

Humidité dans la maison? Le lien avec la température

Philippe MATHERAT

Lorsqu'on parle d'« humidité » dans une maison, on évoque la présence d'eau, dans des endroits où on ne la souhaiterait pas, et on s'interroge sur son origine. Lorsque l'eau se déplace sous forme de gaz, les phénomènes sont parfois difficiles à bien appréhender.

Parmi les différentes façons pour l'eau d'entrer dans la maison, il y a les entrées sous forme liquide. Citons-les, rapidement, pour dire qu'on ne va pas les développer ici.

Pour ce qui est de la pluie, la neige ou la grêle, on sait bien qu'il faut s'en protéger, c'est ce qu'on appelle « mettre hors d'eau ». On veillera à l'étanchéité de la couverture et des huisseries. Pour ce qui est de l'eau qui pourrait fuir des canalisations, il est bien évident qu'il faut y remédier.

L'eau liquide peut rentrer par d'autres voies : le ruissellement de l'eau à la surface du terrain peut amener l'eau vers la maison. Il faut alors faire des travaux de terrassement près de la maison pour créer des déclivités qui vont l'écartier. C'est plus difficile en fond de vallée ou sur un plateau, où il se peut qu'on n'ait pas d'autre solution que de creuser un puits, équipé d'une pompe pour envoyer l'eau plus loin.

Mais une fois qu'on a trouvé des remèdes à toutes ces entrées d'eau sous forme liquide, somme toute assez faciles à diagnostiquer, il reste le cas le plus difficile, à la fois à comprendre et à résoudre : les mouvements de l'eau sous forme d'un gaz¹ qui va se « condenser » [1], c'est-à-dire passer de l'état gazeux à l'état liquide (on devrait dire, plus proprement², « se liquéfier »). Ceci est souvent sous-estimé, alors qu'il peut s'agir de grandes quantités d'eau.

Dans ce qui suit, nous parlerons uniquement de ces phénomènes de condensation, qui sont souvent mal compris, ce qui entraîne des erreurs de diagnostic à l'origine de solutions inadaptées.

Taux hygrométrique

Il n'est pas simple de raisonner sur la vapeur d'eau portée par l'air ambiant, car c'est un gaz invisible, et souvent on ne peut connaître sa quantité que par l'intermédiaire d'une mesure du taux hygrométrique (ou degré d'humidité).

1. Ce gaz est communément nommé « vapeur d'eau ». Il ne s'agit pas de fines gouttelettes comme dans la brume, il s'agit bien d'un gaz, invisible.

2. Pour les physiciens, le terme de « condensation » désigne le passage de l'état gazeux à l'état solide, directement, sans passer par l'état liquide [2, 3]. Toutefois, dans ce texte, nous l'utiliserons souvent pour remplacer « liquéfaction », qui est moins compris dans l'usage courant.

Malheureusement ce chiffre, exprimé en pourcentage [4], est loin d'être d'une interprétation évidente. Il est clair qu'il ne s'agit pas d'une proportion d'eau dans l'air, car à 60 % nous serions dans une piscine !

Il s'agit d'une comparaison avec la quantité de vapeur qui entraînerait une condensation à la température présente. C'est-à-dire que ce taux ne dépend pas uniquement de la quantité de vapeur, il dépend aussi de la température. Ainsi, une simple variation de la température fait varier ce taux, même si la quantité de vapeur dans l'air ne varie pas.

Pour éviter ces complications, nous ne parlerons pas du taux hygrométrique dans ce qui suit.

Déplacement d'eau dans l'air

Principe de Watt

Nous utiliserons, comme outil de base, l'expérience suivante. Considérons un récipient formé de deux vases reliés par un tuyau, l'ensemble étant étanche vis-à-vis de l'extérieur, ce qui nous permet de dire que la pression interne est la même dans tout le volume du récipient.

