

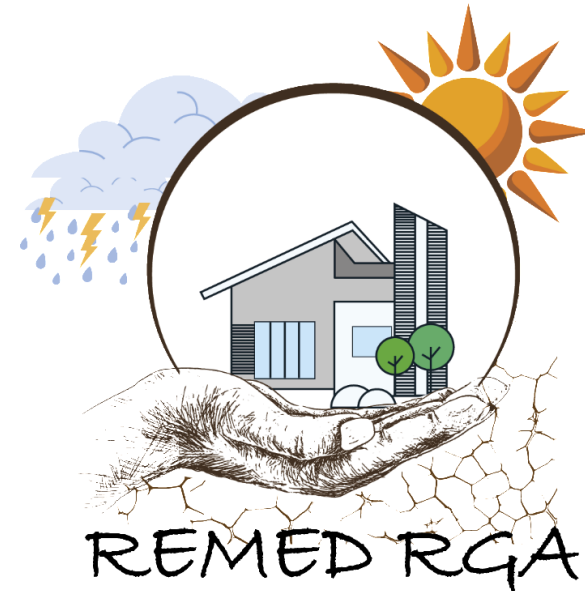
# RGA : Comprendre, Anticiper, Prévenir

## Projet REMED RGA

JST DU 06/03/2025

# Plan

- ✓ *Les partenaires du projet*
- ✓ *La durée et le budget*
- ✓ *Le but du projet*
- ✓ *Les objectifs*
- ✓ *L'échelle du projet*
- ✓ *Démarches et étapes du projet*
- ✓ *Le planning prévisionnel*



## Université Gustave Eiffel : Qui nous sommes?

- L'université Gustave Eiffel a repris au 1er janvier 2020 l'intégralité des missions de l'**IFSTTAR** (précédemment **LCPC** et **INRETS**).
- L'Université Gustave Eiffel est placée sous la tutelle des ministres chargés de l'enseignement supérieur, du développement durable, de la recherche et de la culture (MESRI & MTE).
- L'Université Gustave Eiffel a en particulier vocation à:
  - ✓ conduire et développer **la mission d'appui aux politiques publiques**, notamment au moyen d'activités de recherche, d'expertise et de normalisation;
  - ✓ conduire et développer **une réflexion sur l'action publique**, notamment au moyen d'activités d'études et d'évaluation;
- Un vice-président est chargé de l'appui aux politiques publiques : **Jean-Bernard KOVARIK**.

## **SRO** : Sols, Risques et Ouvrages géotechniques

*Lamis Makki, Philippe Reiffsteck, Myriam Duc, Christophe Chevalier, Sahar Hemmati, Céline Chesnais, Franck Guirado, **Junior Dimitri Epoh Kollo (doctorant 2024-2027),  
Nada Boukhres (post-doctorante : 2025-2026)***

## **MSME** : Modélisation Simulation Multi Echelle

*Ahmed Mebarki*

## **EMGCU** : Expérimentation et Modélisation du Génie Civil et Urbain

*Franziska Schmidt, Le Hung TRAN, Ning SUN (doctorant 2024-2027)*



# Les partenaires

**La Mairie de Champs sur Marne** : *Audrey Pigois et Maud Tallet.*



**Globalis BTP** est une **entreprise spécialisée dans la réparation et la rénovation de bâtiments existants**, intégrant un bureau d'études géotechniques et un service travaux.

*Marie Chrétien, Elise Juillet, Nicolas Faure*

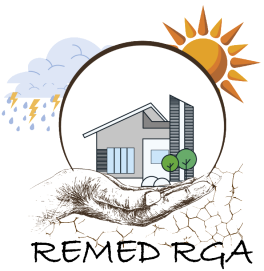


**VEDIA Ingénierie** est un bureau d'études spécialisé dans les diagnostics, les études et suivi des travaux de structures en réhabilitation, pour des ouvrages en béton armé, acier, bois et maçonnerie traditionnelle.

*Thibaud Honnorat, Thomas Morand, Marc Venot*

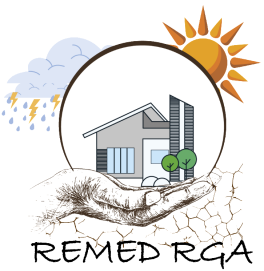


**URETEK France** est l'entreprise leader de l'injection de résine expansive pour consolider les sols et les maçonneries, stopper les infiltrations, combler les cavités, relever les dallages et les bâtiments, ancrer les ouvrages contre terre, grâce à des techniques innovantes, uniques et brevetées ayant une action rapide et conservatrice. *Frédéric Jean, Andréa Birtelle*



# La durée et le budget

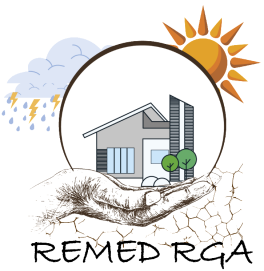
- *La durée du projet est **4 ans** : Septembre 2024 – Août 2028.*
- *Coût total : **1 551 500 Euros**,*
- *Subvention : **1 171 500 Euros**.*



# Le but du projet

Répondre aux questions suivantes:

- Comment déterminer les **mouvements différentiels** des sols argileux soumis à des cycles de séchage/humidification,
- Comment déterminer les **mouvements différentiels** des sols argileux en présence de végétation à proximité,
- Comment modéliser ces mouvements pour **évaluer les efforts** induits sur les fondations (interaction sol-fondation),
- Quels sont les **effets de ces efforts** sur les éléments de la structure (interaction fondation-structure),
- Comment déterminer **la vulnérabilité au RGA d'un bâtiment** à l'échelle de la parcelle,
- Comment **diminuer la sinistralité**.

