



**INNOVATION
& TECHNOLOGIE**

Illustration de la sécheresse des sols © Konrad K./Sipa

NOUVELLE SOLUTION DE REMÉDIATION POUR LE CONFORTEMENT DES MAISONS EXPOSÉES AUX SÉCHERESSES

Lamine Ighil Ameur, chercheur en mécanique des sols au Cerema (Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement)

En France, plus de 4 millions de maisons sont très vulnérables vis-à-vis du phénomène de RGA (Retrait-gonflement des sols argileux). Pour s'orienter davantage vers la résilience climatique du bâti existant, le Cerema y contribue en élaborant une solution innovante, MACH (MAison confortée par humidification), basée sur la réhumidification du sol de fondation par la valorisation des eaux de pluie.

INTRODUCTION

Dans un contexte mondial de dérèglements et de changements climatiques, les phénomènes naturels se multiplient d'une manière récurrente avec davantage d'intensité. L'année 2020 est une année hors du commun : la plus chaude en France depuis 1900 (Météo France, 2020). La température moyenne de 2020 en France, consolidée avec les prévisions au 28 décembre dernier est de 14 °C dépassant ainsi celle enregistrée

en 2018 (13,94 °C). Ainsi, en 2020, nous avons connu l'hiver le plus chaud depuis le début du XXe siècle, l'été (du 21 juin au 20 septembre) le plus sec depuis au moins 1959 et un épisode exceptionnel de chaleur en septembre. Plus récemment encore, nous avons connu le mois de novembre 2020 le plus chaud jamais enregistré à l'échelle mondiale (Copernicus, 2020).

En 2019, la sécheresse est classée premier risque naturel en termes de coûts des dommages engendrés, évalués entre 600 et 870 M€ par la CCR (Caisse centrale de réassurance), et un tiers du territoire français touché¹. La tendance actuelle ne risque pas de s'inverser à l'avenir dans le contexte du changement climatique, avec 6 265 demandes de reconnaissance en état de Cat-nat (Catastrophe naturelle) sécheresse 2019 traitées, dont 47 % sont favorables et 2,1 millions de maisons en zone RGA moyen-fort². À long terme, les projections illustrent cette tendance à travers une augmentation du coût cumulé

de l'assurance en sécheresse de +162 % sur la période de 2014 à 2039³.

