

Premières assises nationales de la construction en terre
Grenoble, 5 avril 2008

TERRE ET CONFORT INTÉRIEUR - L'ÉQUILIBRE

IN BALANCE – LEHM UND RAUMKLIMA

DR.-ING. CHRISTOF ZIEGERT

ZRS Architekten Ingenieure, Berlin





INTRODUCTION 1

EINFÜHRUNG

MATÉRIAU
BAUSTOFF

VALEURS MATÉRIAU
WERTE BAUSTOFF

VALEURS CLIMAT INTÉRIEUR
WERTE RAUMKLIMA

DR.-ING. CHRISTOF ZIEGERT





















L'utilisation des matériaux en terre pour leurs qualités optiques et régulatrices

Lehmbaumstoffe – Einsatz aufgrund von optischen und raumklimatischen Qualitäten

INTRODUCTION 1
EINFÜHRUNG

MATÉRIAU
BAUSTOFF

VALEURS MATÉRIAU
WERTE BAUSTOFF

VALEURS CLIMAT INTÉRIEUR
WERTE RAUMKLIMA

DR.-ING. CHRISTOF ZIEGERT



L'utilisation des matériaux en terre pour leurs qualités optiques et régulatrices

Lehmbaumstoffe – Einsatz aufgrund von optischen und raumklimatischen Qualitäten

INTRODUCTION 2
EINFÜHRUNG

MATÉRIAU
BAUSTOFF

VALEURS MATÉRIAU
WERTE BAUSTOFF

VALEURS CLIMAT INTÉRIEUR
WERTE RAUMKLIMA

DR.-ING. CHRISTOF ZIEGERT

CONFORT ET QUALITE DE L'AIR INTÉRIEUR

prévention

- ✓ émanations toxiques -> matériaux de construction, mobilier, usage
- ✓ conditions hygrométriques -> influencées directement par les propriétés hygrothermiques des matériaux

problèmes de santé si la degré d'humidité relative de l'air est

< 30-40 %, médicalement déconseillé, lié à une ventilation mécanique ayant un taux de renouvellement trop élevé

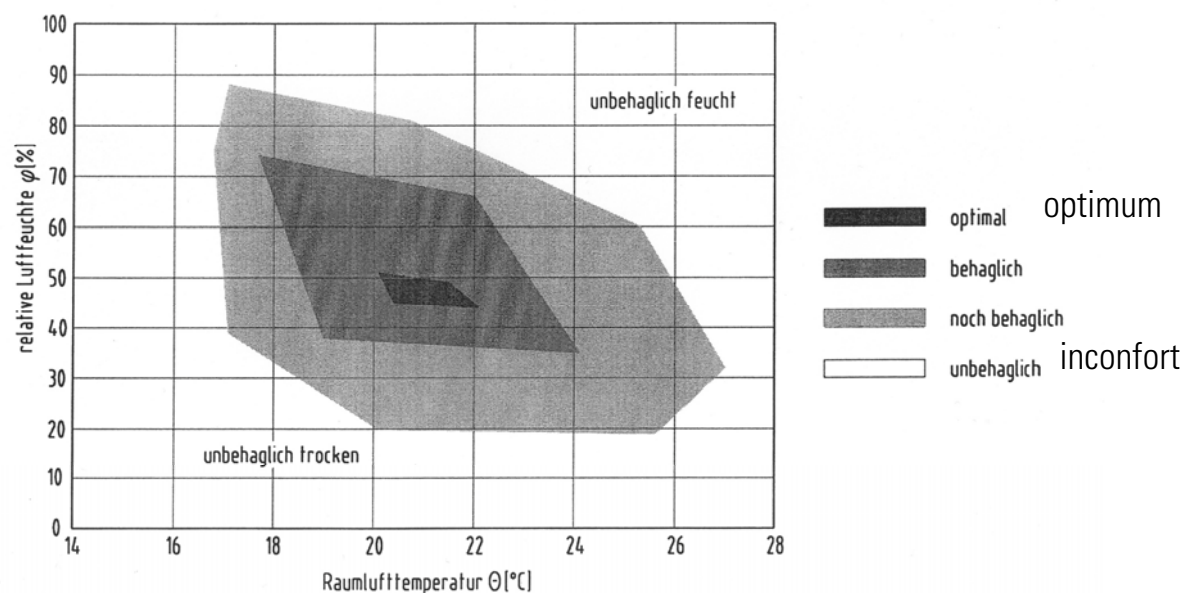
< 60-80 %, prolifération de moisissures

- 1 logement sur 10 en Allemagne est contaminé par des champignons

- 1 logement sur 4 dans le bâti ancien rénové en Allemagne



Ecobati Scrl
Première avenue 25
4040 Herstal
Belgique
Tel : 0032 (4) 246.32.49
Fax : 0032 (4) 247.06.07
www.ecobati.be
info@ecobati.be



Principaux paramètres influançant le degré d'humidité

Wesentliche Einflussgrößen auf die Luftfeuchte von Innenräumen

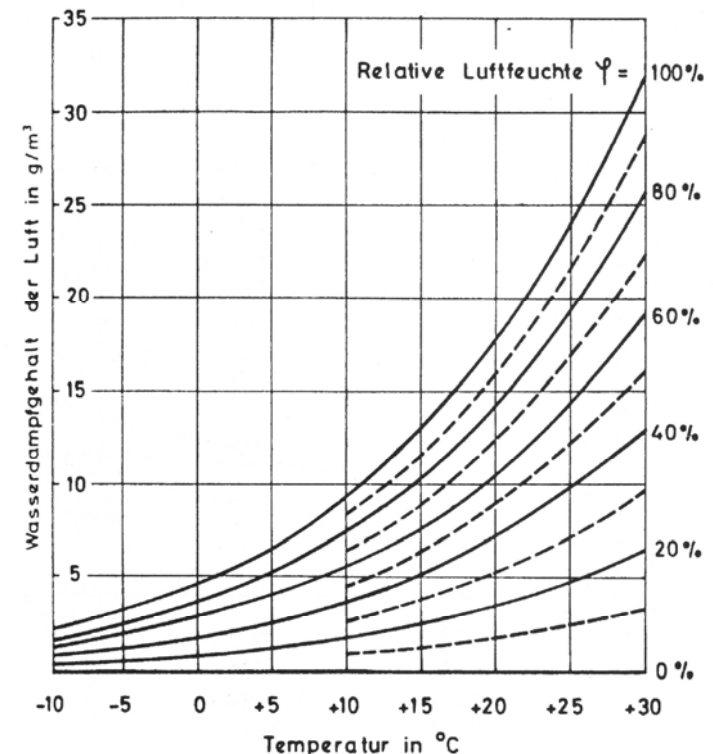
- Production de vapeur d'eau par l'occupation et les activités des habitants