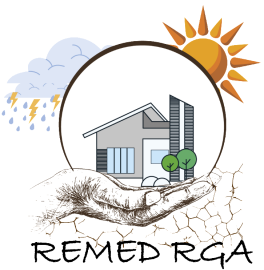


# Les objectifs du projet

Les **objectifs** de notre projet sont :

- Proposition de **solutions** d'adaptation des maisons existantes non sinistrées pour **prévenir le RGA**,
- Proposition de **solutions de remédiation** des maisons existantes exposées au RGA et des maisons **sinistrées**,
- La mise en place d'un **outil** d'aide à la décision pour **évaluer** le niveau de **vulnérabilité** des bâtiments à l'échelle de la parcelle.





# L'échelle du projet

Echelle locale : Commune de **Champs sur Marne (77 - Seine et Marne)**.

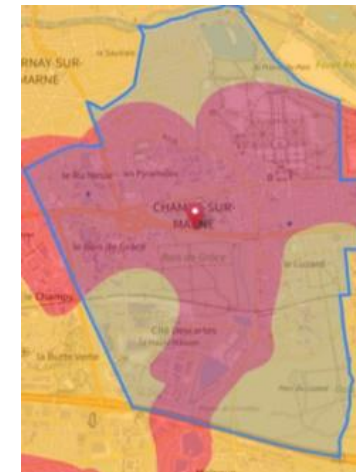
Pourquoi la ville de Champs sur Marne :

- La ville **héberge l'Université Gustave Eiffel**,
- La présence de **formations géologiques argileuses** déjà étudiées par notre équipe comme l'argile verte,
- La **moitié** de la commune est classée en **zone rouge** sur la carte d'exposition au RGA (BRGM) avec **3100** maisons individuelles.
- Terrains en **pente**.

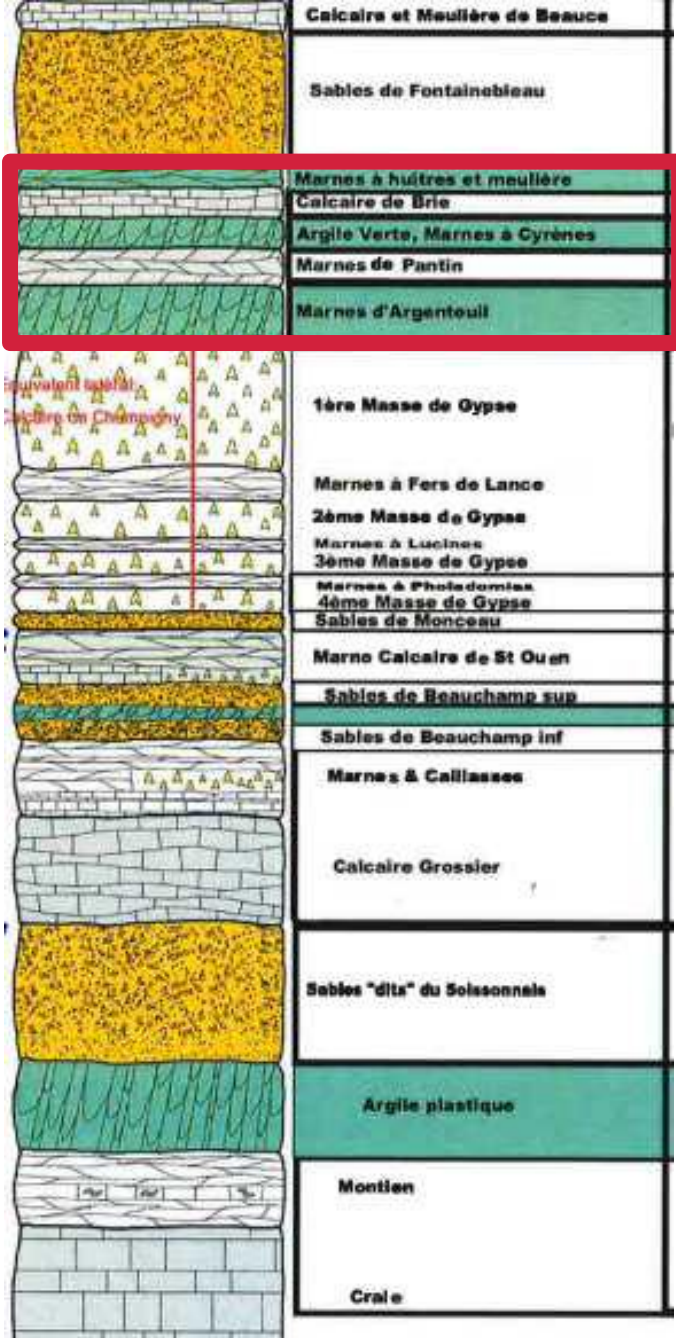


7,5  
km<sup>2</sup>

Carte de la ville de Champs sur Marne avec les bâtiments, les espaces verts et les cours d'eau.