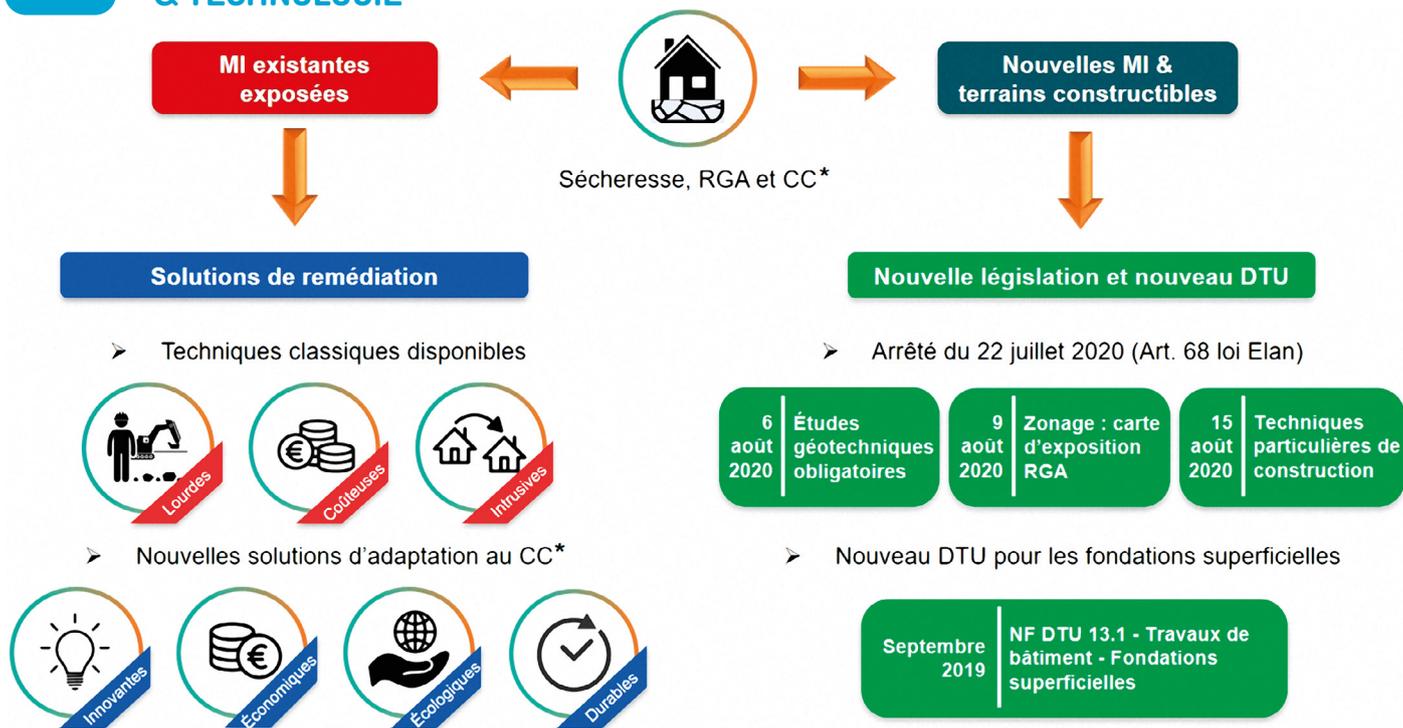
Le Cerema, labellisé en 2020 Institut Carnot Clim'adapt⁴, multiplie ses efforts en faveur de l'adaptation au changement climatique par la recherche appliquée et l'innovation. De fin 2016 à fin 2020, le Cerema a expérimenté une nouvelle solution de remédiation, MACH, basée sur la réhumidification des sols argileux pendant la période de sécheresse en valorisant les eaux de pluie, préalablement récupérées et stockées (pendant la période humide qui précède la période de sécheresse). Le principe de la solution MACH vise à maintenir un état hydrique équilibré au niveau du sol de fondation, malgré le phénomène de retrait et l'aggravation sous l'effet de l'évapotranspiration et la végétation, afin de stabiliser l'ouverture des fissures existantes dans la structure et empêcher l'amorce de nouvelles fissures. Les résultats, enregistrés durant les quatre dernières années de sécheresses intenses,

1 CCR (2020) « Retour sur les événements 2018-2019 », article web, <https://geoportail.ccr.fr/portal/apps/sites/#/bilanccatnat/pages/actualites-evenement-2018-2019>

2 MRN (2021) « Lettre d'information n°35 de la Mission Risques naturels », publication en ligne, www.mrn.asso.fr/wp-content/uploads/2021/02/lettre-n35_vf.pdf

3 FFA (2015) « Impact du changement climatique sur l'assurance à l'horizon 2040 », étude disponible en ligne, <https://www.ffa-assurance.fr/la-federation/publications/enjeux-climatiques/etude-changement-climatique-et-assurance-horizon-2040>

4 Cerema (2020), lien web vers la présentation de l'Institut Carnot Clim'adapt, <https://www.cerema.fr/fr/innovation-recherche/institut-carnot-clim-adapt>



* Changement climatique

Dispositifs et solutions de traitement de l'impact de la sécheresse sur les MI existantes et nouvelles © Cerema 2020, Ighil Ameur

sont encourageants en termes de stabilisation de l'ouverture des fissures existantes instrumentées par des fissuromètres.

QUELLES SOLUTIONS DE RÉMÉDIATION POUR RÉDUIRE LA SINISTRALITÉ LIÉE AU RGA ?

