

Comprendre l'eau dans le bâti

TEXTE DE LUC VAN NIEUWENHUYZE

L'eau c'est la vie, cela semble une évidence! Mais l'excès d'eau peut être mortel... pour le bâti traditionnel comme pour les maisons modernes. Les constructions anciennes ouvertes aux transferts d'eau vivent et vieillissent aussi. Les phénomènes liés à l'eau y sont multiples et complexes. Essayons de mieux les comprendre, sachant que le domaine n'est ni simple ni parfaitement maîtrisé, voire connu.

Dans le bâti, l'eau existe sous trois formes :

La vapeur d'eau

C'est un gaz qui ne se voit pas et ne se sent pas. Elle est présente dans notre environnement à partir de 0 °C. La vapeur d'eau se déplace toujours des zones à forte concentration vers les zones à plus faible concentration, en cherchant l'équilibre.

L'air ambiant accepte de plus en plus de vapeur d'eau selon sa température : à 5 °C, il peut accepter 5,4 g de vapeur par kilo d'air sec (1 m³ d'air sec pèse environ 1,2 kg), à 20 °C, il peut accepter 14,7 g. Au-delà de cette quantité, la vapeur apparaît, du brouillard se forme. C'est le seuil de saturation, qui représente 100 % d'humidité relative. Exemple : de l'air à 20 °C, 50 % HR, contient 7,36 g d'eau par kg, soit 8,7 g d'eau par m³.

Le diagramme de Mollier (voir page 12) permet une lecture rapide des conséquences de variation de température. Quand la température d'une ambiance baisse, le seuil de saturation peut être atteint : il y a condensation, un brouillard se forme, l'eau devient visible. La condensation se produit dans l'air ou dans les matériaux poreux accessibles à la vapeur et aussi à la surface de matériaux plus froids. Pour une maison confortable, l'humidité de l'air doit être comprise entre 45 % et 65 %.

L'eau liquide

L'eau liquide **descend par gravité**, dans les espaces ouverts. Sa vitesse de ruissellement sur



CALORIES

L'eau peut stocker beaucoup de calories, elle a une capacité thermique élevée. Son usage en fluide caloporteur est très répandu (le chauffage central).

Le principe des chaudières à condensation repose sur le fait que la condensation libère beaucoup de calories. À l'inverse, l'évaporation en absorbe beaucoup. Il faut beaucoup d'énergie pour obtenir ce changement de phase : on parle de chaleur latente d'évaporation élevée.

une surface dépend de la pente et des reliefs. L'eau **remonte par capillarité** dans des espaces restreints (tubes de diamètres inférieurs à 3 mm). La capillarité des matériaux dépend de plusieurs facteurs :

- la taille des pores. Avec un matériau comportant des tubes très fins, les parois attirent le liquide, qui s'élève jusqu'à une certaine hauteur, en fonction de la taille du tube.
- la nature du matériau : si le matériau est hydrophile, le liquide tend à s'étaler à la surface, c'est le cas du verre. Si le matériau est hydrophobe, le liquide va perler, c'est le cas de la cire. Ce sont des phénomènes de tension électrique de surface. La capillarité sera forte avec un matériau hydrophile.

La pierre dure et le bois sont peu capillaires, le tuffeau et les mortiers de chaux moyennement, la brique de terre cuite l'est deux fois plus que le mortier de chaux.

L'eau est un puissant solvant : elle dissout et transporte des **sels minéraux** et éléments organiques. Le calcaire et la chaux sont faiblement solubles, le plâtre beaucoup plus. Les remontées capillaires s'accompagnent de migrations de sels minéraux qui cristallisent en surface, au niveau où l'eau s'évapore. Ce sont les efflorescences, communément appelées « salpêtre », de natures différentes selon les éléments présents dans le sol. Les différences de concentration en sels minéraux dans un milieu humide entraînent un mouvement de la solution la moins salée vers l'eau plus salée pour rétablir une égalité de concentration : c'est l'osmose. Une forte



« Faciliter le ruissellement et entretenir ses cheminements doivent rester des objectifs du propriétaire »

concentration en sels dans une paroi accélère le phénomène de remontée capillaire.

Trois conditions sont nécessaires au développement des moisissures et champignons : de l'eau liquide en surface, une température comprise entre 5 et 25°, et de la nourriture, souvent des bois et matières organiques. Les fructifications peuvent être véhiculées par l'air. Les effets peuvent être destructifs pour la structure et pathogènes pour l'habitant.

La glace

Le passage d'eau à glace se fait avec une augmentation de volume. Cela provoque des poussées internes néfastes, sur des matériaux poreux de faible résistance, sur les mortiers jeunes dont le durcissement n'est pas abouti et sur des matériaux déjà fatigués par le temps. Pour éviter le gel dans les matériaux et ouvrages, les

QUELQUES DÉFINITIONS

Perméable : qui laisse passer l'eau liquide.

Perméant : qui laisse passer la vapeur d'eau. La perméance (W) exprime cette capacité à laisser passer la vapeur (elle exprime une quantité). Le coefficient de résistance, μ (mu) exprime l'inverse.

Paroi perspirante : concept apparu dans les années 90 comparant le comportement des parois à celui de la peau humaine. Ou, pour utiliser une analogie vestimentaire, à celui du GoreTex® en opposition au Kway®, plus comparé à un « pare-vapeur ». La notion de paroi perspirante évolue néanmoins : synonyme à l'origine de « perméant », elle sous-entend pour certains également « capillaire » et « composé de matériaux hygroscopiques ».

L'hygroscopicité caractérise la capacité du matériau à stocker et déstocker l'humidité. Elle est exprimée en kg/m³ mesurée à une humidité relative à 80 % (W80)

La valeur (Sd) de résistance à la diffusion de vapeur d'un matériau prend en compte l'épaisseur du matériau ($Sd = \mu \times \text{épaisseur}$). L'air a un Sd de 1. Plus est faible le sd d'un matériau, plus la vapeur peut y transiter. Plus le sd est grand, moins la vapeur passe. Un matériau imperméable à la vapeur (par exemple une feuille de métal) a un Sd tendant vers l'infini.

La conductivité thermique, λ (lambda), est la quantité de chaleur (W/mK) pouvant être transférée dans un matériau en un temps donné. Plus la valeur λ est petite, plus le matériau, à épaisseur égale, est isolant. Les isolants ont des $\lambda < 0,06$ W/mK.

La teneur en eau est la mesure de l'humidité des matériaux, elle s'exprime en quantité d'eau contenue par rapport au matériau sec.

La capillarité est la tendance d'un liquide à remonter le long d'un tube fin (la loi de Jurin permet de calculer la hauteur de cette ascension). La capillarité des matériaux se caractérise par le coefficient A, exprimé en kg/m² x secondes^{1/2}.

Point de rosée : image utilisée pour signifier « condensation par saturation de vapeur d'eau ».

constructeurs ont pris en compte les périodes de gel et conçu des ouvrages où l'eau ne stagne pas.

EAU LIQUIDE ET VAPEUR DANS LES MATÉRIAUX

La vapeur d'eau et l'eau liquide pénètrent dans les matériaux poreux en fonction de la nature du matériau, de la taille des pores et de la continuité entre ceux-ci. Il est difficile de différencier phase vapeur et phase liquide. Ne prendre en compte que la perméance à la vapeur d'eau des matériaux dans le bâti ancien est insuffisant : la capillarité véhicule des quantités d'eau 100 000 fois supérieures à la perméance.

Les murs, même avec une isolation, doivent au moins laisser sortir la vapeur d'eau. Dans la maison ancienne, tous les matériaux étaient choisis pour leur aptitude à sécher assez vite. ♦♦

Sur les toitures et façades l'écoulement de l'eau doit être aussi rapide que possible.

PAR L'ARCHITECTURE



© M. Fontaine (extrait ATHEBA)



L'eau et la thermie

L'eau conduit des calories. Son λ (lambda) est de 0,604, alors que l'air sec a un lambda de 0,026 (plus le chiffre est petit, plus l'élément est isolant). Un milieu humide est plus conducteur qu'un milieu sec. Le principe d'un isolant est d'enfermer de l'air sec, mais hormis les isolants à cellules fermées (mousse, granulats), les échanges de vapeur sont possibles, la performance peut baisser, de l'eau peut condenser. La conception et la mise en œuvre d'un système d'isolation doit prendre en compte l'humidité pouvant venir du mur et celle pouvant venir de l'ambiance.

LA GESTION DES SOURCES D'HUMIDITÉ DANS LE BÂTI

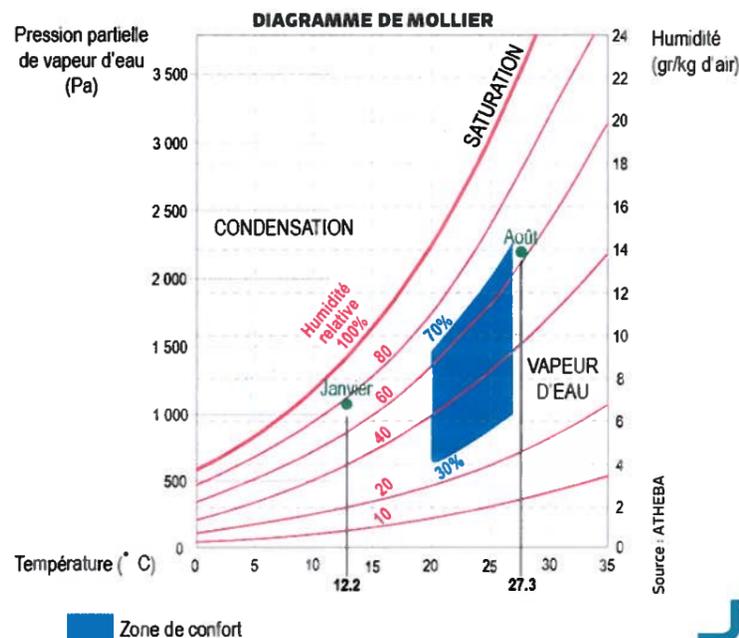
Le bâti est soumis à plusieurs sources d'humidité auxquelles les constructions traditionnelles ont répondu de façons diverses et appropriées :

Les eaux descendantes et le ruissellement. l'architecture traditionnelle couvre la surface habitée et rejette plus loin les eaux de pluie : par les matériaux et pentes de toit, débords de toiture, modénature de façade et éventuels canalisations et réseaux pluviaux. L'environnement du sol proche est aussi conçu pour absorber ou conduire l'eau plus loin. La surveillance, le maintien et l'entretien de ces dispositifs sont primordiaux (voir dessin ci-dessus).

