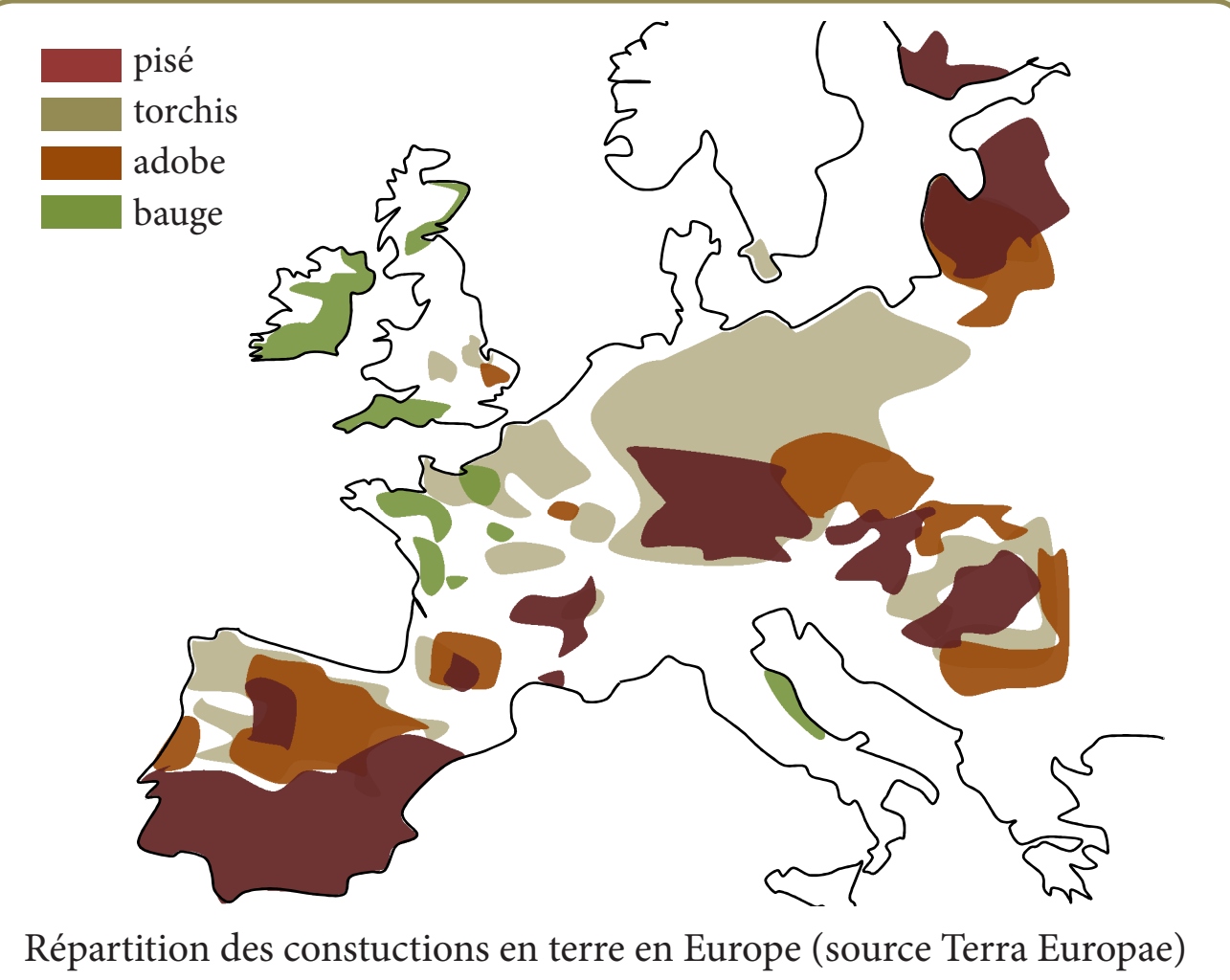


Introduction



Disponible partout dans le monde et utilisé dans la construction depuis des millénaires, le matériau terre crue, sous ses différentes formes, peut apporter une **réponse** aux besoins de construction de la population mondiale, tant au niveau économique qu'environnemental.

