

# CONDITIONNEMENT D'AIR DANS LES CAVES DES BÂTIMENTS RÉSIDENTIELS

AUTREFOIS, LES CAVES ÉTAIENT PRINCIPALEMENT UTILISÉES POUR LA CONSERVATION DES DENRÉES ALIMENTAIRES ET NÉCESSITAIENT DE FAIBLES TEMPÉRATURES ET UN TAUX D'HUMIDITÉ ÉLEVÉ. DE NOS JOURS, EN REVANCHE, LES SOUS-SOLS SONT SOUVENT UTILISÉS À D'AUTRES FINS, PAR EXEMPLE COMME LOCAL DE BRICOLAGE, DE STOCKAGE OU DE SÉCHAGE. IL CONVIENT ALORS DE RÉDUIRE LE TAUX D'HUMIDITÉ DE L'AIR AMBIANT POUR ÉLIMINER TOUT RISQUE DE MOISSISURES.

La présente fiche d'information traite du conditionnement de l'air dans les caves des nouvelles constructions ainsi que des bâtiments assainis et non assainis. Pour ce faire, quatre variantes différentes sont présentées. Chacune est décrite de manière approfondie et analysée sur le plan du risque de moisissures et de la consommation d'énergie. Ensuite, des recommandations sont formulées pour aider le consommateur à choisir le meilleur système.

Les cas présentés ci-après se basent sur les données climatiques des villes de Zurich, Davos et Locarno. Les études se concentrent sur des sous-sols sans apports d'humidité notables – les buanderies, par exemple, sont donc exclues. Pour les sous-sols avec des apports d'humidité élevés, il convient généralement de prendre des mesures supplémentaires, telles que l'installation de déshumidificateurs d'air.

**Remarque:** Le radon est considéré comme le polluant de l'air intérieur le plus dangereux en Suisse. Les sous-sols sont les locaux les plus concernés en raison du contact direct avec le sol. La concentration de radon doit être vérifiée lorsque des caves sont converties en pièces d'habitation ou en cas de modifications apportées à l'enveloppe du bâtiment. Le cas échéant, des mesures doivent être mises en place.

Les mesures techniques de ventilation concernant la protection contre le radon ne font pas l'objet de cette étude. La problématique du radon concerne principalement les sous-sols construits avant 1980 (étanchéité du bâtiment). Pour plus d'informations sur la protection contre le radon, veuillez vous adresser aux services régionaux.



# PHYSIQUE DU BÂTIMENT, HUMIDITÉ ET MOISSISSURE

Lorsque des matériaux tels que le béton, le carton ou le bois restent humides pendant une longue durée, il est fort probable que de la moisissure se forme sur leur surface. L'augmentation de l'humidité dans les sous-sols est généralement imputable à des vices de construction. Il peut s'agir, par exemple, d'endroits non étanches tels que des fissures dans les murs ou des tôles contre la terre. Des éléments de construction mal isolés, donc froids, tels que des murs extérieurs, des sols ou des canalisations, peuvent également engendrer de l'humidité localement élevée. Les taux d'humidité élevés varient cependant en fonction de la période de l'année. Dans les logements, le problème survient surtout en automne et en hiver. L'automne est critique parce qu'en Suisse l'humidité absolue de l'air neuf est élevée. En hiver, l'humidité de l'air proche de murs extérieurs mal isolés peut atteindre un niveau si important qu'il favorise la formation de moisissures [1]. Dans les sous-sols, le problème survient en revanche surtout en été. Le taux d'humidité absolue élevé de l'air extérieur entraîne alors, dans les sous-sols frais, une hausse rapide de l'humidité relative sur les murs. Le risque de formation de moisissures augmente donc également, favorisé par ailleurs par un mauvais comportement ou concept d'aération.