Les remontées capillaires. Elles sont courantes et normales dans la plupart des zones construites. Les constructions traditionnelles comportent parfois des solutions techniques pour les limiter : soubassement en gros blocs maçonnés, lit de pierre ou d'ardoise sur le soubassement, pour faire barrière, enduit des soubassements permettant l'évacuation et l'évaporation. Les volumes enterrés (caves) permettent aussi un assèchement avant la zone habitée.

La condensation de surface. En apparaissant sur les vitres ou parois froides, elle augmente la sensation d'inconfort et les risques de développement de moisissures. L'effacement des parois froides est recherché depuis longtemps : tapisseries suspendues au Moyen Âge, tapisseries tendues au XIX^e siècle, panneautages et lambrisage en bois, rideaux et doubles-rideaux devant les fenêtres...

HUMIDITÉ ET VARIATIONS DE TEMPÉRATURE



La condensation interne. dans les maçonneries anciennes, la condensation interne dans les matériaux est présente, mais a peu d'impact : utilisation de matériau capillaire, peu d'isolation amenant un risque fort, pas de forts écarts de températures dans les parois.

L'humidité forte et ponctuelle due aux activités humaines était régulée par la très forte ventilation par le tirage des foyers ouverts ou fermés, prélevant l'air de combustion dans les ambiances et par fuite d'air des menuiseries notamment.

Les eaux amenées ou évacuées. on tend à oublier que cela fait moins de cent ans que l'eau arrive et repart dans les maisons sans que cela nous coûte un effort : nos réseaux fonctionnent bien et sont généralement fiables. Mais un défaut ou une détérioration est toujours possible, il faut surveiller.

LES PATHOLOGIES LIÉES À L'EAU

• Les pathologies les plus évidentes proviennent de la mauvaise gestion des **eaux de pluie** et du mauvais entretien des toitures et réseaux d'évacuation



Une fuite de gouttière peut occasionner de gros dégâts.



Un soubassement en ciment est peu perméable.

BIEN GÉRER L'EAU DANS LE BÂTI ANCIEN : QUELQUES PRINCIPES ÉPROUVÉS

Pour les eaux de ruissellement : entretenir, réparer et aussi corriger les défauts de conception ou les erreurs commises (souvent par ajout de matériaux inadaptés).

Pour les remontées capillaires :

- Pour ne pas les forcer vers les murs, réaliser un hérisson ventilé et alléger la pression.
- Gérer l'eau de l'environnement proche : drainage, fossés, sols permettant l'évaporation.
- Privilégier les enduits perméants et capillaires (les enduits à la chaux), permettant l'évaporation des eaux internes.

Contre la condensation :

- Supprimer les parois froides
- Assurer une bonne ventilation
- Évacuer la vapeur d'eau à la source (cuisiné et salle d'eau)

des eaux. Faciliter le ruissellement et entretenir ses cheminements en permanence doivent rester des objectifs du propriétaire ou de l'habitant. Cela ne s'arrête pas au pied de la maison, l'environnement doit être pris en compte.

• Le deuxième domaine créant des pathologies provient de la mauvaise gestion des **eaux présentes dans les sols et les murs** : eaux de capillarité ou eaux provenant de la vie à l'intérieur du bâti (transfert de vapeur d'eau et condensation). À chaque fois que l'on a enfermé l'humidité à un endroit, elle ressort ailleurs, avec plus de force et dégâts. Nous connaissons l'origine de ces problèmes : sols intérieurs et extérieurs (trottoirs et cours) imperméables et étanches, enduits de ciment peu capillaires. Si des isolations par l'intérieur, qui ne respirent pas, posent déjà problème, on peut aussi se douter que des isolations extérieures de même nature amèneront les mêmes résultats que les enduits ciments.

• La modification de la ventilation originelle de la maison est aussi source de **condensation**, d'eau liquide en surface et par la suite de moisissures : remplacement des menuiseries sans prise en compte des effets sur l'air, mauvais dimensionnement ou mauvais entretien de la ventilation, qu'elle soit naturelle ou assistée mécaniquement.

Le dernier point problématique est la présence de parois froides, d'autant plus si elles sont revêtues d'une peinture ou d'un revêtement étanche. Comme nous vivons dans des ambiances plus chauffées, les condensations et développements de moisissures sont aussi plus fréquents.

La façon la plus simple d'éviter ces inconvénients est donc d'aérer les maisons. ♦

Hygroba: étude de la réhabilitation hygrothermique des parois anciennes

TEXTE DE JEAN HERNANDEZ



L'étude consistait à tester le comportement hygrothermique de parois anciennes soumises à diverses conditions d'isolation. Elle a été menée à l'initiative du ministère de l'Écologie, du Développement Durable et du Logement (DGALN) et réalisée par le CETE de l'Est, l'École d'Architecture de Toulouse, le LDMC de Toulouse et Maisons Paysannes de France.

Les résultats publiés en 2013 ont fait l'objet de cinq cahiers, dont quatre portent chacun sur un type de paroi: une paroi en terre crue (pisé banché), une paroi en brique de terre cuite (hourdée au mortier de chaux), une paroi en pierre dure (pierre calcaire), une paroi en pan de bois et torchis. Si le choix d'isoler peut être motivé par différentes approches, il n'en reste pas moins – et nos lecteurs le savent bien – que les parois du bâti ancien doivent permettre les transferts hydriques, sous forme d'eau liquide ou à l'état de vapeur. Les modèles de laboratoire ne doivent pas faire oublier une nécessaire adaptation aux conditions particulières de chaque maison (orientation, climat extérieur et intérieur...) et une grande prudence dans leur application!

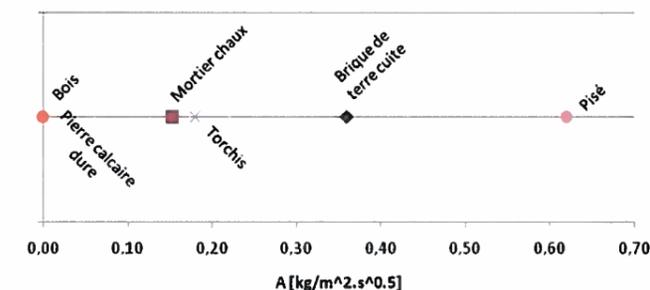
Ces parois ont été équipées d'isolants divers et/ou de membranes gérant l'apport de vapeur qui ont permis d'étudier différentes caractéristiques thermiques: conductivité thermique (λ), capacité thermique C_p (en J/kg.K), inertie thermique. Mais aussi des caractéristiques hydriques: teneur en eau W_{80} (kg/m³), coefficient de résistance à la diffusion de la vapeur d'eau (μ), coefficient d'absorption liquide, etc.

Les principaux résultats de ces études (dont le détail peut être retrouvé dans chacun des cahiers) sont, de manière très succincte, les suivants:

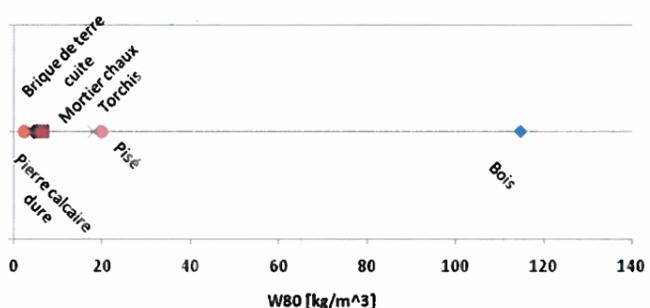
- quels que soient les matériaux, l'isolation d'une paroi ancienne affecte son équilibre hygrothermique.
- Les solutions d'isolation par l'extérieur sont les plus performantes (cf. p.20) mais pour des raisons patrimoniales elles ne peuvent être mises en œuvre partout, notamment sur le bâti ancien.
- Les solutions d'isolation par l'intérieur sont les plus exposées aux risques et en particulier pour les murs en pierre. Il conviendrait donc de remplacer l'isolation par l'intérieur par une correction thermique, tel un enduit chaux-chauvre, que l'étude n'a pas testée.
- Enfin, quel que soit le type d'isolation, les configurations perméables à l'humidité sont à privilégier pour tous les types de parois.

Répetons-le, cette étude est un travail expérimental qui ne se substitue en aucun cas à un diagnostic spécifique et, en attendant des études plus complètes, je vous conseillerais « d'attendre et de voir » comme disent nos voisins d'outre-Manche, et de bien ventiler vos maisons. ♦

CAPILLARITÉ DES MATÉRIEAUX ANCIENS



HYGROSCOPICITÉ DES MATÉRIEAUX ANCIENS



Extraits du cahier n°0 (généralités) de l'étude HYGROBA.

