



L. Ighil Ameur © Cerema 2022

JOURNÉE TECHNIQUE RISQUES ET TERRITOIRES

Comment réduire les impacts des risques naturels sur le bâti et les aménagements ?



**Phénomène de RGA et adaptation
des maisons exposées face au
changement climatique**



Lamine IGHIL AMEUR

 **LILLE**

MARDI

15

novembre

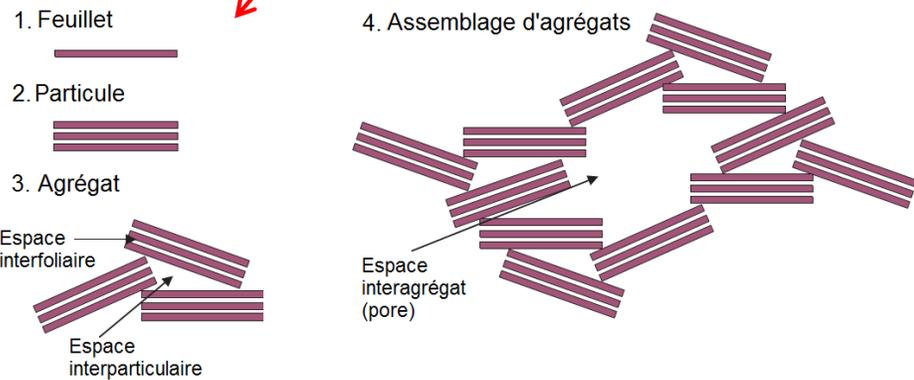
2022

1. Introduction au phénomène de RGA et ses conséquences
2. Sécheresse & RGA : exposition en France métropolitaine
3. Impacts du RGA sur les maisons et effets de l'environnement proche
4. Solutions classiques existantes (techniques courantes)
5. Nouvelles solutions d'adaptation au changement climatique
6. Conclusions et perspectives

1. Introduction au phénomène de RGA et ses conséquences

- Minéralogie et organisation structurale des argiles : exemples de la Kaolinite et la Smectite

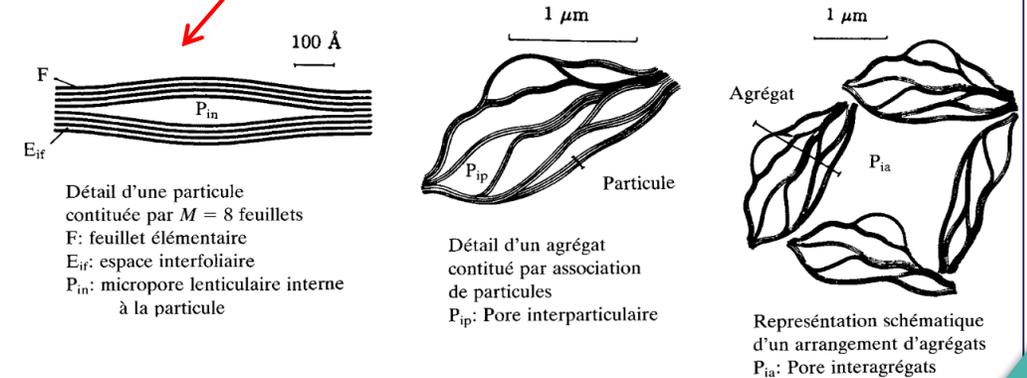
Argiles très peu gonflantes : exemple Kaolinite



Bergaya and Lagaly (2006)



Argiles très gonflantes : exemple Smectite

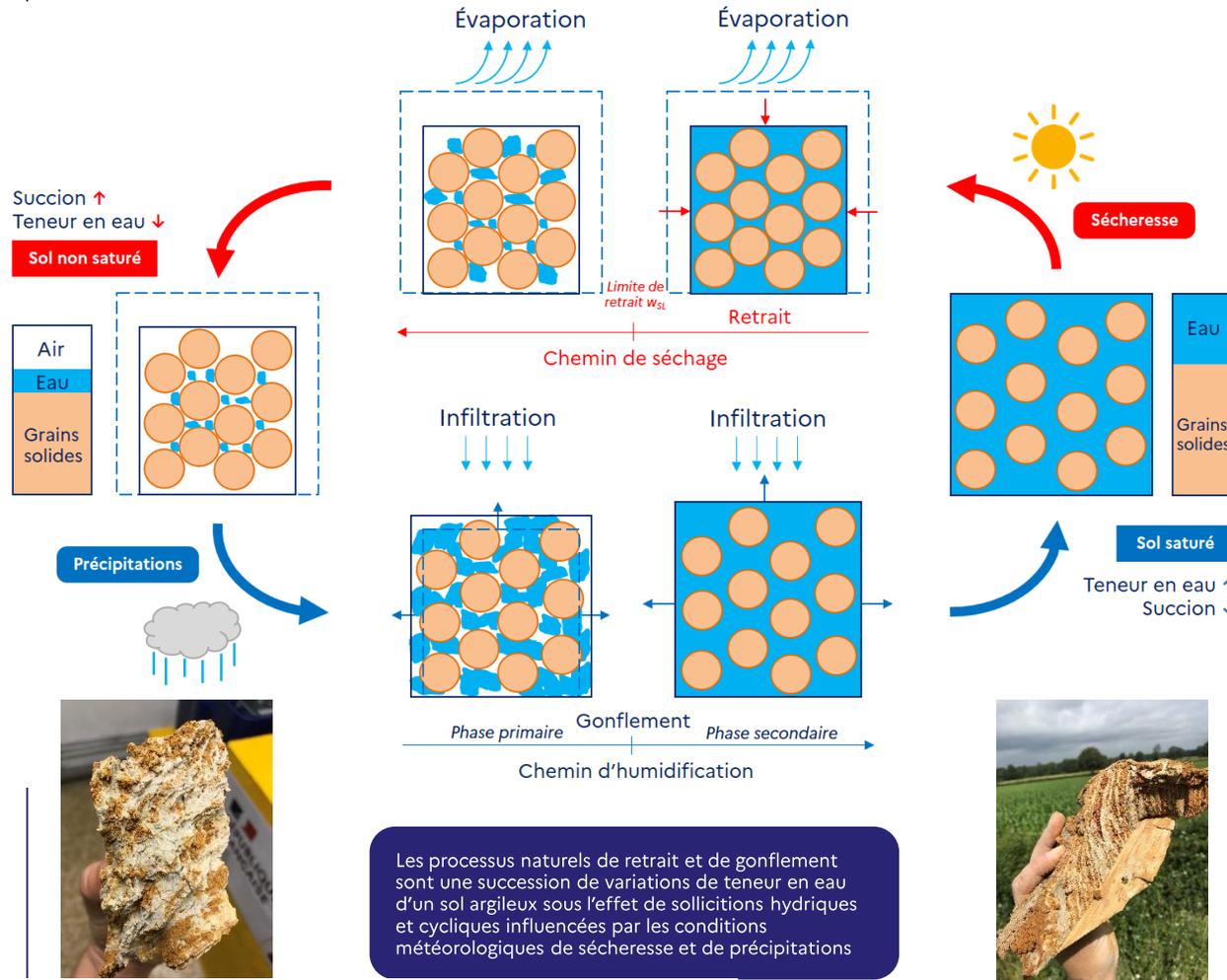


Touret et al. (1990)

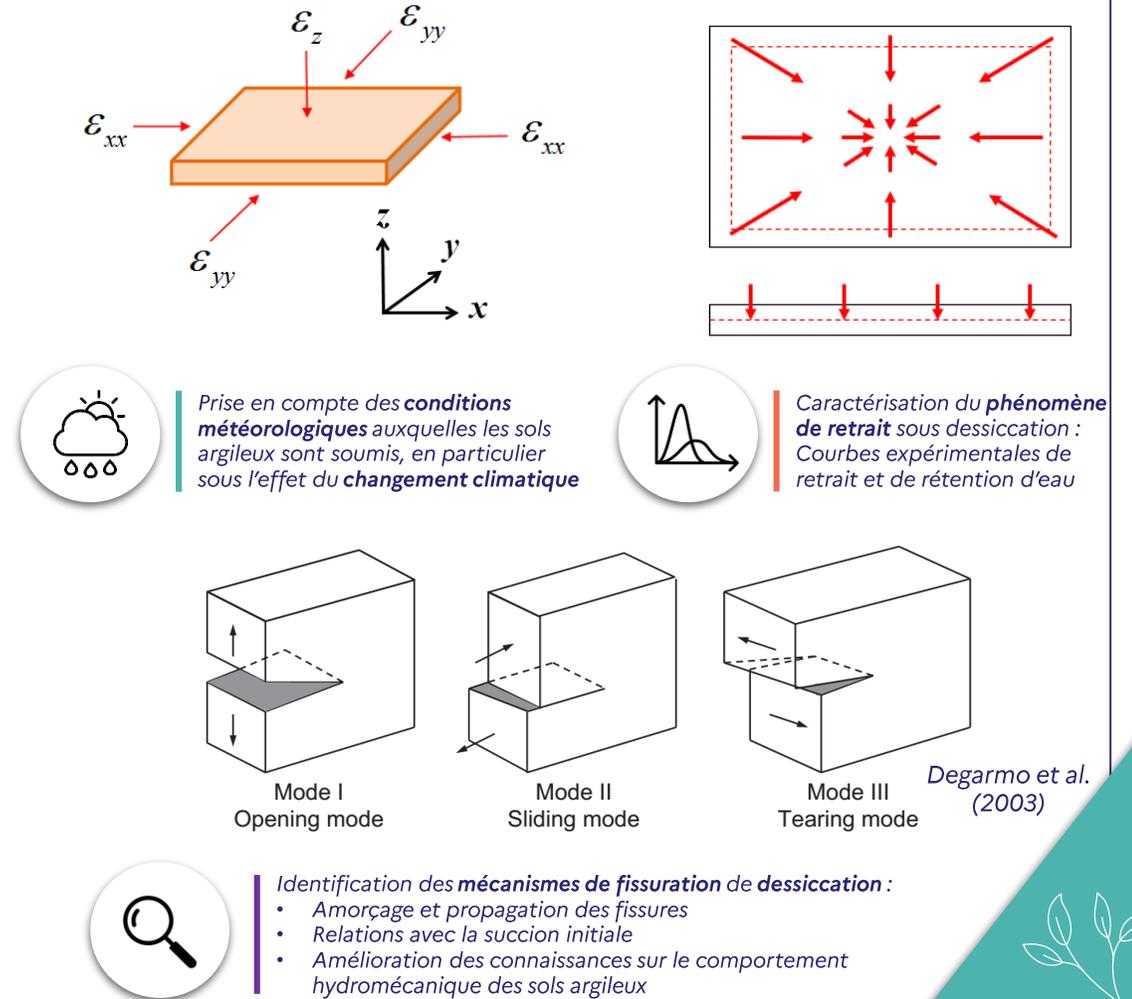
1. Introduction au phénomène de RGA et ses conséquences