## LES TYPES DE CAVES

Au point de vue construction, les caves se distinguent en fonction de leur âge, de leur type de construction et des matériaux utilisés. Afin de couvrir les différents types de construction, trois types de cave courants ont été définis et examinés

à l'aide de simulations [2]. Les caves identiques d'un point de vue géométrique se différencient par des stratégies d'isolation différentes. Des simulations ont été réalisées pour les cas de bâtiments existants «non assainis» (non ass) et «assainis» (ass) ainsi que pour le cas «nouvelle construction» (nc) (Tabl. 1). La modélisation d'une cave est représentée dans l'illustration 1. Un mur long (7 m) et deux plus courts (5 m) sont définis comme murs extérieurs. Le sous-sol est considéré comme une zone thermique unique. Le rez-de-chaussée au-dessus du sous-sol et un couloir adjacent au sous-sol sont représentés comme des zones thermiques supplémentaires dans le modèle. Le mur le plus long présente une proportion de fenêtres de 6 % (3 fenêtres de 0,4 m x 1,0 m = 1,2 m<sup>2</sup>, surface du mur (intérieure): 2,7 m x 7,0 m = 18,9 m<sup>2</sup>). Les simulations se basent sur les données climatiques de Zurich/Locarno/Davos. Elles sont donc représentatives pour quasiment toutes les villes de Suisse.

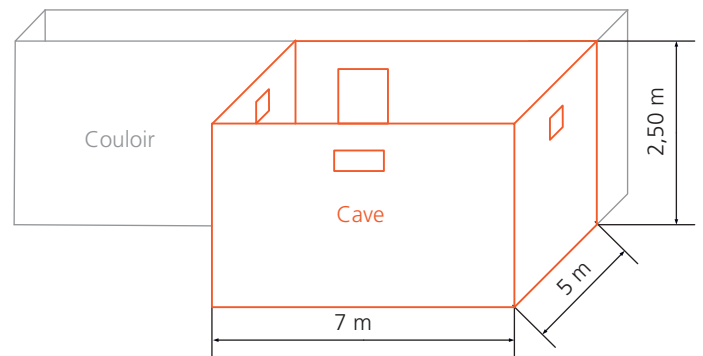


Illustration 1: Dimensions intérieures du modèle de cave

TYPES DE CAVES			
Type de cave	État non assaini (non ass)	État assaini (ass)	Nouvelle construction (nc)
Jaune = isolation thermique Gris = murs de soubassement Brun = sol			
Isolation du mur extérieur de la cave	1/3 supérieur isolé, 2/3 inférieur non isolé	1/3 supérieur isolé, 2/3 inférieur non isolé	toute la paroi isolée
Isolation du plafond de la cave	non	oui	non
Isolation du sol de la cave	non	non	oui
La paroi de la cave jouxte	1/2 sol, 1/2 air extérieur	1/2 sol, 1/2 air extérieur	1/2 sol, 1/2 air extérieur

Tableau 1: Les types de caves étudiés se distinguent par leur isolation thermique.

# LE CONDITIONNEMENT DE L'AIR DANS LES CAVES

Un conditionnement optimal de l'air du sous-sol peut aider à lutter contre la moisissure. Les quatre variantes étudiées sont présentées ci-dessous (Tabl. 2). Elles sont typiques pour des bâtiments résidentiels de petite et de moyenne taille.

## VENTILATION NATURELLE (FENÊTRES)

Dans le cas d'aération par les fenêtres (ventilation naturelle, Illustr. 2), l'air extérieur entre dans la cave par une fenêtre ouverte et se mélange avec l'air intérieur. À la saison chaude, cela risque toutefois d'augmenter l'humidité de l'air intérieur au lieu de la diminuer. C'est toujours le cas lorsque l'air extérieur chaud est nettement plus humide que l'air intérieur. Par conséquent, pour ne pas ajouter davantage d'humidité dans la cave en été, il convient d'aérer au bon moment.

## VENTILATION MÉCANIQUE SIMPLE FLUX (EXTRACTION D'AIR)

Un ventilateur d'extraction (Illustr. 3, flèche rouge) permet d'évacuer l'air de la cave. L'air extérieur entre via un clapet. Ainsi, en été, pour ne pas apporter de l'humidité supplémentaire dans la cave avec l'air extérieur, la ventilation doit fonctionner au bon moment. Une régulation y veille en contrôlant le ventilateur en fonction de l'humidité absolue (ou de la pression partielle). Si l'humidité absolue de l'air extérieur est inférieure à celle de la cave, le ventilateur se met en marche.

## DÉSHUMIDIFICATEUR D'AIR

Un déshumidificateur extrait l'humidité de l'air ambiant en condensant la vapeur d'eau (Illustr. 4). L'air ambiant humide circule à travers l'évaporateur du déshumidificateur qui le refroidit si fortement que l'eau de l'air condense. L'air déshumidifié retourne ensuite à l'intérieur de la cave en passant par le condenseur du circuit frigorifique. Le condensat est évacué ou récupéré dans un récipient.