La mэрule pleure dans les maisons humides

TEXTE DE JEAN HERNANDEZ

Obscurité, humidité, une température modérée et un manque de ventilation sont les facteurs favorables au développement de *Serpula lacrymans* (ou *Gyrophana lacrymans*) un champignon basidiomycète appelé la (ou le) mэрule pleureuse (dite aussi « cancer du bâtiment »)

C'est un champignon lignivore qui dévore le bois et le décompose en cubes (pourriture cubique). Il digère la cellulose du bois et la transforme en glucose qu'il métabolise et libère de l'eau (d'où son nom de pleureuse) qui assurera son développement.

Les conditions optimales de son développement sont:

- une humidité de l'ordre de 20 %,
 - un milieu confiné à la ventilation insuffisante,
 - une température peu élevée: 10 °C à 20 °C.
- La mэрule ne supporte ni les très forts taux d'humidité, ni les trop fortes ou trop basses températures. Elle est donc particulièrement adaptée à nos régions tempérées humides.

Lorsque le champignon est développé il se présente sous la forme de masses molles et visqueuses de couleur brune (carpophores), avec des spores de couleur rougeâtre. Le mycélium s'exprime sous la forme de filaments du diamètre d'un crayon (syrrotes, rhizomorphes) qui peuvent s'insinuer dans les maçonneries jusqu'à plusieurs mètres, ils peuvent disjoindre du béton armé! Dans d'autres stades de développement, il peut former un feutrage très fin pouvant même passer inaperçu, il s'agit pourtant d'une forme particulièrement dangereuse.

COMMENT TRAITER ?

Lorsque le champignon s'est développé, il ne reste plus qu'à éliminer tous les bois atteints et les remplacer par des bois traités. Les bois non atteints seront sondés et traités.

Les murs, sols, etc., seront traités par des entreprises spécialisées avec des fongicides spécifiques. La recherche nécessaire des rhizomorphes nécessitera souvent le déga-



QUELQUE CHOSE À DÉCLARER

Pour faciliter la lutte contre la mэрule, la loi Alur préconise d'établir la cartographie de l'infestation. Désormais, dès qu'il a connaissance de la présence de mэрule dans un immeuble bâti, l'occupant de l'immeuble contaminé, ou à défaut le propriétaire, est tenu d'en effectuer la déclaration en mairie. De même, cette information doit être donnée à l'acquéreur en cas de vente.



En Bretagne, il y a quelques années, la mэрule a fait des ravages, suite à des transformations de bâti ancien en résidences secondaires, avec imperméabilisation des parois (par le ciment), pose de fenêtres et menuiseries hermétiques, installation de chauffage. Après le week-end à chauffer la maison, la famille repartait en ville, laissant le champ libre à un développement rapide de la mэрule!



La tristement célèbre pourriture cubique.

gement des maçonneries et leur traitement par des produits à base de phénols chlorés en pulvérisation ou injection et/ou par brûlage à la flamme.

Pour que le champignon ne se développe plus, il faut créer une aération permanente, quelque soit le lieu, et éviter les matériaux absorbant l'humidité.

Enfin, on peut constituer une « barrière anti-mэрule » en enfouissant un cordon de chaux autour du bâti.

INCIDENCE SANITAIRE

Une étude de 2013 a montré que d'autres espèces fongiques sont également présentes en général avec la mэрule et qui peuvent être à l'origine d'allergies ou de troubles respiratoires. Mais cela reste rare. En conclusion, il suffit d'appliquer les règles classiques énoncées par Maisons Paysannes de France depuis un demi-siècle: laissez respirer votre maison, n'en faites pas un coffre-fort hermétique, aérez et tout ira bien. ♦

BIBLIOGRAPHIE

- ANAH (2008), *Prévention et lutte contre les mэрules dans l'habitat*, 48 pp.
- CTBA A+ (2015), *Protection et lutte contre les pathologies du bois dans le bâti*, Guide pratique, 51 pp.
- Paule Delcambre (2001), *Les désordres des bâtiments anciens: la biodégradation*, Revue MPF n° 142, p.34-35.
- Michel Fontaine (2008), *Attention mэрule I*, Revue MPF n°169, p.28-30.

D'abord, du bon sens

TEXTE D'ELSIRE LESURE

L'expérience a appris aux anciens de bonnes pratiques pour empêcher l'humidité.

VENTILER

Quand les églises des villages ne sont plus fréquentées que lors des rares enterrements, on constate souvent l'apparition de taches d'humidité et de moisissures en bas des façades intérieures des murs, parce que dans l'édifice désert et fermé l'air ne circule plus. Comment créer ce courant d'air nécessaire à une hygrométrie correcte? Tout simplement en laissant ouvertes des portes ou fenêtres. On protège le bâtiment des intrusions par des grilles, qui peuvent être de véritables œuvres d'art. Bénéfice supplémentaire à cet avantage technique de la circulation d'air rétablie: le plaisir du regard pour les passants, habitants ou randonneurs, qui peuvent, même sans entrer, profiter des trésors habituellement cachés derrière des portes pleines. Et puis une porte ouverte, c'est tellement plus accueillant.



©Jean-Pierre Wleczorek, CAUE 55.



©Jean-Pierre Wleczorek, CAUE 55.

La seconde porte pleine a été remplacée par une grille. Église de Seraucourt (Meuse).

PLANTER

Savez-vous qu'un érable peut perdre 200 litres d'eau par heure en été et donc doit en tirer autant du sol pour compenser? Qu'un hectare de hêtres rejette 25 tonnes de vapeur d'eau par jour? Que le poirier est, comme beaucoup de producteurs de fruits à pépins, un des arbres les plus exigeants en eau?

C'est une des raisons pour lesquelles, dans beaucoup de régions, nos ancêtres joignaient l'utile au beau en plantant au plus près des façades des végétaux, qui contribuaient à aspirer l'eau des fondations en même temps qu'ils abritaient le mur du cuisant soleil d'été. Poirier en espalier, toquées d'iris, treille palissée ou glycine soulignant un bandeau, rosier ou massif d'hortensias, selon le climat, les variétés et les coutumes locales, concourraient à réguler l'humidité. Ils font office de jolies pompes à eau en produisant fleurs et fruits favorisés par la chaleur des murs.

Autour de cette maison, des sols imperméabilisés. Sans végétation, les murs seraient seuls à permettre la remontée de l'humidité du sol. Ces pieds de vigne pompent l'eau en la détournant des murs.



Treille et rosiers embellissent ces murs et concourent à les assécher. Habitation et atelier d'icônes, Les Janins, Melleroy, Loiret.

©C. Pasquet

UNE BARRIÈRE DE MÉTAL CONTRE LES REMONTÉES CAPILLAIRES

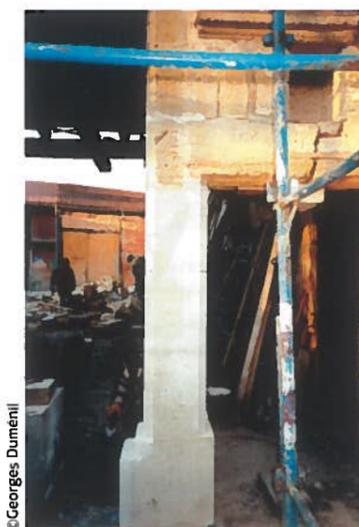
Dans les constructions nouvelles, l'usage d'une feuille de plomb posée directement sur les fondations avant la pose des premiers rangs de maçonnerie est une solution efficace et d'un coût modéré. Il y a lieu de s'assurer que l'arase de la fondation soit d'une bonne planéité de façon à ce qu'aucune aspérité ne risque de perforer le plomb. Le mur peut ensuite être érigé tout-à-fait traditionnellement, quel que soit le matériau. Si la fondation n'est pas plane, un mortier de chaux ou de ciment bien égalisé (selon le matériau choisi) permettra une mise en œuvre plus aisée.

La feuille de plomb forme un écran absolu contre les remontées capillaires.

Lorsqu'il s'agit d'une construction existante, cette solution est plus difficile à mettre en œuvre, mais pas impossible. Elle est en particulier utilisable sur des constructions en pierre de taille.



©Georges Duménil



©Georges Duménil

Dans le joint constitué entre le premier rang de pierre au plus près du sol et le suivant, il faut passer une scie (grosse égoïne ou scie à pierre) et tous les 20 cm environ, glisser une feuille de plomb de cette dimension puis réinjecter un coulis de chaux avec une douille afin de bloquer la maçonnerie et éviter toute fissuration des pierres.

Si une portion trop longue, au cours du travail, est utilisée, ce risque de fissuration est élevé, d'autant que les calages de bois disparaîtront au sciage.

C'est une opération très délicate, coûteuse si on la fait faire, car très longue et qui nécessite aussi un champ libre à l'intérieur de la maison, de quelques centimètres au minimum, afin de permettre l'évolution de la scie.

Une juste réflexion doit donc en évaluer l'intérêt et les risques par rapport à d'autres procédés. ♦

Georges Duménil

Ce pilier du XVI^e siècle était rongé par l'humidité. La maçonnerie, refaite, a été posée sur une feuille de plomb, pour durer à nouveau cinq siècles...

Isoler sans augmenter l'humidité

TEXTE ET PHOTOS DE SAMUEL COURGEY - INTRODUCTION DE JEAN HERNANDEZ

Le bâti ancien doit-il être isolé ? Lourde question ! Les travaux générés par MPF, BATAN et ATHEBA et HYGROBA ont démontré les qualités existantes de ce bâti et les risques potentiels d'une isolation ne prenant pas en compte le fonctionnement des murs anciens. Ouverts aux transferts hydriques, ces murs doivent « respirer ».

Les réglementations n'imposent pas d'isoler les murs anciens à l'intérieur ou à l'extérieur. MPF avec les associations du G8 ont obtenu, après un an de bataille, que l'exception soit confirmée lors des travaux embarqués imposés par la nouvelle Loi de transition énergétique (travaux embarqués parce que, lors d'un ravalement, on embarque, sur l'échafaudage, l'isolant en même temps que le pot de peinture).

