



cfms

COMITÉ FRANÇAIS DE MÉCANIQUE
DES SOLS ET DE GÉOTECHNIQUE

Journée parrainée par GEOTEC  **GEOTEC**

RGA – Comprendre, Anticiper, Prévenir

Efficacité de techniques de traitement du retrait gonflement :
apport de la modélisation numérique

JST DU 06/03/2025



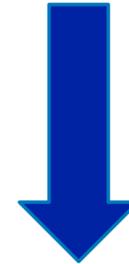
setec
terrasol



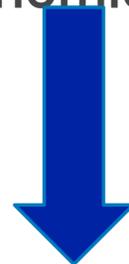
Cerema
CLIMAT & TERRITOIRES DE DEMAIN

Martin Cahn (Terrasol) & Sébastien Burlon (CEREMA)

Comment évaluer l'efficacité des solutions de traitement du RGA ?



De quelle efficacité parle-t-on ?
Technique, Économique, Sociale, etc.



Toute solution de traitement doit être déduite d'un diagnostic qui, de fait, est spécifique à chaque maison :

- existante avec des désordres à traiter (traitement de désordres)
- existante sans encore de désordre (prévention sur l'existant)
- neuve (prévention sur le neuf)



• l'expert de cabinet d'expertise



• le particulier ou l'assureur



• le géotechnicien et l'entreprise

Que dit-on dans les autres pays ?

T.J. Freeman, G.S. Littlejohn, R.M.C. Driscoll, Has your house got cracks, a guide to subsidence and heave of buildings on clay, Institution of Civil Engineers and Building Research Establishment, 1994.

Les recommandations pour la prévention des désordres liés au RGA sont les suivantes :

- la gestion de la végétation ;
- la limitation voire l'impossibilité d'apports d'eau accidentels (fuite de réseau) ;
- la limitation voire l'impossibilité de modifier la structure des maisons construites (ajout d'extensions, étages, etc.) ;
- la prise de mesures particulières dans le cas de réalisation de fouilles, création de place de parking, modification de la pente du terrain, etc.

Prévention des désordres :

- Suivi des désordres recommandé sur une durée suffisante pour observer l'évolution des mouvements.
- Renforcement après suppression de la cause et stabilisation des mouvements (ex. : retrait d'arbre).
- Si les mouvements persistent, s'aggravent ou menacent la structure, la reprise en sous-œuvre est préconisée.

Que dit-on dans les autres pays ?

La réglementation “**Standards Australia, Residential Slabs and Footings AS2870**” (2011) existe depuis 1986. Elle définit un principe de classification des sites, donne des exigences de performance, et fournit des conseils sur la conception des fondations pour des conditions courantes.

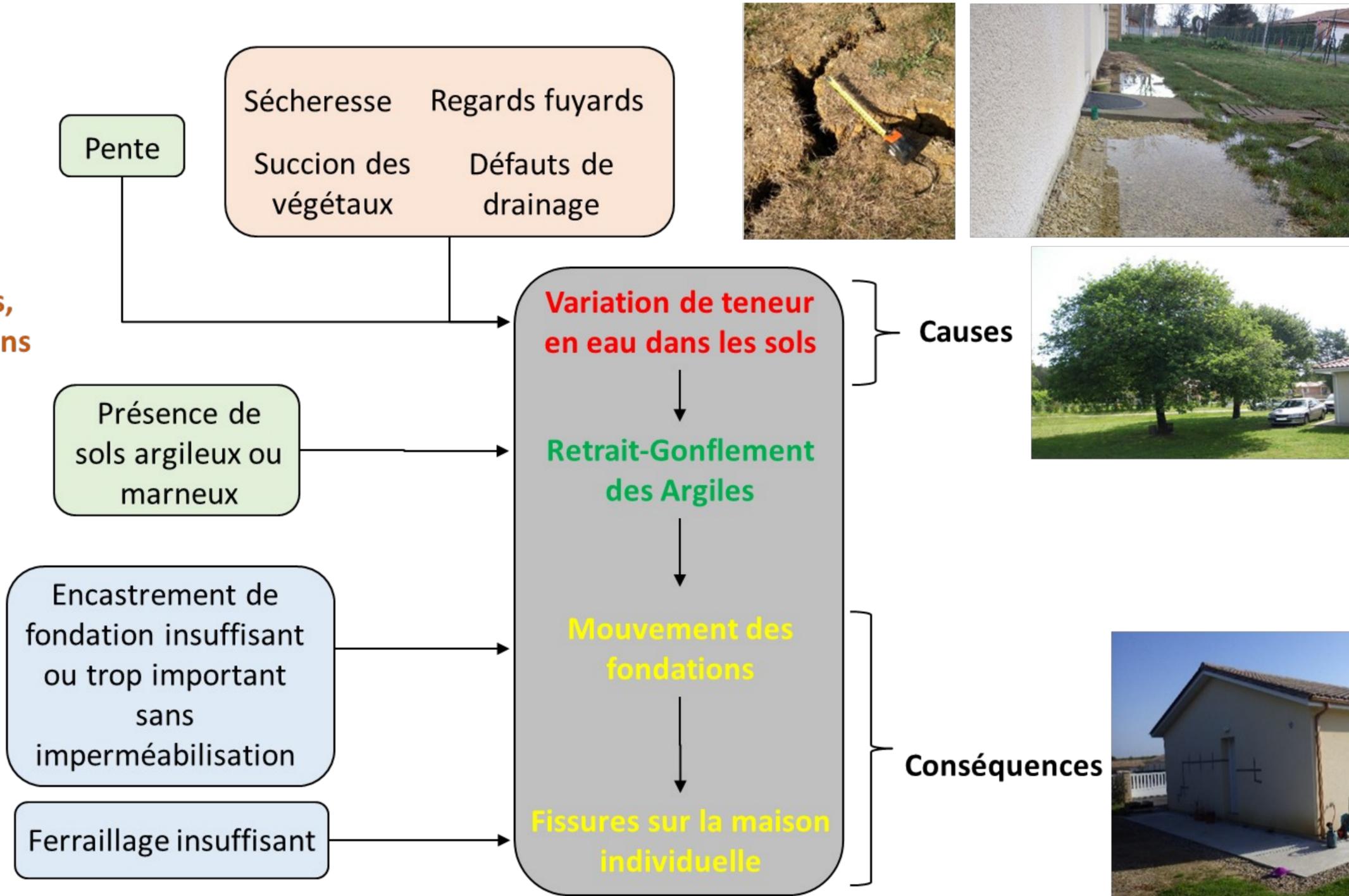
Des recommandations sont également décrites pour les situations après construction :

- éviter les variations d’humidité du sol, notamment accidentelles ;
- éviter la plantation d’arbres à proximité des structures.

Causes et Conséquences du RGA

Prévention et Réparation :
Étanchéité des réseaux,
Drainage amont déporté,
Écrans anti-racines,
Imperméabilisations périphériques

Prévention et Réparation :
Micropieux,
injection de résine, etc.