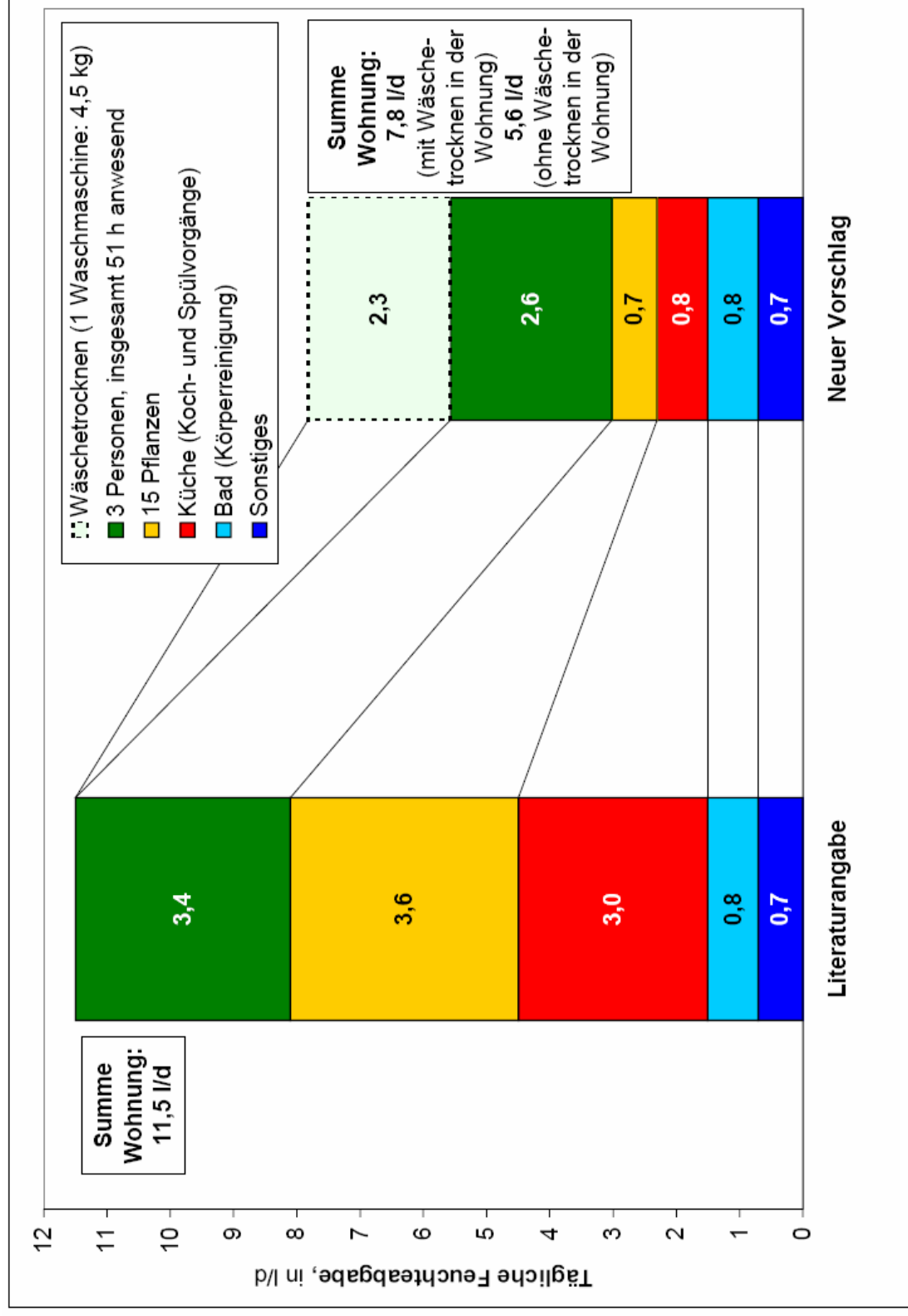
- Taux de renouvellement de l'air

- étanchéité de l'enveloppe Luftdichtheit
- pratiques d'aération Lüftungsverhalten
 - aération conventionnelle par les fenêtres Fensterlüftung
 - ventilation forcée Zwangslüftung

- Régulation de l'humidité de l'air grâce à la capacité d'absorption des matériaux de surface et du mobilier

Pufferung der Raumluftheuchte durch Feuchtesorptionsvermögen der raumhüllenden Bauteile (und die Einrichtung)





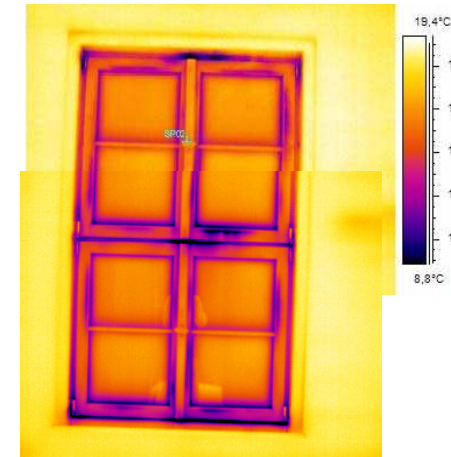
Tägliche Feuchteabgabe in einer 3-Personen-Modellwohnung – Vergleich von Literatur und neuem Vorschlag

Aération de base

Grundlüftung **Infiltration** par les interstices
durch Bauwerksfugen

objectifs: hygiène, conservation du bâti
intensité: renouvellement env. 0,3 à 0,5 fois

bâti ancien : veiller à conserver une aération de base indépendamment des usagers et de la technique !
Nutzer- und technikunabhängige Grundlüftung sichern!



Aération de besoin

Bedarfslüftung **Ventilation** par ouverture des fenêtres ou par des systèmes d'aération
durch Fensterlüftung oder Lüftungseinrichtungen

objectifs: évacuation de pics d'humidité ponctuels
Abfuhr kurzzeitig erhöhter Lasten (Feuchte)
intensité: x-fois bref renouvellement d'air
kurzzeitig x-facher Luftwechsel



Problème

- aération : quand ? combien de fois ? → difficile à gérer Überforderung des Nutzers
- problème exacerbé dans la construction à basse consommation d'énergie avec renouvellement d'air réduit (étanchéité)
Verschärfung der Situation bei energiesparenden Bauwesen mit reduziertem Luftwechsel
- problème renforcé par rapport aux émissions toxiques
Verschärfung durch Schadstoffe aus Einrichtung, Reinigung etc.
- problème aggravé par des taux d'humidité fluctuants
Verschärfung durch dynamische Feuchtelasten

Besoin

- plus grande flexibilité et tolérance concernant les pratiques d'aération
Erhöhte Flexibilität und Toleranz im Lüftungsverhalten

Climat intérieur

Raumklima

et

und

matériaux en terre

Lehmbaustoffe

- Température

- température de l'air Raumlufthtemperatur

- rayonnement des parois intérieures

Wärmestrahlung der raumhüllenden Bauteilflächen

- rayonnement des appareils

chauffants/rafraichissants

Wärmestrahlung von Heiz- bzw. Kühlflächen

- Humidité Feuchte

- degré d'humidité relative de l'air relative Raumlufftfeuchte

- Mouvements d'air Luftbewegung

← Pas de propriétés thermiques

particulières keine besonderen thermischen Eigenschaften

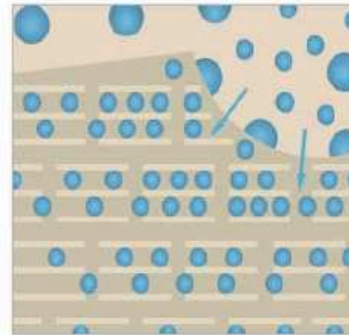
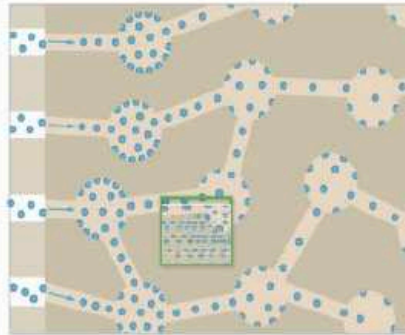
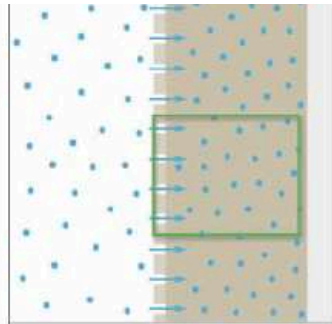
← Propriétés hygrométriques particulières

besondere hygrische Eigenschaften

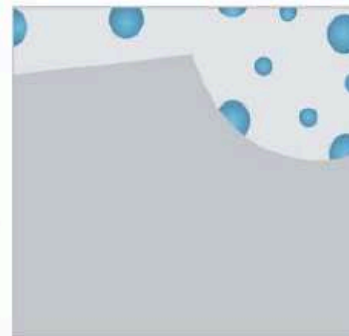
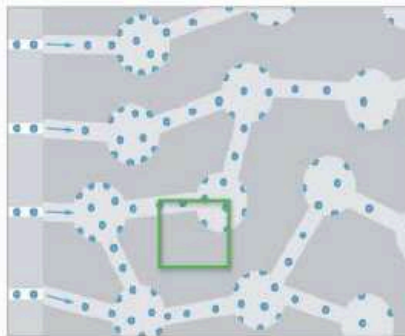
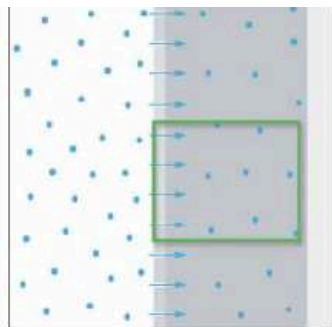
Comparaison graphique de l'absorption de la vapeur d'eau par un enduit terre et par un autre enduit