- Évolution du RGA sous l'effet du changement climatique

Dérèglement des cycles de séchage-humidification (élément idéalisé d'un sol)



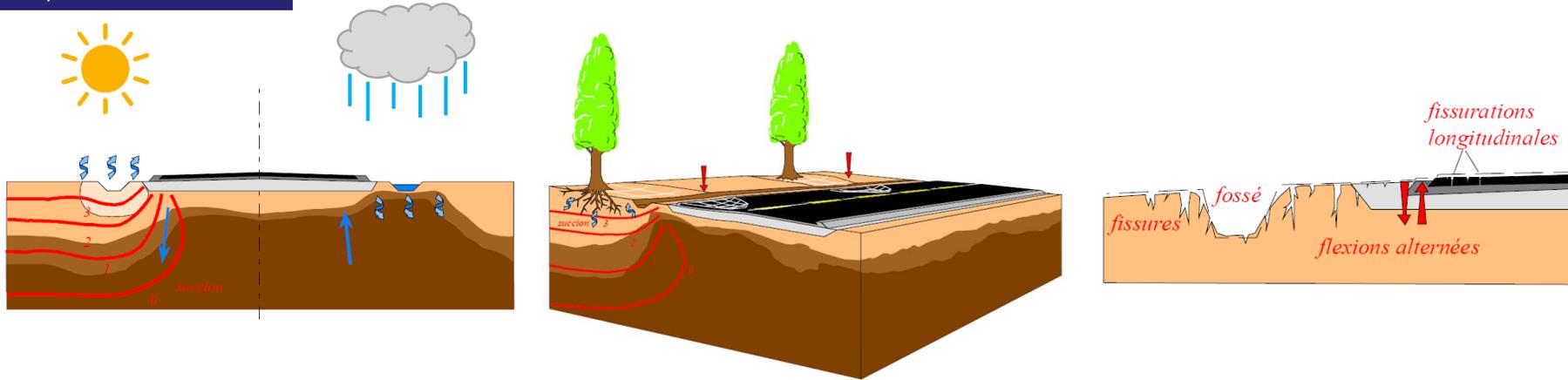
Caractérisation du phénomène de fissuration par dessiccation



1. Introduction au phénomène de RGA et ses conséquences

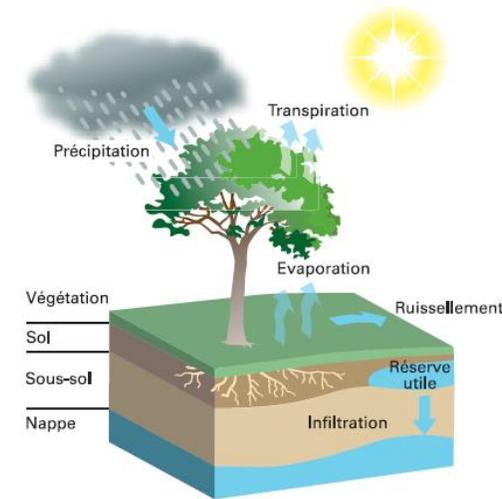
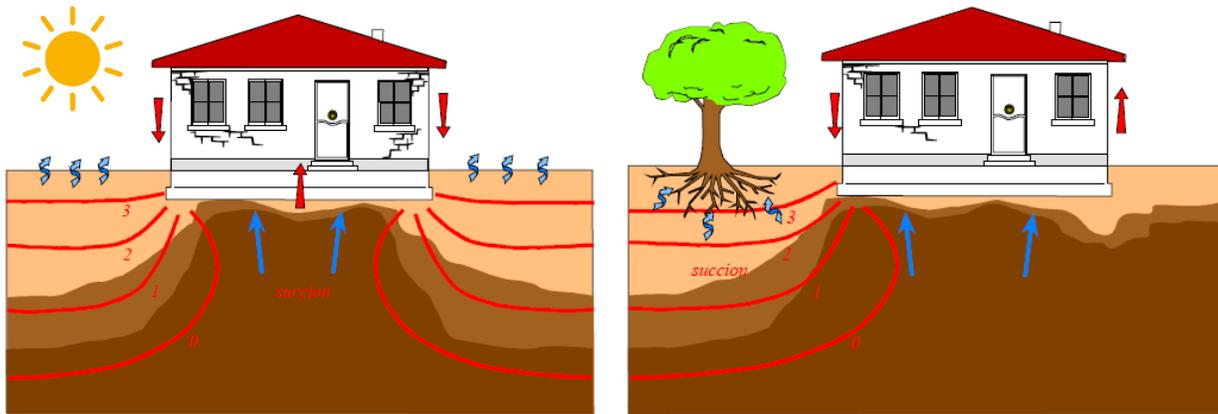
- Impacts du RGA sur les structures (routes et maisons) et effets de l'environnement proche

Impacts sur les routes



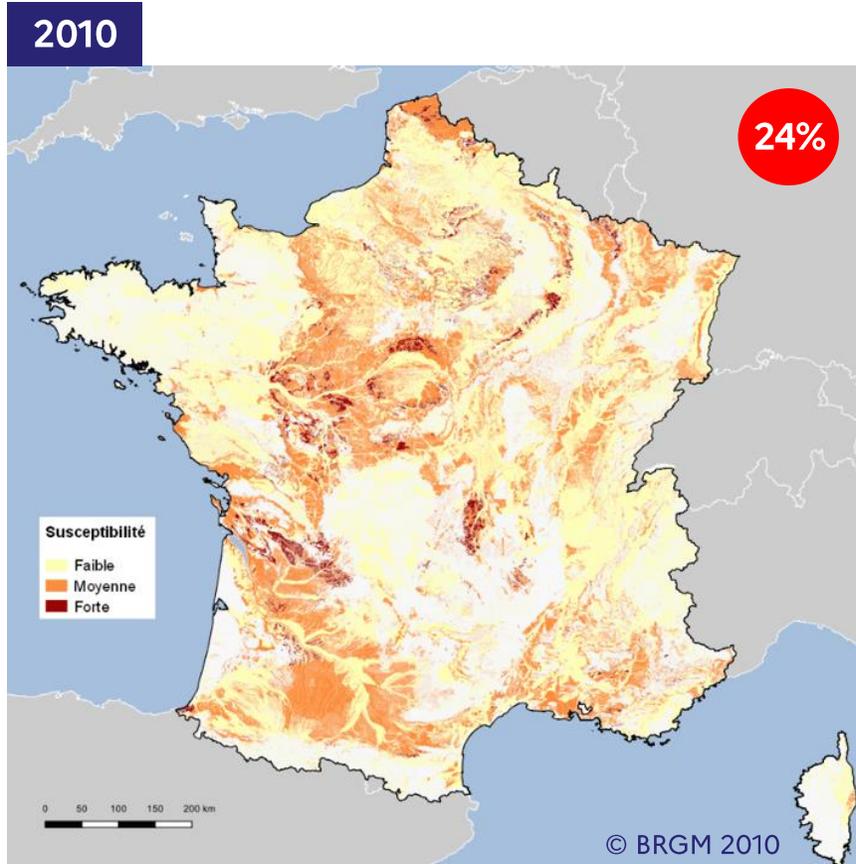
Impacts sur les maisons

Reiffsteck (1999)