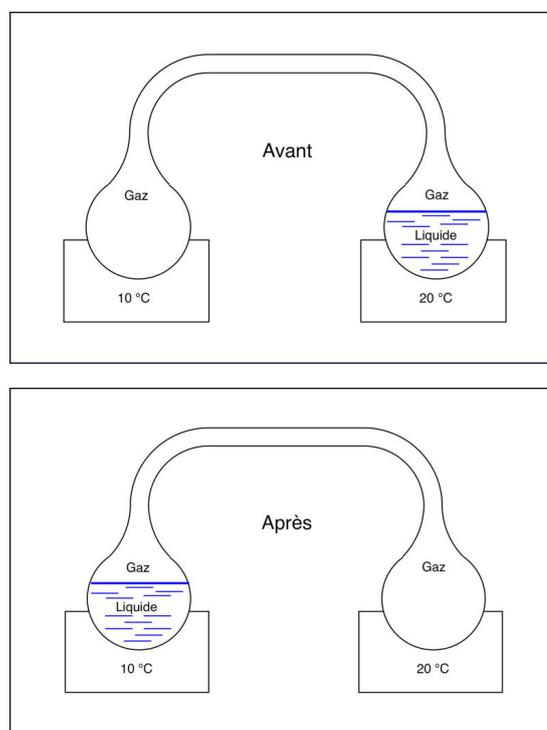


IMAGE 1 – Une expérience

À l'intérieur, se trouve de l'air humide, avec, au début de l'expérience (IMAGE 1, en haut), de l'eau liquide dans

le vase le plus chaud. Si nous attendons un certain temps, nous pourrions constater que l'eau se retrouvera dans le vase le plus froid (IMAGE 1, en bas).

L'eau a migré de la zone chaude vers la zone froide. Par quel moyen ? La vapeur s'est condensée dans la zone froide, ce qui a entraîné l'évaporation de l'eau liquide de la zone chaude. Ceci se comprend quand on sait que l'équilibre liquide-vapeur, pour une pression partielle donnée, ne peut pas exister à deux températures différentes [3, 5]. S'il y a présence de liquide, c'est dans la zone la plus froide.

Cette expérience conduit à l'énoncé d'un principe de physique, appelé « principe de Watt », qui peut s'énoncer ainsi : *dans une atmosphère à pression homogène, l'eau se déplace spontanément des zones les plus chaudes vers les zones les plus froides, par le moyen d'évaporations et de condensations.*

Dans ce qui suit, nous utiliserons ce principe pour tous nos raisonnements.

Quelques exemples

Dans un réfrigérateur, pourquoi se forme-t-il du givre dans le freezer ? Nous introduisons dans notre réfrigérateur des denrées qui ne sont pas sèches, par exemple des légumes ; le freezer est la zone la plus froide ; appliquons notre principe : l'eau des légumes va s'évaporer et cette vapeur va aller se condenser dans le freezer.

Sortons une bouteille d'eau de notre réfrigérateur. Au bout de quelques minutes, elle est recouverte de buée. Pourquoi ? La vapeur de l'air ambiant à température plus élevée va se condenser sur la bouteille, plus froide (IMAGE 2).



IMAGE 2 – La masse d'eau intérieure empêche une partie du verre de se réchauffer rapidement ; la buée ne se dépose que sur la partie la plus froide de la bouteille

Tous ces phénomènes de condensation peuvent se ranger sous la même dénomination de « rosée » [6]. La rosée des champs se dépose de la même façon que sur cette bouteille : le matin, lorsque l'air ambiant se réchauffe plus vite que la terre, il arrive un moment où l'écart de température conduit à cette condensation sur le sol.

Les météorologues utilisent l'expression « température de rosée » [7]. Cette température est définie ainsi : pour une

certaine température ambiante et une certaine quantité de vapeur dans l'atmosphère, si un objet se trouve à la température de rosée (ou à une température inférieure), alors il se couvrira de gouttelettes d'eau de condensation (IMAGE 3).