Grafische Darstellung der Luftfeuchtesorption von Lehmputzen und Nicht-Lehmputzen

enduit en terre



enduit autre



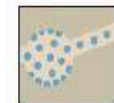
molécules de vapeur d'eau dans l'air

peinture sur enduit terre

pore, capillaire et matière terre

peinture sur enduit autre que terre

pore, capillaire et matière autre que terre



Capacité d'absorption de la vapeur d'eau par les matériaux de construction

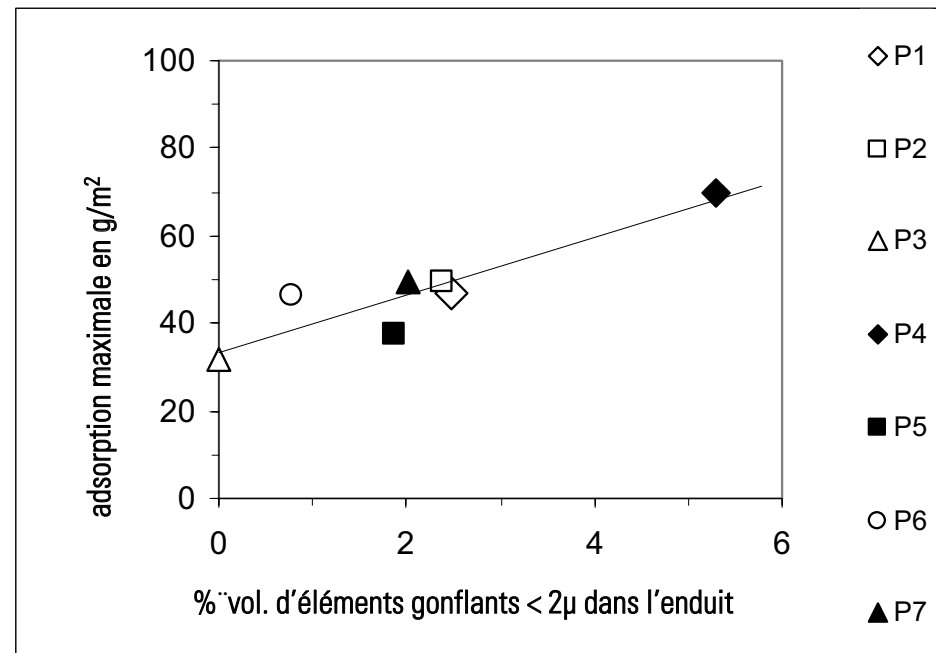
Luftfeuchtesorption von Baustoffen

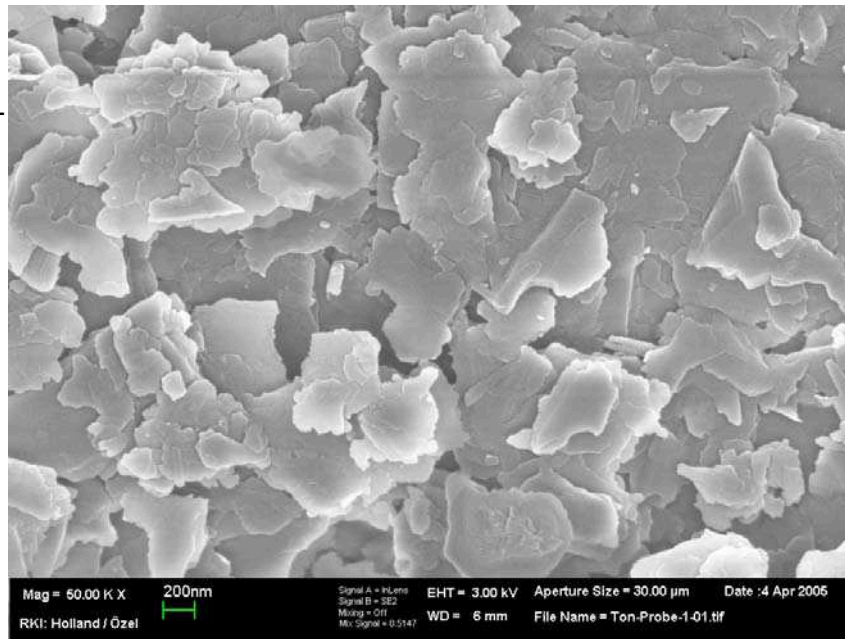
- par condensation capillaire (sur les parois des interstices capillaires, en fonction du diamètre des pores et du degré d'humidité)

über Kapillarkondensation (Kondensationsvorgänge an den Wandungen feinsten Poren in Abhängigkeit vom Porendurchmesser und der Luftfeuchtigkeit)

- dans matériaux contenant des argiles gonflantes à trois couches, l'eau peut en plus s'accumuler par adsorption dans l'espace interfoliaire

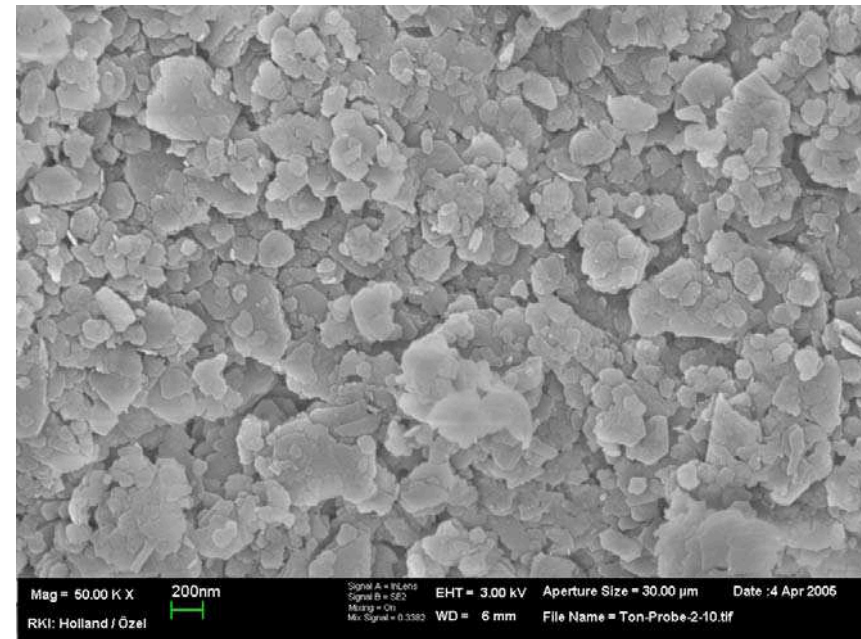
bei bestimmten tonhaltigen Baustoffen kann sich zusätzlich Luftfeuchte in den Zwischenschichten sogenannter „quellfähiger Dreischichttonminerale“ anlagern





Feuillets à 2 couches p.ex. kaolinite

- diamètre moyen des particules 0,5 – 4 µm
- feuillets relativement épais
- surface spécifique 10 m²/g
- charges faibles
- tendance à l'empilement modérée



Feuillets à trois couches (argiles gonflantes, smectites) p.ex. montmorillonite

- diamètre moyen des particules < 0,2 µm
- feuillets extrêmement minces
- surface spécifique jusqu'à 1000 m²/g
- charges élevées
- tendance à l'empilement élevée