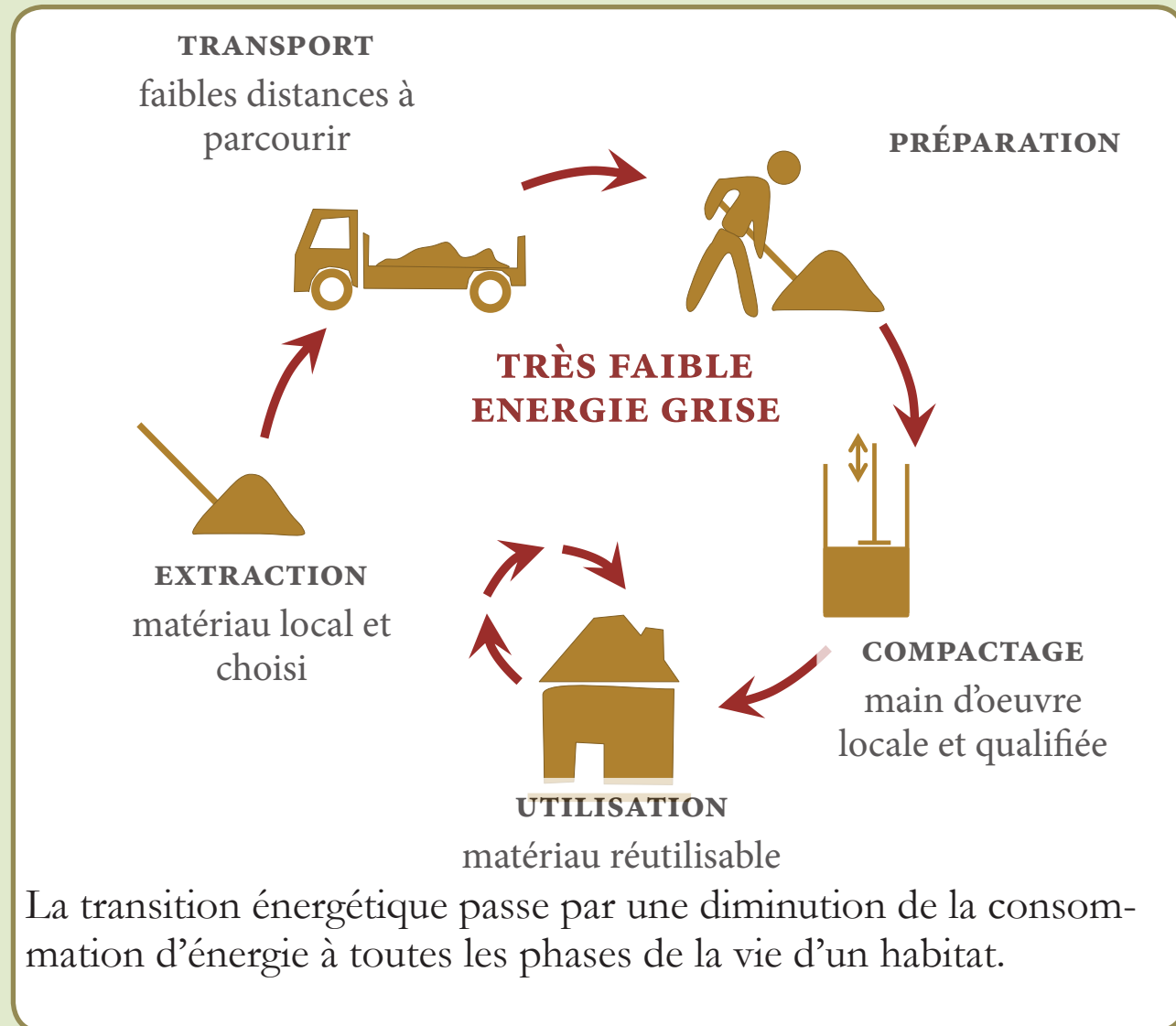
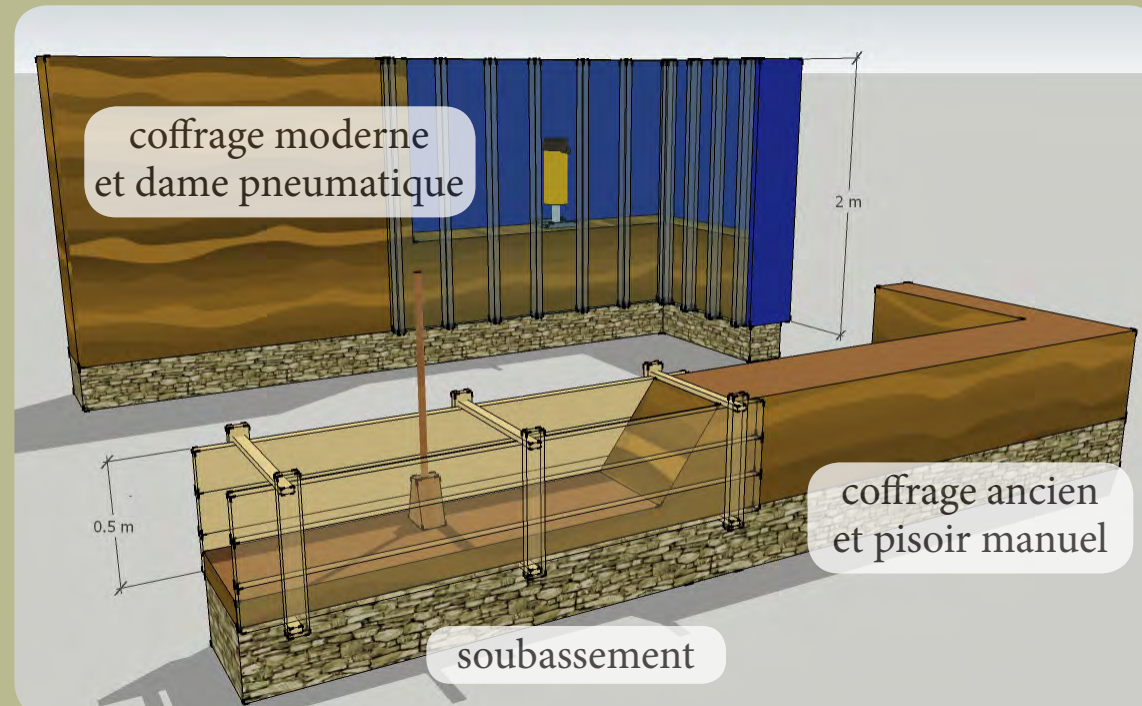
Matériau **local**, il réduit l'impact écologique d'une construction, à la fois au moment de sa réalisation, de sa vie et de son recyclage (**très faible énergie grise**). Nécessitant un savoir-faire, il favorise l'emploi local et spécialisé. Il offre enfin un **confort** reconnu, lié à ses capacités naturelles de régulation de la température et de l'humidité relative.