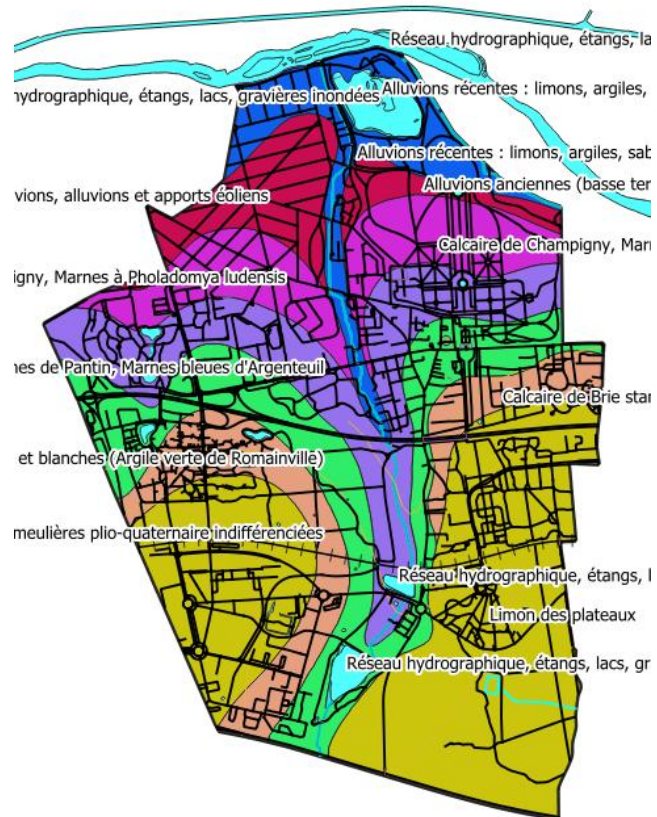


Carte d'exposition de la ville de Champ sur Marne au RGA (BRGM)

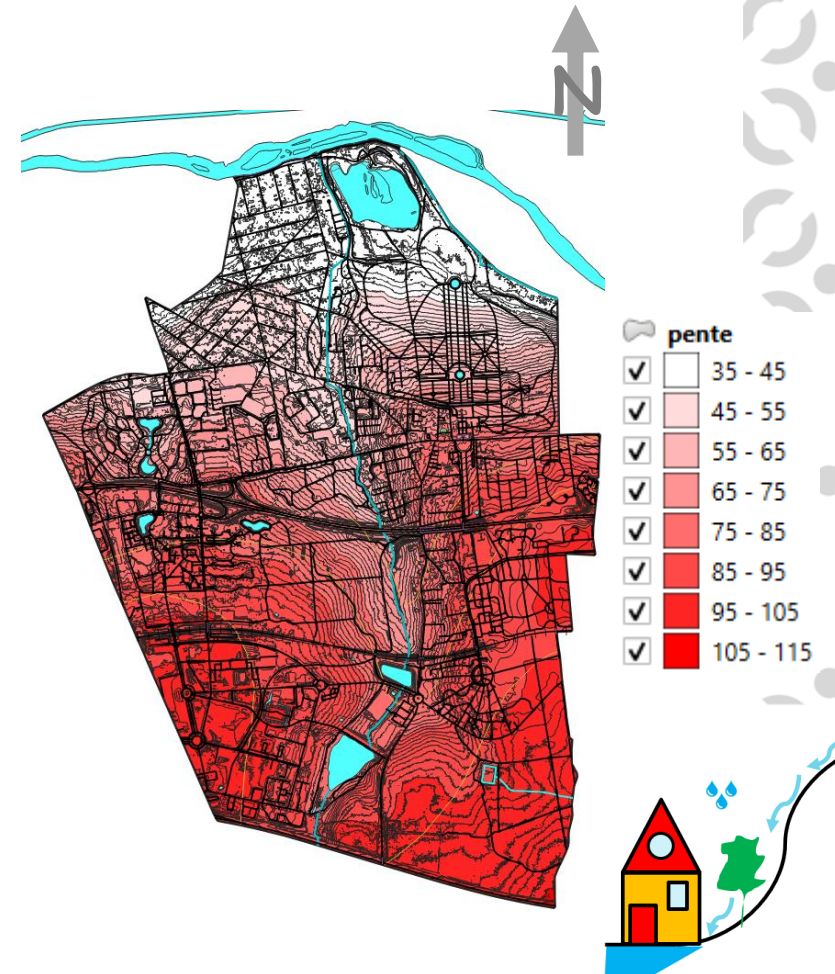


# L'échelle du projet

Projet

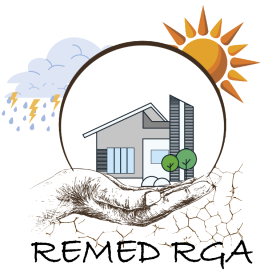


Carte de la ville de Champs sur Marne avec les formations géologiques



Carte de la ville de Champs sur Marne avec les courbes de niveau



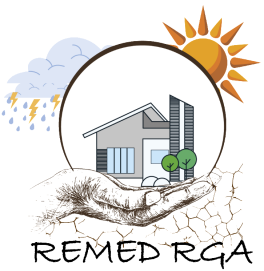


# Démarches et étapes du projet

Une démarche **participative**, qui intègre les habitants et les professionnels

Une approche combinant :

- observation sur site,
- retour d'expérience,
- expérimentations multi-échelles,
- modélisation numérique.