ISOLATION ET HUMIDITÉ : UNE RELATION COMPLEXE

L'étude HYGROBA (disponible sur le site MPF) et d'autres travaux plus récents soulignent les risques d'augmentation des quantités d'eau dans le mur dans tous les cas d'isolation par l'intérieur, qui entraîneront des désordres inéluctablement, ce qui n'est pas le cas pour les murs de faible épaisseur à pan de bois. L'isolation par l'extérieur n'amène pas ce risque (cela ne nous plaît peut-être pas mais l'isolation par l'extérieur n'est pas toujours « nocive » pour le bâti). Mais, choisir cette option oblige à en oblitérer la valeur patrimoniale et nos racines. Aujourd'hui, les services de l'État et les unités de recherche avancent dans la compréhension du fonctionnement hydrique et thermique du bâti ancien, aidés par les connaissances accumulées par les professionnels du patrimoine et les associations comme la nôtre. Pour éviter de reproduire les erreurs du passé (le ciment où il ne le fallait) il faut peut-être attendre une com-



Le monde des isolants biosourcés est riche de potentiels. Ici, recherches sur maquette pour étudier les propriétés du chaume en façade comme en toiture.

préhension accrue et, sans doute, que de nouvelles solutions soient validées avant de vouloir mettre en œuvre. Il n'en reste pas moins que l'amélioration de la performance thermique du bâti ancien est possible et doit être recherchée. Dans certains cas, il faudra isoler les murs pour que la maison, confortable et économe, perdure. Mais quand on l'a décidée, l'isolation doit être attentive à ne pas dénaturer la façade, générer de l'inconfort ou mettre en péril la pérennité des parois. JH



Cet article part du principe que l'air intérieur est régulièrement renouvelé et fait référence aux caractéristiques des isolants vis-à-vis de l'humidité, sensibilité à l'eau, ouverture à la vapeur d'eau (ouverture à la vapeur (± perméant), capillarité et hygrovulnérabilité. Pour plus de détails : www.maisons-paysannes.org

¹ Les risques dus à l'humidité étant augmentés au droit des ponts thermiques, on suivra précisément les conseils des professionnels quant à la gestion de ces endroits spécifiques.



ISOLATION D'UN SOL DE GRENIER

Si vous fermez le volume recevant l'isolant (pose d'un nouveau plancher, d'une membrane protégeant de la neige poudreuse...), le matériau utilisé doit être très ouvert à la vapeur d'eau, usuellement Sd inférieur ou égal à 0,18. On évitera de fait la plupart des panneaux de bois (OSB, CTBX...) ainsi que les planchers traditionnels, sauf à ventiler leur sous-face. Pour l'isolant lui-même, préférer un matériau ouvert à la vapeur. Bien entendu, le grenier sera ventilé.

Si la paroi support (ensemble plafond/plancher) n'est pas étanche à l'air, rectifier ce fait, par exemple en posant une membrane sous l'isolant. Certains acteurs choisissent pour ce matériau un comportement de type « pare-vapeur ». Avec un Sd supérieur à 18 m cela a l'avantage de respecter les règles de mise en œuvre des isolations de toiture (NF P21-203, soit le « DTU Charpente »). Mais bloquer ainsi les flux de vapeur ne nous semble pas nécessaire, particulièrement si vous souhaitez, du fait d'une approche sensible du sujet, des parois perspirantes, c'est-à-dire qui permettent des échanges de vapeur entre les deux ambiances contiguës. Dans ce cas, vous choisirez une membrane très ouverte (Sd de l'ordre de 1,5 à 3 m), que certains nomment « frein de vapeur ».



ISOLATION D'UN RAMPANT SOUS TOITURE

Elle pourra englober des éléments de charpente, ou se trouver en dessous, ou en dessus (entre la charpente et la couverture).

Concernant l'humidité, la situation est voisine de la précédente :

- sur sa partie supérieure, on protège l'isolant des risques d'humidification par la pose d'une membrane ou d'un panneau « pare-pluie ». Ce matériau sera très ouvert à la vapeur d'eau (Sd < 0,18m) ;
- pour l'isolant on préférera un matériau ouvert à la vapeur ;
- côté intérieur de l'isolant ou dans le tiers chaud de la paroi¹, il faudra une étanchéité à l'air que l'on souhaitera plus ou moins ouverte à la vapeur selon les arguments précédemment avancés (Sd > 18 m pour être conforme au DTU, ou compris entre 1,5 et 3 m pour une paroi respirante).



ISOLATION DES SOLS SUR TERRE-PLEIN

Si le sol est déposé, on cherchera à limiter les remontées capillaires, en sol et dans les murs, par la réalisation d'un hérissonnage ventilé (voir fiche « construire un hérisson » en p. 28). Une isolation sera alors mise en œuvre sur l'ensemble de la surface.

Si le sol n'est pas déposé, on veillera néanmoins à isoler son pourtour, horizontalement ou verticalement, côté intérieur et/ou extérieur (en logique avec l'emplacement de l'éventuelle isolation des murs). Pour les isolants se trouvant sous le niveau du sol : choisir des matériaux non vulnérables à l'eau et non capillaires.

¹ Dans les parois ayant besoin d'un matériau régulant le flux de vapeur, ce dernier peut se mettre côté chaud de l'isolant ou dans sa partie chaude. Dans ce cas, il doit se trouver dans le tiers intérieur de la résistance thermique totale de la paroi (le quart en zone de montage).

Suite ♦♦♦

GLOSSAIRE

Pare-vapeur (définition générique): matériau étanche à l'air auquel on demande également de réguler le flux de vapeur d'eau.

Pare-vapeur (définition usuelle en éco-construction): matériau étanche à l'air limitant fortement le flux de vapeur d'eau (Sd supérieur à 5 à 10 m).

Frein de vapeur (définition usuelle en éco-construction): matériau étanche à l'air ne s'opposant que moyennement

au flux de vapeur d'eau (Sd usuellement compris entre 1,5 et 5 à 10 m). Attention, parce que le terme rassure plutôt, certains industriels et commerciaux appellent « frein de vapeur » des matériaux ayant des Sd supérieurs à 10 voire 20 m.

Frein de vapeur hygrovariable: membrane frein de vapeur ayant un Sd pouvant évoluer selon les conditions hygrothermiques du milieu.

Avis technique (ATec): appréciation technique spécifique, ce terme est souvent utilisé pour nommer également les DTA (Document Technique d'Application) et ETN (Enquête Techniques Nouvelles). Renseignnant des matériaux ou solutions techniques estimés non traditionnels, leur validation est limitée dans le temps. (Liste des avis en cours de validité: cf. site de l'AQC)

Règles professionnelles: texte technique rédigé par les acteurs d'une filière et validé.

Sd : résistance à la diffusion de vapeur, en mètre.



ISOLATION BASSE, EN SOUS-FACE DE PLANCHERS

L'isolation sera soit projetée, soit insufflée dans des coffres, soit en panneaux collés/chevillés. Dans tous les cas, on respectera les exigences suivantes :

- si un matériau est posé en sous-face de l'isolant (nouveau plafond de cave...), il devra être très ouvert à la vapeur d'eau, usuellement $S_d < 0,18m$. Rappelons que les caves et autres sous-sol doivent être ventilés;
- particulièrement si la paroi support comporte des matériaux sensibles à l'eau (solives bois...), on préférera un isolant ouvert à la vapeur;
- si la paroi support n'est pas étanche à l'air, il est nécessaire de rectifier ce fait. Dans le cas de l'utilisation d'une membrane, choisir, comme précédemment, un matériau de type « pare-vapeur » ou « frein de vapeur »;
- si on estime qu'en cas de dégâts des eaux dans l'espace de vie, de l'eau peut, même après travaux, atteindre la couche isolante, il faudra choisir des isolants peu sensibles à l'eau.

Notons que l'ajustement de l'étanchéité à l'air et la protection contre les risques d'infiltration d'eau peuvent se faire par le dessus.

Les siècles précédents posaient aussi des terres cuites à l'étage, parfois sur un sol de terre posé sur solives (terradis dans le centre de la France).



Bardage traditionnel.

ISOLATION DES MURS PAR L'EXTÉRIEUR (ITE)

Rarement choisie sur les bâtiments anciens car elle change l'esthétique des façades, l'ITE correspond pourtant à un type d'isolation séduisant vis-à-vis du sujet humidité. Ce parce qu'en posant l'isolant côté extérieur, le mur devient chaud, la vapeur d'eau ne s'y condense donc pas, reléguant le fameux point de rosée sur la face extérieure du complexe rapporté. Pour limiter les risques dus à cette condensation de vapeur, il faudra que, dans le cas d'un parement ventilé, le pare-pluie soit très ouvert à la vapeur ($S_d < 0,18 m$). Dans le cas d'un enduit sur isolant : choisir des solutions ouvertes à la vapeur et gardant un réel aspect capillaire.

Parce que nous ignorions cette dernière exigence, la filière a essuyé de nombreux sinistres dans les années 80 (fissures, décolllements d'enduits...). Désormais, les solutions se sont fiabilisées, et les avis techniques et autres règles professionnelles sont donnés avec beaucoup plus d'exigences, car l'enduit sur une isolation extérieure est très sollicité. De fait, pour sa mise en œuvre, nous vous conseillons de suivre scrupuleusement les recommandations proposées.