Qu'est-ce que le pisé ?

La construction en pisé est une technique de construction qui consiste à **compacter de la terre crue** par lits successifs. Placée dans un coffrage, la terre est compactée à l'aide d'une dame.

Ces constructions en pisé possèdent un mur de soubassement ainsi qu'un toit, destiné à assurer une protection contre les infiltrations d'eau et les précipitations.



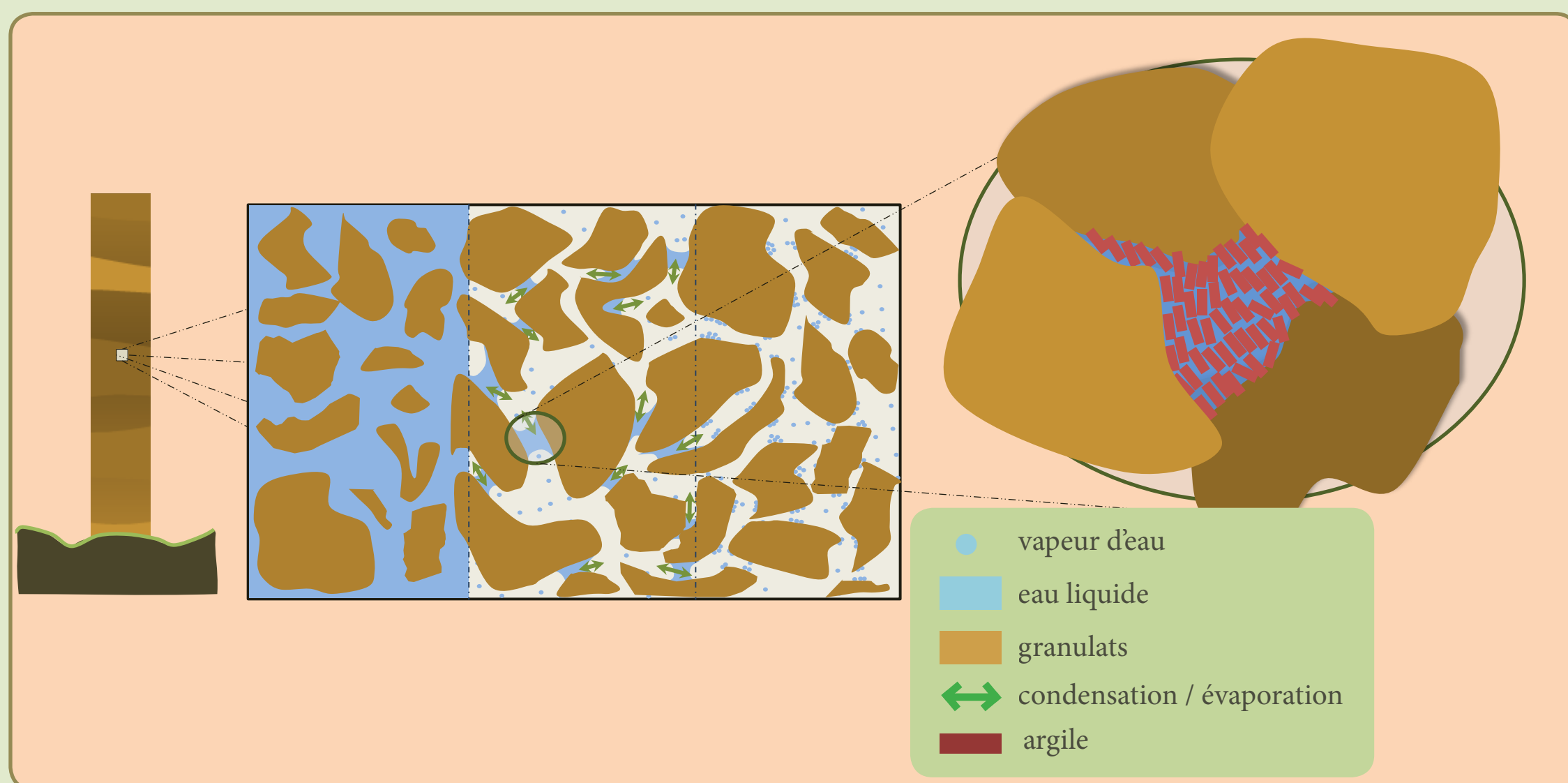
La conjoncture impose des **règlementations inadaptées** à la complexité du matériau terre, qui handicapent son utilisation. Les constructions en pisé sont en effet le siège d'un **couplage fort** entre les phénomènes thermiques, hygriques et mécaniques.