# Démarches et étapes du projet

*Etape 1* Cartographie de risque RGA sur les maisons individuelles dans leur environnement

*Etape 2* Identification et recensement des causes aggravantes de RGA

*Etape 3* Expérimentations en laboratoire : interaction sol-atmosphère et sol-fondation

*Etape 4* Modélisation numérique : sol-végétation-atmosphère-fondation

*Etape 5* Modélisation numérique : interaction fondation-structure

*Etape 6* Validation en vraie grandeur des solutions de prévention et de remédiation : construction d'un démonstrateur

# Démarche et étapes du projet

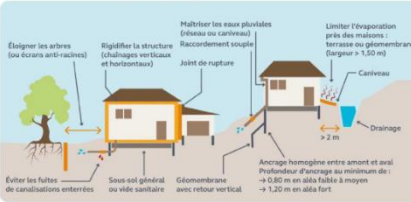
## Etape 1 Cartographie de risque RGA sur les maisons individuelles dans leur environnement

- ✓ Faire un état des lieux de maisons individuelles sinistrées et non sinistrées:
  - Archives de la Mairie (dossiers CAT NAT),
  - Retour d'expérience des habitants et nos partenaires,
  - Organiser des visites des maisons sinistrées ou non,
  
- ✓ Réunion publique de sensibilisation des habitants au RGA avec la distribution d'une fiche enquête :

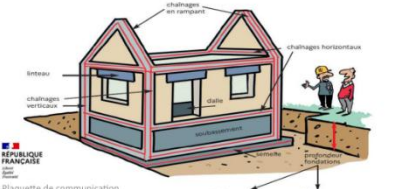
Fiche enquête-Vulnérabilité des maisons au RGA



### Les bonnes pratiques pour réduire les sinistres



Source : Cour des comptes d'après un schéma BRGM



Plaque de communication  
« Construite en terrain argileux, la réglementation et les bonnes pratiques » Novembre 2021.

Fiche enquête-Vulnérabilité des maisons au RGA



### Réunion publique de sensibilisation au risque de Retrait-Gonflement des Argiles (RGA) et ses effets sur les maisons – Projet REMED RGA



Credit photo Lamis MAKKI (2021)

Séchage/Retrait = Humidification =  
Tassement Gonflement

Cycles séchage – humidification =  
Fissurations



Carte d'exposition aléa RGA (Champs sur Marne)

Contact :  
Madame Audrey PIGDIS – [APIGDIS@ville-champssurmarne.fr](mailto:APIGDIS@ville-champssurmarne.fr)  
Téléphone : 01 64 73 48 85  
Madame Lamis MAKKI – [lamis.makki@univ-eiffel.fr](mailto:lamis.makki@univ-eiffel.fr)  
Portable : 06 62 56 06 46

Souhaitez-vous être contactés pour la réalisation des diagnostics ?

Votre Nom : \_\_\_\_\_ Téléphone/Mail : \_\_\_\_\_

Fiche enquête-Vulnérabilité des maisons au RGA



### Informations générales sur votre maison

Adresse de votre maison : \_\_\_\_\_

Avez-vous déposé un dossier Catastrophe Naturelle Sécheresse à la Mairie ?

OUI  
 NON

Avez-vous les plans de votre maison ?

OUI  
 NON

Avez-vous l'étude du sol de votre maison ?

OUI  
 NON

### Analyse de la structure de votre maison

Votre maison est-elle sinistrée ?

OUI, précisez : \_\_\_\_\_  
 NON et précisez l'année de l'apparition des fissures : \_\_\_\_\_

Quelle est la période de construction de votre maison ?

Avant 1960  
 1960-1980  
 1980-2000  
 2000-2024

Quels sont les matériaux de construction de votre maison ?

Bois  
 Béton  
 Pierre  
 Parpaing ou brique  
 Autre à préciser : \_\_\_\_\_

Fiche enquête-Vulnérabilité des maisons au RGA



Votre maison a-t-elle un niveau de sous-sol ou un vide sanitaire ?

NON  
 GENERAL (sous toute la surface de la maison)  
 PARTIEL

Avez-vous réalisé une extension, surélévation partielle ou approfondissement de votre maison, travaux (agrafage, reprise en sous-œuvre) ?

NON  
 OUI, précisez : \_\_\_\_\_

### Analyse de l'environnement de votre maison

Le terrain de votre maison est-il en pente ?

OUI  
 NON

Avez-vous de la végétation à proximité de votre maison (arbre, haie, arbuste) ?

NON  
 OUI, précisez le type de végétation et la distance approximative de la maison : \_\_\_\_\_

Votre maison se trouve-t-elle à proximité d'un cours d'eau ou d'un puits ?

NON  
 OUI, précisez : \_\_\_\_\_

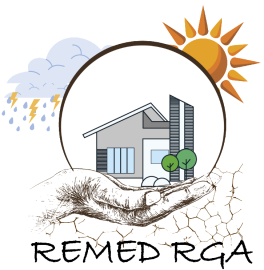
Votre maison est-elle équipée d'un système de collecte des eaux pluviales ?

OUI  
 NON

Votre maison est-elle équipée d'un système de drainage périphérique ?