Le liant de la terre - les différents types d'argile

Tonminerale - das Bindemittel im Lehm : Arten der Tonminerale

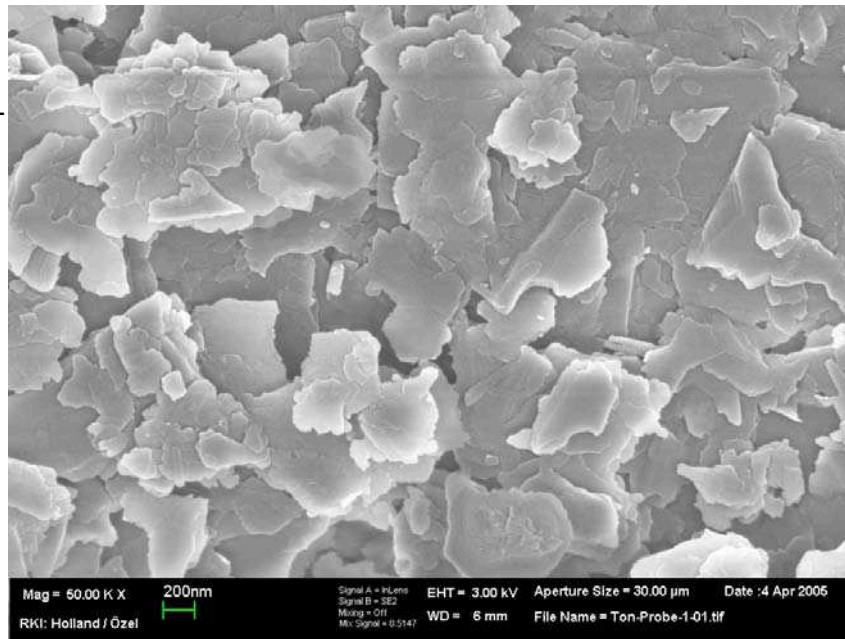
INTRODUCTION
EINFÜHRUNG

MATÉRIAU 1
BAUSTOFF

VALEURS MATÉRIAU
WERTE BAUSTOFF

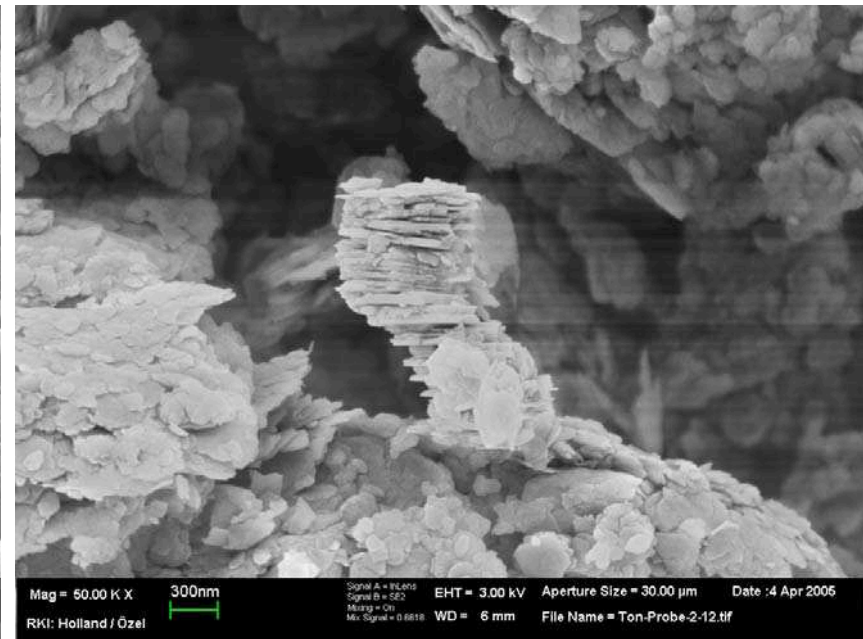
VALEURS CLIMAT INTÉRIEUR
WERTE RAUMKLIMA

DR.-ING. CHRISTOF ZIEGERT



Feuillets à 2 couches p.ex. kaolinite

- liant peu actif
- faible cohésion
- faible capacité d'absorption de la vapeur d'eau
- faible gonflement et retrait



Feuillets à trois couches (argiles gonflantes, smectites) p.ex. montmorillonite

- liant actif
- bonne cohésion
- forte capacité d'absorption de la vapeur d'eau
- forte tendance au gonflement et retrait

Le liant de la terre - les différents types d'argile et leurs propriétés

Tonminerale - das Bindemittel im Lehm : Arten der Tonminerale

INTRODUCTION
EINFÜHRUNG

MATÉRIAU 2
BAUSTOFF

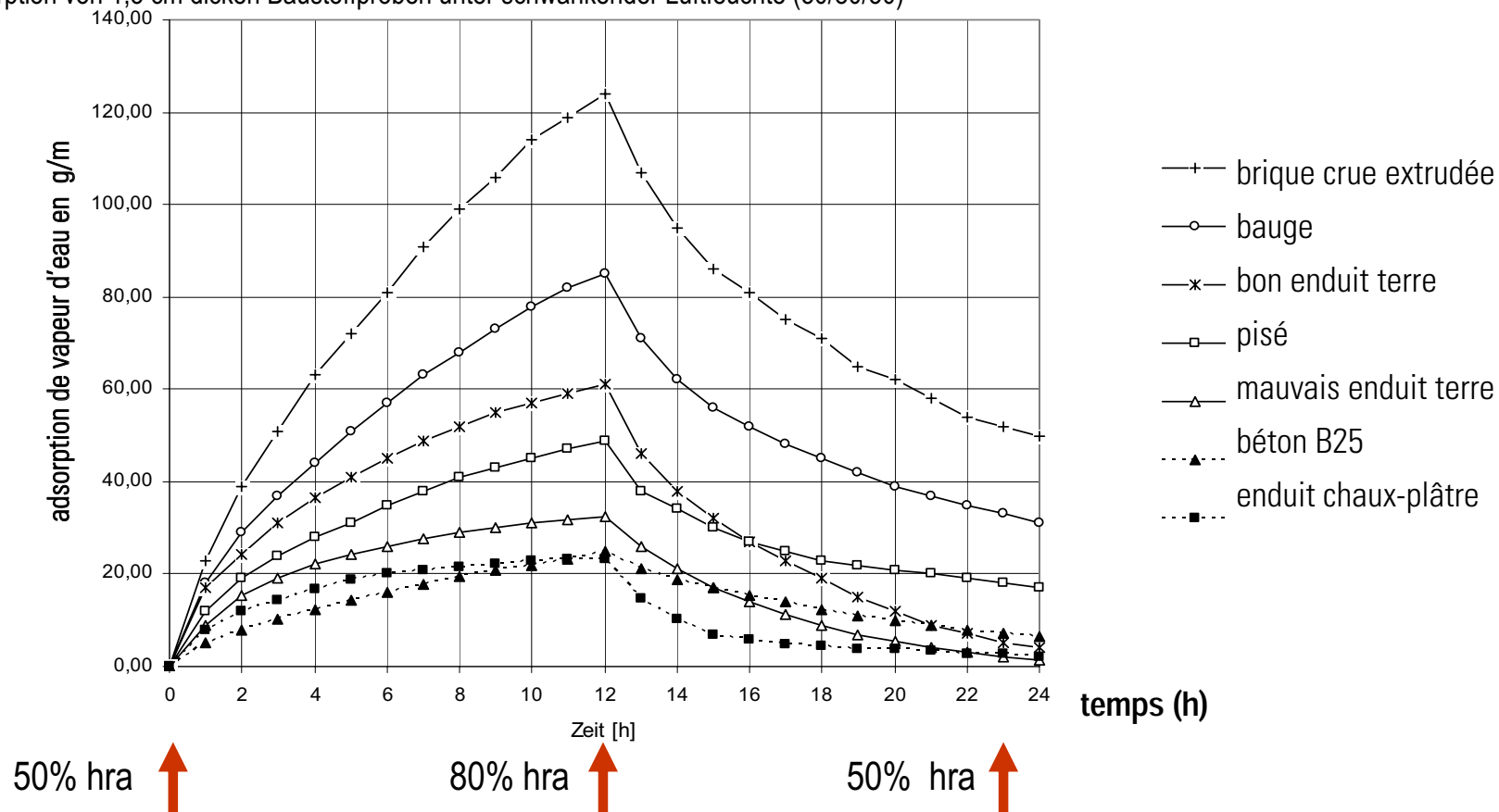
VALEURS MATÉRIAU
WERTE BAUSTOFF

VALEURS CLIMAT INTÉRIEUR
WERTE RAUMKLIMA

DR.-ING. CHRISTOF ZIEGERT

Absorption de la vapeur d'eau par des échantillons de 1,5 cm d'épaisseur - humidité de l'air (50/80/50)

Wasserdampfsorption von 1,5 cm dicken Baustoffproben unter schwankender Luftfeuchte (50/80/50)