Cependant, les derniers développements de la recherche scientifique (thermodynamique, mécanique, métrologie) font apparaître de nouvelles perspectives **d'optimisation**. Ce poster présente un aperçu des études de ses nombreuses interactions, caractérisées par un comportement multi-physique, qui requièrent la mobilisation de différentes disciplines.

Un matériau multi-physique

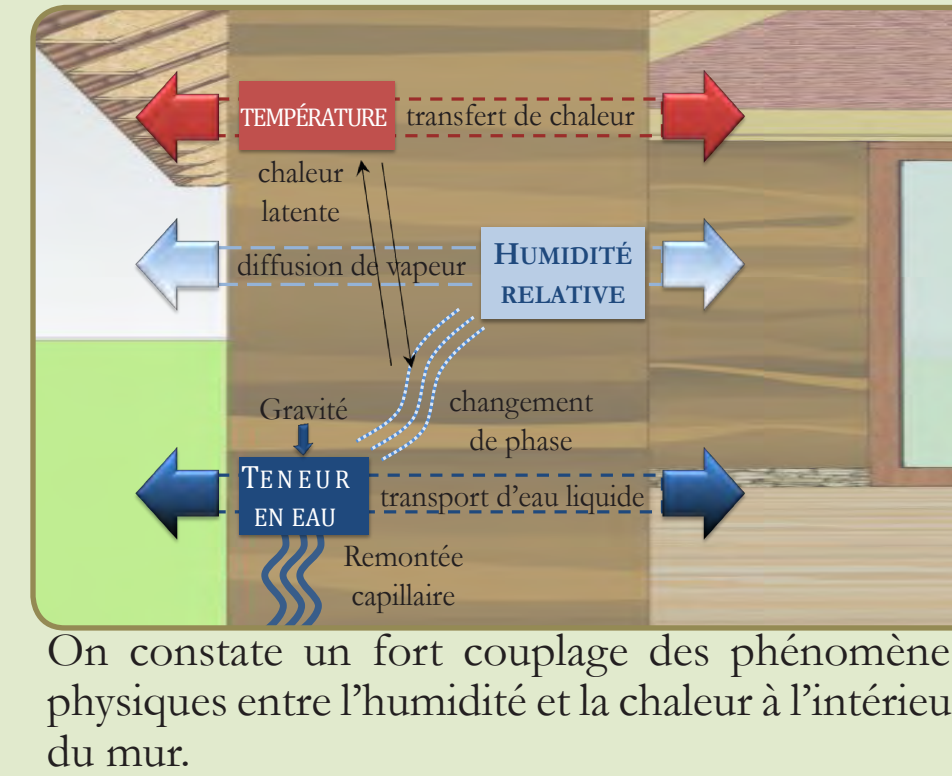
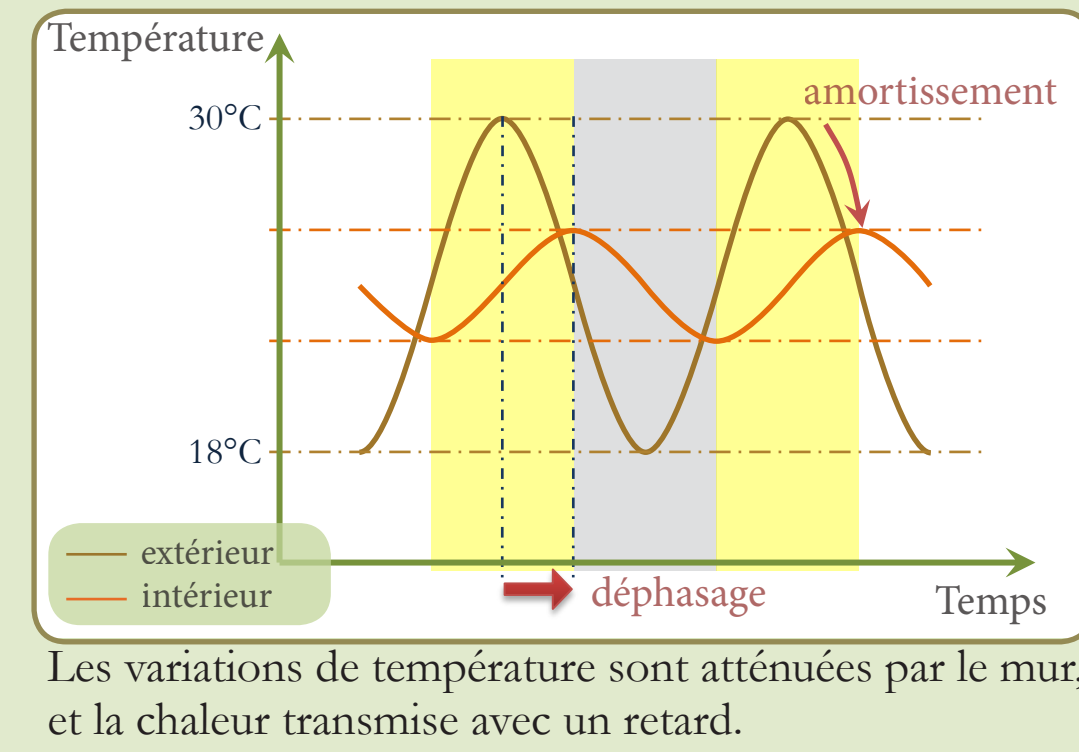
Le pisé est un **milieu poreux**, constitué d'une matrice solide (grains) et de vides, qui peuvent être remplis par les phases solide (glace), liquide (eau) et gazeuses (vapeur d'eau, air sec).