Facteurs « de prédisposition »

Facteurs « sinistrants »

Facteurs « aggravants »

Classer les solutions – Jouer sur leurs complémentarités

Solutions horizontales :

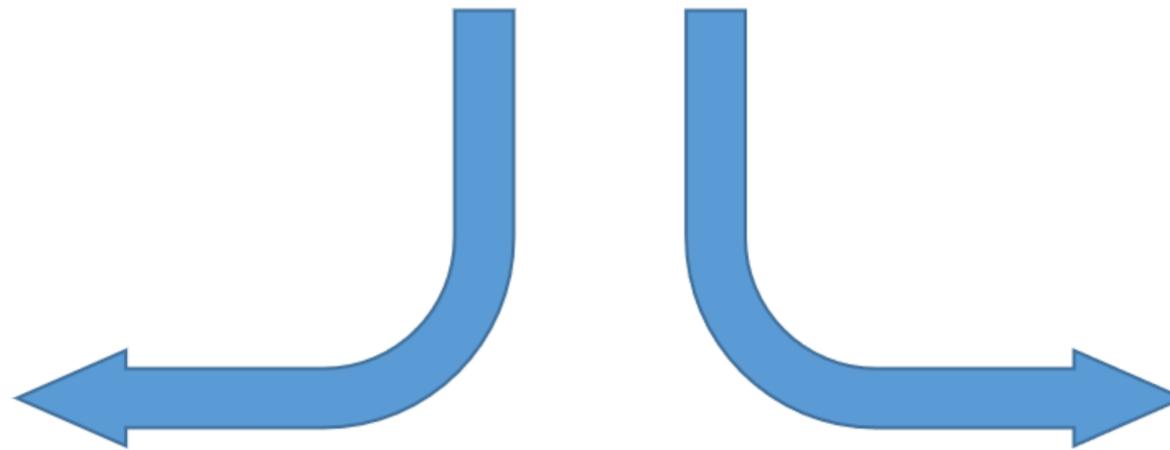
Étanchéité des réseaux,
Drainage amont déporté
Écrans anti-racines
Imperméabilisation
périmétrique
Fondations hors de la zone
de dessiccation (neuf)



Action exclusive sur
les causes : les
variations de teneur
en eau sont limitées

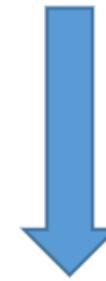
Injections :

Correction des
mouvements
Densification des sols
sous les fondations
*Inhibition du retrait-
gonflement*



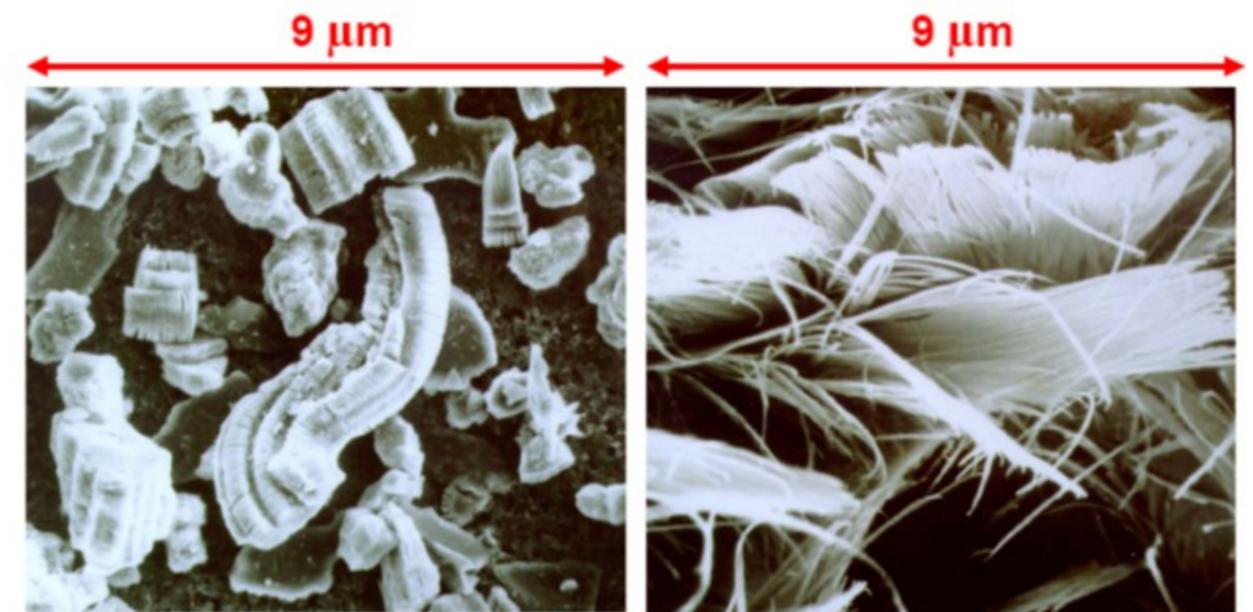
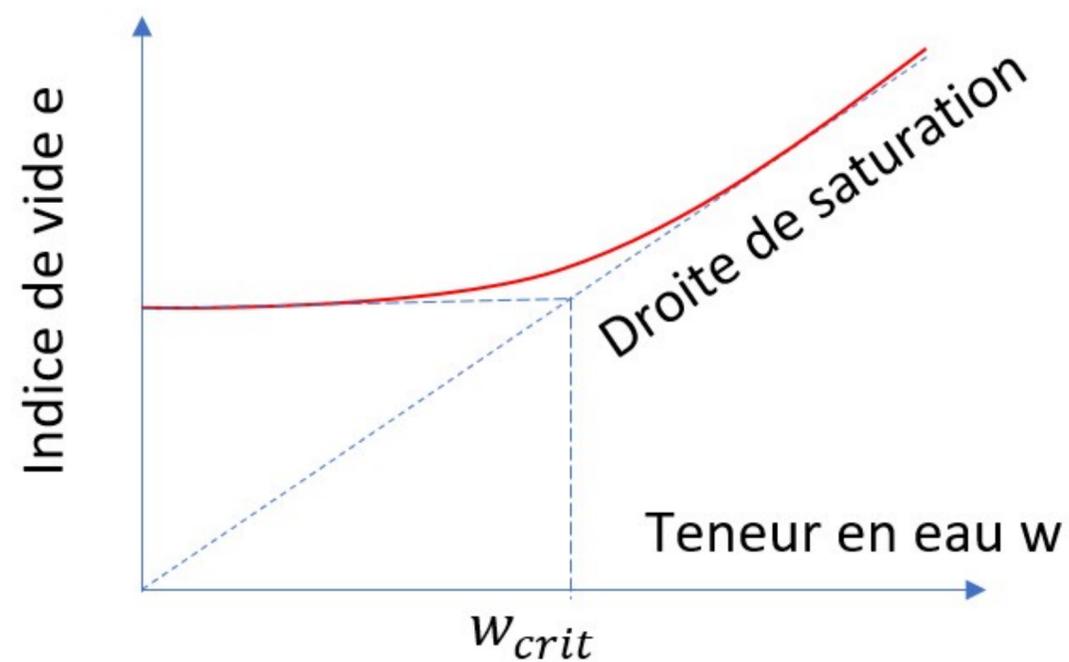
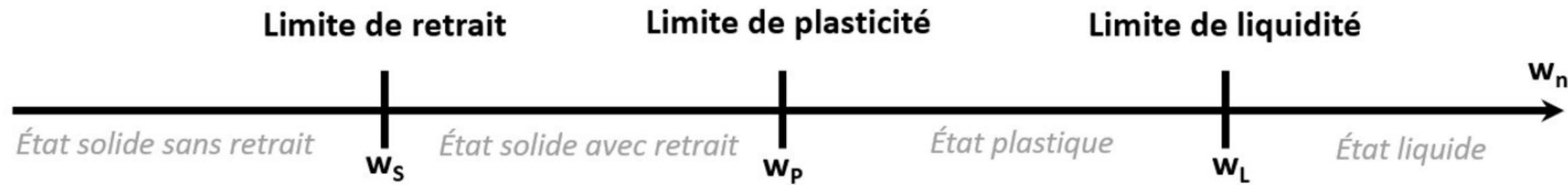
Micropieux et reprise en sous- œuvre :

Augmentation de la
raideur du système
de fondations



Action exclusive sur
les conséquences :
les mouvements des
fondations sont
réduits