Si pour les nouvelles constructions de MI (Maisons individuelles) et l'achat de terrains constructibles, un arsenal législatif est prévu par l'article 68 de la loi Elan⁵ et ses arrêtés d'application afin de réduire la sinistralité liée à la sécheresse, tout reste encore à faire pour les MI existantes, en particulier très vulnérables, estimées à 4,3 millions⁶.

De nombreuses techniques de traitement et de réparation des désordres dus à la sécheresse existent et sont plus ou moins lourdes en termes de mise en œuvre et de coût de réalisation. Le guide 3 de l'Ifsttar (Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux)⁷ propose une

synthèse de ces techniques et leurs limites d'utilisation, classées selon l'élément traité de la maison et son environnement. Ce guide donne également quelques ordres de grandeur de coûts de ces techniques, à titre indicatif, qui correspondent à des coûts moyens en 2015. Par ailleurs, Béchade (2014) dresse, dans son livre intitulé La pathologie des fondations superficielles⁸, une série de travaux courants de reprise de sinistre sécheresse sur une maison et son environnement.

NOUVELLE SOLUTION MACH : PRINCIPE ET RÉSULTATS

L'expérimentation a été réalisée à l'échelle 1 sur une maison individuelle de type R+1 datant de 1968 et localisée dans la région Centre-Val de Loire (41). L'extension de la maison, construite en 1995, a subi d'importants dommages sécheresse depuis l'été 2015. Suite aux reconnaissances géotechniques initiales (G5) du sol en place, une couche d'argile très plastique de

2,00 m d'épaisseur et sensible au RGA a été identifiée au niveau des fondations. Il est à noter également dans l'état des lieux initial la présence de la végétation (arbres et haies) à proximité des façades endommagées.

Le principe de la solution MACH⁹ est inspiré de l'irrigation agricole contrôlée via la mesure de la succion du sol. Ainsi, l'opération consiste à réaliser une humidification du sol de fondation pendant la période de sécheresse avec l'eau de pluie, récupérée puis stockée en amont. L'humidification dépend de la mesure continue de la succion du sol et s'effectue manuellement au moyen d'ouverture de vannes. L'objectif est de réhydrater le sol argileux plastique à proximité des fondations et ainsi tenter de maîtriser la propagation des fissures existantes et empêcher l'amorce et la propagation de nouvelles fissures.

Le suivi de l'expérimentation, réalisé par le Cerema, a permis

5 Légifrance (2018) « Art. 68 Loi n° 2018-1021 du 23 novembre 2018 portant évolution du logement, de l'aménagement et du numérique », www.legifrance.gouv.fr/jorf/article_jo/JORFARTI000037639571

6 CGDD (2017) « Retrait-gonflement des argiles : plus de 4 millions de maisons potentiellement très exposées », publication en ligne, www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sites/default/files/2018-10/datalab-essentiel-122-retrait-gonflement-argiles-octobre2017.pdf

7 Ifsttar et Ineris (2017) « Retrait et gonflement des argiles - Analyse et traitement des désordres créés par la sécheresse », guide 3. Marne-la-Vallée : Ifsttar. Techniques et méthodes, GTI 4-3, 58 pages, numéro ISBN 978-2-85782-726-9, www.ifsttar.fr/fileadmin/user_upload/editions/ifsttar/guidetechnique/2017-GTI4.3-guidetechnique-ifsttar.pdf

8 Béchade (2014) « La pathologie des fondations superficielles », guide pathologies des bâtiments, CSTB éditions, 372 pages, numéro ISBN 978-2-86891-597-9, <https://boutique.cstb.fr/pathologies-des-batiments/318-la-pathologie-des-fondations-superficielles-9782868915979.html>

9 Cerema (2020) « Stabilisation du phénomène de retrait-gonflement des sols argileux sous les habitations : un système innovant par infiltration d'eau de pluie », article web, www.cerema.fr/fr/actualites/stabilisation-du-phenomene-retrait-gonflement-sols-argileux