Pour éviter l'humidité, cinq autres points méritent attention en ITE :

- 1. La qualité de pose** doit absolument assurer, d'une part la protection à la pluie, d'autre part l'absence d'un flux d'air entre le mur support et l'isolant. Sur ce point, préférer les isolants en contact avec le mur ou un encollage sur toute la surface.
- 2. Si votre isolant est putrescible :** vérifier que sa mise en œuvre sous enduit est « autorisée » dans votre région, particulièrement sur les façades à la pluie battante. En cas de doute : préférer en protection extérieure de l'isolant un complexe « parement ventilé + pare-pluie », ou insérer une couche d'isolant peu sensible à l'eau en support d'enduit.
- 3. Choisir un isolant ouvert à la vapeur,** particulièrement si le mur support comporte des matériaux putrescibles (pans de bois...).
- 4. Pour le bas de la partie aérienne des murs** encore sujets aux remontées capillaires après travaux² : choisir des matériaux imputrescibles et capillaires, en veillant à :
 - déposer précédemment les couches peu capillaires (enduit ciment, peintures d'étanchéité...);
 - assurer le contact entre les différentes couches de matériaux (un vide d'air correspond à une coupure capillaire).
- 5. Pour la partie enterrée et à la zone de rejaillissement :** ne retenir que des isolants peu sensibles à l'eau et non capillaires.

² Avec des murs très sensibles à l'eau, en particulier ceux comportant de la terre crue ayant un rôle structurel (pisé, adobes...), certains sont encore plus prudents en ne choisissant que des solutions capillaires (isolants ou enduits isolants).



Quel est le mur qui respire le mieux ?



ISOLATION THERMIQUE PAR L'INTÉRIEUR (ITI)

Si l'on pose l'isolant côté intérieur, le mur est froid en hiver et donc sujet au point de rosée sur toute son épaisseur, excepté les murs voyant le soleil l'hiver. Ceci signifie des murs continuellement humides durant la saison froide.

De fait il faudra, chaque fois que l'on ambitionne une ITI, regarder si le mur est sensible à l'eau. C'est particulièrement le cas s'il comporte des matériaux gélifs, tels que de la pierre tendre (tufeau...), des matériaux putrescibles (pans de bois, encastrement de poutres...), ou de la terre crue avec rôle structurel (pisé, bauge, ou murs en pierres maçonnées au mortier de terre).

→ **Si le mur ne comporte aucune de ces « fragilités », qu'il n'est pas sujet à remontées capillaires, et que la façade est imperméable à la pluie, l'ITI peut s'entrevoir mais sous conditions :**

- que le mur puisse sécher côté extérieur : déposer les enduits ciment, les peintures fermées à la vapeur...
- qu'il ne reste aucun matériau sensible entre le mur et l'isolant : déposer les papiers peints...
- qu'aucun matériau ne bloque la vapeur ou l'eau condensée à l'interface isolant/mur : déposer les enduits et peintures fermées à la vapeur ou insuffisamment capillaires;
- que les isolants ne soient pas réellement sensibles à l'eau³.

Pour les isolants on préférera des matériaux ouverts à la vapeur et, si des membranes sont utilisées pour assurer l'étanchéité à l'air, on préférera des freins de vapeur hygrovariables.

Si le mur comporte des éléments sensibles à l'eau, ou si on estime qu'après travaux la façade ne sera pas réellement imperméable à la pluie ou qu'elle restera l'objet de remontées capillaires, prudence ! Il est alors conseillé de faire appel à un(e) professionnel(le) au fait du fonctionnement du bâti ancien. Il réalisera un diagnostic complet du bâtiment et estimera les risques d'humidification du mur.

Et au final, pour l'isolation intérieure, il sera souvent tenté par une des solutions suivantes.

Solution 1, appelée « continuité capillaire ». Elle part du principe de fonctionnement du mur traditionnel : lorsque le mur est humide, cette eau doit pouvoir rejoindre aisément les parements pour s'y évaporer.

En plus de matériaux peu sensibles à l'eau et capillaires, la mise en œuvre devra permettre la continuité capillaire : dépose des matériaux peu capillaires et couches en contact les unes avec les autres.

Ces contraintes limitent le choix des isolants à un nombre très restreint de matières minérales : béton cellulaire allégé (mousse de pierre) ou panneaux de perlite expansée non traités hydrophobe. Mais une piste alternative semble envisageable en l'absence de remontées capillaires pour les façades imperméables à la pluie : la mise en œuvre d'ouate de cellulose projetée.

Solution 2, la double cloison isolante. Ceci consiste à monter, côté intérieur du mur, une cloison isolante indépendante. Cette solution a l'avantage de ne pas charger le mur support de l'humidité pouvant arriver des espaces de vie, tout en préservant ses capacités de séchage. Il sera néanmoins nécessaire :

- de renouveler, et sur l'extérieur, l'air de cet espace laissé libre entre mur et cloison³;
- d'en éloigner les éventuelles présences d'eau (évacuation en façade ou dans le hérisson).

Solution 3 : ici, on abandonne l'idée d'isoler réellement le mur au profit d'un enduit isolant ouvert à la vapeur et capillaire. Produits prêts à l'emploi à base de chaux et de granulats légers, leurs lambdas s'améliorent depuis 30 ans pour se rapprocher de celui des isolants courants : de 0.028 W/mK avec de l'aérogel à 0.07 avec du liège.

Une quatrième solution nous a séduits il y a quelques années, qui consistait en la mise en œuvre de bétons végétaux, particulièrement de mélanges chaux-chanvre en doublage intérieur de murs anciens. Si les solutions les plus légères, avec un lambda compris entre 0,06 et 0,10 W/m² K gardent quelques éléments séduisants, c'est néanmoins, concernant le sujet « humidité », sous conditions que chacune définisse précisément ses limites d'utilisation, car nous avons de nombreux cas d'apparition de moisissures.

En revanche, ces mêmes solutions légères semblent garder un intérêt réel en double-cloison isolante (briques de chanvre-chaux par exemple) ou pour la réfection des remplissages entre pans de bois (bétons, végétaux projetés ou en briques).

Dernière situation : dans certains cas où une isolation extérieure n'est pas envisageable, il est possible de refaire les enduits, voire de les faire légèrement plus épais qu'à l'origine. La mise en œuvre d'un enduit isolant peut alors séduire. Outre l'intérêt thermique, souvent réel, cette solution a l'avantage, en complément d'une isolation intérieure, de permettre un mur moins froid en hiver, donc moins humide. Il faudra néanmoins que cet enduit soit ouvert à la vapeur et garde un comportement capillaire. ♦

³ Une option est proposée de mécaniser ce renouvellement d'air, voir article sur procédé Aérolec®, page 26.

Cet article nous aide à mieux comprendre les relations entre isolation et humidité. Les solutions préconisées reflètent l'approche de l'auteur, spécialiste de la performance énergétique, de la réhabilitation et des éco-matériaux et n'engagent pas l'association Maisons Paysannes de France.

Les traitements contemporains des remontées capillaires

TEXTE DE LUC VAN NIEUWENHUYZE - PHOTOS DES CONTRIBUTEURS AU DOSSIER

Bien sûr, nous connaissons tous des maisons anciennes confortables dans leur état « naturel ». Et souvent, le recours à des procédés d'assèchement n'est pas indispensable. Mais les remontées capillaires sont inhérentes aux modes de construction anciens. Or, ce qui était acceptable autrefois l'est moins aujourd'hui...

Les conditions d'usage ont changé, les maisons sont plus chauffées, moins ventilées, les sols deviennent peu perméables, et les remontées capillaires deviennent problématiques. Or, les professionnels nous rappellent qu'une isolation intérieure ne peut être envisagée sur un mur subissant des remontées capillaires (guide RAGE). Un traitement qui bloque ou supprime les remontées capillaires peut s'avérer nécessaire. Les procédés sont multiples et variés, le choix est difficile car on connaît mal leur efficacité.

QUELLE EFFICACITÉ? COMMENT CHOISIR?

Devant cette palette de solutions, il manque principalement une analyse correcte des retours d'expérience, une enquête comparative complète et sérieuse. Les propriétaires se sentent démunis, mais les professionnels aussi. Le guide RAGE (Règles de l'Art Grenelle Environnement, voir encadré) pour l'isolation thermique par l'intérieur en rénovation (juin 2015) indique qu'« il n'existe pas de données valides et disponibles sur les traitements à effectuer pour combattre les remontées capillaires ». Pourtant une étude dont les conclusions sont parues dans la lettre de l'Union Maçonnerie Gros Œuvre de la Fédération Française du Bâtiment a bien été réalisée, pour comparer deux procédés d'électro-osmose active, trois procédés d'injection de produits et un procédé d'électro-osmose phorèse. Les conclusions, prudentes, ont montré que le procédé d'injection donne les meilleurs résultats dans les conditions de l'étude (murs en pierre, homogènes). Il faut aller chez nos voisins belges pour trouver plus d'informations. Le CSTC belge, l'équivalent de notre CSTB, a publié en décembre 2014 une note d'information technique (NIT n° 252) sur le sujet. Les conclusions ne sont peut-



RÈGLES DE L'ART

Programme commencé en 2012 pour actualiser l'ensemble des règles de l'art de la construction et de la rénovation en prenant en compte la recherche de performance énergétique dans chacune des techniques actuelles ou innovantes. Le programme regroupe l'ensemble des acteurs de la construction et les pouvoirs publics. Documents disponibles sur le site Programme PACTE <http://reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr>

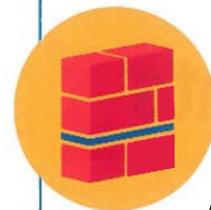
être pas à reprendre en totalité car les maçonneries de briques, très présentes dans l'étude, ont des caractéristiques de régularité ne correspondant pas à l'hétérogénéité des maçonneries dans toute la France. On retrouve le constat d'une bonne efficacité de l'injection de produit hydrophobe et même dans des maçonneries pouvant avoir des « vides », avec l'utilisation de crème ou gel dispersant lentement le produit. Les produits peuvent même subir des essais et recevoir des avis techniques. L'impact sur la santé n'est peut-être pas neutre, sans doute pas encore bien étudié (une bonne ventilation pendant et après le traitement est toujours indispensable). Les autres méthodes ont, soit des résultats aléatoires, soit une efficacité non démontrée ou simplement un retour d'expérience trop faible pour arriver à des conclusions.