Description du RGA

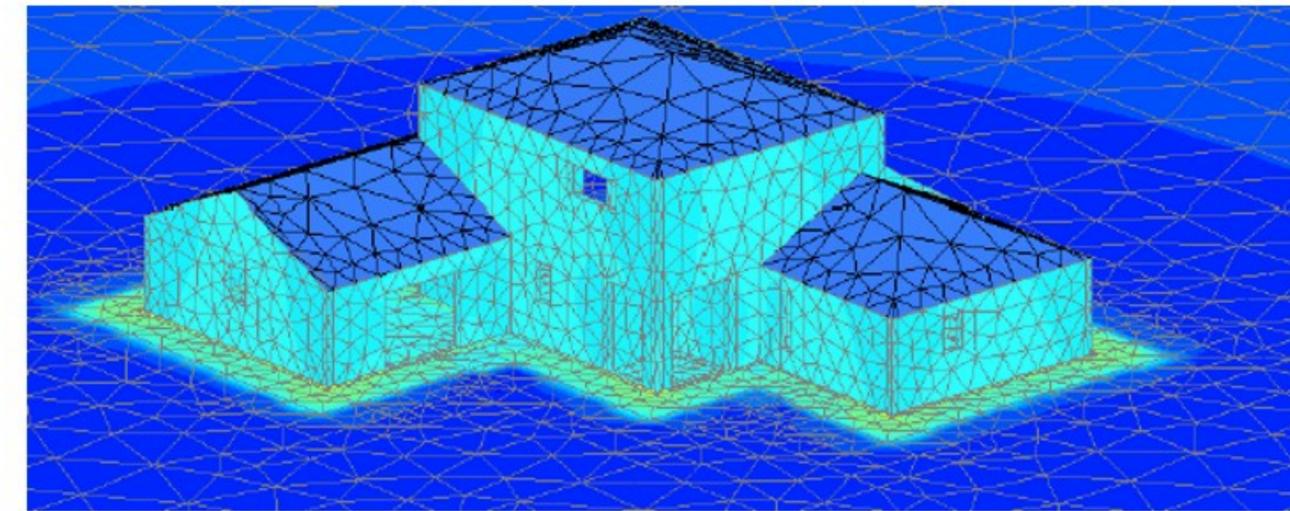
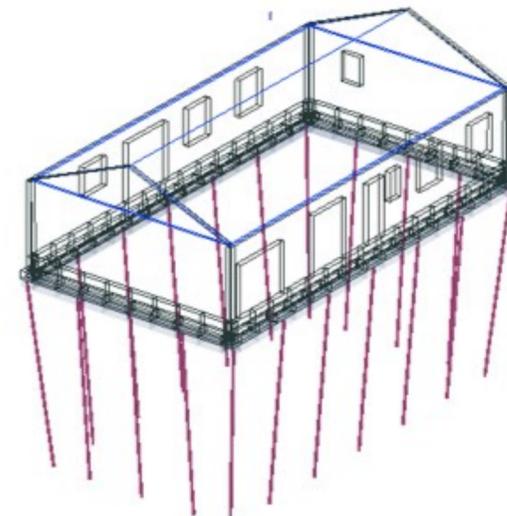
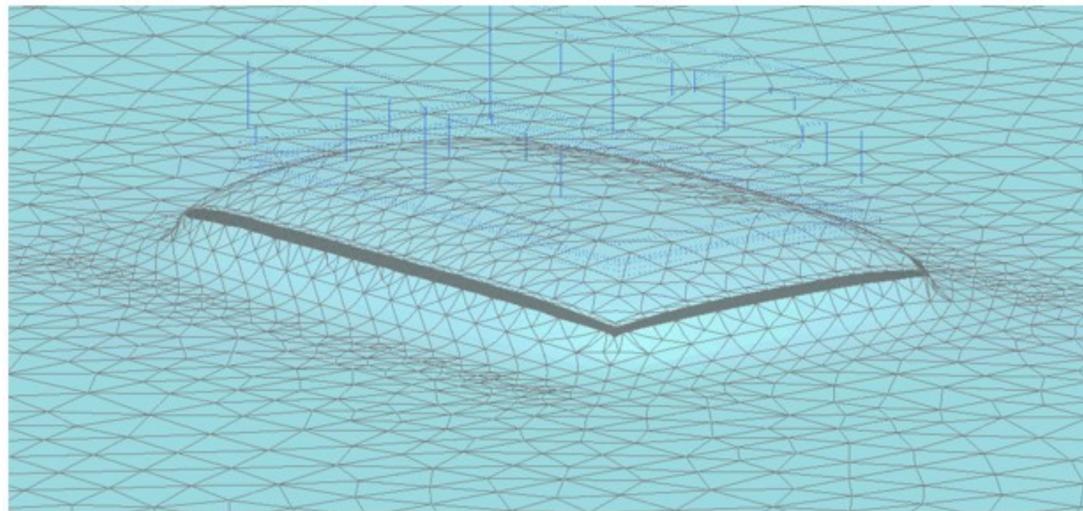
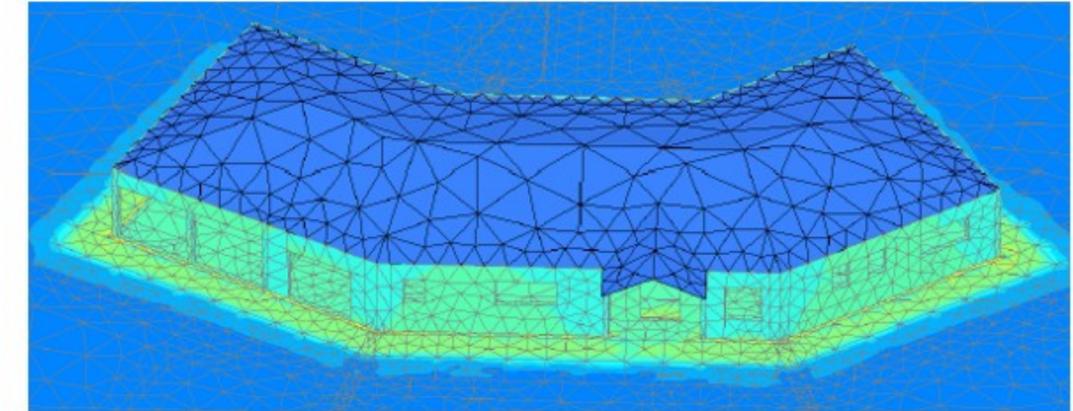
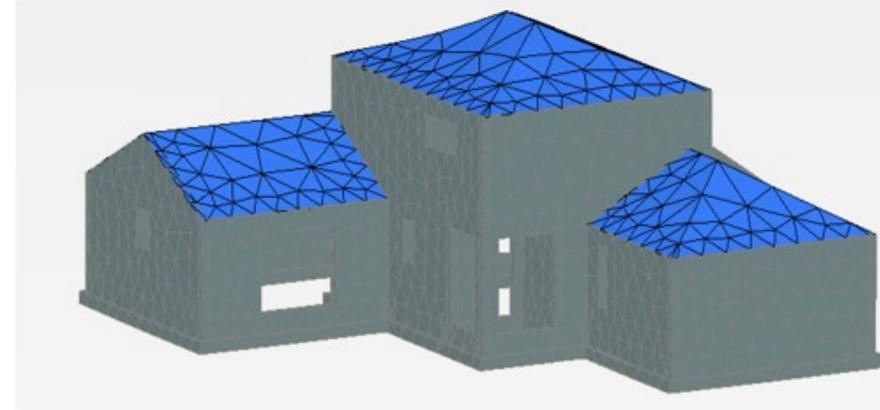
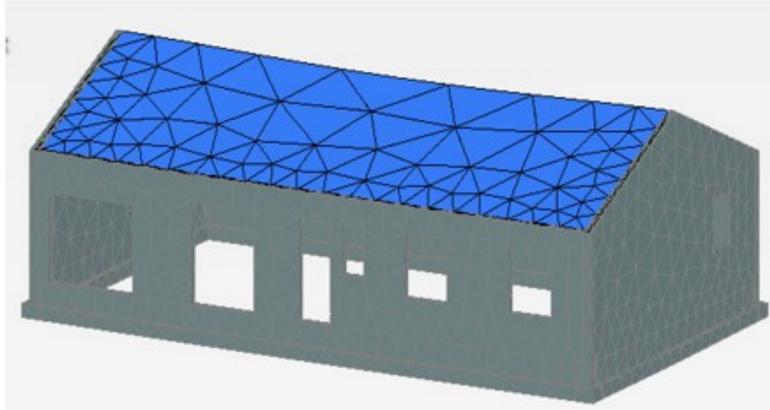