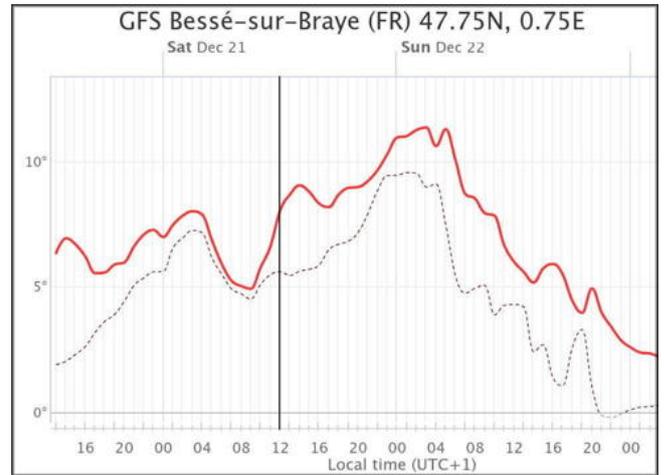


IMAGE 3 – Prévision météo publiée par le site wetterzentrale.de : la ligne rouge est la température de l'air, la ligne pointillée est la température de rosée. À 12 h, le samedi 21 décembre 2024, si un objet est à moins de 5,5 °C, il se couvrira de rosée.

Cas d'une maison inhabitée

Considérons une maison inhabitée et non chauffée. Il arrive toujours un moment dans l'année où l'intérieur est plus froid que l'extérieur, c'est en particulier le cas en fin d'hiver, alors que la maison a été bien refroidie et que la température de l'air extérieur monte avec l'approche du printemps. La vapeur de l'air extérieur va venir se condenser à l'intérieur de la maison³. Tous les objets qui se trouvent à l'intérieur vont être recouverts d'eau : le linge et les papiers dans les armoires vont moisir, les objets en fer vont rouiller, etc. Ceci peut durer assez longtemps si la maison est longue à se réchauffer, c'est-à-dire si l'inertie est importante. La quantité d'eau en cause peut être très élevée.

Si quelqu'un rentre dans cette maison au printemps, il va sentir l'odeur de moisi, et on peut parier qu'il va diagnostiquer : « cette maison est humide ! » C'est en général une erreur, pour le moins une sentence précipitée, car n'importe quelle maison inhabitée et non chauffée souffrira de ce problème.

On peut parier aussi que cette personne dira : « il faut ventiler ! » C'est une autre erreur, car en ventilant on fera rentrer davantage d'air extérieur plus chaud, qui va apporter davantage de vapeur qui va se condenser. La bonne réaction est : « il faut chauffer l'intérieur avant de ventiler. » En effet, en chauffant on supprimera la cause, qui est l'écart de température.

Pour éviter ces problèmes, une maison inhabitée doit être chauffée en hiver. Pas beaucoup, un hors-gel à 5 °C suffit

3. Les pressions intérieure et extérieure sont égales, car les parois ne sont jamais étanches.

lorsqu'il fait très froid, mais il vaut mieux régler le thermostat à 12 °C en fin d'hiver.

Il est important de comprendre que la consommation d'énergie, et donc le coût, d'un tel chauffage, est très faible, puisque ce coût ne dépend que de l'écart entre la température intérieure et la température extérieure. L'idéal serait de faire que la température intérieure soit toujours à 2 °C au-dessus de la température extérieure. Le coût serait alors extrêmement faible. Mais ceci nécessite un asservissement du thermostat intérieur sur une mesure de la température extérieure.