Le diagnostic est primordial. Une méthode dont l'efficacité n'est pas démontrée peut sans doute aboutir à de bons résultats, bien mise en œuvre, dans de bonnes conditions, au bon endroit, au bon moment. Dans cet esprit, les pages suivantes présentent des expériences de chantier pour comprendre tout ce qu'inclut une opération de traitement, et avoir une meilleure connaissance des procédés. Il ne s'agit nullement d'un guide de choix ou d'une validation formelle des procédés mis en œuvre. ♦



Dans l'attente d'études scientifiques nombreuses et reproductibles, seul le résultat valide la méthode sur chaque situation singulière. Ici à Coligny (Suisse), l'électro-osmose passive a résolu le problème.

LES DIFFÉRENTS PROCÉDÉS



LES BARRIÈRES PHYSIQUES

Il s'agit de « couper » la base de maison et d'interposer une feuille étanche entre la fondation et l'élévation du mur. Opération lourde, onéreuse, qui doit être réalisée par des spécialistes, donc par nature réservée aux bâtiments dont la valeur architecturale est absolument à préserver. (voir page 17)



LES BARRIÈRES CHIMIQUES

Procédés que l'on appelle couramment « les injections ». Si au développement de la méthode, on cherchait à créer une couche étanche en injectant, avec ou sans pression, des produits qui bouchent les pores de l'ouvrage, la plupart des méthodes utilisées aujourd'hui reposent sur un autre principe : changer le caractère hydrophile des matériaux. Si ceux-ci se comportaient comme de la cire de bougie, l'eau ne pourrait plus chercher le contact avec la paroi des pores et monter. Les produits sont des hydrophobes, de la famille des organominéraux (organiques et minéraux à la fois). (voir tableau ci-dessous)



LES TRAITEMENTS FAVORISANT L'ASSÈCHEMENT

• **Les siphons atmosphériques** : il s'agit de tubes poreux inclus dans le bas de mur, qui pénètrent sur environ la moitié de la profondeur du mur, en constituant un drain ventilé.

• **L'électro-osmose** : les essais en laboratoire ont démontré que les mouvements de l'eau dans les murs engendrent une différence de potentiel électrique, un courant. L'électro-osmose vise à annuler ou à inverser ce courant.

L'électro-osmose passive crée un courant électrique entre une anode (par exemple en cuivre) et une cathode (par exemple en magnésium) placées à hauteurs différentes du mur. Le fonctionnement est le même que celui des piles électriques, il faudra remplacer l'anode quand « la pile sera usée ».

L'électro-osmose active fonctionne avec un courant électrique inverse de celui du mur. Le branchement sur le réseau est nécessaire. *L'électro-osmose-phorèse* ajoute à la méthode précédente la migration d'ions, issus de l'anode, qui viennent colmater les pores.

• **Les systèmes électromagnétiques** : les promoteurs de ces systèmes expliquent que les remontées capillaires sont le résultat de plusieurs forces : force capillaire (liée à la taille des pores), pression électro-osmotique (différence de concentration de sels) et champs électromagnétiques terrestres. L'action consiste à installer un appareil (alimenté en courant ou non) qui neutralise ces champs et empêche ainsi les remontées capillaires.

RÉCAPITULATIF DES PRODUITS D'INJECTION SUSCEPTIBLES D'ÊTRE MIS EN ŒUVRE DANS LES MAÇONNERIES

Famille	Matière active	Formulation	Efficacité	Remarques
Bouche-porte	Silicates alcalins, Gels acrylamides et résine synthétique	-	Faible	• Difficultés de migration et performances insuffisantes • Effets secondaires néfastes
Produits hydrophobes	Siliconates	-	Faible	• Réaction nécessitant la présence de CO ₂ • Formation de sels indésirables
	Copolymères fluorés	-	Bonne	• Effet hydrophobe et oléophobe • Coût élevé
	Silanes, siloxanes et silicones	Liquide, phase solvant	Très bonne	• Gène olfactive (odeurs persistantes dans de très rares cas) et émissions de COV importantes • Ventilation intensive indispensable* • À éviter dans les bâtiments occupés si possible
		Liquide, phase aqueuse	Bonne	• Potentiel de migration moindre dans les matériaux très humides • Gène olfactive et émissions de COV très limitées
Silanes, siloxanes et silicones	Gel ou crème, phase solvant	Bonne	• Intéressant pour les matériaux très compacts ou, au contraire, fortement hétérogènes et caverneux • Potentiel de migration moindre dans les matériaux très humides • Gène olfactive et émissions de COV moindres, en raison des quantités de solvants injectées plus faibles	
	Gel ou crème, phase aqueuse	Bonne	• Intéressant pour les matériaux très compacts ou, au contraire, fortement hétérogènes et caverneux • Potentiel de migration moindre dans les matériaux très humides • Gène olfactive et émissions de COV très limitées	

* Lorsqu'un traitement de blocage de l'humidité ascensionnelle est mis en œuvre, une ventilation suffisante des locaux est toujours nécessaire, afin de permettre l'assèchement des murs.

L'électro-osmose passive et l'assainissement des bâtiments

Le procédé Humi-Stop

ENTRETIEN AVEC CLAUDE ET LAURENT SACCARO, PROPOS RECUEILLIS PAR JEAN HERNANDEZ - PHOTOS HUMI-STOP

Sur un diagnostic d'humidité, quand intervenez-vous ?

Nous n'intervenons qu'après un diagnostic et un plan d'assainissement du bâtiment. Un drainage, par exemple, se limite pour l'essentiel à l'élimination de « l'eau libre », mais il est souvent incapable d'éradiquer totalement l'humidité. Les sols diffèrent d'un endroit à un autre, tout comme leurs potentiels et conductibilités électriques. Aucune solution véritable ne peut donc provenir de remèdes standardisés et commerciaux qui font abstraction du sol comme du mode de construction. Ces phénomènes humidifiants s'ajoutent et chacun doit être traité séparément.



Claude et Laurent Saccaro, diagnostic puis pose du dispositif.

PRINCIPES PHYSIQUES

L'électro-osmose (lois de Faraday et d'Helmholtz) est souvent ignorée mais joue un rôle primordial dans les dégradations observées. Produite par le champ électromagnétique terrestre, la tension électrique naturelle est souvent faible (courant continu, 300 à 1200 mV selon les sites). L'électro-osmose est souvent confondue avec la capillarité, mais dans l'électro-osmose les molécules d'eau sont mues par une différence de charge électrique liée aux courants d'eau souterrains et, contrairement à la capillarité, l'ascension de ces molécules peut atteindre plusieurs mètres de hauteur. La physique électrique permet de le comprendre. En électromagnétisme, le sens du courant induit est déterminé par la loi de Lenz (ou de Lenz-Faraday), selon laquelle tout courant induit s'oppose à la source qui lui donne naissance. Si on approche le pôle Nord de l'aimant d'un solénoïde relié à un ampèremètre, on constate l'apparition d'un courant induit dans le circuit. L'aimant crée un flux dans le bobinage et son déplacement provoque une variation de ce flux.

Vous ne traitez donc pas l'eau en tant que liquide ou gaz circulant.

Les dégâts dus à l'humidité ont différentes origines : infiltrations, condensation, remontées capillaires. On attribue abusivement à ces dernières la majorité des problèmes d'humidité. En réalité, les dégâts engendrés par les remontées capillaires se limitent à une quarantaine de centimètres de hauteur. La capillarité est une humidité de contact (loi de Jurin), qui s'ajoute aux remontées d'humidité et des sels au travers du sol.

Pourriez-vous nous en dire un peu plus ?

Nous fabriquons et installons un correcteur de champ électromagnétique spécifique. Une modification du champ électromagnétique, mesurée instantanément, s'opère dès la pose du système. Le mouvement ascensionnel de l'eau et des sels est supprimé. En créant un champ électromagnétique inverse dans le couple sol/bâtiment, on rend passif le phénomène d'électro-osmose. Le bâtiment passe alors dans une phase d'évaporation définitive et s'accordera avec l'humidité environnante.

Concrètement, qu'installez-vous ?

Un boîtier de 10 cm de diamètre et 11 cm de longueur qui renferme un correcteur de champ magnétique, fabriqué au cas par cas, noyé dans une résine. Ce cylindre est relié à un cerclage en fil de cuivre écroui, enterré à 30 cm tout autour du bâtiment et relié au boîtier contenant l'inducteur et son système de régulation spécialement calibré. Un second boîtier, de contrôle, est scellé dans le mur afin de mesurer en tout temps la différence de potentiel électromagnétique entre la construction et le terrain. Tant que le cerclage n'est pas sectionné, la tension sera équilibrée, sans apport d'énergie ou d'entretien. Cette installation autonome utilisant l'énergie du sol est conçue pour durer la vie du bâtiment.



Mesure de la tension électrique naturelle.

RENSEIGNEMENTS

www.humi-stop.ch
03 85 96 97 44

RETOUR D'EXPÉRIENCE

LE CAS DES BÂTIMENTS DE L'UNIVERSITÉ DE LAUSANNE (SUISSE)

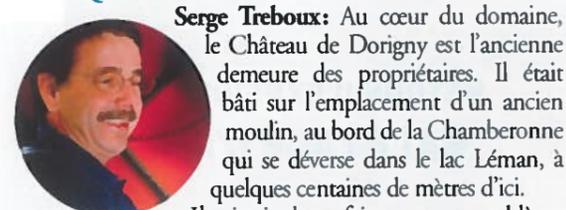
Le site de Dorigny sur lequel est implanté l'Université de Lausanne (UNIL) est un ancien domaine situé non loin de Lausanne sur la côte lémanique. Il fait partie d'un campus universitaire intégrant aussi l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL). Serge Treboux, responsable technique de l'UNIL, nous fait visiter le site.