Kaolinite

Attapulgite

Origine du RGA dans l'interaction entre les particules argileuses et l'eau se traduisant à l'échelle macroscopique par une augmentation ou une réduction de volume avec la variation de teneur en eau

Modélisation du RGA et couplage direct avec la structure



Originalité de la démarche : couplage directe entre modélisation du retrait-gonflement et réponse de la structure

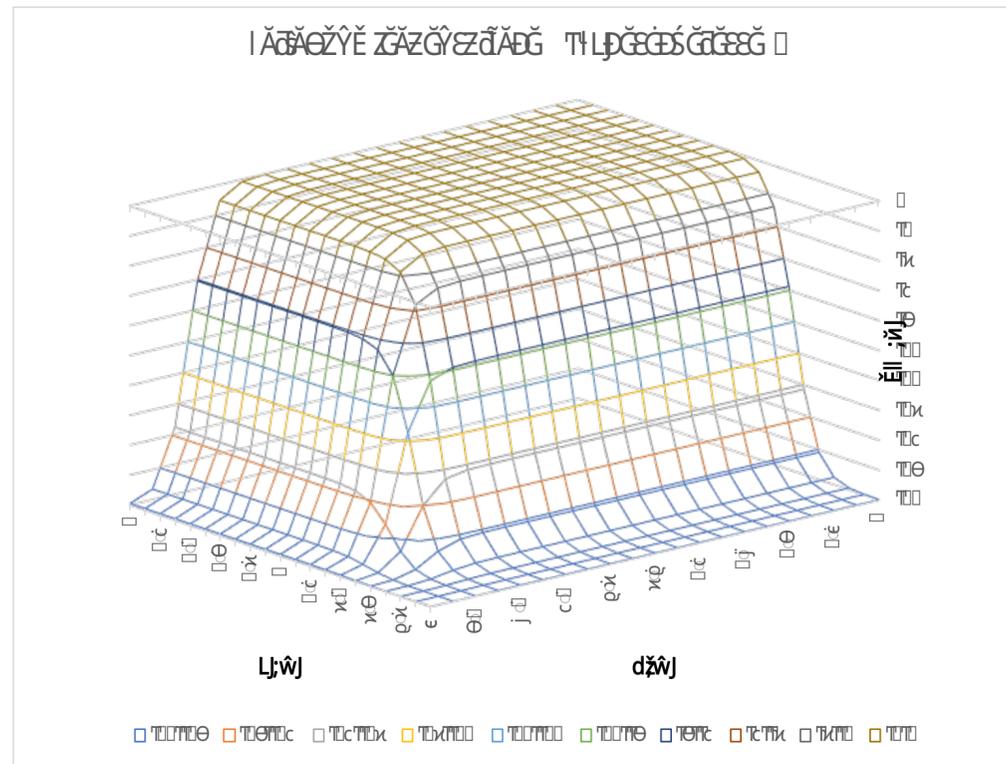
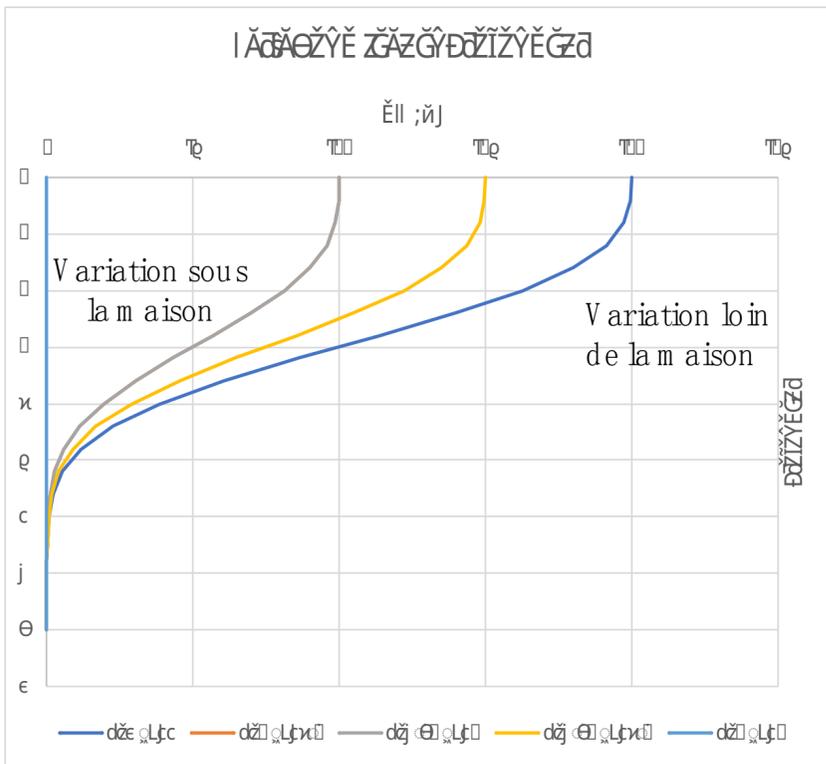
Modélisation du RGA : Fonction sécheresse

Fonction sécheresse et variation de teneur en eau

$$\Delta w(x, y, z) = -\Delta w_{max} \times S(x, y, z)$$

Fonction sécheresse S bâtie pour différentes formes de maisons, pour un arbre, une fuite...

$$\Delta w(x, y, z) = -\Delta w_{max} \times e^{\gamma(z-z_0)^n} \left(1 - \frac{1}{(1+e^{\alpha(x-x_0)})(1+e^{\beta(y-y_0)})} \right)$$



- et puissance n : paramètres de forme traduisant l'amortissement de la variation de teneur en eau avec la profondeur.
- paramètres de forme traduisant l'amortissement de la variation de teneur en eau autour de la maison.