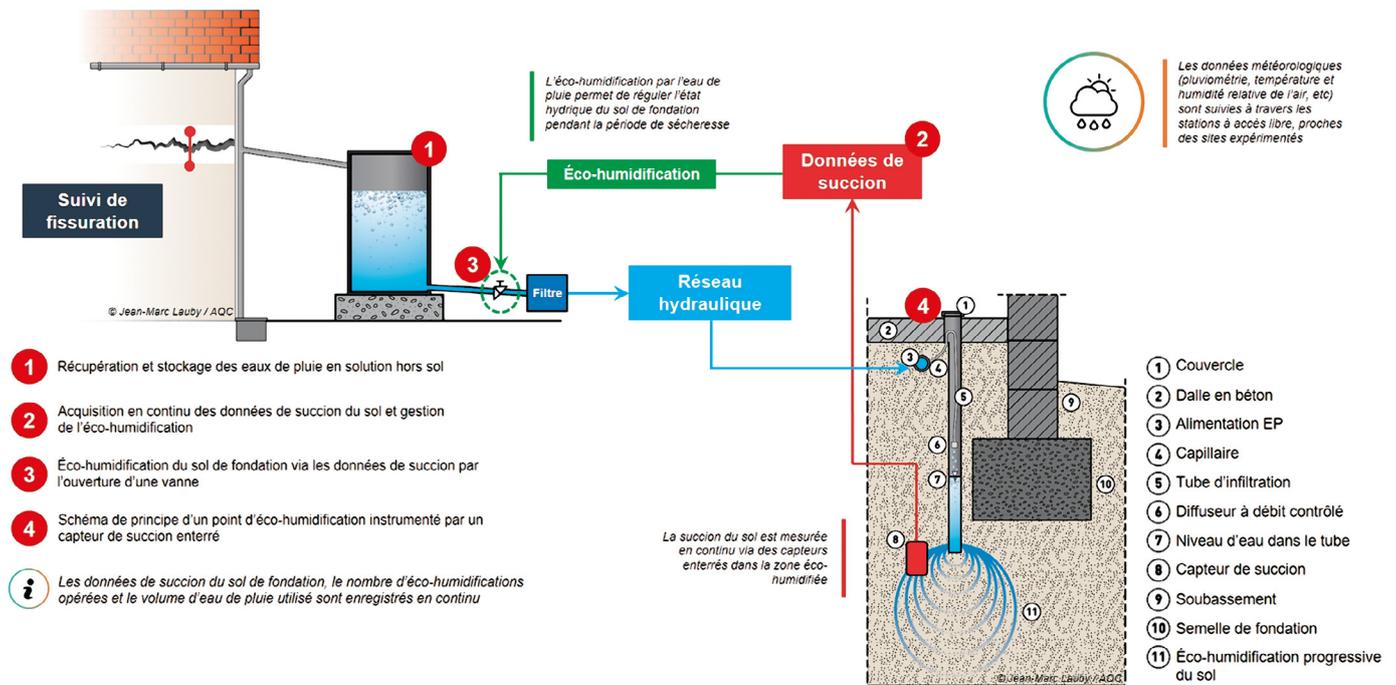


Schéma de principe de la solution MACH © Cerema 2020, Ighil Ameur

d'enregistrer des données pendant quatre années de sécheresse intense, 2017, 2018, 2019 et 2020. Ces données concernent la tensiométrie du sol, la fissuration et la météorologie. Les résultats en termes de stabilisation des fissures existantes pendant les périodes de sécheresse sont encourageants. En effet, la fissure côté rue par exemple montre une fermeture pendant les périodes humides (lorsque la succion tend vers zéro), et une stabilisation pendant les périodes critiques de sécheresse (lorsque la succion augmente et atteint sa valeur maximale de 239 kPa).