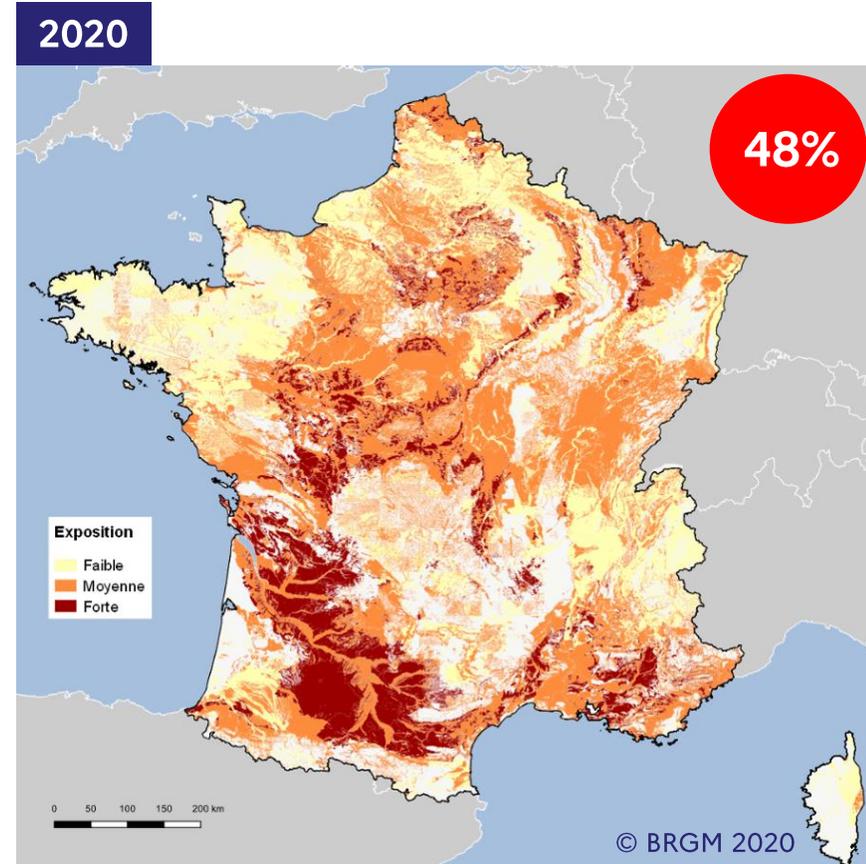


2. Sécheresse & RGA : exposition en France métropolitaine

- Évolution de l'exposition au phénomène de RGA en France (source : BRGM)



Cartographie de la **susceptibilité** du territoire au phénomène de retrait gonflement : **24%** du territoire est en zone de susceptibilité moyenne ou forte



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

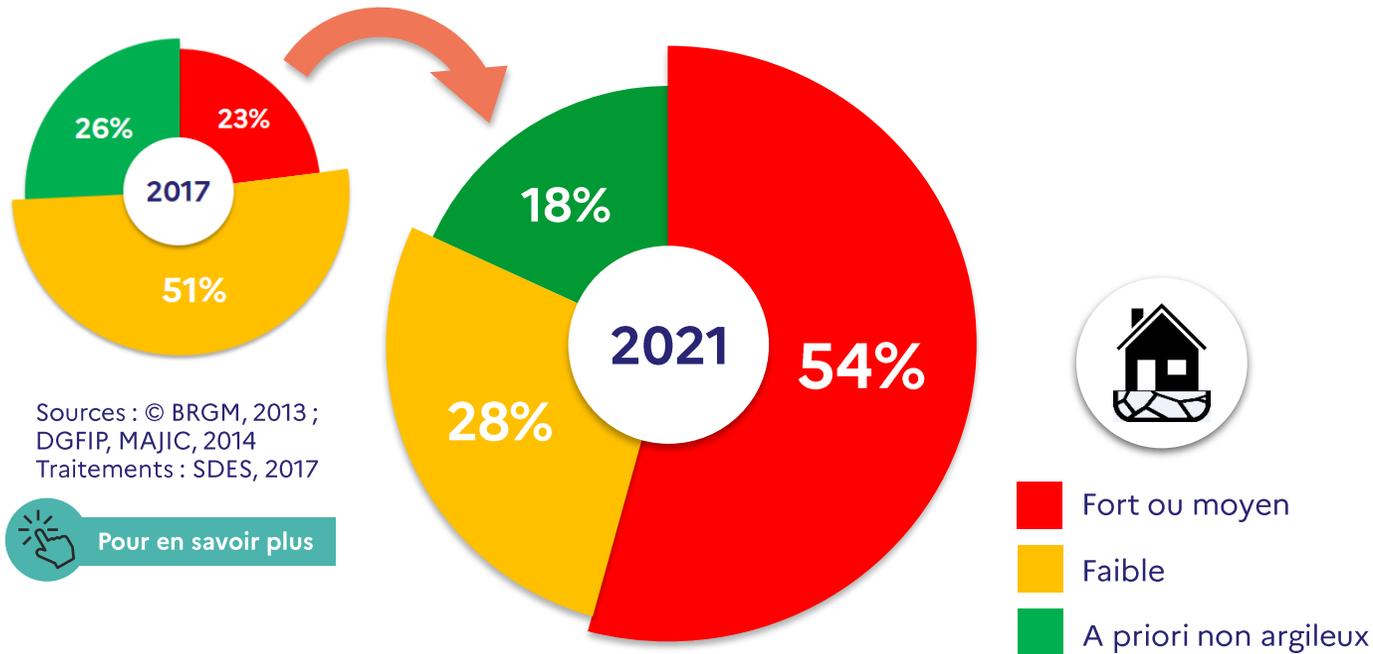


Pour en savoir plus

2. Sécheresse & RGA : exposition en France métropolitaine

- Extension de l'exposition du bâti au phénomène de RGA en France

Nombre de maisons individuelles exposées à l'aléa RGA en France (en %)



Sources : © BRGM, 2013 ;
 DGFIP, MAJIC, 2014
 Traitements : SDES, 2017



Sources : © BRGM, 2019 ; Fideli, 2017
 Traitements : SDES, 2021

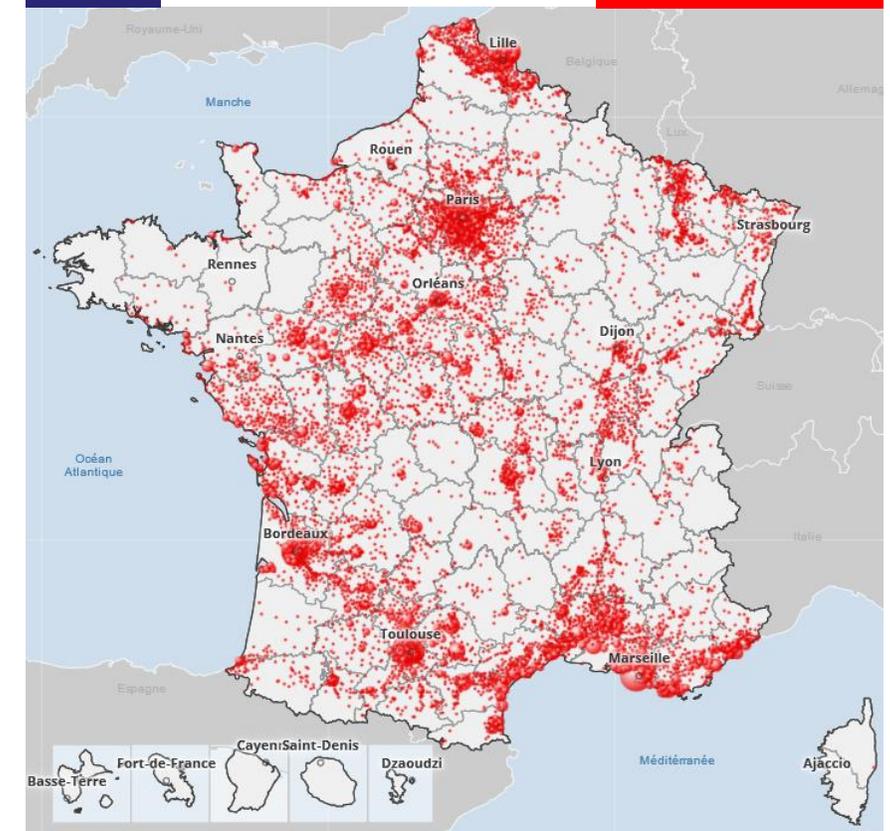


Par ailleurs, dans l'avis enregistré par le Sénat le 12 octobre 2021, sur la proposition de loi visant à réformer le régime d'indemnisation des catastrophes naturelles (<http://www.senat.fr/rap/a21-045/a21-0450.html>), de nouveaux chiffres de la CCR ont été cités sur l'exposition RGA en France, à savoir désormais 18,9 millions de maisons concernées :

- 12,8 millions (contre 10,4 en 2021 et 4,3 en 2017) de maisons sont **fortement ou moyennement exposées**
- 6,1 millions de maisons sont **faiblement exposées**