Modélisation du RGA : Fonction sécheresse

Calibration de la fonction sécheresse

- et puissance n : évolution avec la profondeur

Etalonnage sur profil de teneur tirés de mesures de sites expérimentaux d'ARGIC2 (x,y □) :

- n=3
- tel que à 1,5 m de profondeur

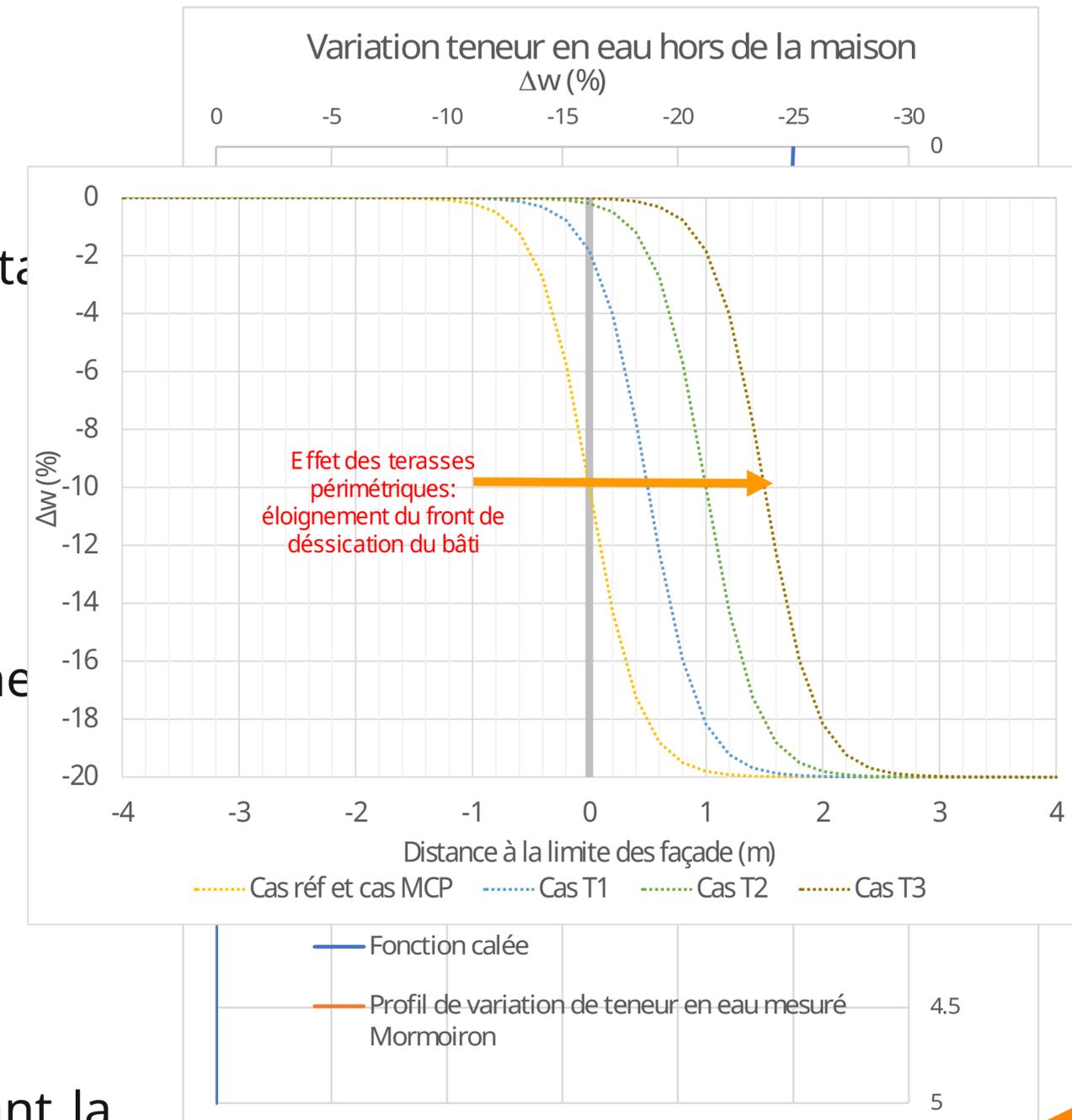
- α et β : évolution autour de la surface bâtie

Fixé tel que le front moyen de dessiccation soit situé à l'axe de la zone couverte avec :

- 1 m à l'intérieur : plus d'effets saisonniers
- 1 m à l'extérieur de la zone couverte : dessiccation maximale

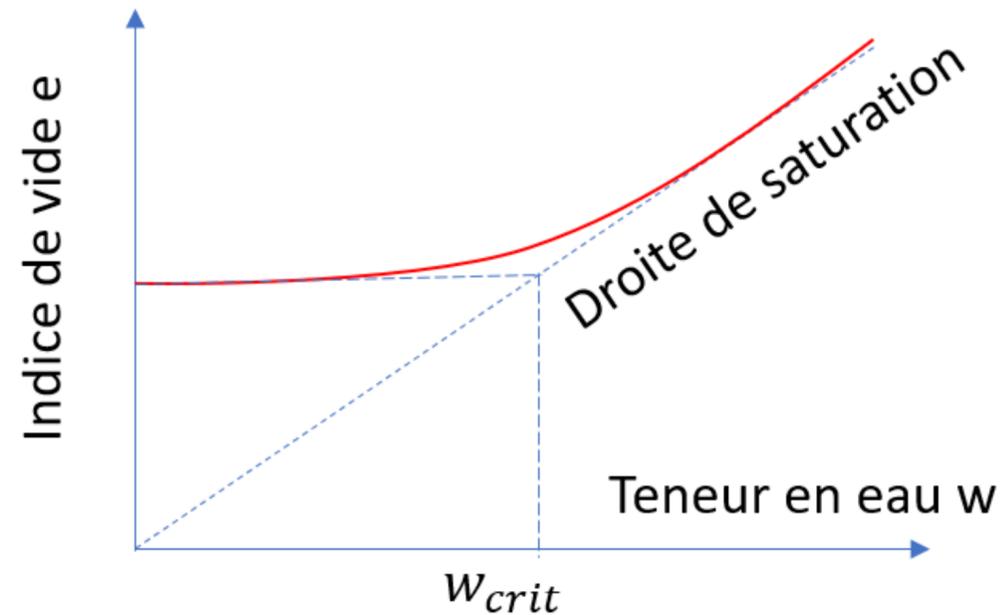
Imperméabilisations périmétriques :

Le front de dessiccation est décalé de 50 cm, 1,0 m ou 1,5 m suivant la largeur retenue



Modélisation du RGA : Fonction sècheresse et variation de volume

Lien entre fonction sècheresse et variation de volume



Exploitation d'essais de retrait

- La majorité de la variation d'indice des vides a lieu avant d'atteindre la désaturation w_{crit}
- On suppose suivre la droite de saturation et que le sol ne se désature pas (hypothèse maximaliste)

Équation droite de saturation : $e = w \times \frac{\gamma_s}{\gamma_w}$ • $\frac{\gamma_s}{\gamma_w} = 2,7$