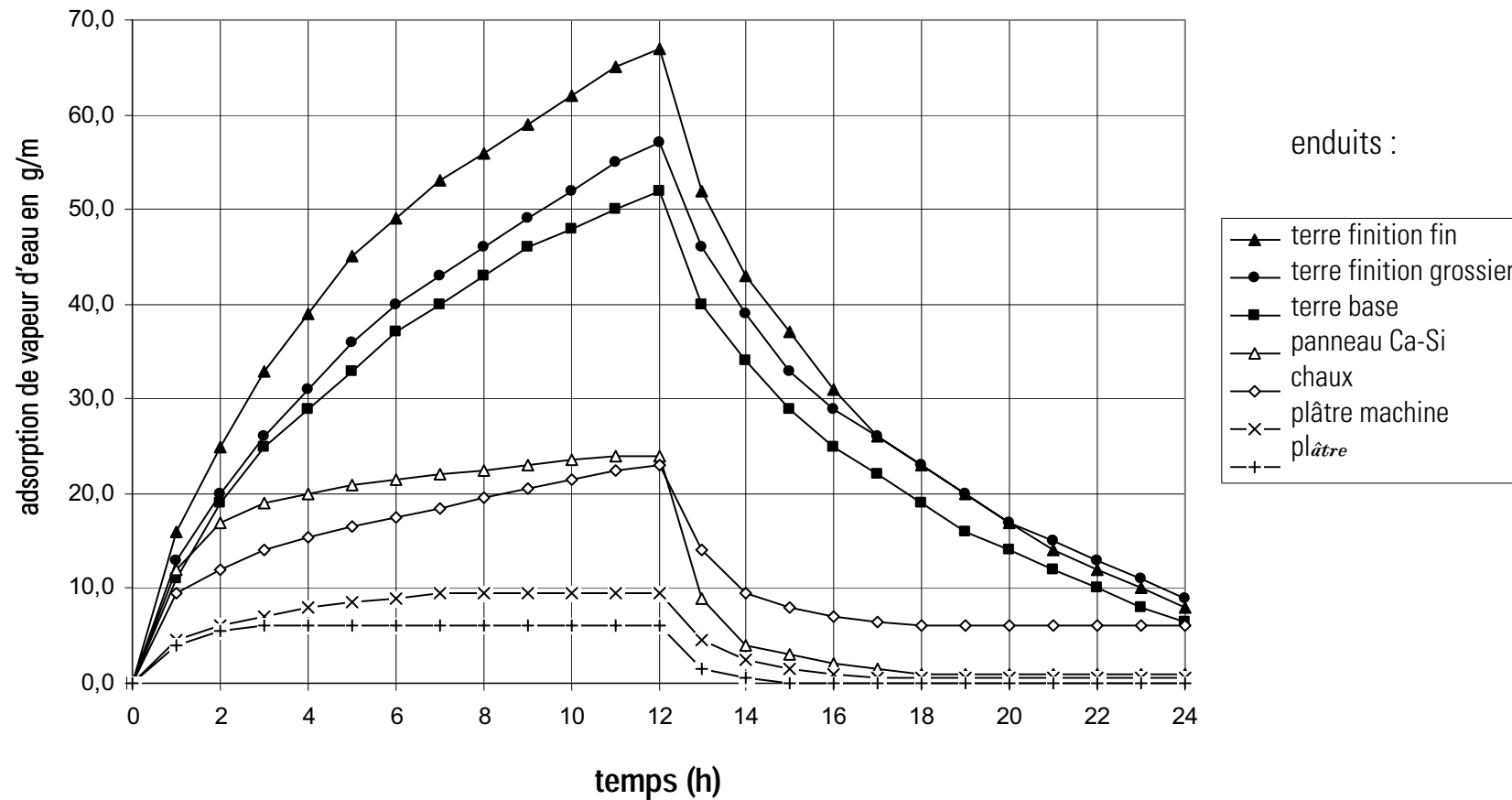


Essai d'après Minke 21°C

hra = humidité relative de l'air

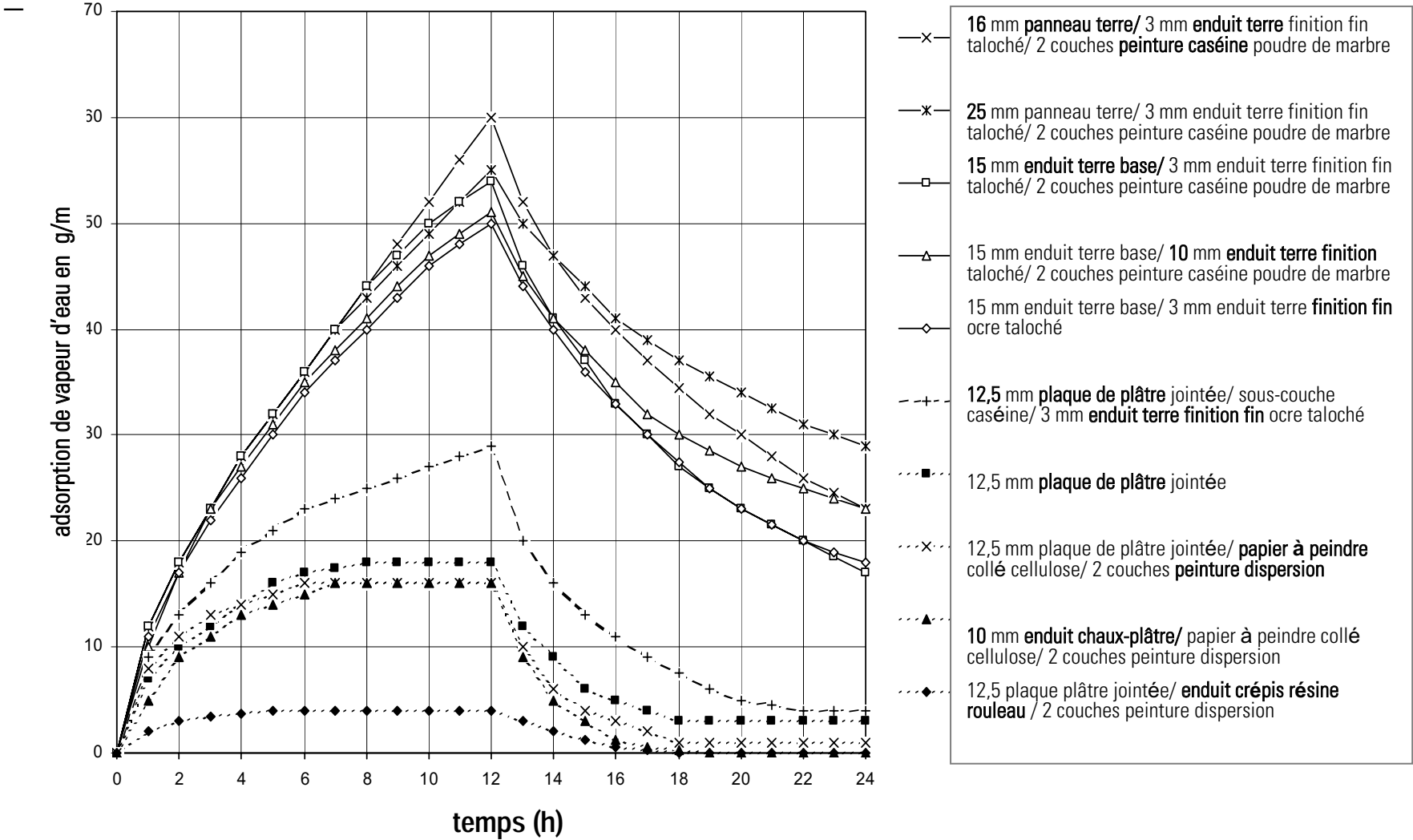
Absorption de la vapeur d'eau par des échantillons de 1,5 cm d'épaisseur - humidité de l'air (50/80/50)

Wasserdampfsorption von 1,5 cm dicken Baustoffproben unter schwankender Luftfeuchte (50/80/50)



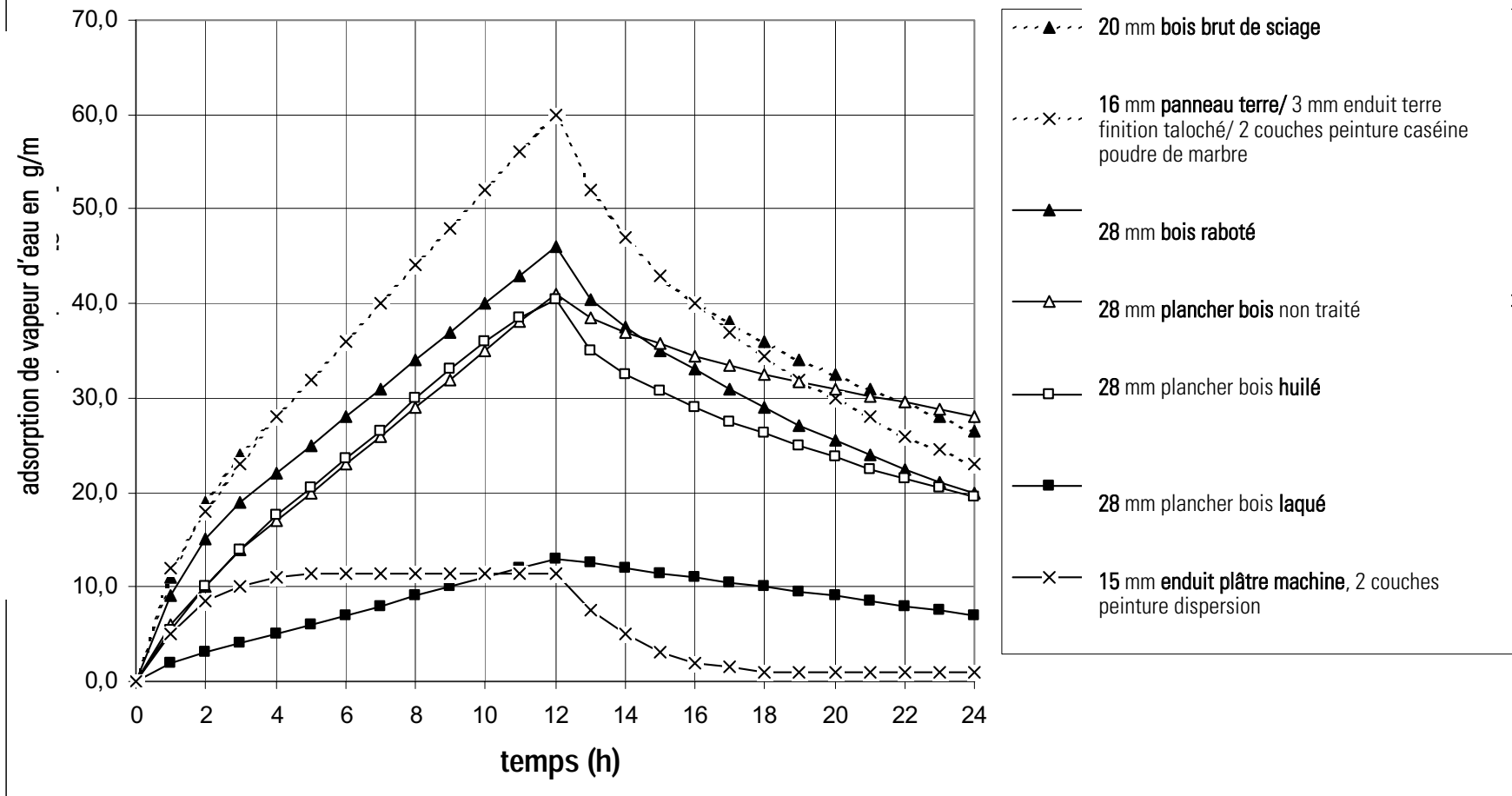
Absorption de la vapeur d'eau par des matériaux de surface - humidité de l'air (50/80/50)