Cas d'une maison habitée, chauffée

Dans une maison habitée, en hiver, il est bien sûr fréquent qu'il y ait une grande différence de température entre l'intérieur et l'extérieur. Il est donc inévitable que la vapeur contenue dans l'air intérieur de l'habitation se condense dans l'épaisseur des murs⁴. La zone où a lieu cette condensation dépend de la répartition des isolants, mais comme ce sont les matériaux les plus isolants qui encaissent la plus forte variation de température dans leur épaisseur, il est fréquent que cette condensation ait lieu dans la couche isolante, ou à sa frontière [8]. Il est impératif que cette eau de condensation puisse s'évacuer sur les côtés, horizontalement, vers l'intérieur ou l'extérieur (à travers des matériaux perspirants⁵), sinon elle descendra plus vite en pied de mur. Toute interposition d'une couche imperméable à l'eau est nuisible, et conduit directement l'eau en pied de mur, sans possibilité d'évacuation sur les côtés.

Une illustration bien connue de ce phénomène est l'apparition de buée sur les vitres. On a ici tous les ingrédients cités : différence de température, condensation, étanchéité, descente de l'eau vers le bas.

Ces phénomènes de condensation sont inaperçus par la plupart des auteurs, qui ne voient pas que c'est la principale cause de présence d'eau dans les murs.

De façon beaucoup plus limitée que dans les murs, il peut y avoir une condensation à la surface du sol. En effet, le sol peut être à une température proche de 12 °C (température de la Terre) ou simplement un peu plus froid que l'air de la pièce. Si on constate que le carrelage est humide, il faut comprendre que cette eau provient de l'air de la pièce, et non de dessous le carrelage.

Ces phénomènes de condensation dans les parois sont d'autant plus présents que la température intérieure est élevée. Les anciens les connaissaient peu car leurs maisons étaient peu chauffées. Mais ces problèmes sont plus fré-

4. Certains posent un « pare-vapeur » pour empêcher la vapeur de rentrer dans le mur. C'est illusoire car un gaz s'infiltrera toujours, profitant du moindre interstice, soit laissé lors de la pose, soit par des microfissures causées par les mouvements de la maçonnerie.

5. Il ne s'agit pas tout à fait de « respiration » car ce terme est plutôt employé pour les transferts de gaz. Ici il s'agit de laisser passer l'eau liquide, pour qu'elle sorte du mur (en se ré-évaporant à sa sortie).

quents avec le confort moderne, et ce n'est pas une question de type de construction, les maisons récentes y sont tout autant soumises.

Les phénomènes que nous venons de citer conduisent à ce que l'air intérieur d'une maison chauffée, par un hiver froid, est souvent beaucoup plus sec que l'air extérieur. C'est l'écart de température qui fait migrer l'eau vers l'extérieur. Cet air très sec peut entraîner des problèmes de sécheresse cutanée pour les habitants.

Production de vapeur à l'intérieur

La cuisine

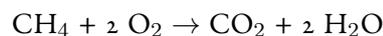
Lorsqu'on cuisine, on entraîne l'évaporation des liquides chauffés. C'est très net dans le cas d'un bouillon : si cela dure, les vitres des fenêtres se recouvrent de buée. Si on fait bouillir longtemps avec un fort apport de chaleur qui évapore beaucoup d'eau, et si les murs n'absorbent pas l'eau de condensation (cas d'un enduit ciment), on peut voir un ruissellement à leur surface.

La salle d'eau

C'est encore plus important qu'en cuisine. Le simple fait de faire couler un bain chaud, et plus encore la douche, font évaporer énormément d'eau, ce qu'on peut facilement constater, par une brume dans la pièce, par la buée sur les vitres, par le ruissellement sur les murs. Il est en général impératif de mettre en marche une ventilation mécanique, ou à défaut d'ouvrir largement portes et fenêtres.

Les combustions

Les combustions entraînent une production de vapeur d'eau [9]. Prenons par exemple le cas d'une cuisson au gaz. Le cas le plus simple est celui de la combustion du méthane (CH₄, vendu sous le nom de « gaz naturel »). La réaction de combustion s'écrit (dans le cas idéal d'une combustion complète) :



(méthane + oxygène → di-oxyde de carbone + vapeur d'eau)

Cette production de di-oxyde de carbone et de vapeur d'eau existe dans toutes les combustions de matière organique : charbon, bois, hydrocarbures (pétrole, gaz), alcools, huiles, etc. Les seules choses qui changent d'un carburant à un autre, ce sont les proportions entre les gaz engendrés⁶.