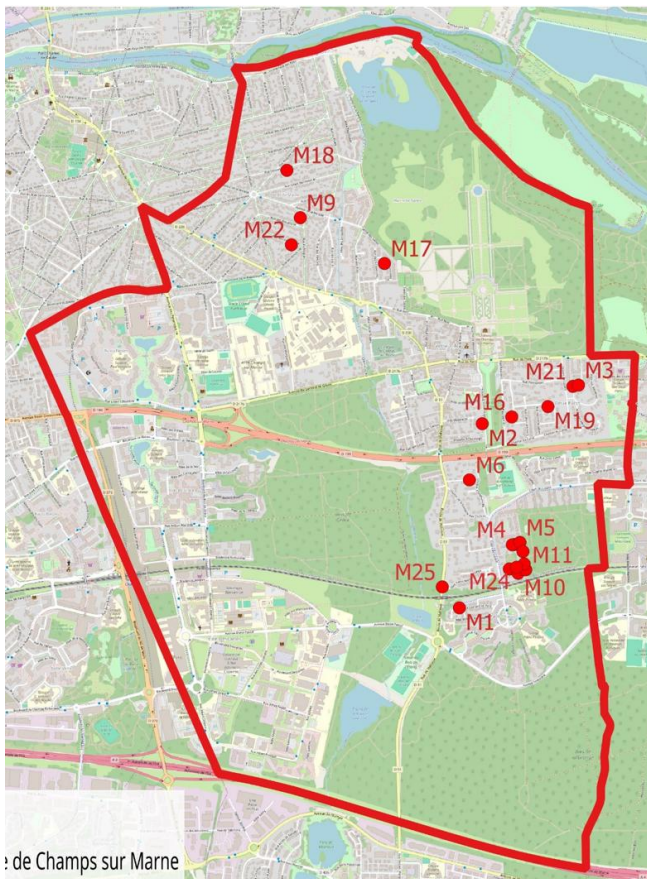
OUI  
 NON

Pour en savoir plus sur le projet: <https://ville-champssurmarne.fr/index.php/actu/actualites/f-actualite/829-le-ville-agit-contre-le-retrait-gonflement-des-sols>



# Démarche et étapes du projet

## Etape I Cartographie de risque RGA sur les maisons individuelles dans leur environnement

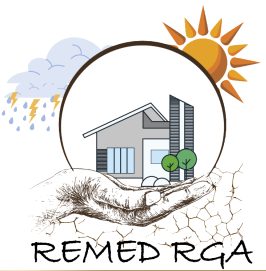


-Evaluation de **sensibilité des maisons** dans leur environnement (végétation, pentes, etc.),

-Retour d'expérience des habitants sur l'efficacité, les **limites et les freins à la mise en place des solutions de prévention** proposées dans les guides (IFSTTAR) et les PPR,

-**Choix des maisons individuelles sinistrées** les plus vulnérables pour faire les études détaillées : 10 à 15 bâtiments représentatifs de la commune (dont 3 bâtiments communaux).

Carte des maisons visitées à Champs sur Marne



# Démarche et étapes du projet

## Etape I

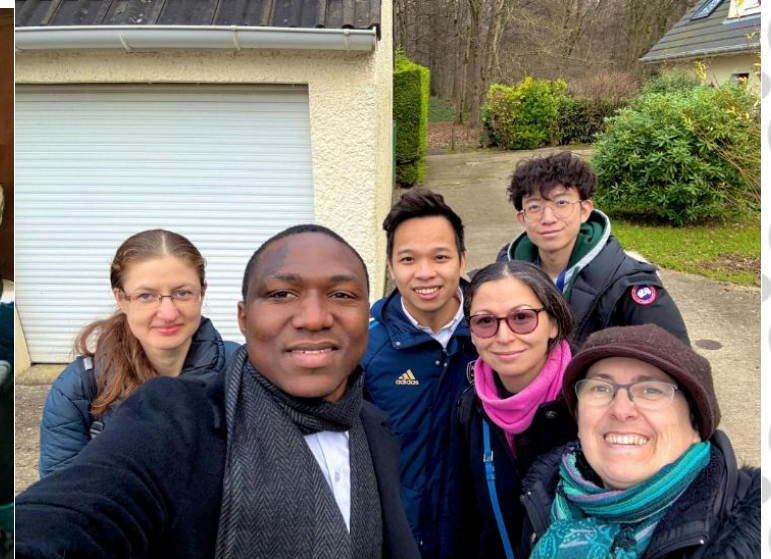
Cartographie de risque RGA sur les maisons individuelles dans leur environnement



**Kick off meeting le 24 Octobre 2024 à l'UGE**



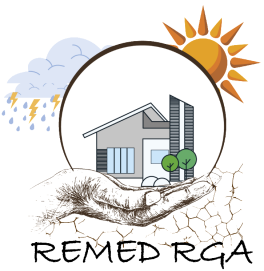
**Réunion publique de sensibilisation au RGA le 26 Novembre 2024**



