-Prevent a pour objectif d'améliorer les connaissances sur l'évolution du comportement hydromécanique des sols argileux dans le contexte du changement climatique grâce à la multiplication de l'instrumentation des sols dans le cadre du projet MACH® Séries à l'échelle nationale.





SAFE RGA et SEHSAR

Deux projets de recherche pour identifier des solutions au phénomène de retrait gonflement des argiles (RGA)

Deux projets de recherche portés par le Cerema ont été financés par l'État, dans le cadre de l'appel à projets France 2030 opéré par l'ADEME.

L'objectif : développer des solutions conformes à la réglementation et peu onéreuses, pour réduire les impacts du RGA sur le bâti.



Pour en savoir plus sur les deux projets

SAFE RGA : identifier des solutions innovantes et des techniques préventives face au RGA

SAFE RGA « Solutions innovantes d'Adaptation du bâti exposé à la sécheresse Face à l'Expansion du phénomène de RGA » est un projet mené par le Cerema en partenariat avec AQC, CEA Développement, Fondasol et l'université d'Orléans. Lancé en juillet 2024 pour 5 ans, il a pour objectif de développer des solutions innovantes pour l'adaptation des maisons exposées au RGA face aux sécheresses.

Il a la particularité de comporter **un volet prévention des risques de sécheresse**, avec la mise en œuvre des techniques destinées à **réduire l'impact des facteurs de l'environnement proche (gestion de l'eau et de la végétation)** des bâtis exposés actuellement au RGA mais non sinistrés.

Les solutions d'adaptation et les techniques préventives SAFE RGA seront mises en œuvre et évaluées par des tests en laboratoire. Elles devront être **économiques, accessibles à tous, durables**, pensées pour convenir également **avant toute construction d'une nouvelle maison** sur un terrain argileux exposé au RGA, tout en respectant les dispositions de **[l'Article 68 de la loi Elan](#)**.

La démarche est la suivante :

- Tester des solutions à l'échelle du laboratoire sur de petits échantillons de sol argileux en simulant les cycles de séchage-humidification
- Tester des solutions à l'échelle intermédiaire sur des échantillons représentatifs de sol argileux à l'intérieur d'une chambre environnementale unique instrumentée « *WABox (Weather Adapt Box)* » permettant de simuler des conditions météorologiques contrôlées
- Tester les solutions d'imperméabilisation périphérique en conditions réelles sur une dizaine de maisons tests sur site argileux, avec une instrumentation *in situ* pour valider le protocole de mise en œuvre et vérifier sa reproductibilité et sa durabilité. La teneur en eau des sols, l'évolution de la topographie et des fissures présentes sur le bâtiment seront notamment suivis

Ces travaux visent à adapter le bâti exposé au RGA et prévenir le risque sécheresse des sols argileux sur les nouvelles constructions avec des solutions **faciles à mettre en œuvre et ayant une faible empreinte carbone**. Le projet contribuera en outre à **l'évolution des normes et pratiques de construction** sur des terrains argileux.

SEHSAR : un outil de suivi et de prévention des impacts du RGA

Le projet SESHAR « Surveillance Etendue du niveau d'Humidité des Sols argileux pour l'Adaptation et la Résilience du bâti face au changement climatique », a démarré en juillet 2024 pour 5 ans. Il est porté par le Cerema en partenariat avec le BRGM.

À travers la réalisation de mesures *in situ* et l'élaboration d'algorithmes d'intelligence artificielle sur les interactions sol-atmosphère, SEHSAR vise à construire un outil permettant **de suivre et d'anticiper la sécheresse des sols argileux**. Il s'appuie sur les outils développés par le projet MACH® qui suit des bâtiments concernés par le RGA et équipés de dispositifs de prévention.

Il s'agit d'une approche inédite et innovante qui vise à élargir à travers 50 sites la mesure *in situ* de l'humidité des sols en France (où actuellement seules 19 stations de Météo France la mesure à seulement 30 cm de profondeur). Avec les effets du changement climatique, le phénomène se propage en profondeur en atteignant parfois plus de 3 m.

Les objectifs du projet SEHSAR sont de :

- Définir des corrélations fiables et robustes entre la météo et la sécheresse des sols pour mieux adapter le bâti exposé au RGA et prévenir la sinistralité
- Améliorer l'indice d'humidité des sols (SWI) utilisé par Météo France dans la reconnaissance en catastrophe naturelle sécheresse
- Mieux anticiper et gérer les besoins en eau des sols pour les agriculteurs et mieux anticiper les incendies par les services de secours

Une étude de l'état de l'art a été réalisée et a permis d'identifier les verrous scientifiques. Une cinquantaine de sites tests dans différentes zones géographiques seront instrumentés pour un suivi en continu. Ces données seront capitalisées dans l'outil SEHSAR destiné à anticiper et suivre l'assèchement des sols argileux, et qui permettra de réguler automatiquement l'humidité des sols avec la solution MACH®.



Le Cerema est l'établissement d'expertise de l'État et des collectivités pour adapter les territoires face au défi climatique. Il est l'unique établissement national dont la gouvernance est à pilotage partagé entre l'État et les collectivités territoriales, avec plus de 1 000 collectivités adhérentes. Il est présent dans l'Hexagone et dans les Outre-mer grâce à ses 27 implantations et ses 2 500 agents.

Détenteur d'une expertise nationale mutualisée, le Cerema accompagne l'État et les collectivités territoriales par l'élaboration coopérative, le déploiement et l'évaluation de politiques publiques et projets d'aménagement et de transport.

Doté d'un fort potentiel d'innovation et de recherche, le Cerema agit dans six domaines d'activités : Expertise & ingénierie territoriale, Bâtiment, Mobilités, Infrastructures de transport, Environnement & Risques, Mer & Littoral.

Le Cerema est un établissement public relevant du ministère de l'Aménagement du territoire et de la Décentralisation et du ministère de la Transition écologique, de la Biodiversité, de la Forêt, de la Mer et de la Pêche.



@Cerema

www.cerema.fr