Sa composition granulométrique forme une **multi-porosité**, ce qui est à l'origine de son caractère **hygroscopique** : à l'état sec et mis au contact de l'humidité, la vapeur d'eau peut se fixer à sa surface. L'eau liquide assure la **cohésion** du matériau en constituant des ponts capillaires entre les particules d'argiles et les granulats.

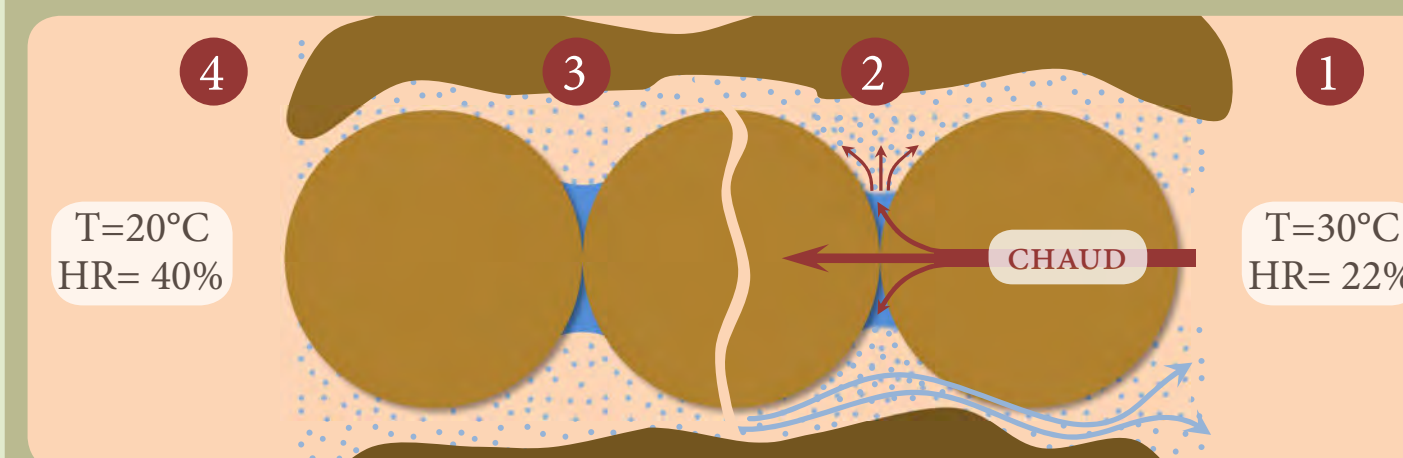


Le matériau est capable de retenir de **grandes quantités d'eau**, ce qui rend son séchage très long. Pour un de nos cas d'étude, la teneur en eau initiale (environ 340L par mètre cube de terre compactée) a été divisée par deux au bout de 3 semaines et par quatre au bout de 9 mois.

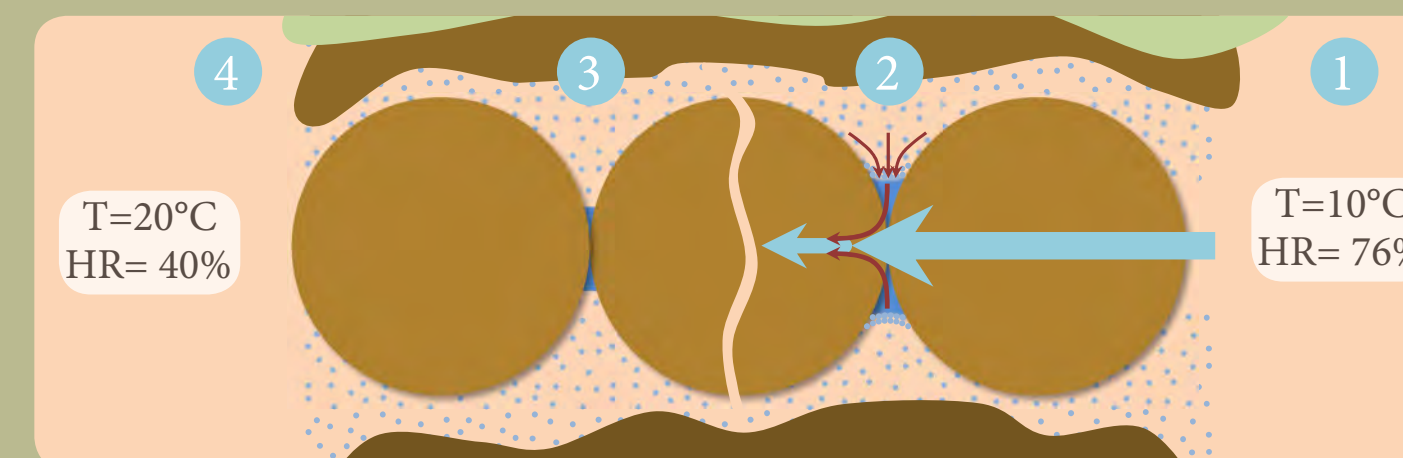
Ces quantités d'eau sont alors susceptibles de s'évaporer puis de se condenser, captant puis relâchant de la chaleur. Ces changements de phase sont à l'origine des régulations en température opérées par le matériau, offrant ainsi plus de **confort**. Les transferts de vapeur permettent d'**évacuer l'humidité** et de limiter les risques de moisissures.