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

MACH est une solution innovante et résiliente : ❶ écologique, en limitant l'impact sur la ressource en eau en utilisant les eaux de pluie et en réduisant l'empreinte carbone par rapport aux techniques de réparation classiques, ❷ économique, avec un coût de pose et fourniture des matériels d'environ 15 k€ HT la

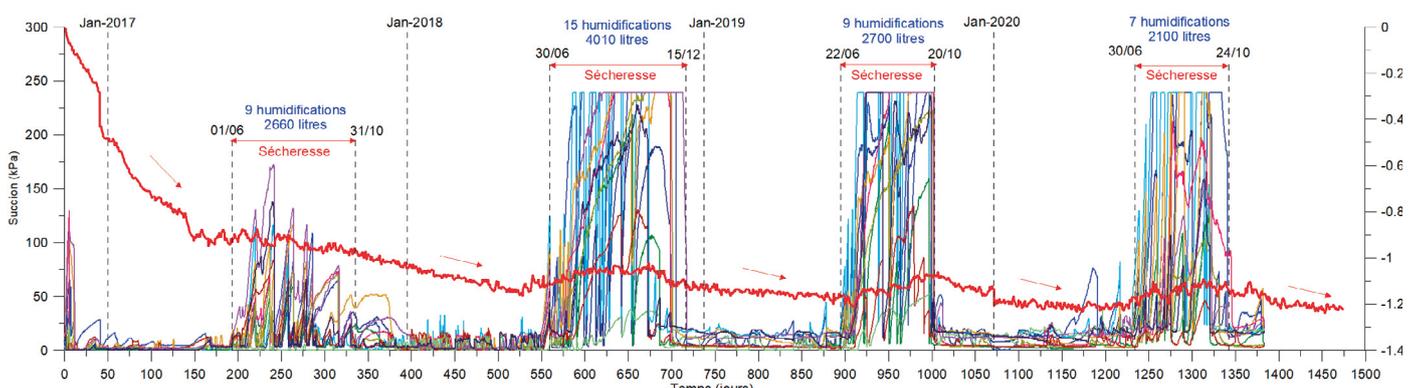
rendant ainsi accessible à tous les sinistrés indemnisés ou pas via le dispositif Cat-nat et ❸ permet, avec une mise en œuvre légère, de limiter les vulnérabilités des constructions exposées au risque sécheresse et au phénomène RGA.

Le 26 octobre 2020, le Cerema a reçu le premier prix dans la catégorie « Prix spécial Innovation » pour la solution MACH¹⁰, parmi les vingt-trois projets candidats à la première édition des Trophées Bâtiments résilients, co-organisée par la MRN (Mission risques naturels), l'AQC (Agence qualité construction) et Construction 21 avec le soutien de la FFA (Fédération française de l'assurance) et du MTES (ministère de la Transition écologique et solidaire).

L'expérimentation MACH étant à présent terminée, le Cerema travaille actuellement avec l'ensemble des acteurs et parties prenantes dont les assureurs, les experts et les professionnels

de la construction pour :

- ▶ Étendre l'application de la solution MACH sur de nouvelles configurations (types de bâtiment, environnement différent et géologie et exposition diverses) ;
- ▶ Consolider les résultats obtenus, vérifier la répétabilité du procédé MACH et étudier le modèle économique du produit final en vue de sa future commercialisation ;
- ▶ En parallèle, poursuivre le développement pour aboutir in fine à une solution résiliente clé en main, MACH +, économiquement accessible aux habitants des territoires sinistrés, à la fois pour ceux qui seront indemnisés par le dispositif Cat-nat mais aussi pour ceux qui ne le seraient pas.



4 : Évolution de la succion du sol de fondation et l'ouverture/fermeture de la fissure côté rue (courbe rouge) en fonction du temps de fin 2016 à fin 2020, MACH © Cerema 2020, Ighil Ameur

¹⁰ Cerema (2020) « Trophées Bâtiments résilients : le Cerema récompensé du prix Innovation », article web, <https://www.cerema.fr/fr/actualites/trophees-batiments-resilients-cerema-recompense-du-prix>