2021

Total = 10 430 299



● = 109 030

© IGN – Insee 2021

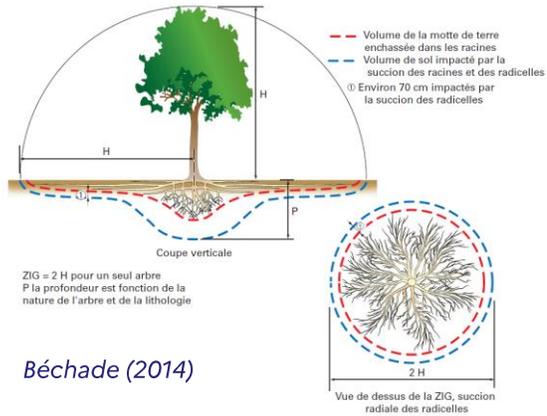
Data source : SDES 2021



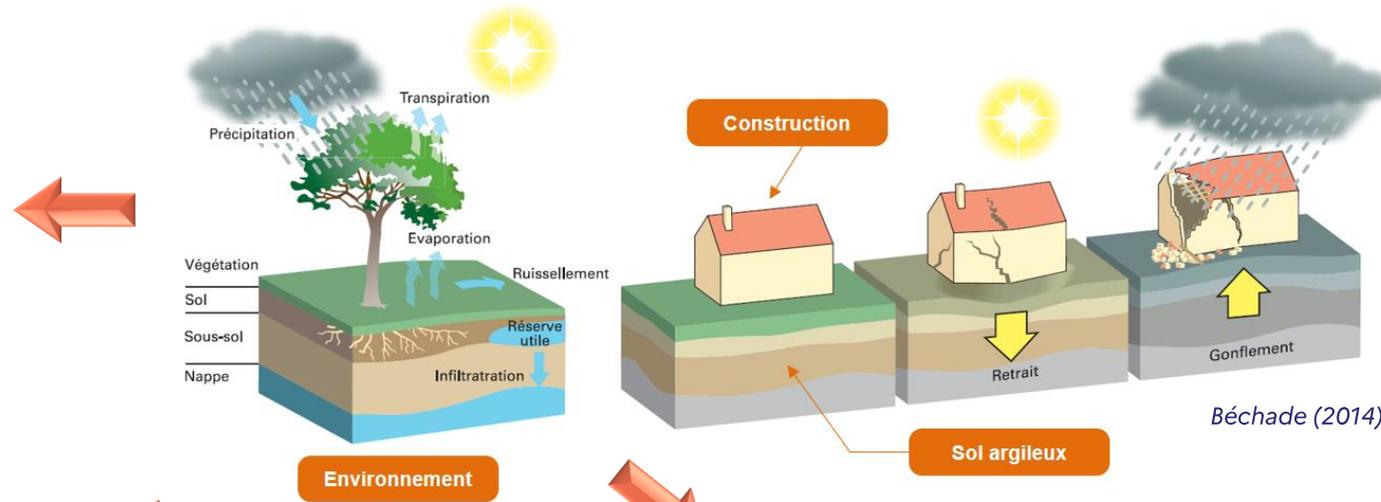
3. Impacts du RGA sur les maisons et effets de l'environnement proche

- Importance de l'environnement proche pour identifier les effets des sécheresses sur les maisons

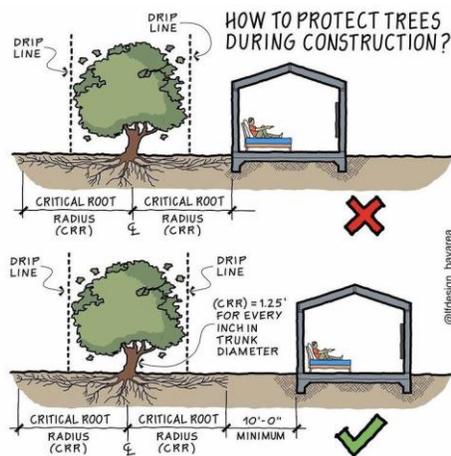
Influence de la végétation



Béchade (2014)



Béchade (2014)



Crédit photo : Luis Furushio © LF Design

La présence de la **végétation** n'est pas problématique lorsqu'elle est plantée à bonne distance afin d'éviter l'aggravation de la succion du sol par les racines

Pour en savoir plus



Crédit photo : Luis Furushio © LF Design

Influence de la gestion des eaux

La gestion des **eaux** autour de la construction doit être aux normes et fiable pour éviter l'infiltration indésirable pouvant provoquer l'affaissement des fondations

Pour en savoir plus

3. Impacts du RGA sur les maisons et effets de l'environnement proche

- Origines des désordres et exemples de conséquences sur l'habitation

Présence de la végétation



Défauts de construction

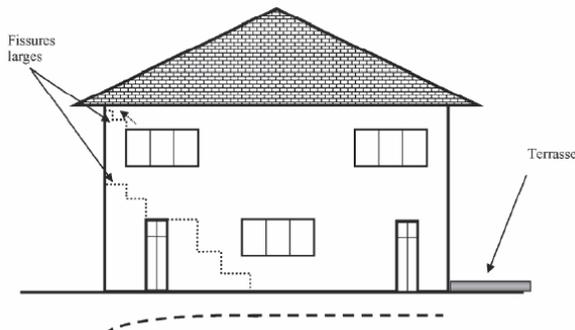


Mauvaise gestion des eaux de pluie

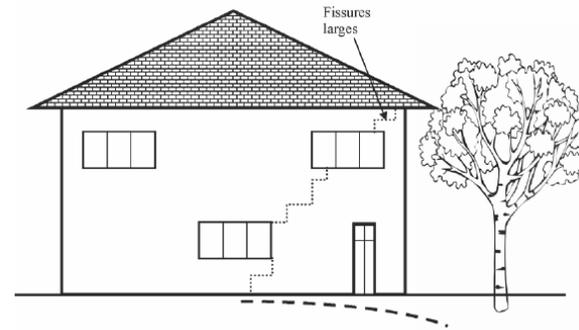


Hiver

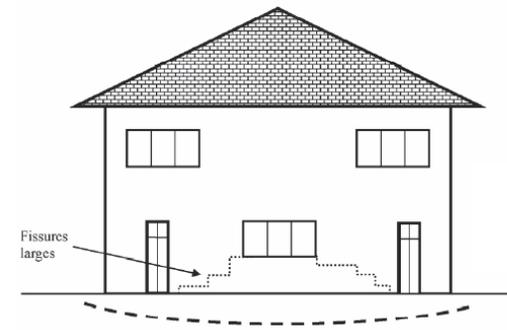
Mécanismes d'apparition des fissures



Mode de déformation provoqué par un retrait périphérique du sol sous la maison



Mode de déformation provoqué par un retrait localisé du sol induit par la présence d'un arbre



Mode de déformation provoqué par le tassement d'un mur de façade



Été

Crédits photos : Ifsttar et Ineris (2017)



3. Impacts du RGA sur les maisons et effets de l'environnement proche

- Exemple : impact de l'environnement proche d'une maison sinistrée dans la commune de Dhuizon (L. Ouerdi, 2021)



3. Impacts du RGA sur les maisons et effets de l'environnement proche

- Focus sur l'aggravation de la fissuration d'une maison à Cour-Cheverny sous l'effet des sécheresses de 2015 à 2020



Fissuration et dommages (Photos : © N. Debenne)

Exemple d'une maison de la commune de Cour-Cheverny, construite en 1998 et achetée par sa propriétaire actuelle en 2010 : les premières fissures se sont développées en 2015 et se sont aggravées durant les six années de sécheresses récurrentes et intenses jusqu'en 2020



4. Solutions classiques existantes (techniques courantes)

- Mieux connaître les risques près de chez soi : Géorisques



Site web Géorisques



Pour en savoir plus



Exposition RGA




Nombre de maisons individuelles exposées à l'aléa RGA (Nbr total de logements : 1349)

1300	Fort ou moyen
49	Faible
0	A priori non argileux

Data source : SDES 2021



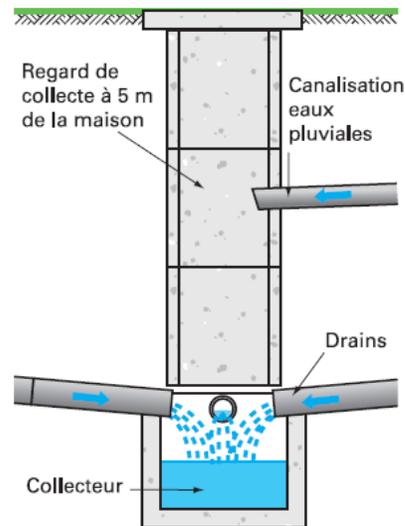
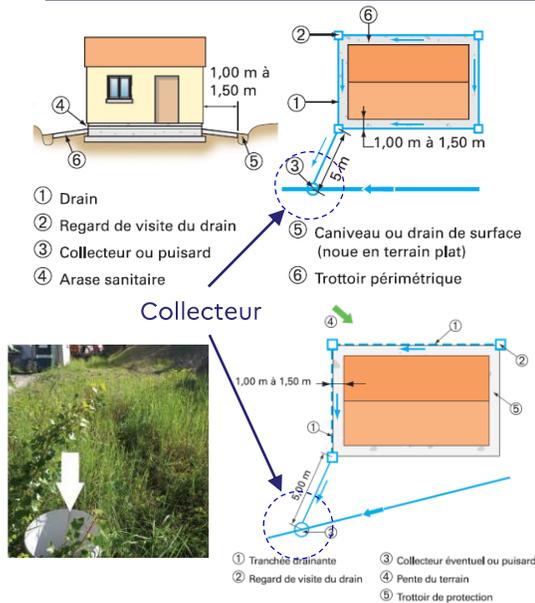
4. Solutions classiques existantes (techniques courantes)

- Agir sur l'environnement proche de l'habitation : étanchéification horizontale par trottoir en béton avec système de drainage