Les appareils de chauffage des habitations par combustion sont en général raccordés à une cheminée qui évacue ces deux gaz vers l'extérieur. Toutefois, il a existé des appareils de chauffage au gaz sans raccordement à une cheminée. Avec ces appareils, comme pour le cas d'une plaque de cuisson, ces gaz engendrés se répandent dans le logement⁷.

6. Les traînées blanches laissées par les avions sont constituées de cristaux de glace [10], en raison de la basse température de l'atmosphère à ces altitudes. Le di-oxyde de carbone y est lui à l'état gazeux.

7. La vapeur d'eau se condense mais le di-oxyde de carbone ne se liquéfie pas à la pression atmosphérique.

La respiration des habitants

La vie est une combustion ! Notre corps brûle les nutriments. Les échanges gazeux se font par les poumons : nous consommons l'oxygène de l'air et nous rejetons dans l'atmosphère du di-oxyde de carbone et de la vapeur d'eau. Ceci est bien mis en évidence lorsque nous sommes nombreux dans une voiture : les vitres se recouvrent rapidement de buée.

Que devient l'eau des murs ?

Capillarité

On entend souvent l'expression « remontées capillaires » pour expliquer l'humidité des pieds de murs. En effet, ce phénomène explique en partie que les pieds de murs soient plus humides que le reste. Mais il nous semble qu'il y a de mauvaises conceptions autour de cette notion.

Une difficulté vient du fait que l'adjectif « capillaire » est presque toujours associé au substantif « remontée », ce qui laisse croire que la capillarité serait une force s'exerçant vers le haut. Ceci est faux, les forces de capillarité s'exercent dans toutes les directions. Ce sont des forces qui agissent ici à la surface de séparation entre l'air et l'eau, et qui existent à toute surface de séparation entre corps différents⁸.

Pour ce qui nous occupe concernant les murs, ces forces ont pour effet, dans un milieu poreux [12] aux interstices très étroits, que l'eau est aspirée en direction des régions sèches. Ainsi une goutte d'eau déposée au milieu d'un matériau homogène va s'étaler, dans toutes les directions, comme une goutte d'encre sur une feuille de buvard (IMAGE 4).

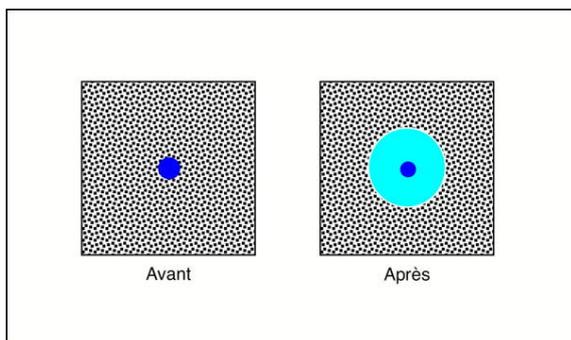


IMAGE 4 – Dans un milieu poreux, l'eau s'étale dans toutes les directions

Descentes capillaires

Mais cette eau, au milieu d'un mur, est également soumise à la gravitation, qui l'attire vers le bas. Ainsi, la goutte d'eau va descendre vers le bas du mur tout en s'étalant (IMAGE 5). C'est-à-dire que le phénomène le plus général est celui d'une « descente capillaire ». L'eau va se retrouver en pied de mur.

8. On les nomme : forces de « tension superficielle » [11]. Ce sont en particulier elles qui expliquent l'existence des bulles de savon : à la surface de séparation entre l'eau savonnée et l'air s'exercent des tensions en surface du même type que celles qui s'exercent sur la peau d'un ballon.