Wasserdampfsorption von Ob erflächenaufbauten unter schwankender Luftfeuchte (50/80/50)



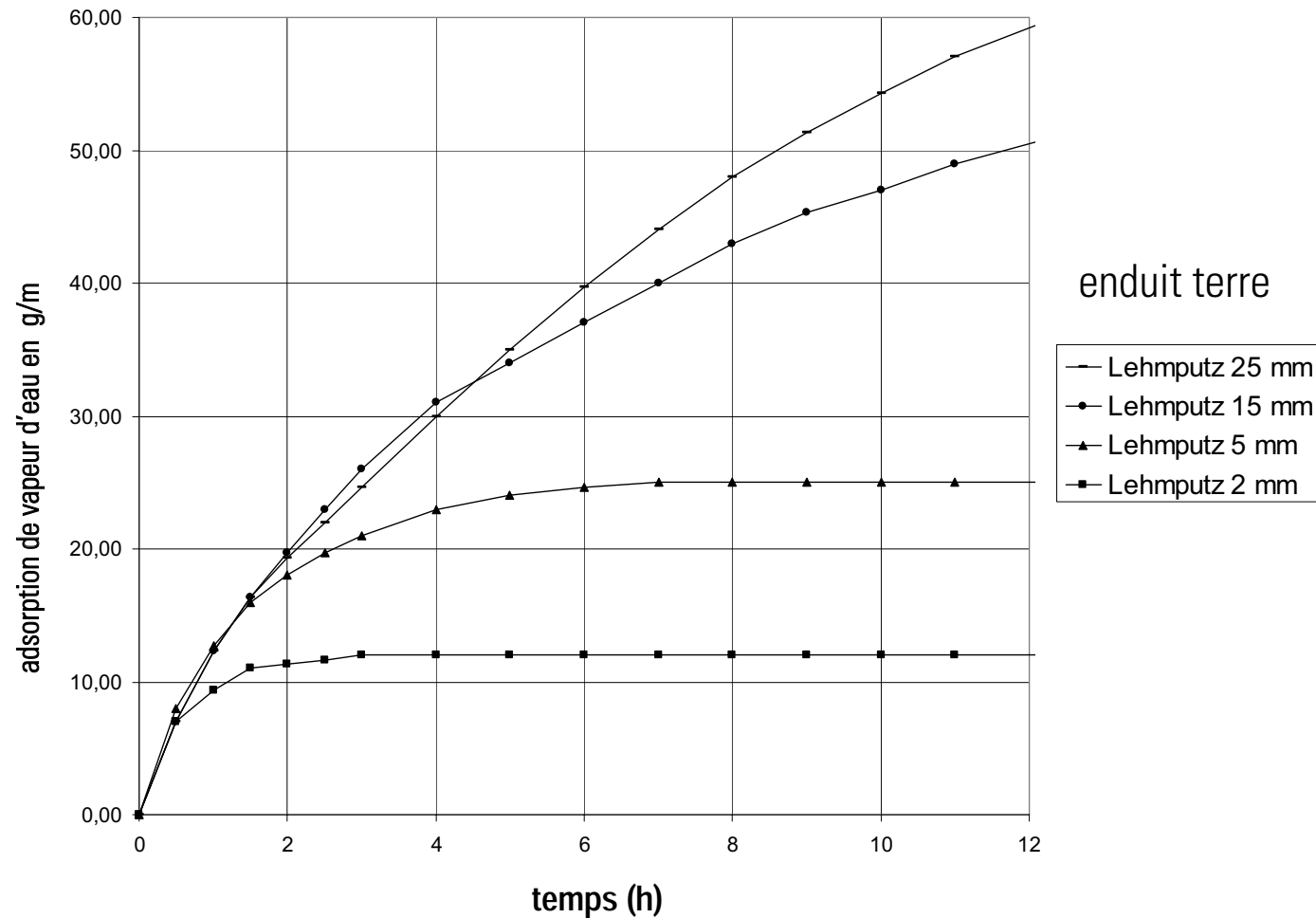
Absorption de la vapeur d'eau par des matériaux de surface - humidité de l'air (50/80/50)

Wasserdampfsorption von Ob erflächenaufbauten unter schwankender Luftfeuchte (50/80/50)



Absorption de la vapeur d'eau par des échantillons - humidité de l'air 50 % --> 80 %

Wasserdampfsorption von Baustoffproben bei einem Feuchtesprung von 50 au 80 %



—

Influence de variations climatiques naturelles sur un élément constructif en terre (loess) d'après Utz (2005)

Tiefenwirkung natürlicher Klimaschwankungen bei einem Lößlehmbauteil* nach Utz/2005:

profondeur affectée

1 cm
3 cm
5 cm
7 cm
16 cm
28 cm

durée

9 heures
24 heures
4 jours
10 jours
60 jours
150 jours

* Simulation avec Wufi 2D

Applications

Umsetzung



INTRODUCTION
EINFÜHRUNG

MATÉRIAU
BAUSTOFF

VALEURS ÉLÉMENT CONSTRUCTIF
WERTE BAUSTOFF-BAUTEIL

VALEURS CLIMAT INTÉRIEUR
WERTE RAUMKLIMA

DR.-ING. CHRISTOF ZIEGERT

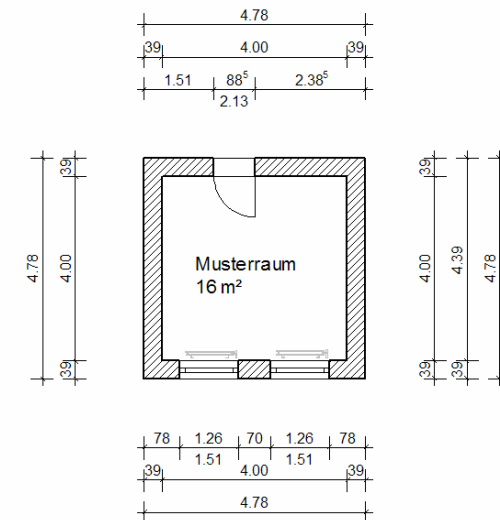
Modélisation du climat pour une pièce type [Eckermann et al – 2006]

Klima-Simulationsrechnung [Eckermann et al – 2006] für einen Musterraum

variables :

mit folgenden Variationsparametern:

- | | |
|---------------------------|-------------------------------------|
| - climat extérieur | unterschiedliches Außenklima |
| - renouvellement de l'air | unterschiedlicher Luftwechsel |
| - fréquentation | unterschiedliche Nutzungsintensität |
| - types de surfaces | unterschiedliche Wandoberflächen |



Modélisation du climat pour une pièce type [Eckermann et al – 2006]