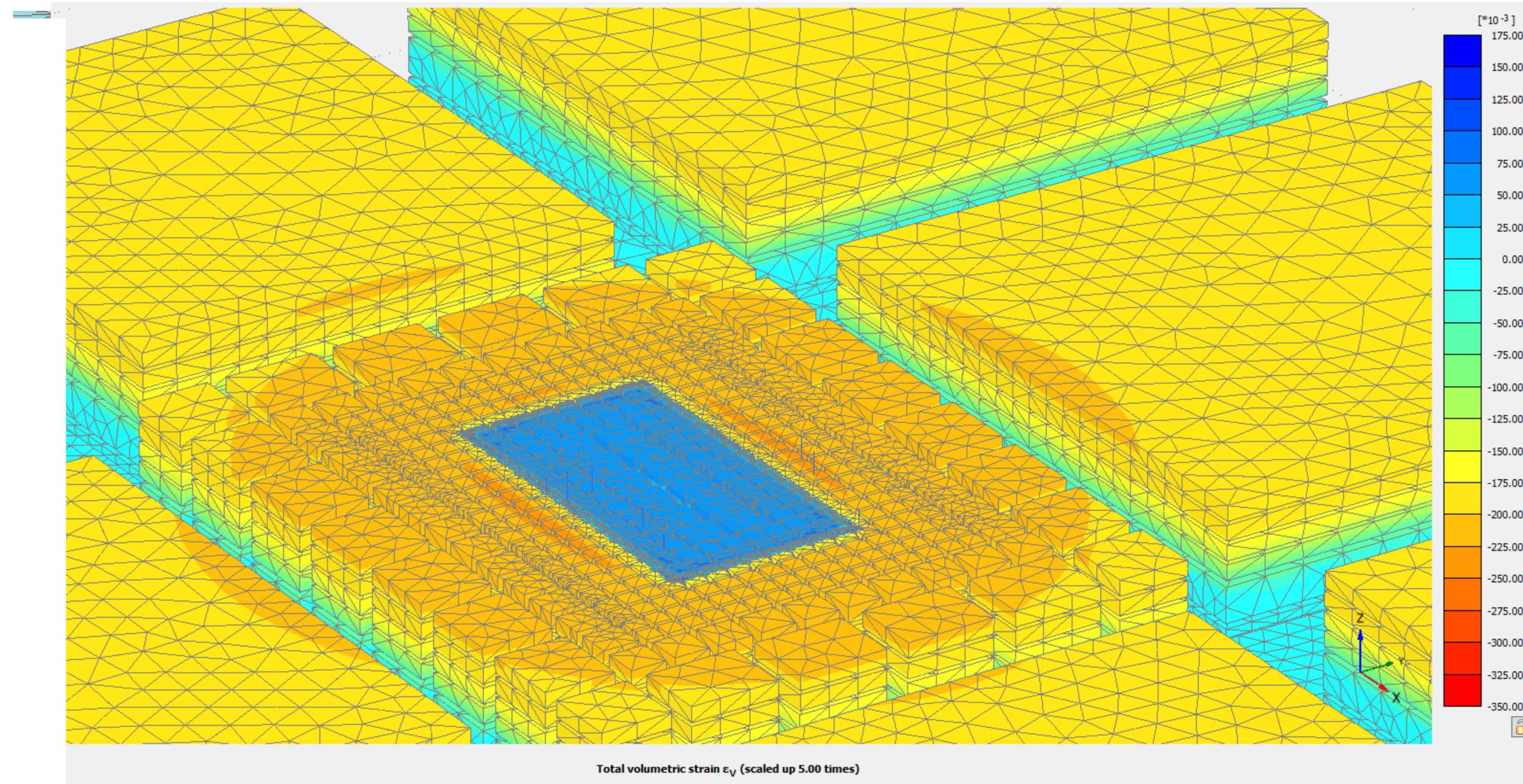
Variation volumique : $\Delta\varepsilon = \frac{\Delta e}{1+e_0} = \frac{\Delta w}{1+e_0} \times \frac{\gamma_s}{\gamma_w}$ • $e_0 = 0,8$

Hypothèses de sècheresse

- Sécheresse 1, $\Delta w_{max} = 10\%$ et moitié de la variation d'eau sur premier mètre $\Delta\varepsilon_{max} = 15\%$
- Sécheresse 2 $\Delta w_{max} = 15\%$ et moitié de la variation d'eau sur les deux premiers mètres $\Delta\varepsilon_{max} = 22,5\%$
- Sécheresse 3 $\Delta w_{max} = 20\%$ et la moitié de la variation sur les trois premiers mètres $\Delta\varepsilon_{max} = 30\%$

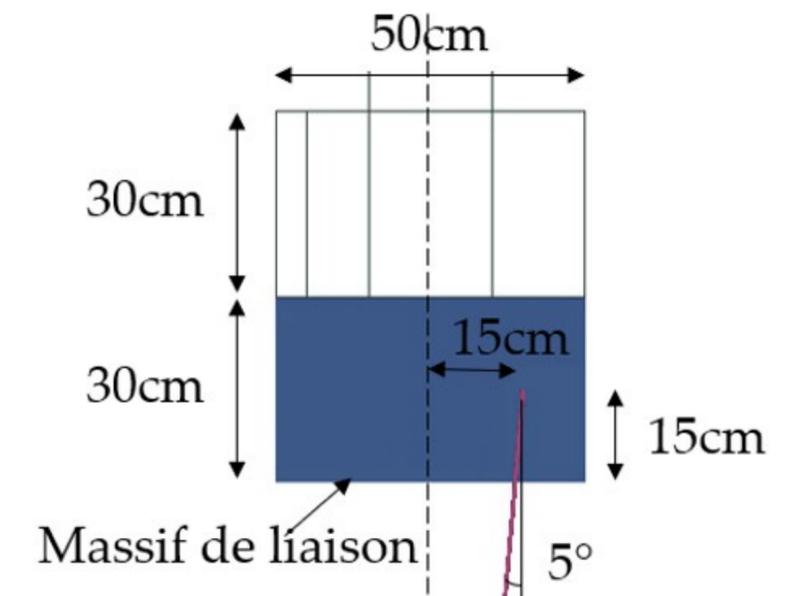
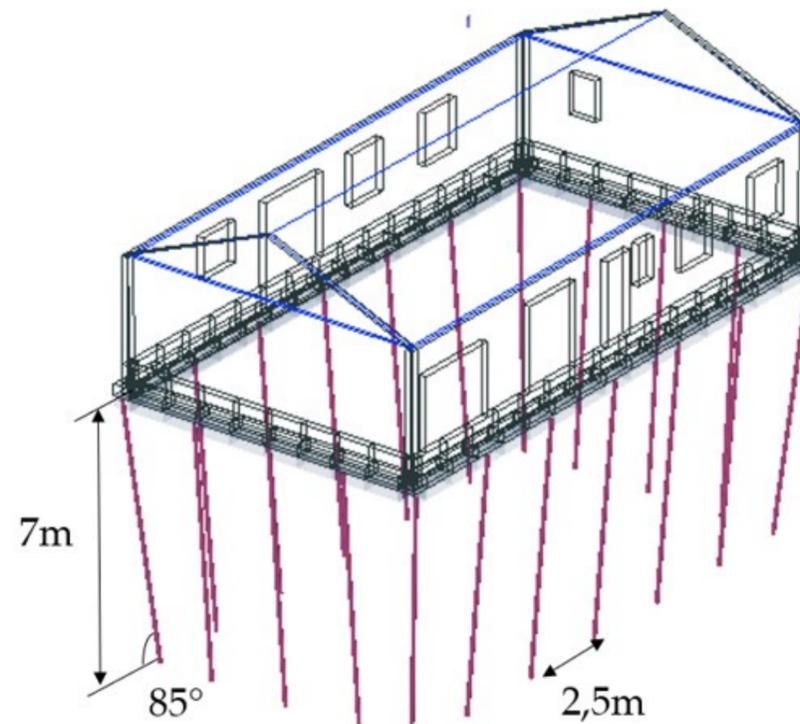
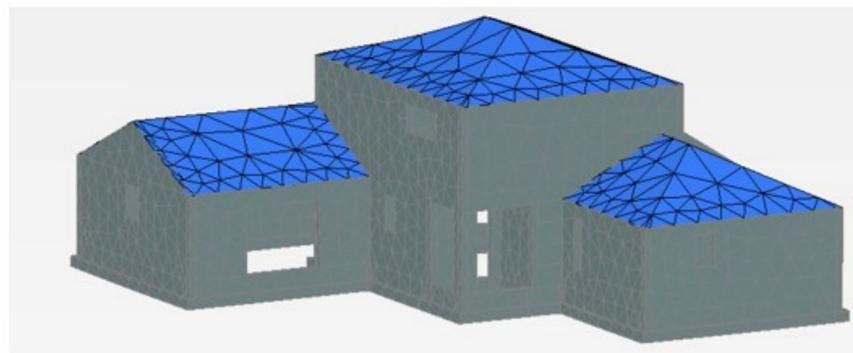
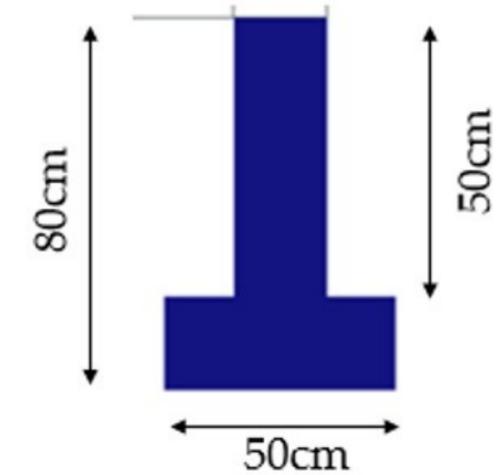
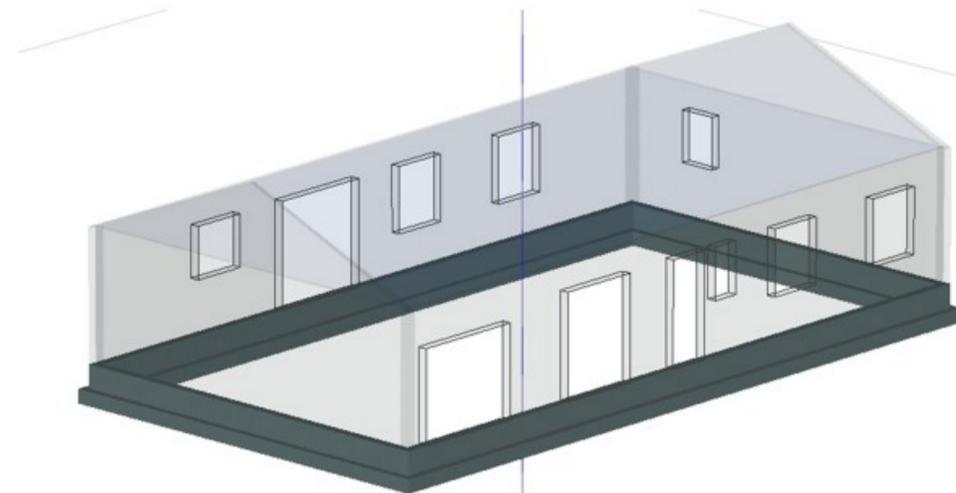
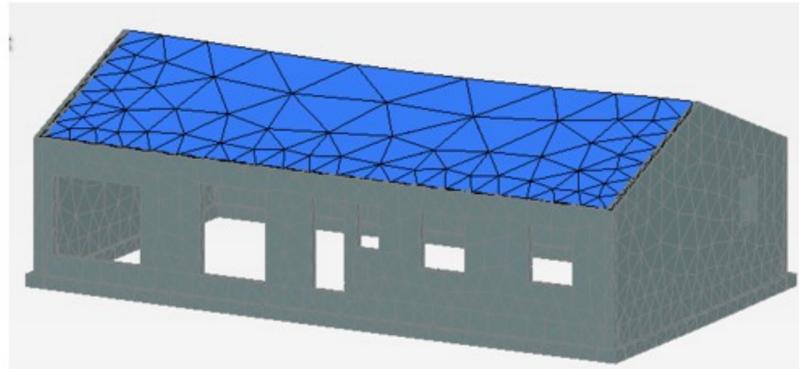
Modélisation du RGA : Déformation imposée dans le modèle 3D