Le château de Dorigny a bénéficié du système et les murs ont perdu leur humidité.

« À la ferme de Dorigny, après l'installation du système, des taches d'humidité étaient réapparues. Nous avons constaté que le fil de cuivre était rompu. Dès sa remise en état et le rétablissement de la continuité, les taches ont disparu »

Quelle est l'histoire de ce bâtiment ?



Serge Treboux : Au cœur du domaine, le Château de Dorigny est l'ancienne demeure des propriétaires. Il était bâti sur l'emplacement d'un ancien moulin, au bord de la Chamberonne qui se déverse dans le lac Léman, à quelques centaines de mètres d'ici.

Il existait de ce fait un grave problème de circulation d'eau au voisinage du bâtiment lié à l'ancien lit de dérivation du moulin. Une forte humidité dégradait la façade et les caves étaient parfois inondées.

Depuis, des travaux ont tenté de modifier les crues de la Chamberonne mais les travaux de prévention de l'humidité ont été réalisés avant ces modifications.

Quels travaux ont été réalisés ?

S. T. : D'abord un drainage intérieur (après la découverte dans les caves d'un réseau de drainage en terre cuite), puis un drain extérieur. À la suite de ces travaux, enduits et peintures ont été refaits.

Cet article a bénéficié aussi d'entretiens avec Kimio Fukami (architecte - chef de projet à UNIBAT - Université de Lausanne) et Jean-Pierre Mathez (architecte - directeur du Bureau Universitaire de Construction de l'Université de Lausanne).

Des traces d'humidité subsistaient néanmoins.

Qu'avez-vous fait alors ?

S. T. : Il y a dix ans, l'architecte en charge des bâtiments a fait appel à M. Saccaro et décidé de tenter la résolution de ce problème par la technique d'électro-osmose.

Quels sont les résultats ?

S. T. : Il n'y a plus de taches d'humidité en façade. Mais le bâtiment est aussi mieux ventilé ; il est difficile, pour moi, de faire la part des deux. Cependant, il faut admettre une amélioration nette de l'état du bâtiment. Nous n'avons pas fait d'autres travaux depuis dix ans.

Y a-t-il eu d'autres expériences sur le site de l'UNIL ?

S. T. : Oui, la ferme de Dorigny a aussi fait l'objet d'une installation après le creusement d'un drain sur la façade arrière. Et puis dans le cadre d'un autre chantier récent, la Grange de Dorigny, nous avons appliqué une méthode par électro-osmose pour le traitement contre l'humidité des murs de refend du foyer. Il s'agit de faire également une boucle, mais dans le crépi même du mur en moellons. Cette méthode semble porter ses fruits.

Merci, M. Treboux ! J'invite nos lecteurs à aller visiter ce site exceptionnel pour sa nature préservée, ses bâtiments et sa sérénité. ♦



Chaque sol est un cas particulier.

POUR EN SAVOIR PLUS

Jean Hernandez, *Les travaux réalisés à Yverdon*, (supplément numérique au dossier de n°203 de la revue MPF). Documents fournis par Claude Saccaro.

Le procédé AÉRAULEC : une lame d'air qui assèche

TEXTE DE MARC NOËL ET JEAN HERNANDEZ - ILLUSTRATIONS D'AYMERIC NOËL

Pas de produits organiques ou de correction électrique ou électromagnétique : le procédé AÉRAULEC® est un système à écoulement d'air (= aéraulique¹) créé pour la rénovation énergétique durable du bâti ancien humide isolé ou non.

Ce système concilie la pérennité de l'isolation thermique avec la présence permanente d'humidité dans les murs due à des remontées capillaires ou au contact avec des terrains humides. L'assainissement des locaux humides s'obtient dès la mise en service du système, ce qui permet un confort et un aménagement intérieur immédiats.

RÉALISÉ SUR MESURE

Des espaces tampons de faible épaisseur sont aménagés entre le mur humide et l'isolation thermique (ou seulement un parement lorsque l'isolation thermique n'est pas nécessaire). L'humidité y est quotidiennement chassée en remplaçant la totalité de l'air humide qu'ils renferment par de l'air neuf prélevé à l'extérieur. Des conduites perforées

de soufflage de l'air neuf et d'aspiration de l'air humide sont placées dans les espaces tampons. L'humidité en surface des murs est chassée par le flux d'air ascendant². Le système comporte deux ventilateurs de faible puissance et un programmeur horaire. La durée du balayage quotidien des espaces tampons est déterminée pour chaque installation (15 à 60 minutes/jour).

Les réseaux de soufflage et d'aspiration sont calculés et modélisés pour chaque rénovation

RETOUR D'EXPÉRIENCE BALAYAGE D'AIR

La maison de Puiseux-en-Retz est représentative du style soissonnais avec deux corps de bâtiments articulés autour d'un fournil et implantés suivant la pente du coteau. L'un des corps est construit en moellons avec chaînages harpés et pignons à redents en pierre de taille. L'autre, plus récent, est entièrement en pierres de taille mais sans pignons à redents. Le chaume a depuis longtemps été remplacé par l'ardoise mais il reste encore de nombreux témoignages de la vie paysanne.

La restauration a été effectuée dans le respect de l'intégrité de la construction avec la mise en œuvre des matériaux locaux (pierres, chaux, bois, terre cuite) en apportant le confort thermique d'une basse consommation (doublages intérieurs en matériaux écologiques, chaudière bois). Les bâtiments sont construits à flanc de coteaux

avec le logiciel spécifique AÉRAUPROG. Les composants du système sont peu onéreux et disponibles sur le marché.

« L'énergie consommée est minime : son coût est en général inférieur à 2€ par an »

OPTIMISER LA RÉGULATION DES TRANSFERTS D'HUMIDITÉ

Dans le bâti ancien humide, la gestion « passive » d'humidité horizontale (H) réalisée avec des écrans frein-vapeur s'avère à elle seule souvent insuffisante. En lui associant une gestion « active » verticale (V) par balayage, on réalise une régulation H-V optimale des transferts d'humidité dans les parois. L'équilibre hygros-



L'AVIS DU SPÉCIALISTE DE MPF

Système actif (consommation d'électricité), il fait perdre toutes les performances thermiques du mur ancien. Peut-être à préconiser dans le cas de murs très humides.

copique des murs est maintenu et la pérennité de l'isolant thermique est assurée comme en attestent les retours d'expériences (première installation en 2001). Une modélisation des transferts d'humidité est réalisée pour chaque rénovation avec le logiciel spécifique AÉRAUMOD. Pour le confort d'été, AÉRAULEC® offre la possibilité de bénéficier très agréablement des rafraîchissements par évaporation qui se produisent sans apporter d'humidité à l'intérieur des locaux. L'efficacité est bien sûr moindre que celle d'une installation de climatisation mais l'énergie consommée est minime et sans risque de rejets d'hydrofluorocarbures (HFC) dans l'atmosphère. ♦

¹ Branche de la physique qui traite de l'étude de l'écoulement de l'air et de ses applications.

² Par effet d'induction et effet Coanda: le fluide suit la surface du mur et subit une déviation avant de s'en détacher avec une trajectoire différente de celle qu'il avait en amont permettant une meilleure extraction.



Vue de la façade de la maison sur la cour.



Pose des canalisations de balayage en haut et en bas des murs.

et certaines façades sont semi-enterrées. Les murs de moellons hourdés à la terre formant soutènement étaient gorgés d'humidité. Afin de rendre habitables ces espaces, nous avons recherché des procédés de traitement de l'humidité qui respectent la perspiration des murs et ne soient pas préjudiciables à la bonne tenue des ouvrages. Adhérent de GLOBE21 (association d'entreprises d'écoconstruction) comme Marc Noël, j'ai choisi le système AÉRAULEC qui vise l'équilibre hydrique des murs sans chercher à les assécher. La mise en œuvre a été réalisée en partenariat

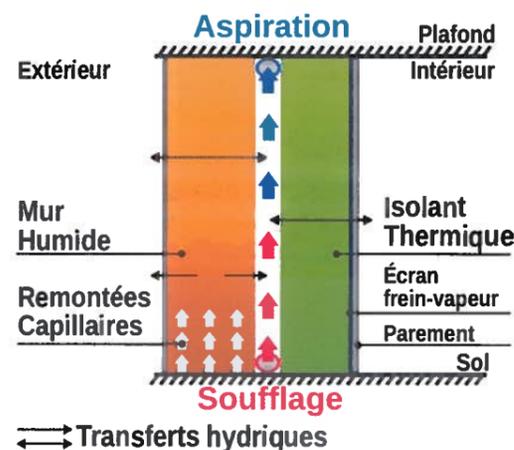
avec le Laboratoire des Technologies Innovantes de l'Université de Picardie.

Le mode de réalisation est relativement simple avec l'appui technique de Marc Noël. Le dispositif de balayage d'air est placé entre le doublage isolant intérieur et le mur dans un espace laissé vide. En effet, par l'évacuation de l'excès d'humidité, le système permet de garantir la pérennité de l'isolant et du doublage sans assécher la maçonnerie.

Le suivi par le Laboratoire des Technologies Innovantes a permis de mesurer l'efficacité du système sur plusieurs saisons.