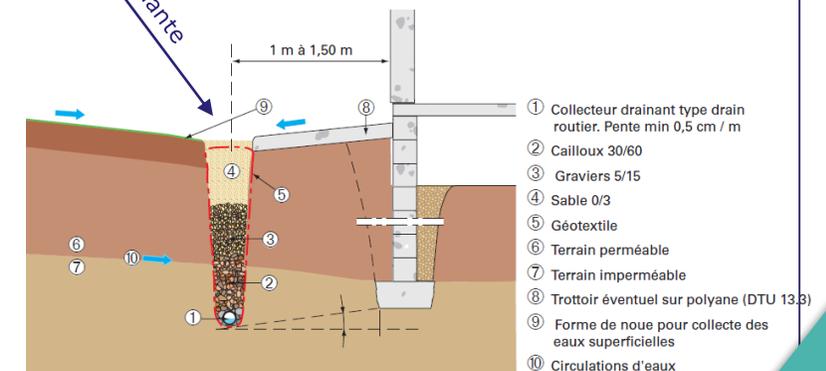
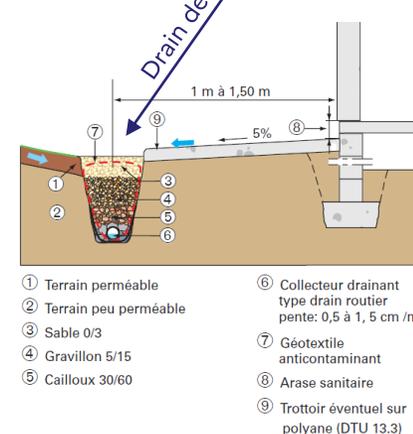
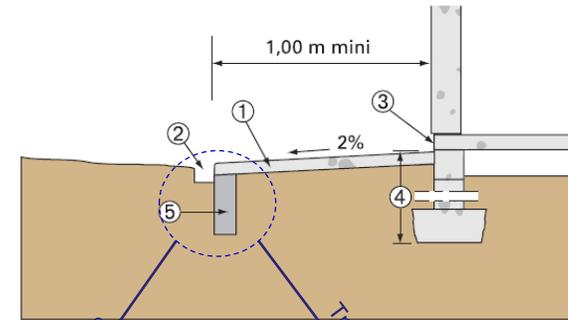
Trottoir et drainage périphériques



Collecteur commun des eaux de drainage



Trottoir périphérique en béton avec caniveau



Béchade (2014)



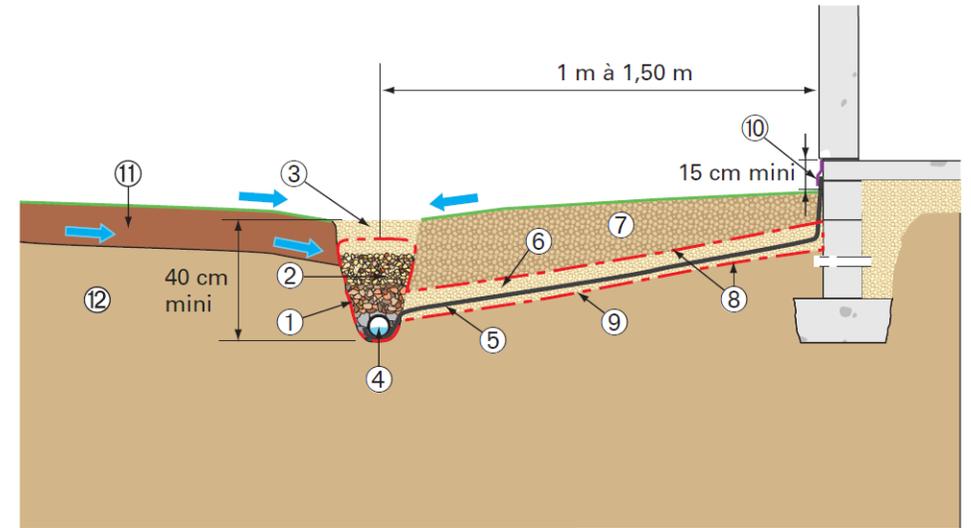
4. Solutions classiques existantes (techniques courantes)

- Agir sur l'environnement proche de l'habitation : étanchéification horizontale par géomembrane avec système de drainage

Pose de la géomembrane périphérique

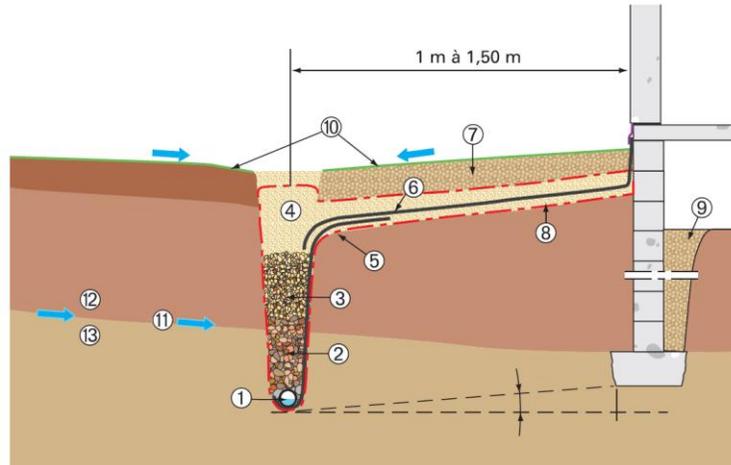


Géomembrane avec un drain de surface



Béchade (2014)

Géomembrane avec une tranchée drainante



- ① Cailloux 30/60
- ② Gravier 5/15
- ③ Sable 0/3
- ④ Collecteur drainant type drain routier. Pente de 0,5 à 1,5 cm / m
- ⑤ Géomembrane pente 5%
- ⑥ Sable 0/3. 2 couches de 5 cm
- ⑦ Remblai matériaux d'origine ou aménagement
- ⑧ 2 Géotextiles anticontaminants
- ⑨ Fond de forme du terrassement 5%
- ⑩ Profilé métallique ou plastique
- ⑪ Terrain perméable
- ⑫ Terrain peu perméable

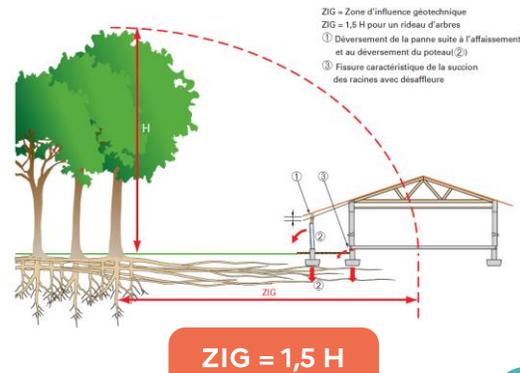
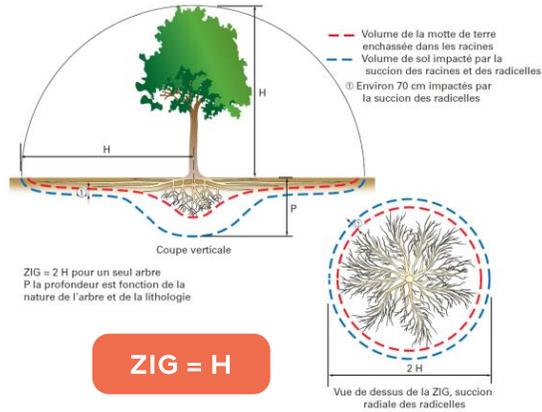
- ① Cailloux 30/60
- ② Gravier 5/15
- ③ Sable 0/3
- ④ Collecteur drainant type drain routier. Pente de 0,5 à 1,5 cm / m
- ⑤ Géomembrane pente 5%
- ⑥ Sable 0/3. 2 couches de 5 cm
- ⑦ Remblai matériaux d'origine ou aménagement
- ⑧ 2 Géotextiles anticontaminants
- ⑨ Fond de forme du terrassement 5%
- ⑩ Profilé métallique ou plastique
- ⑪ Terrain perméable
- ⑫ Terrain peu perméable



4. Solutions classiques existantes (techniques courantes)

- Agir sur l'environnement proche de l'habitation : gestion de la végétation

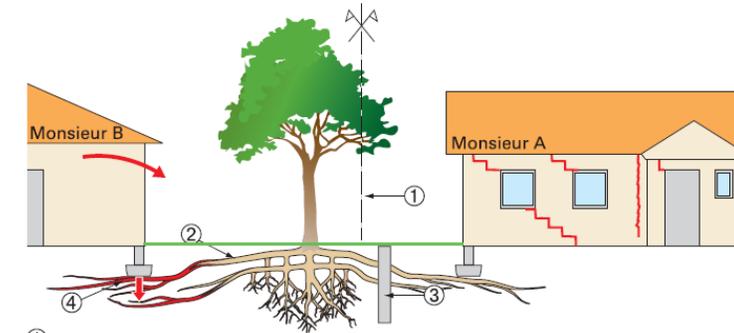
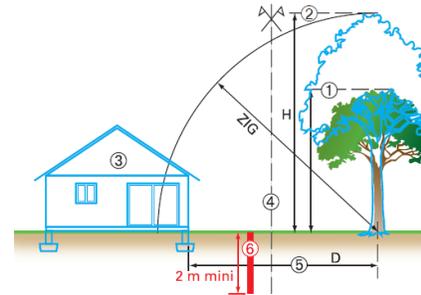
Zone d'influence géotechnique (ZIG) des arbres



Béchade (2014)

Pour en savoir plus

Techniques d'implantation des écrans anti-racines



Voile polyester. La coupure capillaire est protégée par deux films plastiques alvéolés



Écran en béton classique (tranchée de 30 cm coulée en béton pleine fouille)



Écran métallique placé à une distance minimale de 4 m de l'arbre



5. Nouvelles solutions d'adaptation au changement climatique

- Procédé MACH : première expérimentation à l'échelle 1 (2016 – 2020)