Climatisation et chauffage naturels



- 1 : augmentation de la température extérieure
- 2 : consommation d'une partie de la chaleur par évaporation
- 3 : température inchangée et début d'un gradient d'humidité relative
- 4 : l'intérieur reste frais et l'humidité relative est évacuée



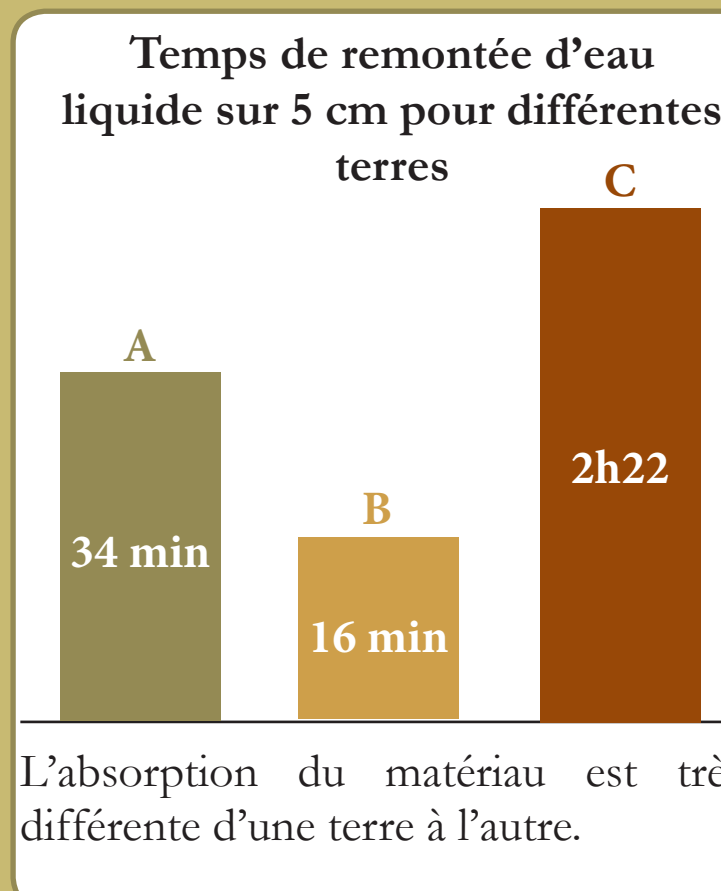
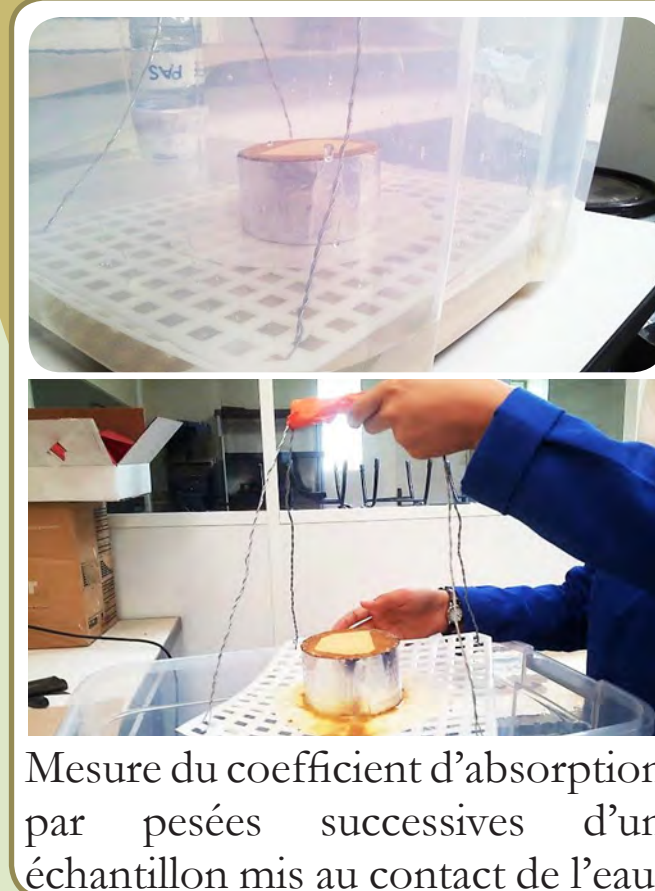
- 1 : diminution de la température extérieure
- 2 : condensation et dégagement de chaleur
- 3 : température inchangée
- 4 : l'intérieur reste chaud