Déformation volumique imposée spécifiquement par bloc autour de la maison



Modélisation du RGA : Prise en compte de la structure

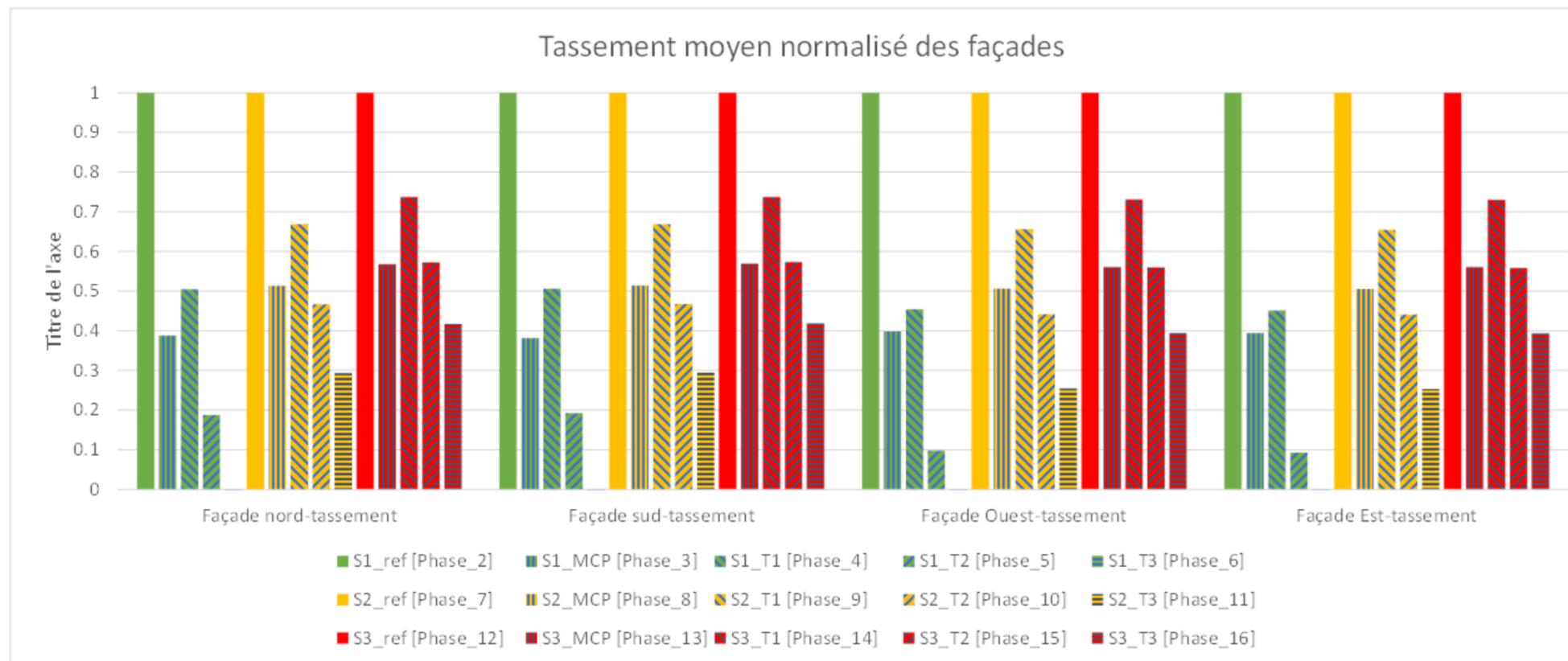
Différentes typologies de maisons testées avec et sans reprise en sous œuvre



Modélisation du RGA : Exploitation des résultats

Réponse de la maison aux déformations imposées : analyse globale et locale

Analyse globale	Analyse locale
<ul style="list-style-type: none"> - le tassement moyen par façade : S_{moyen} - le déplacement normal moyen par façade : U_{moyen} - le tassement différentiel : S_{diff} - le nombre de points de rupture si modélisation de la structure en élastoplastique 	<ul style="list-style-type: none"> - l'allongement du chaînage des façades - l'allongement des murs de soubassements - l'allongement des diagonales - la distorsion au sommet - la distorsion au centre - la distorsion diagonale



□ Résultats normalisés par rapport au cas de référence sans dispositions constructives additionnelles