## CHAUFFAGE ÉLECTRIQUE

Des résistances électriques peuvent également être utilisées pour déshumidifier l'air. En augmentant la température ambiante, elles diminuent l'humidité relative dans l'air ambiant (Illustr. 5). Cependant, les caves du type «non assaini» et «assaini» (Tabl. 1) ne doivent pas être chauffées conformément aux prescriptions énergétiques cantonales. De même, les chauffages électriques fixes sont soumis à autorisation ou interdits selon la puissance et le canton pour le type «nouvelle construction».

**Remarque:** Les déshumidificateurs à adsorption n'ont pas été pris en compte dans l'étude, car ils ne sont pas admis dans les caves non isolées en raison de leur élément chauffant intégré au circuit électrique selon l'Aide à l'application EN-102 [3].

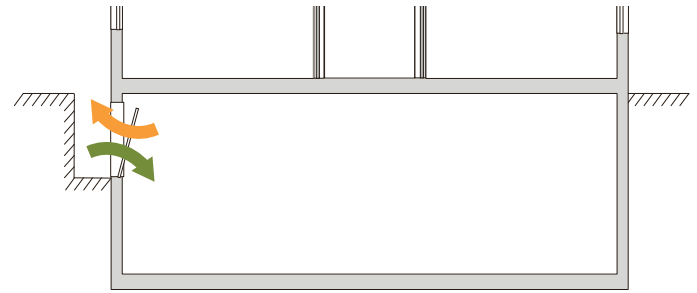


Illustration 2: Aération par les fenêtres

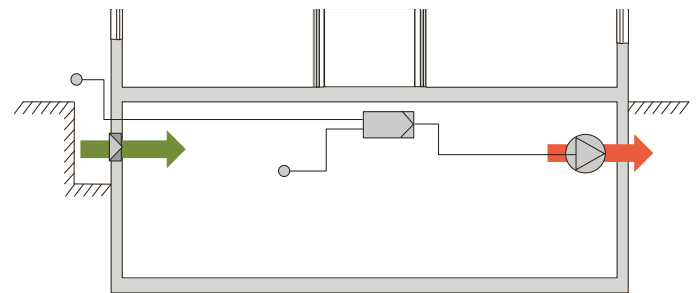


Illustration 3: Ventilation mécanique simple flux

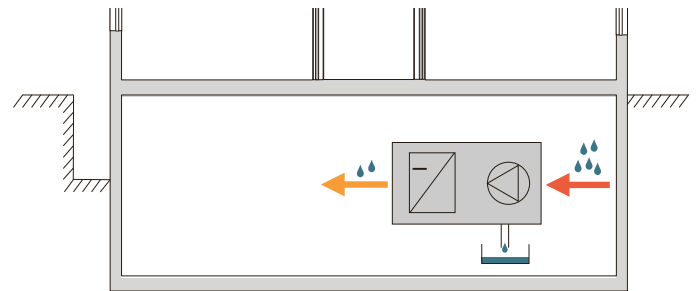


Illustration 4: Déshumidificateur d'air

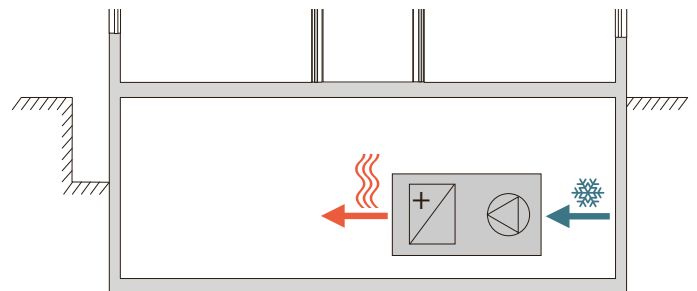


Illustration 5: Chauffage électrique

# VUE D'ENSEMBLE DES CAS D'ÉTUDE

Les conditions pour la simulation du risque de moisissures dans les quatre variantes de conditionnement de l'air sont récapitulées dans le Tabl. 2. En fonction du standard de construction de la cave, les inétanchéités du bâtiment ont été choisies de façon à obtenir en moyenne les taux de renouvellement d'air par infiltration suivants (période de test: du 1<sup>er</sup> janvier au 5 avril):