Des études scientifiques approfondies dans de multiples disciplines

Ecoulement d'eau liquide

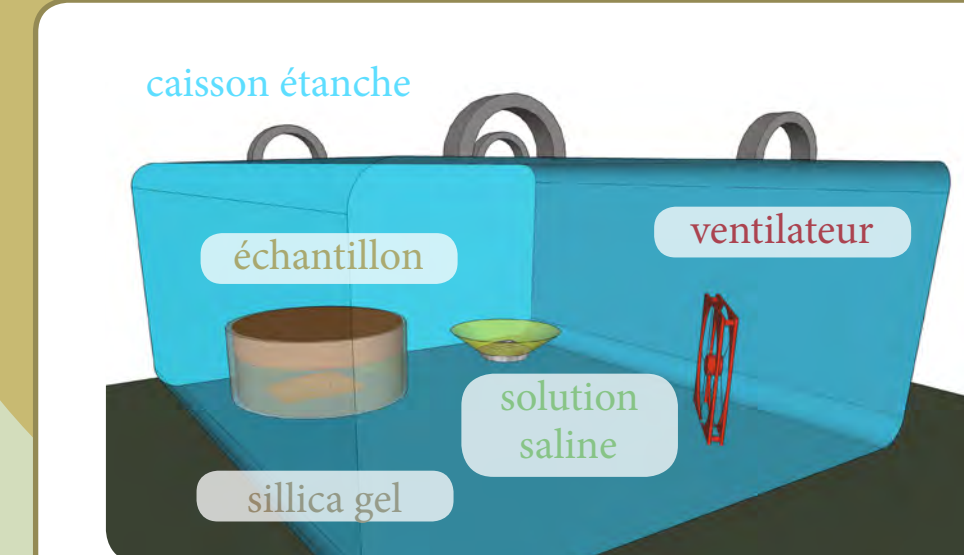
Le matériau terre est capable de retenir beaucoup d'eau liquide, qui est susceptible de migrer. Il est nécessaire de quantifier les effets de la **gravité** sur ces masses d'eau afin d'identifier les meilleurs moments pour enlever le coffrage, pour arrêter les constuctions en hiver à cause du risque de gel,...

Une pathologie très courante dans les constructions en terre est le phénomène de **remontées capillaires** : le soubassement n'est plus fonctionnel et l'eau est absorbée par le mur. Lorsque ces remontées sont trop importantes, la **stabilité** de la structure peut être **remise en cause**.

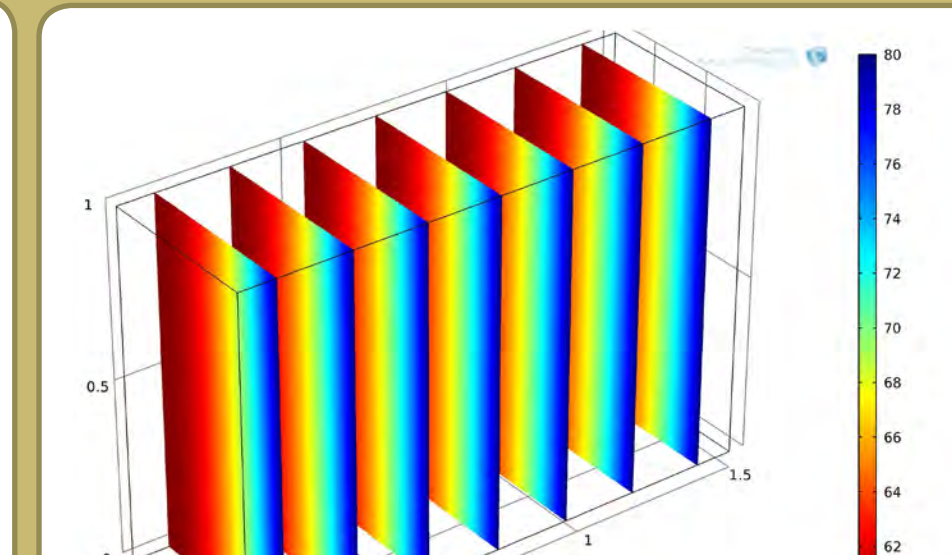


Transferts de vapeur d'eau

Le matériau terre est un matériau très perméable à la vapeur, ce qui permet d'évacuer les quantités d'humidité créées par les activités des occupants. Cette **respiration** est essentielle à la régulation de l'humidité en son sein et il est indispensable qu'aucune barrière n'entrave cette migration vers l'extérieur. Le problème se pose dans le cas de l'utilisation d'**isolant imperméable** : on constate une accumulation d'eau qui peut conduire à un **effondrement**.