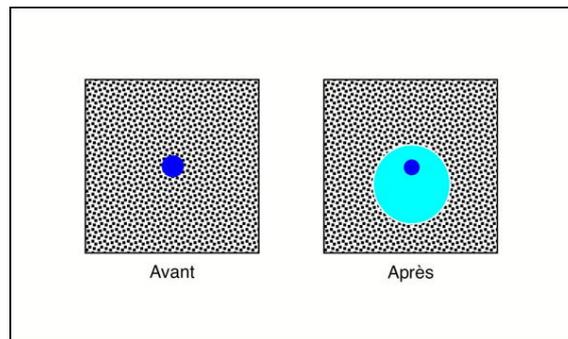


IMAGE 5 – S'il s'y ajoute la gravité, l'eau descend en s'étalant

Montées capillaires

Par ailleurs, et de façon indépendante, dans le cas d'un mur sec qui est en contact avec une terre mouillée, un chemin possible pour l'eau est de monter dans le mur (« remontées capillaires »). Cette montée va s'arrêter, à moins d'un mètre (en général beaucoup moins), car les forces de capillarité sont alors contrariées par les forces de gravitation.

Pieds de murs

Nous voyons donc que, dans les deux cas que nous venons de citer, la conséquence est toujours que l'eau résiduelle demeurera en pied de mur. Le pied de mur est toujours la partie du mur la plus humide, que ce soit à cause de l'eau qui descend ou à cause de l'eau qui monte.

Ceci pour dire qu'il ne faut pas que le phénomène de l'eau qui monte cache le phénomène de l'eau qui descend. Si on voit un pied de mur humide, il ne faut pas diagnostiquer immédiatement « remontées capillaires », c'est en général insuffisant. Cela montre qu'on oublie les condensations dans l'épaisseur des murs, à toutes les hauteurs.

Parfois les deux phénomènes sont présents en même temps, parfois ils sont séparés. Cela dépend de la météo : le mur est-il sec suite à une longue période de temps sec ? la terre extérieure est-elle humide suite à une longue période de pluie ? n'oublions pas que la pluie tombe aussi sur le mur (y a-t-il des gouttières ?), quel est l'écart de température entre intérieur et extérieur ? dans quel sens ? etc.

Dans tous les cas, quelles que soient les causes de l'humidité en pied de mur, la conséquence sera toujours que les enduits des pieds de murs se dégraderont plus vite que les autres. C'est inévitable, il faut en prendre son parti, ces enduits sont à refaire une ou deux fois par siècle. (C'est rarement la même personne qui les fait deux fois !)

Quand nous voyons une maison pour laquelle les enduits des pieds de murs sont très dégradés et que nous avons à en chercher les causes, posons-nous d'abord les questions suivantes : depuis combien de temps est-ce dans cet état ? à quand remonte la dernière réfection d'enduit ? qu'a vécu cette maison dans les siècles passés ?

Pour ma part, mon âge me permet d'avoir été témoin de l'évolution de ma maison depuis 60 ans. J'ai pu constater que

les enduits se sont très peu dégradés durant cette période. En certains endroits, les enduits étaient dégradés il y a 60 ans et n'ont pas été réparés, et je n'ai pas constaté d'évolution. En d'autres endroits, on peut voir que des enduits avaient été restaurés dans des temps anciens avant de se dégrader à nouveau, mais à quand remonte cette restauration ? un siècle ? deux siècles ? trois siècles ? Je n'ai aucun moyen de le savoir. En tous cas, celui qui s'effraie de l'état des pieds de murs et se précipite pour chercher un remède devrait commencer par se poser et prendre le temps d'une réflexion.

Observations

Au cours du XX^e siècle, les maçons qui ont refait les enduits de pieds de murs (sur un mètre environ) ont cru bien faire en utilisant le ciment. Qu'avons-nous constaté ? C'est la zone au-dessus du ciment qui s'est dégradée. Comment l'expliquer ? L'étanchéité provoquée par le ciment a empêché l'eau qui descend de s'évacuer sur les côtés. Cette eau a été stockée en pied de mur par le ciment, et a débordé dans la partie immédiatement supérieure. S'il s'agissait de montées capillaires, l'eau ne serait pas remontée au-delà d'un mètre.