Modélisation du RGA : Exploitation des résultats

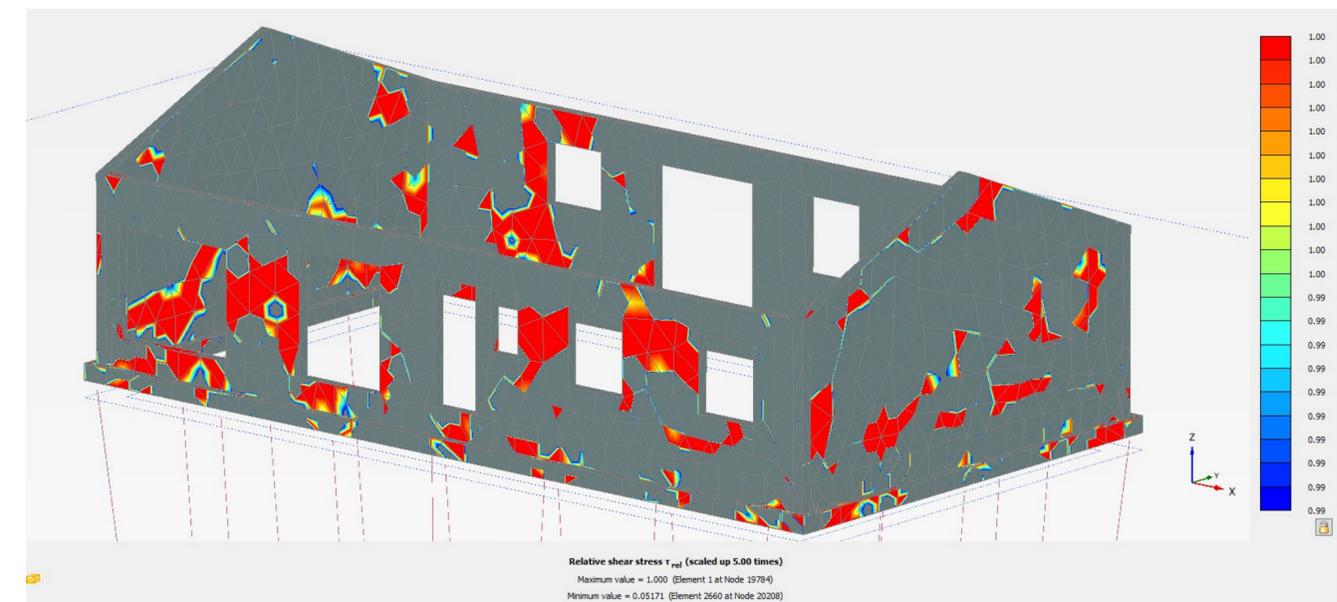
Synthèse comparaison micropieux / imperméabilisation périmétrique

	Tass. moyen	Depl. moyen	Tass. Diff.	Allong. longrine	Allong. poutre	Allong. diag.	Distors. sommet	Distors. centre	Distors. diag.
T1 50 cm vs Micropieux	-	~	-	-	~	-	-	~	-
T2 1 m vs Micropieux	~	+	-	-	+	+	-	+	~
T3 1,5 m vs Micropieux	+	+	~	~	+	+	-	+	+

Effets parasites des micropieux



Terrasse 1,5 m



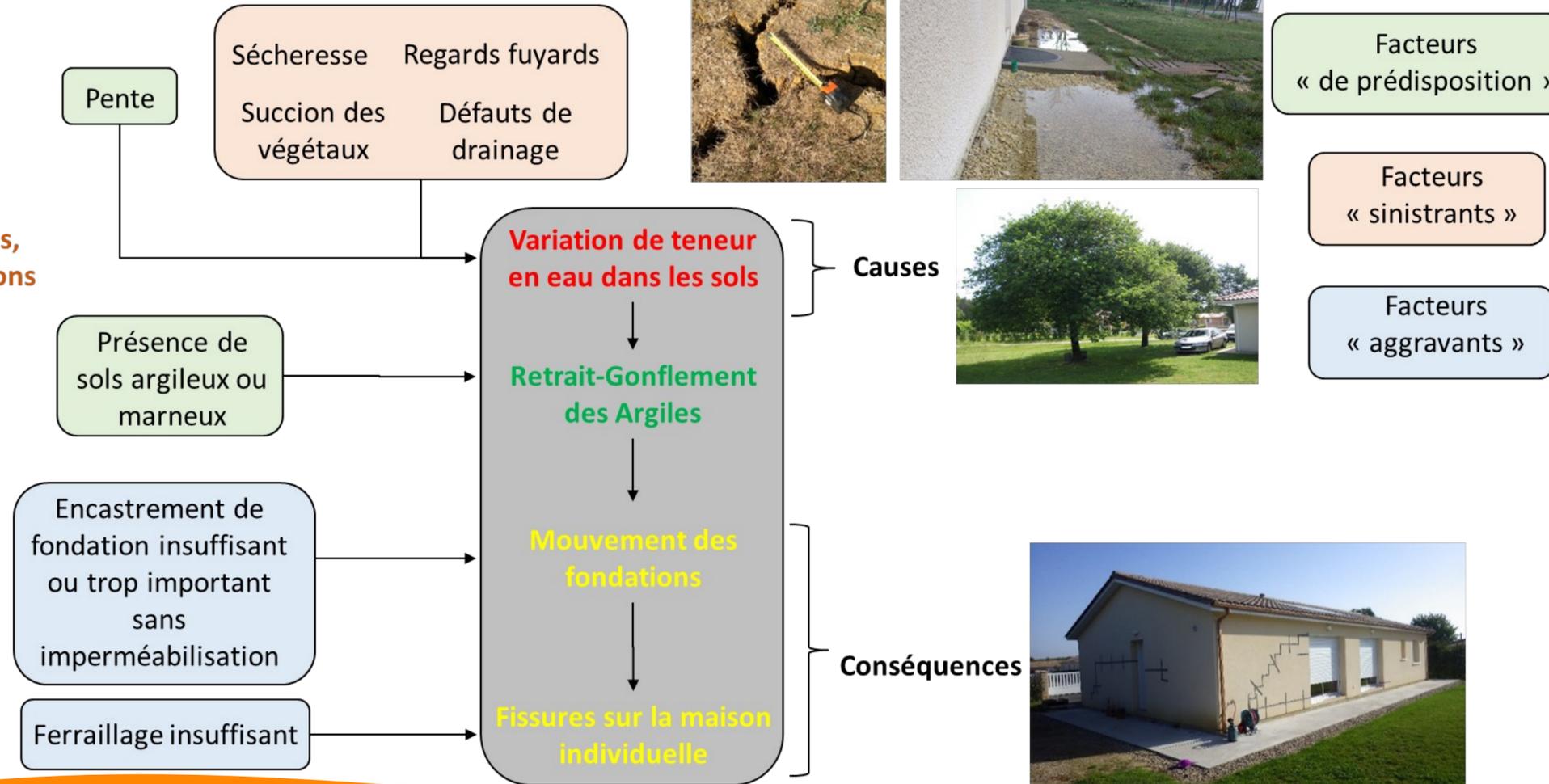
Micropieux

Conclusions

- L'analyse des modèles 3D montre qu'une imperméabilisation d'1 m de largeur peut s'avérer aussi efficace qu'une reprise en sous-œuvre par micropieux et qu'une terrasse d'1,5 m serait plus efficace.
- Pour les reprises en sous œuvre, les efforts parasites dans la structure et en tête de micropieux peuvent être importants.
- L'identification des causes et des conséquences du RGA est la base d'un diagnostic réussi puis d'un choix de techniques graduelles et complémentaires.

Prévention et Réparation :
Étanchéité des réseaux,
Drainage amont déporté,
Écrans anti-racines,
Imperméabilisations périphériques

Prévention et Réparation :
Micropieux,
injection de résine, etc.





cfms

COMITÉ FRANÇAIS DE MÉCANIQUE
DES SOLS ET DE GÉOTECHNIQUE

Merci de votre attention



setec
terrasol



**RGA
COMPRENDRE – ANTICIPER – PRÉVENIR**