« Nous avons recherché des procédés qui respectent la perspiration des murs »

PRINCIPE



FICHE TECHNIQUE

Réaliser un hérisson ventilé

PAR LUC VAN NIEUWENHUYZE

Pour toute réhabilitation, Maisons Paysannes de France préconise la réalisation d'un hérisson ventilé. Pourquoi cet équipement, rare dans nos habitats anciens qui satisfaisaient pourtant aux besoins? Les sols anciens, sans revenir à la terre battue, sont le plus souvent en mortier de chaux recouvert de terres cuites ou de dalles de pierre, et ils ont l'avantage de laisser respirer (« laisser sortir l'humidité », eau liquide ou vapeur) mais ils ont l'inconvénient d'être froids, inconfortables et parfois humides. Parce que nos conditions de vie et exigences ont changé, nous voulons des sols faciles à entretenir et nos revêtements de sols sont devenus presque tous quasiment étanches. L'humidité, qui pouvait initialement s'évacuer sur toute la surface, migre maintenant vers les murs et peut augmenter les remontées capillaires. Comme on a éliminé les « fuites », l'air de nos intérieurs est moins renouvelé et plus chauffé, la migration de l'eau vers la surface interne du mur augmente, les taches d'humidité et le salpêtre apparaissent et s'accroissent. Ce qui était précédemment accepté devient problématique. On limite donc l'humidité dans les sols.

VOUS AVEZ DIT HÉRISSEMENT ?

Ce terme désigne à l'origine des cailloux longs serrés côte à côte verticalement, comme les piquants dressés d'un hérisson. Comme il n'y a que peu de points de contact entre les cailloux, il ne peut y avoir de remontées capillaires, l'eau ne peut que descendre et le haut du hérisson reste sec !

1 LE HÉRISSEMENT

L'opération est simple: on constitue une couche de gros cailloux, informes, répartis sans arrangement précis. Selon la nature du sol, on peut placer en dessous un géotextile pour éviter la remontée de terre dans le hérisson. Une première couche de 15 cm de hauteur est constituée avec des gros cailloux (40/80, voire plus gros): les espaces entre les cailloux sont gros, mais l'étalement est difficile, même avec un croc.

Une deuxième couche de 5 cm d'épaisseur est réalisée avec des cailloux plus petits, de gros graviers (20/40 ou approchant). Ce matériau se règle facilement avec un râtelier et une règle au niveau voulu. Une fois l'étalement des graviers réalisé, un sérieux tassement est indispensable. On trouve, en location, des plaques vibrantes motorisées de moins de 100 kg qui permettent un bon compactage. On peut couvrir le tout d'un géotextile pour éviter que le béton de la dalle ne descende lors de sa mise en place.

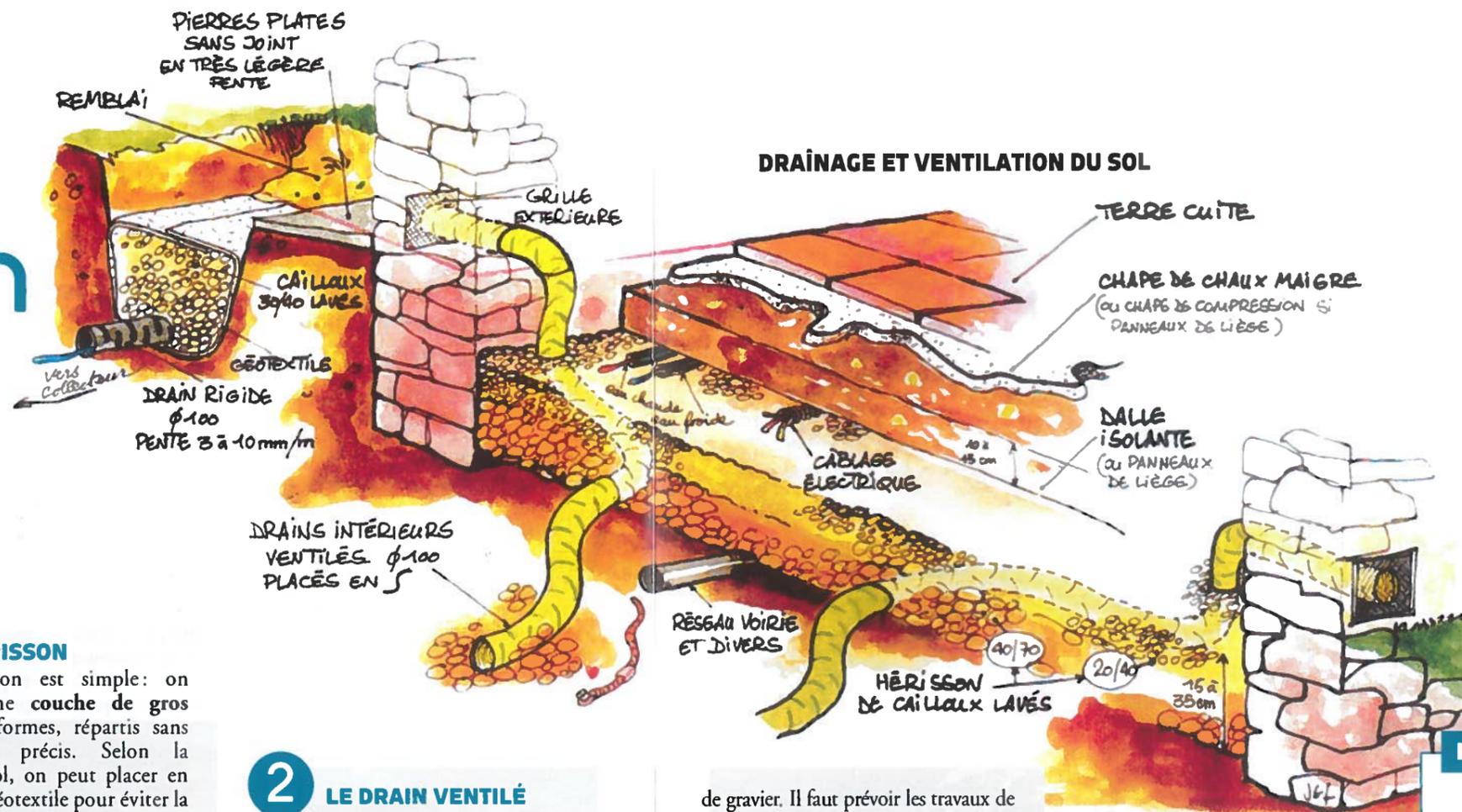
2 LE DRAIN VENTILÉ

Le hérisson permet de tenir le sol qui le recouvre sec, mais pas d'évacuer l'humidité sous l'emprise de la construction. Il faut donc ajouter un drain qui permet de faire circuler un air qui se chargera d'humidité (vapeur d'eau), de drainer et si besoin d'évacuer de l'eau liquide.

Un drain se pose en périphérie, à environ 80 cm des murs, et débouche à l'air libre sur deux murs opposés, quand les conditions s'y prêtent. Ainsi, par temps clair, avec une façade ensoleillée et l'autre à l'ombre, la différence de température entre les deux extrémités du drain crée un courant d'air. Le taux d'humidité de l'air étant plus faible que celui de l'air sous le sol, entre les cailloux, l'air qui circule se charge d'humidité, faisant baisser la pression d'humidité vers les murs.

Si lors des travaux, un ruissellement d'eau apparaît, il sera nécessaire de prévoir une pente régulière au drain et son évacuation dans un regard extérieur (avec grille d'aération) ou un fossé. Le drain devra toujours déboucher à l'air libre à son autre extrémité.

Le drain sera posé en fond de la couche



QUELS MATÉRIAUX ?

Les granulats pour la construction sont définis par la taille des plus petits et des plus gros éléments. Par exemple un gravier 20/40 a les plus petits éléments d'un diamètre supérieur à 20 mm et les plus gros éléments inférieurs à 40 mm. Attention : pour un hérisson, on n'utilise jamais un 0/x, qui contient des éléments fins et qui est donc capillaire.

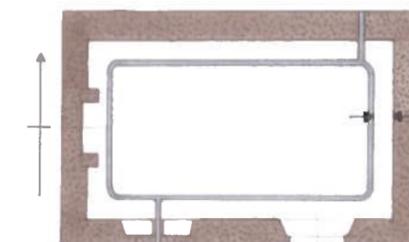
LA POSITION DU DRAIN



La position du drain en situation courante.



La position du drain en situation humide.



Plan de la position du drain dans une pièce.

Dessin de M. Fontaine (extrait ATHEBA PRO)

3 LA FERMETURE DU HÉRISSEMENT

La dernière étape consiste à recouvrir le hérisson d'un matériau empêchant les éléments fins de s'infiltrer entre les graviers. La solution la plus simple et la plus rapide est la pose d'un feutre géotextile. Il faut prendre des précautions si l'on circule dessus et rapidement mettre en œuvre la couche suivante pour le préserver. L'autre solution est de réaliser une couche en mortier de chaux hydraulique NHL 3,5 ou 5 qui sera étalée en affleurement des graviers les plus hauts.

de gravier. Il faut prévoir les travaux de façon à ce qu'ils ne gênent pas la répartition des cailloux et faire attention à ne pas les abîmer par les circulations et le compactage.

Il existe plusieurs types de tuyaux pour ce drain ventilé:

- Les drains agricoles souples en rouleau: très disponibles, faciles à poser et propres aux larges rayons de courbure qui facilitent la circulation de l'air, ils ne sont cependant pas reconnus « aptes » à cet usage. Ils sont destinés à désengorger des terres saturées d'eau.

- Des drains annelés pour le bâtiment, plus résistants et avec une surface de perforation par m² plus importante.

- Des drains rigides en PVC avec des perforations uniquement en partie supérieure, qui doivent être utilisés en présence quasi-certaine d'eau liquide.

De nouveaux matériaux synthétiques, prévus pour le drainage sous dalle béton arrivent sur le marché. S'ils permettent de réaliser des drainages de faible épaisseur (de 2 à 5 cm au lieu de 20 cm pour un hérisson), ils sont bien prévus pour évacuer l'eau liquide, mais n'assureront sans doute pas une ventilation suffisante.