**Les premières visites des maisons décembre 2024**

**3 reprises en sous œuvre entre 1991 et 2025 : travaux de micro-pieux 300 K€**





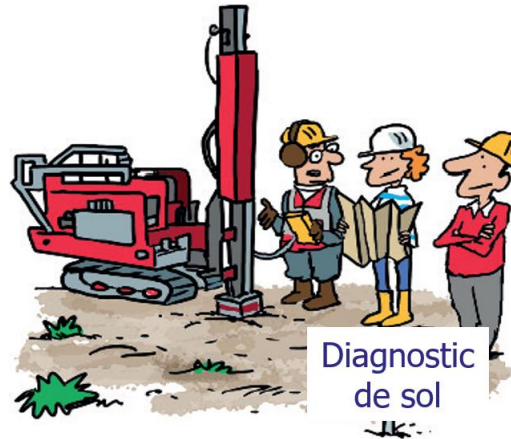
# Démarche et étapes du projet

## Etape 2

Identification et recensement des causes aggravantes de RGA

### Etude de sol : GLOBALIS BTP

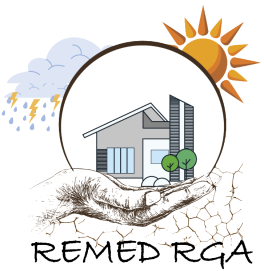
- la caractérisation mécanique des sols en place avec **prélèvement des échantillons**,
- la détermination de la **profondeur, la dimension des fondations** et la nature de sol d'assise,
- le suivi éventuellement de la **variation de l'humidité du sol**



### Etude de la structure : VEDIA

- la détermination de la **configuration de la structure**,
- les **matériaux de construction**,
- les **descentes de charges**,
- la localisation des **dommages**,
- le **suivi éventuellement de l'évolution des fissurations**.





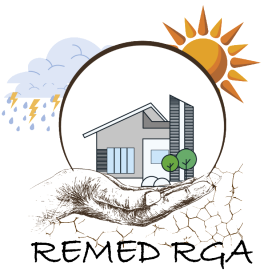
# Démarche et étapes du projet

## Etape 2

### Identification et recensement des causes aggravantes de RGA

Les études permettront de:

- Prélever des **échantillons** pour réaliser les **expérimentations en laboratoire**,
- Récupérer les **paramètres** nécessaires pour les **modélisations** numériques,
- Déterminer la **configuration du démonstrateur** à construire.



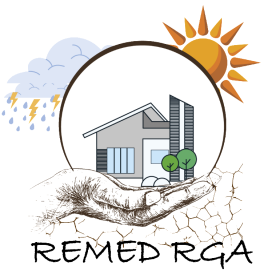
# Démarche et étapes du projet

## Etape 3

*Expérimentations en laboratoire : interaction sol-atmosphère et sol-fondation*

Les expérimentations en laboratoire seront les suivantes :

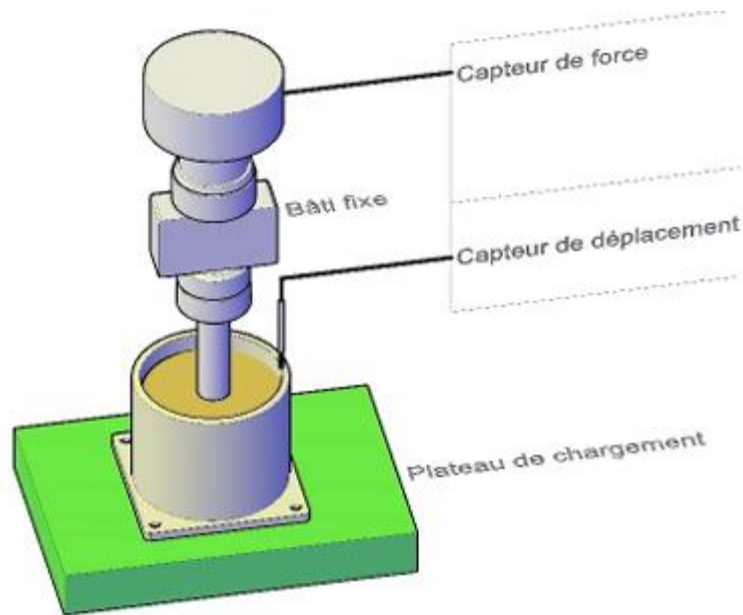
- Essais d'identification classiques,
- Essais de gonflement,
- Essais de retrait,
- Essais pour déterminer l'évolution de la capacité portante avec le changement climatique : nouveau dispositif,
- Développement d'un procédé innovant de limitation des déformations du sol : Micro-Inclusion avec ou sans solution enzymatique.