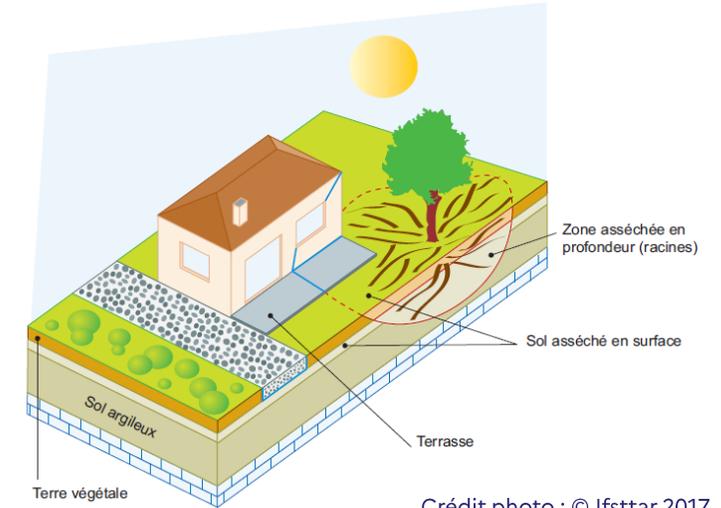


Crédit photo : © KONRAD K./SIPA

Sécheresse & RGA



Fissuration et désordres



Crédit photo : © Ifsttar 2017

Procédé MACH
MAison Confortée par Humidification

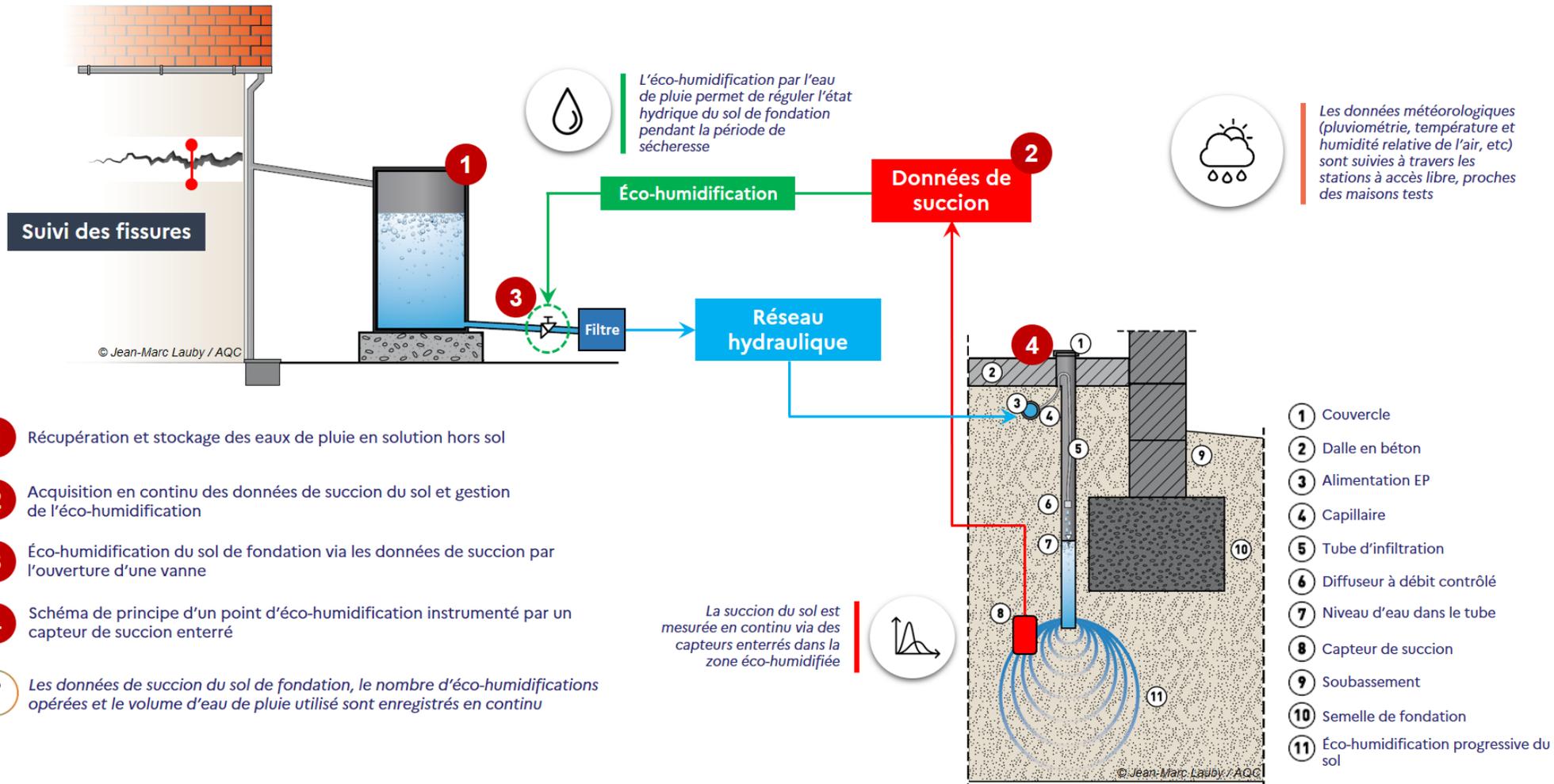
Signature de la convention
08/11/2016

Fin de la convention
07/11/2020



5. Nouvelles solutions d'adaptation au changement climatique

- Schéma de principe du procédé MACH



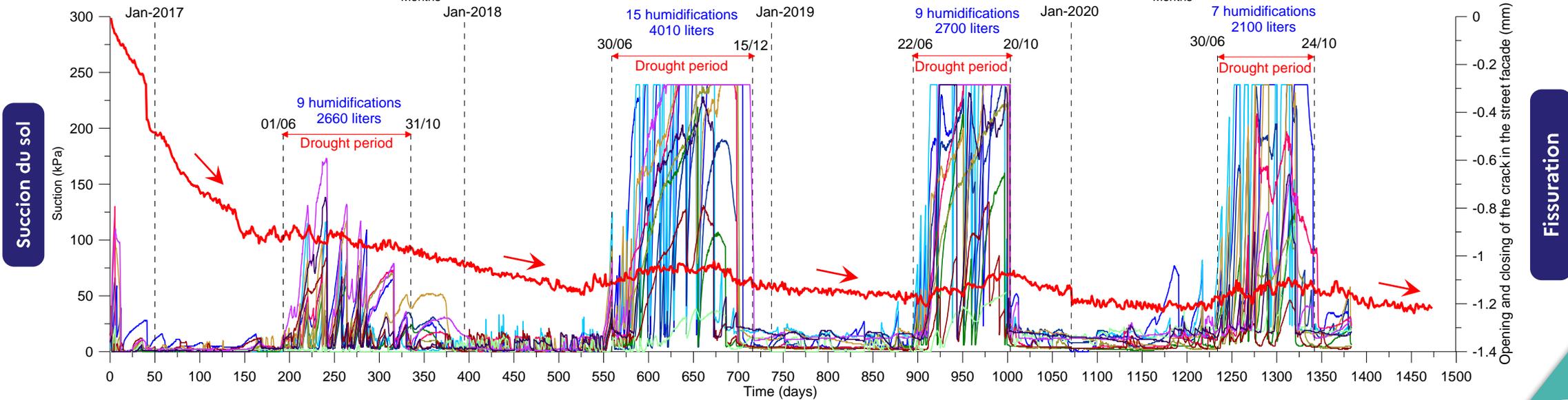
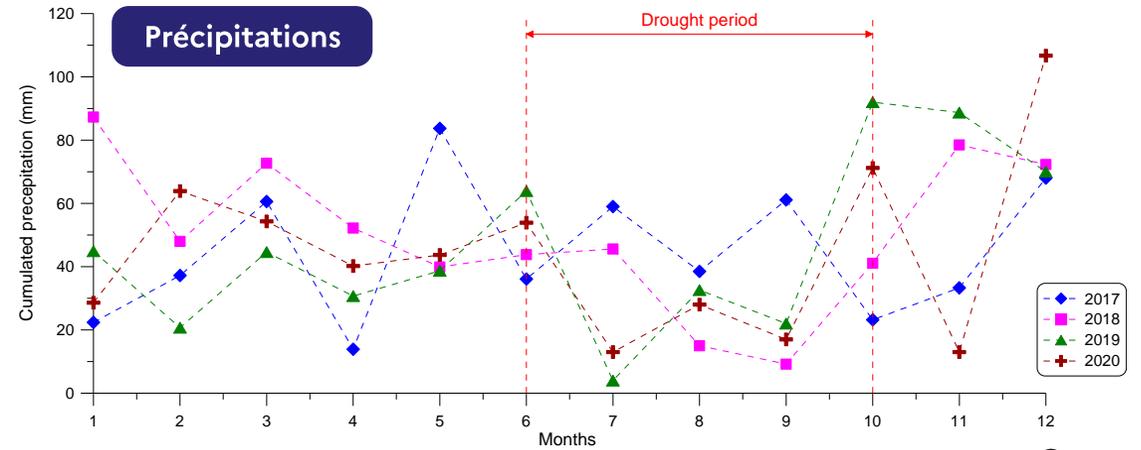
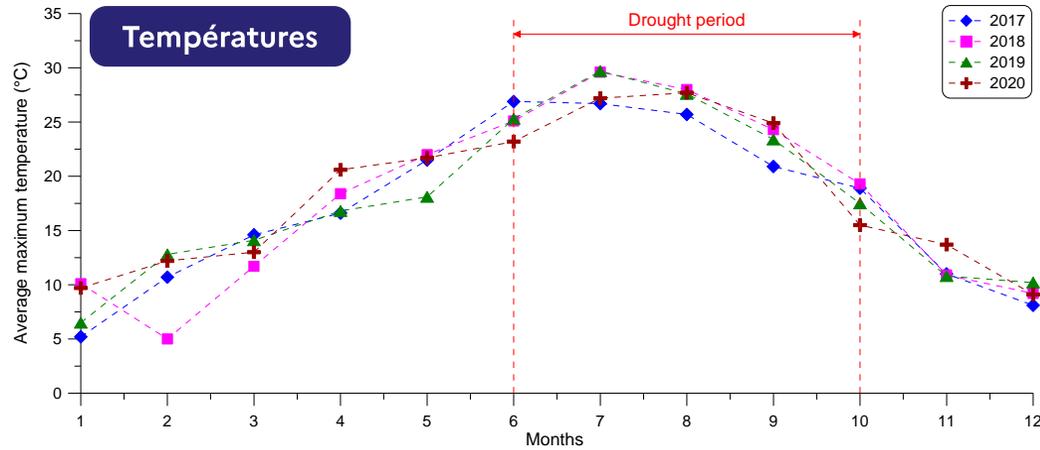
Pour en savoir plus