Klima-Simulationsrechnung [Eckermann et al – 2006] für einen Musterraum

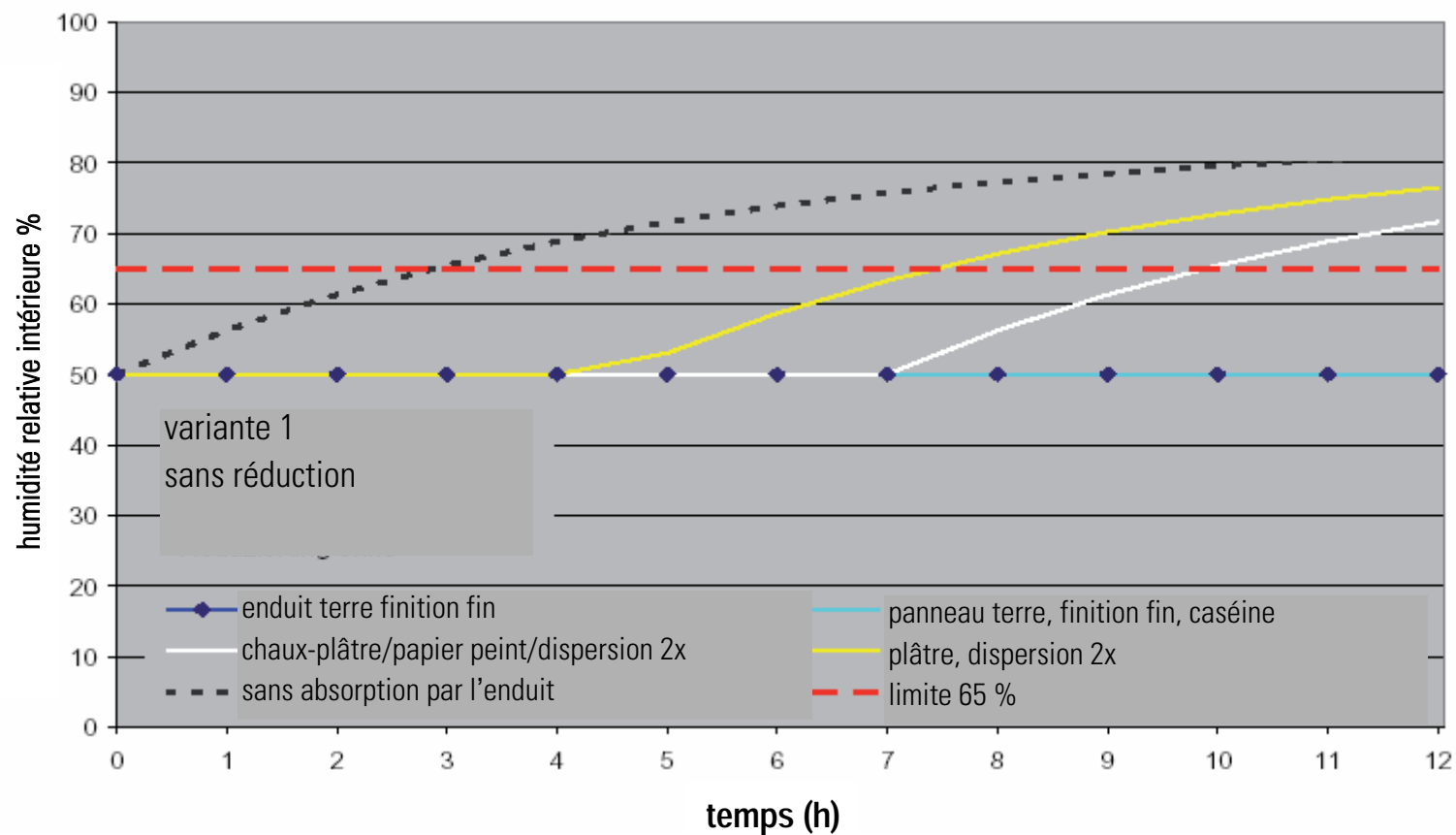
variables : mit folgenden Variationsparametern:

- climat extérieur
 - hiver doux: intérieur 20 °C / 50 %, extérieur 10°C / 85 %
 - hiver froid: intérieur 20 °C / 50 %, extérieur: 0°C / 85 %
- taux de renouvellement de l'air
 - faible (bâti ancien avec nouvelles fenêtres): 0,1 / h
 - normal: 0,2 / h
 - élevé: 0,8 / h
- fréquentation (vapeur produite)
 - modérée: 1,5 personnes (100 g / h)
 - moyen: 3 personnes (200 g / h)
 - élevé: bains (600 g / h)
- types de surfaces
 - non absorbant: verre
 - faiblement absorbant: enduit chaux-plâtre peint
 - fortement absorbant: terre
- différentes capacité d'absorption
 - adaptation des valeurs de l'essai où l'humidité relative passe de 50 à 80 %

Anpassung der im Sorptionsversuch bei 50 – 80 %gewonnenen Werte auf realen Bedingungen in Wohngebäuden

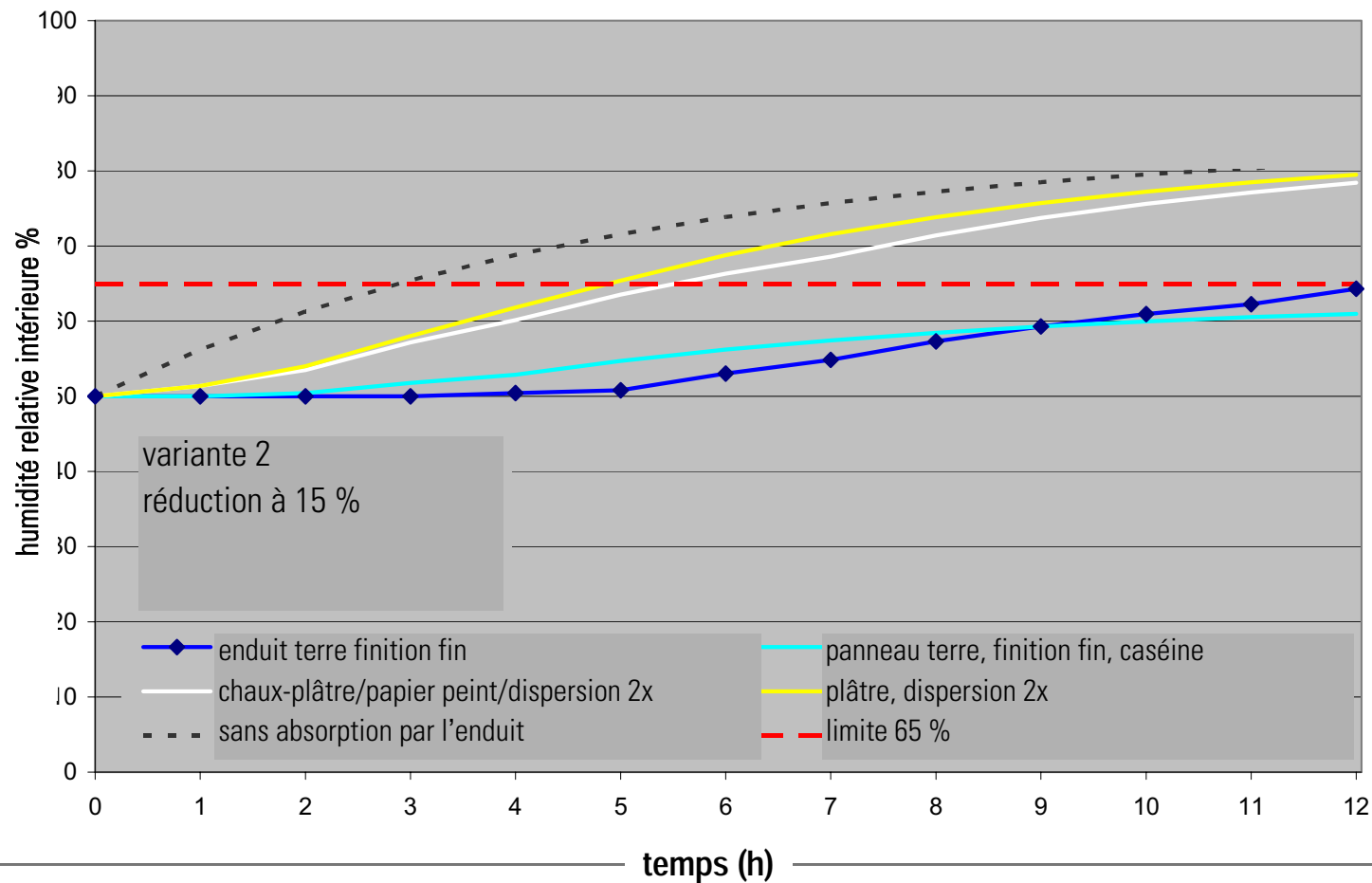
Modélisation du climat pour une pièce type [Eckermann et al – 2006]

hiver froid, vapeur d'eau 100 g/h, taux de renouvellement 0,2, extérieur 0°C et 85%