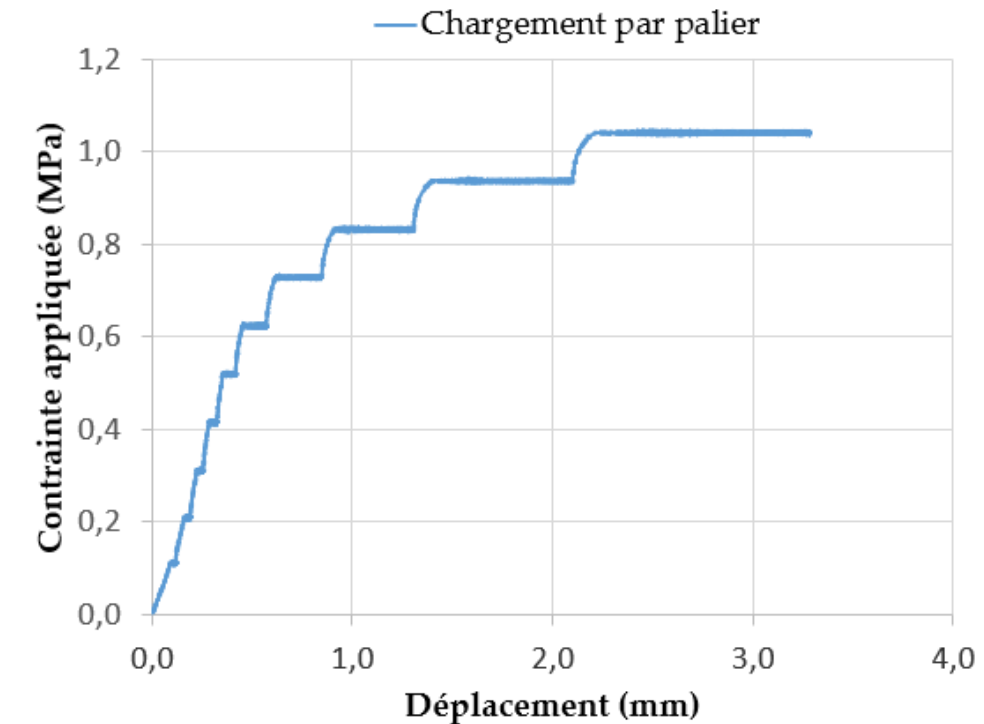
# Démarche et étapes du projet

## Etape 3 *Expérimentation en laboratoire : interaction sol-atmosphère et sol-fondation*

Essais pour déterminer l'évolution de la capacité portante avec le changement climatique



Eléments constitutifs de dispositif expérimental



Scénario défavorable de sollicitation à tester

# Démarche et étapes du projet

## Etape 3

Expérimentation en laboratoire : interaction sol-atmosphère et sol-fondation

Développement d'un **procédé innovant** de limitation des déformations du sol : **Micro-Inclusion hydro-mécanique** avec ou sans solution **enzymatique**.

- Un **prototype** avec une mise en place de **colonnes de sable et d'injection** sera développé en laboratoire,
- Les micro-inclusions seront réalisées dans le nouveau dispositif,
- Prélèvement au niveau du sol traité pour déterminer la zone **d'extension du traitement**,
- Réalisation des **essais** pour déterminer l'évolution de la capacité portante avec le scénario défavorable de sollicitation hydrique afin de **valider le procédé en laboratoire**.

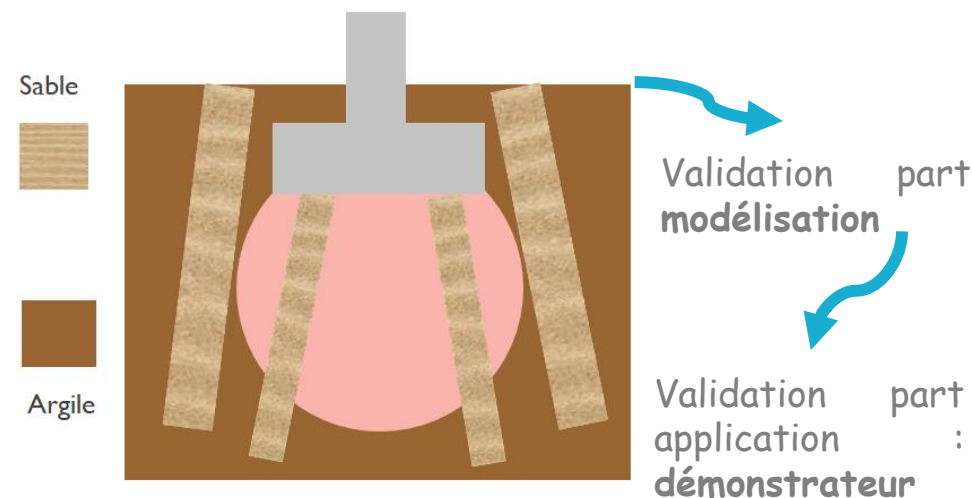
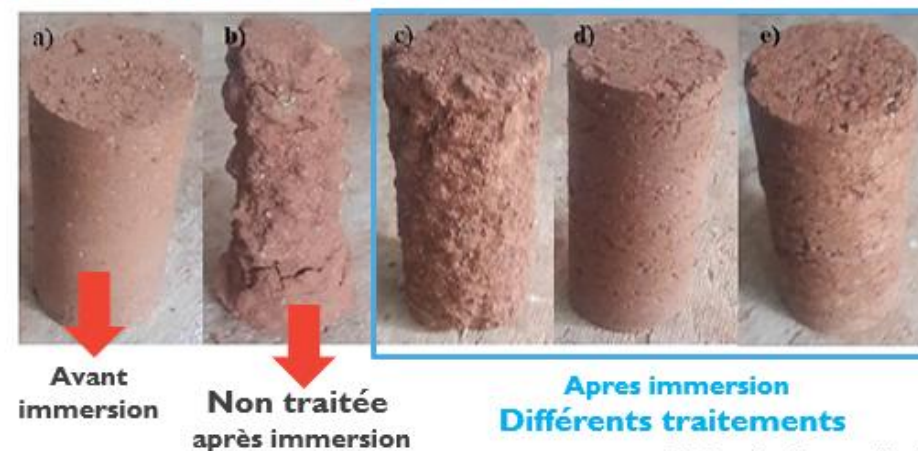
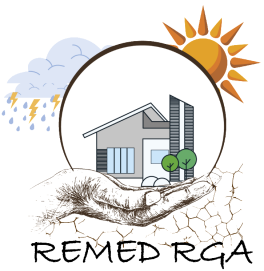