Pour en savoir plus

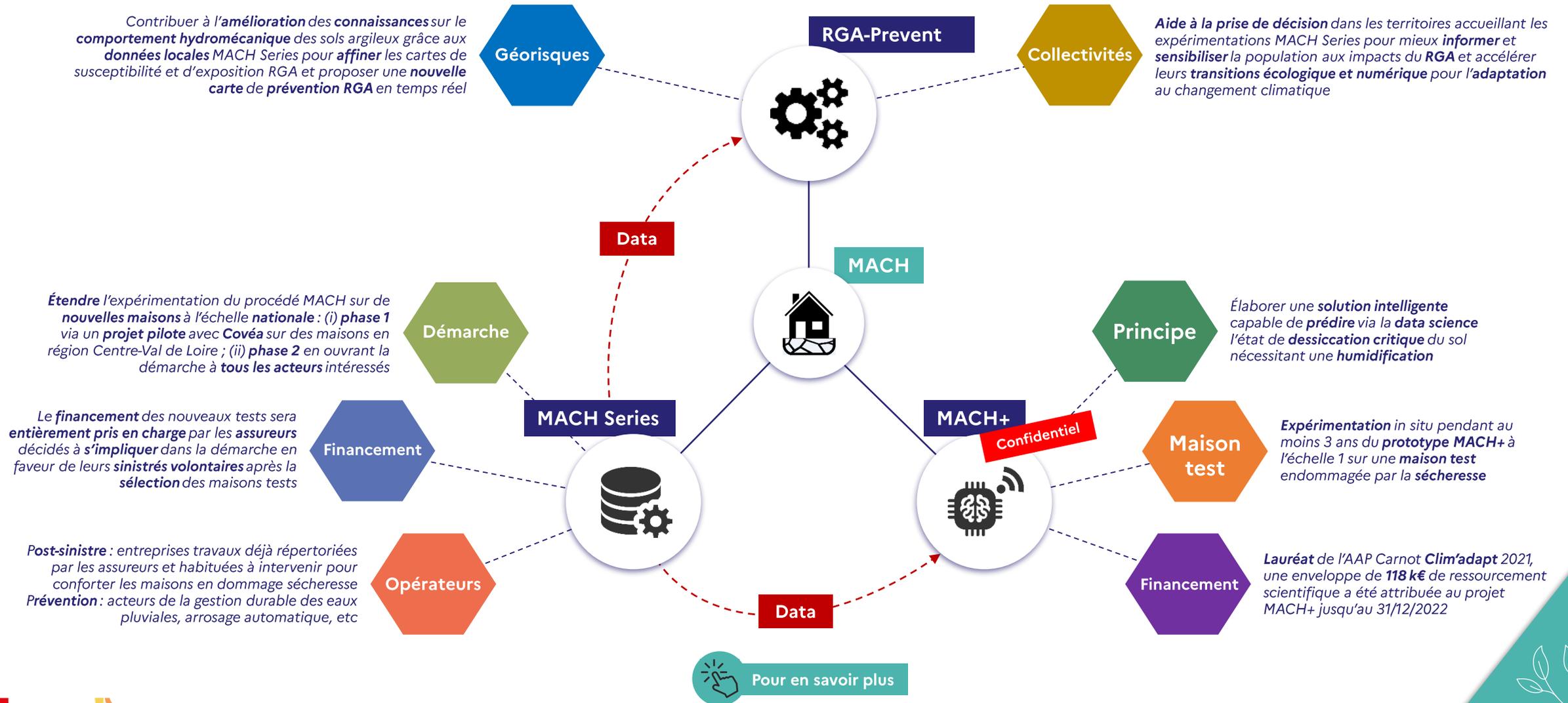
5. Nouvelles solutions d'adaptation au changement climatique

- Synthèse des résultats obtenus grâce au procédé MACH (2017 – 2020)



5. Nouvelles solutions d'adaptation au changement climatique

- Cartographie des axes de développement du procédé MACH : MACH+, MACH Series et RGA-Prevent



5. Nouvelles solutions d'adaptation au changement climatique

- Projet MACH Series : vérification de la reproductibilité du procédé MACH à horizon 2025



Projet pilote avec le groupe Covéa



- Démarrage prévu fin 2022
- Expérimentation du dispositif MACH sur quelques dizaines de maisons en région Centre-Val de Loire



Installation et instrumentation

- Travaux d'instrumentation des maisons sélectionnées et démarrage de l'acquisition des data (suction du sol et paramètres météo)



Extension des expérimentations

- Courant 2023 et en parallèle au projet pilote, élargissement à l'échelle nationale du projet MACH Series en partenariat avec tous les acteurs socio-économiques intéressés



Certification

- Début 2025, passage devant la C2P (Commission Prévention Produits) pour obtenir la certification de la solution MACH Series comme technique courante



Commercialisation

- Fin 2025, commercialiser la solution MACH Series avec un coût accessible à tous les sinistrés pour contribuer à l'adaptation du bâti exposé au RGA selon la compatibilité requise pour la mise en œuvre



5. Nouvelles solutions d'adaptation au changement climatique

- Projet de recherche MACH+ : intégrer l'intelligence artificielle pour simplifier le procédé MACH



Projet financé par l'Institut Carnot Clim'adapt

- Projet de recherche MACH+ lauréat de l'appel à projets Carnot Clim'adapt 2021 avec une enveloppe de 118 k€ de ressource scientifique



Instrumentation d'une maison test

- De novembre 2021 à septembre 2022, réalisation des travaux d'expérimentation in situ du prototype MACH+ à l'échelle 1 sur une maison endommagée par la sécheresse



Data & Machine Learning

- Début 2023, élaborer une ébauche de l'algorithme de Machine Learning sur la base des données météo et de succion du sol issues de l'instrumentation MACH+



Conception et développement

- Jusqu'en 2025, concevoir les variantes finales de la solution intelligente MACH+ adaptable aux diverses configurations de maisons à conforter



Commercialisation

- Fin 2025, passage devant la C2P pour commercialiser les variantes de la solution MACH+ avec un coût accessible à tous les sinistrés pour contribuer à l'adaptation du bâti exposé au RGA, selon la compatibilité requise pour la mise en œuvre



5. Nouvelles solutions d'adaptation au changement climatique

- Projet RGA-Prevent : améliorer les connaissances sur le RGA et développer un nouvel outil de prévention



Information et prévention

- Poursuivre la diffusion d'information et des recommandations de prévention auprès du grand public afin de réduire la vulnérabilité du bâti exposé



Sensibilisation des acteurs concernés

- Dès 2023, fédérer les services de l'Etat (Géorisques) et les collectivités autour de cette démarche inédite



Cartographie

- Dès 2024, lancement du transfert des data vers les outils de visualisation (Géorisques, par exemple) et d'information locale (bases de données) existants et nouveaux



Mise en service de l'outil « RGA-Prevent »

- Courant 2025, mise en service de l'outil « RGA-Prevent » pour accompagner les acteurs locaux et nationaux dans leur stratégie d'adaptation du bâti face au changement climatique

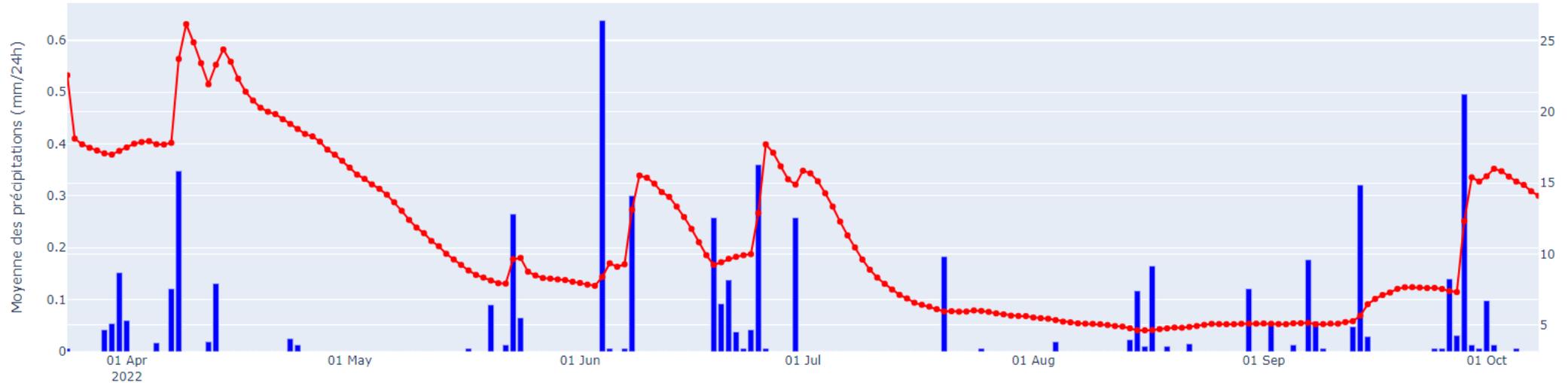


5. Nouvelles solutions d'adaptation au changement climatique

- Focus sur la nouvelle instrumentation d'une maison test MACH+ : bilan des suivis