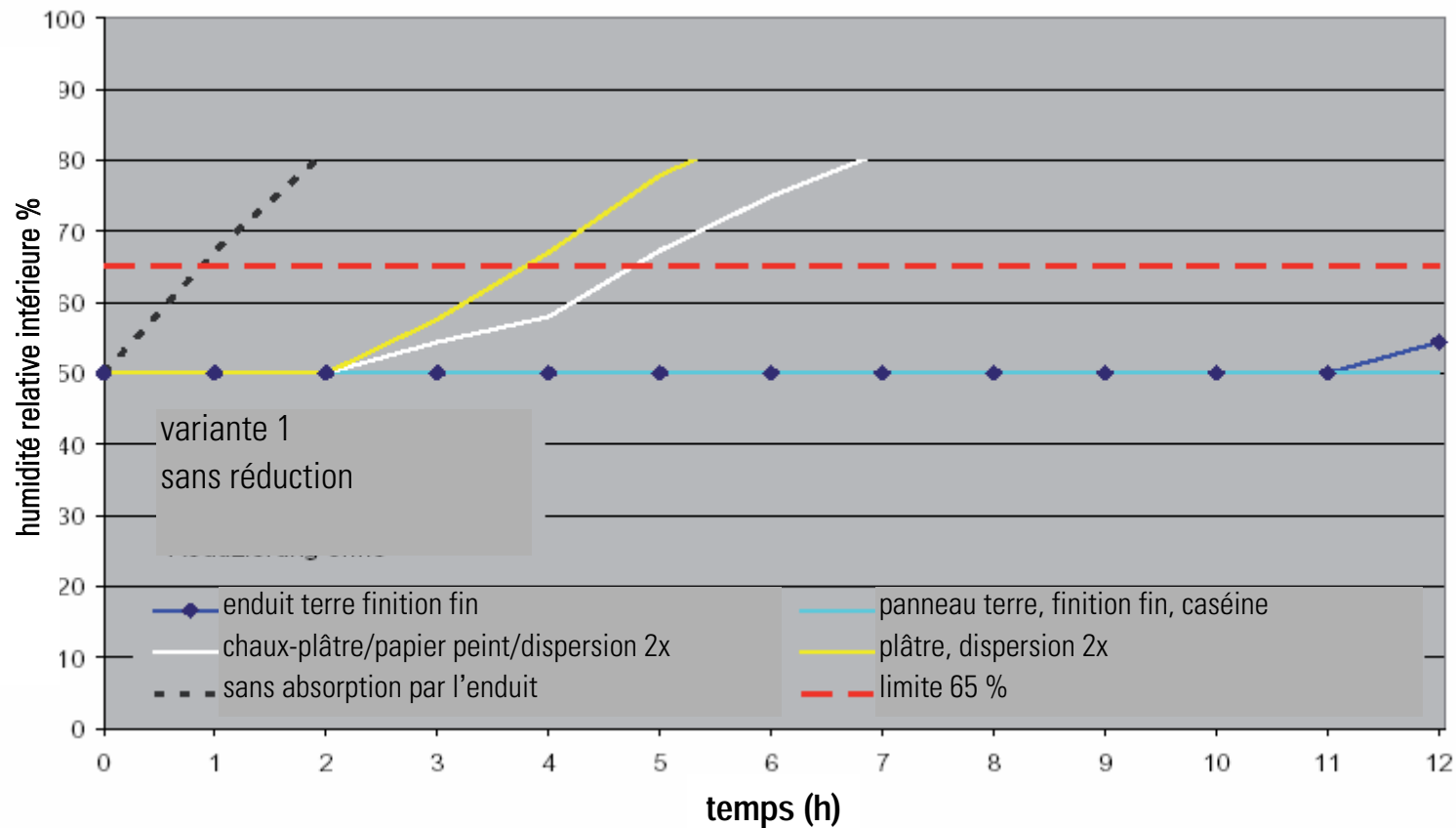
Modélisation du climat pour une pièce type [Eckermann et al – 2006]

hiver froid, vapeur d'eau 100 g/h, taux de renouvellement 0,2, extérieur 0°C et 85%



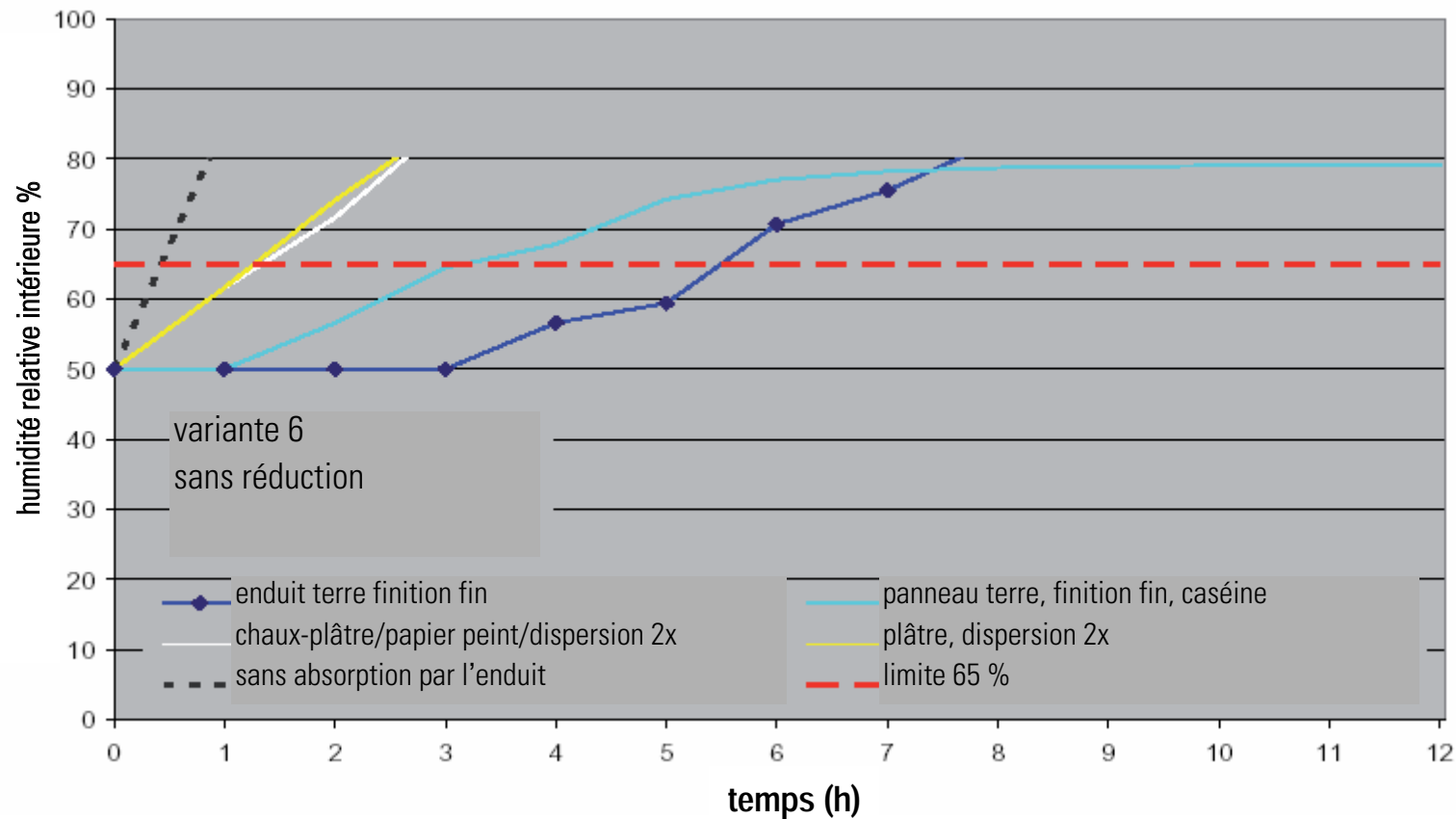
Modélisation du climat pour une pièce type [Eckermann et al – 2006]

hiver froid, vapeur d'eau 200 g/h, taux de renouvellement 0,2, extérieur 0°C et 85%



Modélisation du climat pour une pièce type [Eckermann et al – 2006]

hiver froid, vapeur d'eau 600 g/h, taux de renouvellement 0,8, extérieur 0°C et 85%



Conclusion

➤ **Qualité de l'air intérieur** Raumlufthqualität

- amélioration du confort et de la santé grâce à de l'air intérieur ni trop sec ni trop humide

Steigerung von Behaglichkeit und Wohngesundheit durch Vermeidung zu trockener und zu feuchter Raumluft

➤ **Protéger le bâtiment de l'humidité** Feuchteschutz des Bauwerkes

- réduction du risque de condensation lors de pics d'humidité

Verringerung des Risikos von Oberflächen-Tauwasser bei Feuchtespitzen

- plus grande flexibilité des pratiques d'aération (tolérance pour évacuer le trop d'humidité)

Erhöhung der Lüftungsflexibilität (zeitliche Toleranz zur Ablüftung der Feuchte)

- diminution de la dessiccation des éléments constructifs et du mobilier en bois durant la période de chauffage

Verringerung der Austrocknung von Holzbauteilen, Mobiliar etc. während des Hochheizens