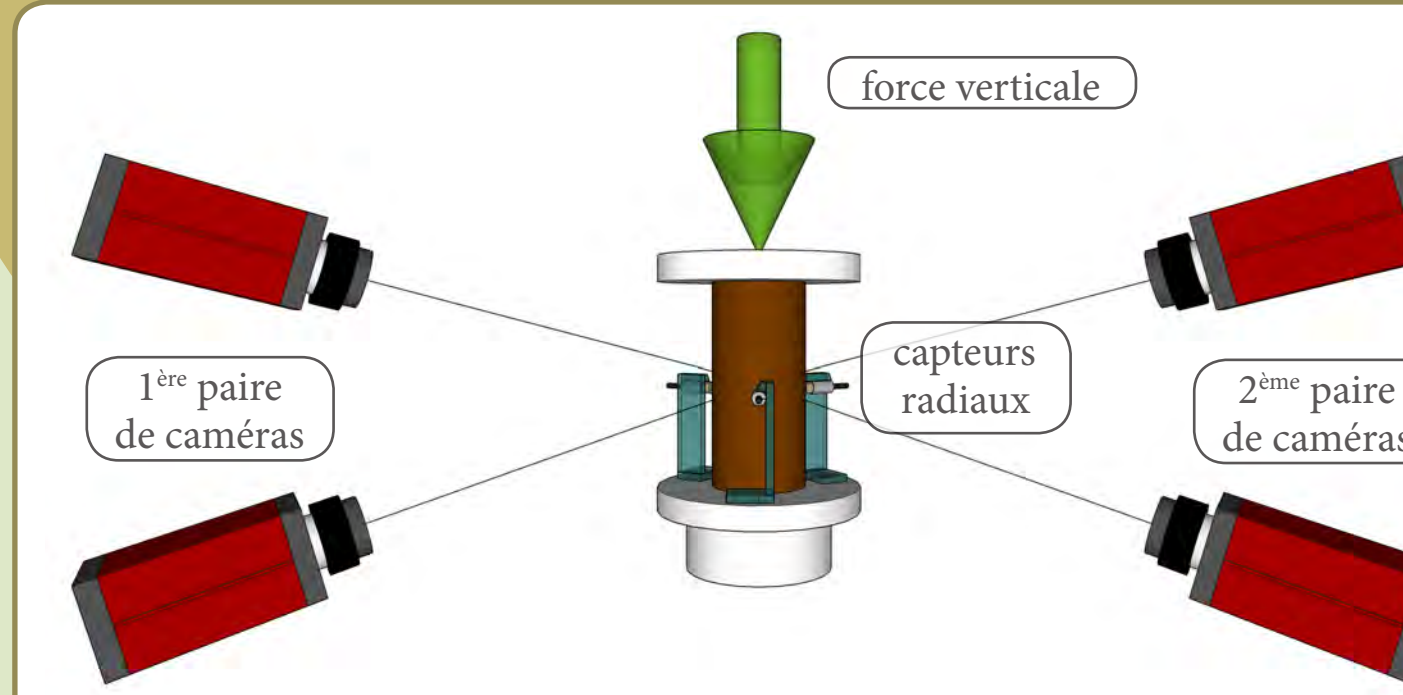
L'échantillon est placé entre deux humidités relatives différentes. Le transfert d'humidité à travers l'échantillon est ainsi mesuré, duquel est déduite la perméabilité à la vapeur.



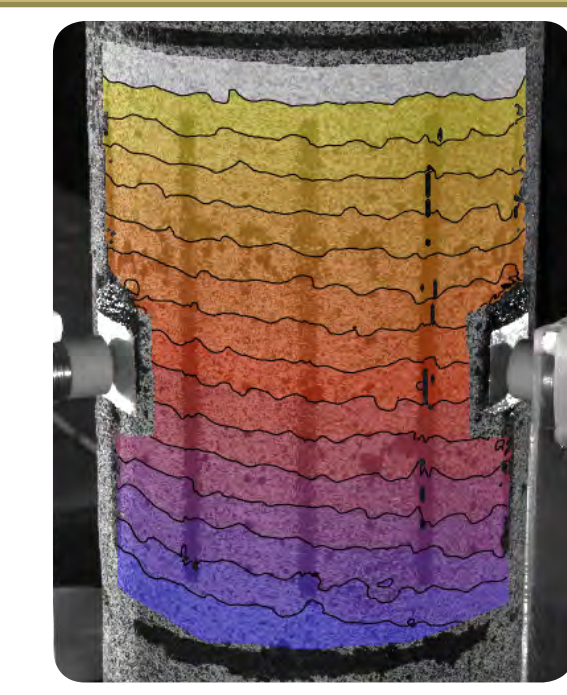
Des modélisations sont réalisées pour évaluer la propagation de l'humidité à travers le mur.

Matrice argileuse

La matrice argileuse entre dans la composition du matériau terre, où elle joue un rôle central : elle constitue la **liaison** avec les granulats, laquelle réagit de façon complexe avec l'**humidité**. L'objectif est d'aboutir à une **loi de comportement** adéquate et, grâce à la théorie d'homogénéisation, être capable de modéliser précisément le comportement d'une couche de pisé, quelle que soit l'humidité.



Mesure des déformations surfaciques, à l'aide de caméras, lors d'essais de compression simple.



Mesure des déformations radiales et du champ de déplacements à la surface de l'échantillon.

Structure

L'étude de l'**interface** entre deux lits entre en second temps. Elle vise ici à intégrer à la modélisation les **hétérogénéités** liées aux différentes couches. L'objectif est ici aussi d'obtenir une loi de comportement globale du mur. L'étude plus précise de ce comportement permettra de répondre de façon plus adéquate aux recommandations actuelles concernant les **risques sismiques**, d'éviter au mieux les sur-dimensionnements et les réhabilitations qui constituent un danger pour les occupants.