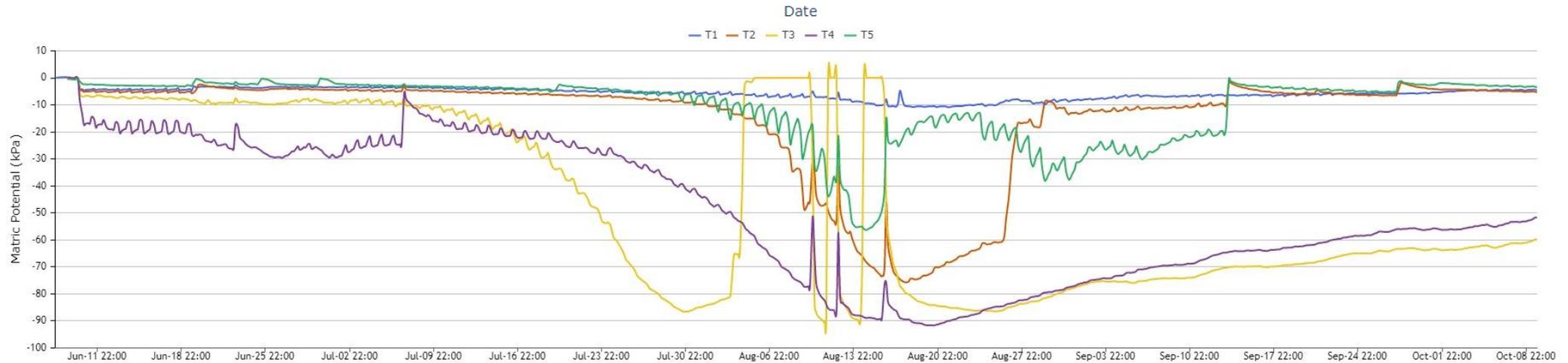
Suivi station météo MACH+

■ Précipitations
— Teneur en eau



Précipitations

Teneur en eau



Potentiel matriciel



5. Nouvelles solutions d'adaptation au changement climatique

- Exemples de conception en laboratoire de nouvelles solutions de remédiation RGA

Stabilisation physico-chimique du sol argileux par ajout de sable et de sel

Agir sur les relations physico-chimiques du sol argileux pour réduire son potentiel de gonflement et le rendre moins sensible aux variations de teneur en eau



Réhumidification du sol de fondation par la filtration des eaux usées domestiques

Conception d'un filtre écologique à base de matériaux recyclés pour pouvoir utiliser les eaux usées domestiques comme ressource en eau pour ré-humidifier le sol de fondation (procédé MACH)



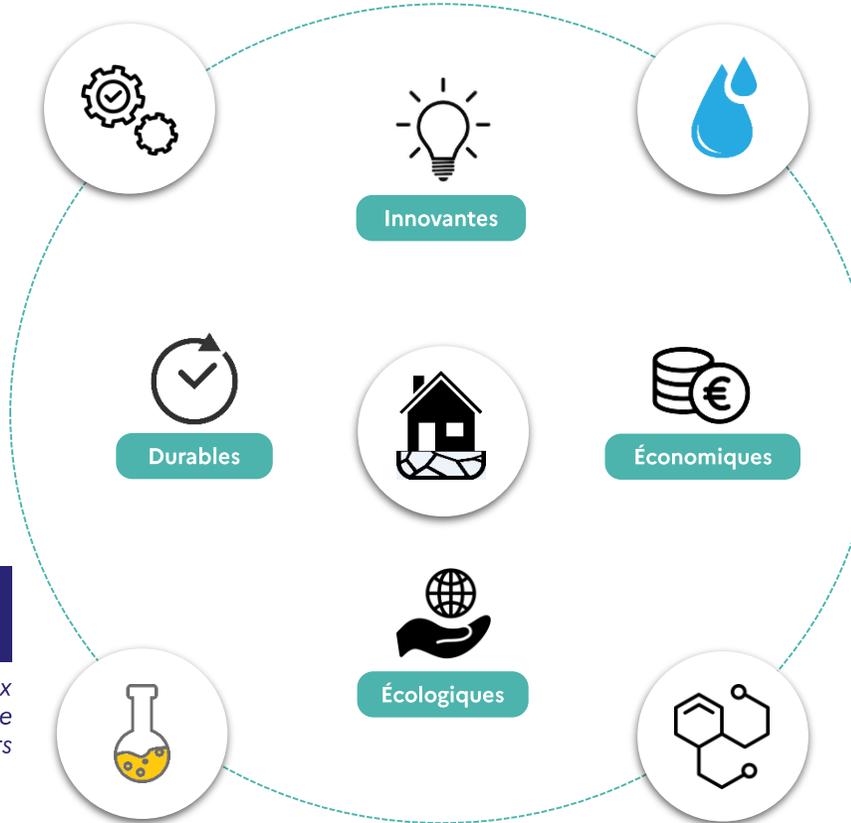
Stabilisation chimique du sol argileux par ajout de lait de chaux

Agir sur les relations physico-chimiques du sol argileux pour réduire son potentiel de gonflement et le rendre moins sensible aux variations de teneur en eau



Limiter l'évaporation du sol argileux par ajout d'huile végétale recyclée

Incorporation d'huile végétale usagée dans le sol argileux pour réduire l'évaporation de l'eau durant les périodes de fortes chaleurs



6. Conclusions et perspectives

- Les **sécheresses**, devenues de plus en plus fréquentes et intenses, subies ces 6 dernières années en France ont considérablement contribué à la **dégradation** des structures en surface (routes, maisons individuelles, etc)
- Ces ouvrages, construits sur des **sols sensibles au RGA**, sont affectés par des **fissures** de dessiccation accentuées par les facteurs de l'environnement proche
- Dans le contexte du **changement climatique**, les solutions de confortement classiques ne sont pas adaptées en termes de récurrence et d'intensité des événements météorologiques extrêmes
- Le Cerema, en partenariat avec les acteurs socio-économiques, mène actuellement divers **projets de recherche** sur le phénomène RGA et son évolution sous l'effet du changement climatique pour la **résilience** et la **réduction des vulnérabilités** des ouvrages exposés
- La conception et le développement des **nouvelles solutions de remédiation** RGA pour les routes et les maisons nécessitent une phase d'expérimentation prévue jusqu'en 2025 et une étude de leur **modèle économique** dans la perspective in fine de les **commercialiser**



MERCI POUR VOTRE ATTENTION





L. Ighil Ameur © Cerema 2022



Journée d'information et de sensibilisation

Maisons exposées à la sécheresse et au phénomène de RGA

Impacts, sensibilisation, recherche et innovation pour leur adaptation face au changement climatique

Lundi 10 octobre 2022

De 9h00 à 16h30

Agence de Blois du Cerema Normandie-Centre

Salle Maurice Champion, 11 rue Laplace 41029 Blois

Animation : Grégoire BERTHOMÉ 

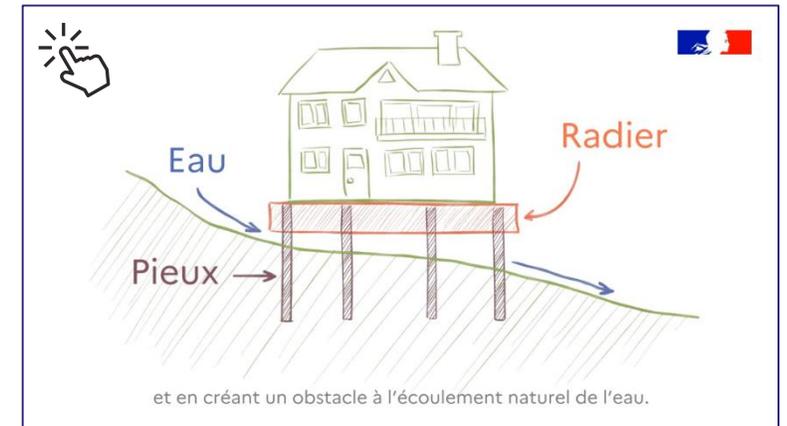
Contact : Lamine IGHIL AMEUR (lamine.ighil-ameur@cerema.fr)



Replay et téléchargement des présentations



New ! Bâtir en prenant en compte les mouvements de terrain



1 | Pourquoi adapter les constructions aux mouvements de terrains ?

Relate le contexte et les constats en fournissant des chiffres clefs et des définitions. C'est également l'occasion d'aborder les rapports du GIEC et les très probables problématiques futures face au changement climatique. Il en ressort un besoin d'adaptation vis-à-vis de l'augmentation des coûts et des dommages causés par les mouvements de terrains.

2 | Comment savoir si un projet de construction ou de rénovation est concerné par les mouvements de terrains ?

Explique pourquoi ces phénomènes ont lieu et donne de multiples sources d'informations pour connaître la vulnérabilité de son projet aux mouvements de terrains et pouvoir anticiper son adaptation.

3 | Comment adapter mon projet de construction ou de rénovation aux mouvements de terrains ?

Cette dernière vidéo donne des éléments techniques pour adapter le logement mais également le cadre réglementaire avec les récentes modifications de la Loi Élan de 2018.



Lamine **IGHIL AMEUR** 

Docteur en Mécanique des Sols  

Me contacter   lamine.ighil-ameur@cerema.fr