Schéma indicatif des Micro-inclusions

## Biocimentation ( $\text{CaCO}_3$ ) en présence de Ca





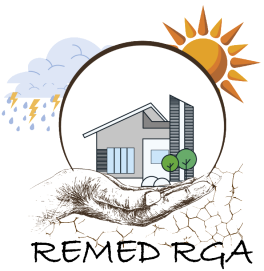
# Démarche et étapes du projet

## Etape 4 **Modélisation numérique : sol-végétation-atmosphère-fondation**

La modélisation sera réalisée à l'aide du code de calcul **Multiphysics (COMSOL, etc.)** afin de:

- Déterminer l'**influence de la végétation** sur le comportement hydromécanique des sols sous les fondations,
- Evaluer l'**efficacité des solutions de prévention/remédiation** existantes et innovantes,
- Choisir des **solutions à mettre en œuvre pour le démonstrateur.**





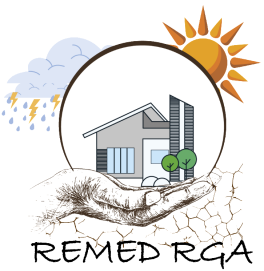
# Démarche et étapes du projet

## Étape 5 Modélisation numérique : interaction fondation-structure

La modélisation sera réalisée à l'aide du code de calcul **Multiphysics (COMSON, etc.)** afin de:

- Mieux **comprendre le comportement** global d'un bâtiment léger fondé par l'intermédiaire de fondations superficielles,
- Déterminer **les actions (charges, efforts verticaux) supplémentaires** à prendre en compte pour dimensionner les différents éléments (poutres, poteaux, chaînage),
- Choisir des **solutions** à mettre en œuvre pour le **démonstrateur**.





# Démarche et étapes du projet

## Etape 6

Validation en vraie grandeur des solutions de prévention et de remédiation : construction d'un démonstrateur

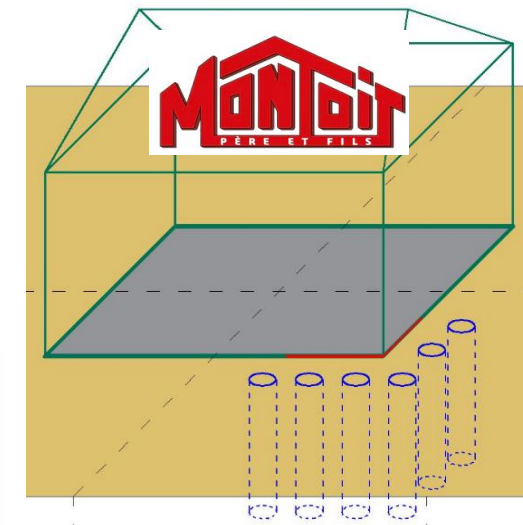
Une maison individuelle sera construite sur le campus de l'Université Gustave Eiffel,

Des sondages à la tarière ont été réalisés pour le choix de l'emplacement,

La maison sera instrumentée et soumise à des sollicitations défavorables,

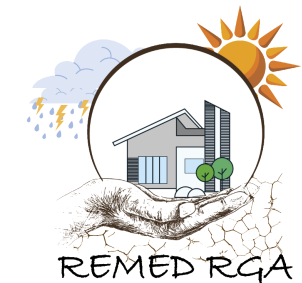
Des solutions seront mises en place afin de valider leur efficacité en vraie grandeur.

Echanges et partages avec d'autres projets ADEME (IRGAK, ...).



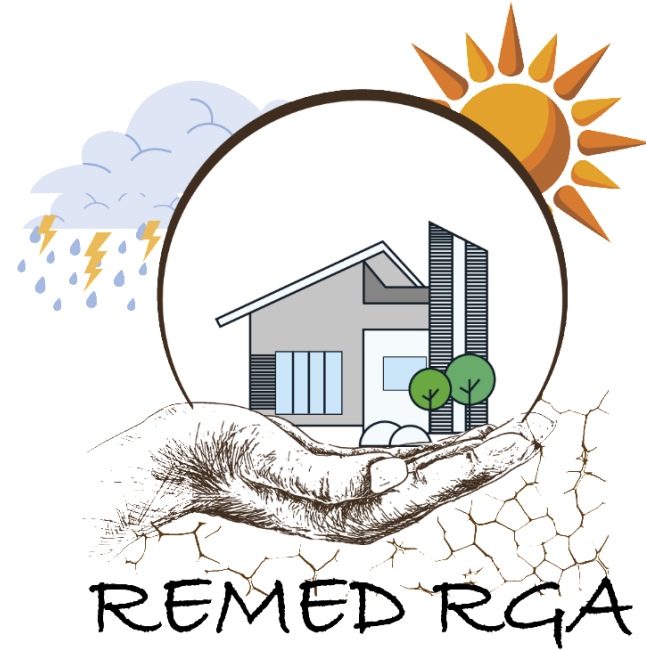
# Planning prévisionnel

	2024	2025		2026		2027		2028
	Septembre	Mars	Decembre	Mars	Decembre	Mars	Decembre	Aout
Etape 1: cartographie								
Etape 2: études								
Etape 3:expérimentations								
Etape 4: sol-fondation								
Etape 5 :fondation-structure								
Etape 6:démonstrateur								





# Merci pour votre attention



 Université  
Gustave Eiffel