Autre question : comment expliquer que la pose d'un revêtement étanche sur le sol extérieur qui touche le mur (trottoir en ciment par exemple, ou goudron de la chaussée) est plutôt nuisible au pied de mur ? S'il s'agissait de montées capillaires, elles seraient diminuées, puisque la terre qui touche le mur est plus sèche, car protégée de la pluie.

Au contraire, lorsque la terre est plus sèche que le mur, l'eau qui descend du mur est aspirée par la terre, qui peut l'évacuer par évaporation. C'est cette évaporation qui est bloquée par le trottoir.

Certaines personnes, en l'absence de réponse à ces questions, incriminent une humidité provenant du sol intérieur de la maison. Dans le cas général, lorsqu'il n'y a pas de raison particulière d'une infiltration d'eau souterraine, c'est peu vraisemblable, car ce sol est la partie de la maison la plus protégée des entrées d'eau diverses. Il y a, c'est sûr, des maisons pour lesquelles de l'eau vient du sol. Mais c'est loin d'être le cas général, et il n'y a pas de raison d'appliquer les mêmes modifications à toutes les maisons.

Conclusion

Les causes des problèmes d'humidité dans une maison sont multiples. Il n'y a pas un remède applicable à toutes les maisons sans discernement. La façon moderne d'habiter soumet les maisons à de plus dures contraintes que la façon ancienne.

Nous avons vu que les cas les plus difficiles sont ceux en relation avec les mouvements d'eau sous forme de gaz (vapeur qui va se liquéfier). Nous avons vu par ailleurs que ces mouvements d'eau sont explicables par des différences de température. Nous pouvons donc en conclure que tous les cas difficiles, concernant l'humidité, sont à étudier en lien avec des différences de température.

La présence d'eau dans les murs est inévitable. Elle provient principalement de la condensation de la vapeur produite par la vie des habitants. Les murs doivent pouvoir laisser cette eau s'évacuer sur les côtés, intérieur ou extérieur, horizontalement, à travers des matériaux poreux, perspirants.

Remerciements

Je remercie les relectrices et relecteurs qui m'ont aidé à améliorer le texte.

Toute ma gratitude va vers mes professeurs de lycée qui m'ont transmis la physique élémentaire, et pour la vie qui est une source constante d'expériences et de questionnements.

Références et bibliographie

- [1] Wikipedia : « Condensation », <https://fr.wikipedia.org/wiki/Condensation>.
- [2] Wikipedia : « Changement d'état », https://fr.wikipedia.org/wiki/Changement_d%27%C3%A9tat.
- [3] Wikipedia : « Point d'ébullition », https://fr.wikipedia.org/wiki/Point_d%27%C3%A9bullition.
- [4] Wikipedia : « Humidité relative », https://fr.wikipedia.org/wiki/Humidit%C3%A9_relative.
- [5] Wikipedia : « Pression partielle », https://fr.wikipedia.org/wiki/Pression_partielle.
- [6] Wikipedia : « Rosée », <https://fr.wikipedia.org/wiki/Ros%C3%A9e>.
- [7] Wikipedia : « Point de rosée », https://fr.wikipedia.org/wiki/Point_de_ros%C3%A9e.
- [8] Jean-Pierre OLIVA, *L'isolation écologique*, Terre vivante, 2008.
- [9] Wikipedia : « Combustion », <https://fr.wikipedia.org/wiki/Combustion>.
- [10] Wikipedia : « Trainée de condensation », https://fr.wikipedia.org/wiki/Tra%C3%AEn%C3%A9e_de_condensation.
- [11] Wikipedia : « Tension superficielle », https://fr.wikipedia.org/wiki/Tension_superficielle.
- [12] Wikipedia : « Porosité », <https://fr.wikipedia.org/wiki/Porosit%C3%A9>.