- Type de cave «non assaini» et «assaini»: 0,12 h<sup>-1</sup>
- Type de cave nouvelle construction: 0,06 h<sup>-1</sup>

Le taux de renouvellement d'air par infiltration indique le multiple du volume de la pièce qui est renouvelé par de l'air extérieur toutes les heures (valeurs conformément à SIA 2024 [4]). Outre l'infiltration, les conditions requises pour les différents concepts de ventilation sont établis par rapport au mode de fonctionnement à travers les variantes suivantes:

## N°1: CAVE AVEC VENTILATION NATURELLE PAR LES FENÊTRES (VentNat)

Une fenêtre de la cave est en permanence en position basculée. La surface d'ouverture libre est de 0,33 m<sup>2</sup>. La surface d'ouverture est la même pour tous les types de caves (non ass, ass, nc). La cave n'est pas chauffée, il n'existe donc pas de besoins énergétiques supplémentaires.

**Commentaire:** La norme SIA 180:2014 C.3 et C.4 prévoit la possibilité de ne pas prendre en compte l'influence du vent pour le calcul de la ventilation naturelle dans des simulations relatives au risque de moisissures [5]. Par défaut, il a été pris en compte dans les simulations, mais on a supposé que le bâtiment se trouvait dans un site abrité (constructions rapprochées).

## N°2: CAVE AVEC VENTILATION MÉCANIQUE, CONTRÔLEUR D'HUMIDITÉ (ContHum)

Le ventilateur d'extraction se met en marche dès que l'humidité absolue de l'air extérieur est inférieure à celle de l'air intérieur et assure le renouvellement d'air suivant en fonction du type de cave: non ass 0,70 h<sup>-1</sup>, ass 0,30 h<sup>-1</sup>, nc 0,10 h<sup>-1</sup>. La ventilation mécanique exige deux ouvertures vers l'extérieur, une pour l'air entrant et une pour l'air évacué.

## N°3: DÉSHUMIDIFICATION (DéshumAir)

L'hypothèse retenue est un déshumidificateur qui sèche l'air du sous-sol en mode air recyclé. L'appareil se met alors en marche à une humidité relative de 50 % et s'éteint à 30 %. Le débit volumique avoisine les 500 m<sup>3</sup>/h. L'appareil consomme une puissance électrique de 400 W, ce qui génère un apport de chaleur supplémentaire dans la cave.

## N°4: CHAUFFAGE ÉLECTRIQUE (ChaufElec)

La cave est tempérée par un chauffage électrique. Il se met en marche à une température d'air de 14°C et s'éteint à 18°C. L'infiltration se situe entre 0,12 h<sup>-1</sup> (non ass/ass) et 0,06 h<sup>-1</sup> (nc). Outre l'infiltration, aucun renouvellement d'air supplémentaire n'a été pris en compte.

### EN COMBINAISON AVEC L'AÉRATION DOUCE?

Il n'est pas recommandé de raccorder la cave à l'aération douce à des fins de protection contre l'humidité. Les temps de fonctionnement sont trop différents et un fonctionnement en continu risquerait même de générer de l'humidité supplémentaire dans le sous-sol.

CAS SIMULÉS												
Climat	Zurich/Locarno/Davos											
Mode de fonctionnement	Ventilation naturelle (VentNat)			Contrôleur d'humidité (ContHum)			Déshumidificateur (DéshumAir)			Chauffage électrique (ChaufElec)		
Chauffage	non			non			Déshumidificateur des rejets thermiques			Chauffage électrique		
Renouvellement d'air par	Fenêtre basculée			Installation d'air évacué			Infiltration			Infiltration		
Taux de renouvellement d'air mécanique [h <sup>-1</sup> ]	-			0,7	0,3	0,1	-			-		
Taux de renouvellement d'air fenêtre/infiltration [h <sup>-1</sup> ]	variable (simulation de flux zonal)			en moyenne			en moyenne			en moyenne		
Type de cave	non ass	ass	nc	non ass	ass	nc	non ass	ass	nc	non ass	ass	nc
				0,12	0,06		0,12	0,06		0,12	0,06	

Tableau 2: Variantes étudiées. Abréviations utilisées: non ass = non assaini, ass = assaini, nc = nouvelle construction.

# RÉSULTATS ET RECOMMANDATION

Le tableau 3 présente les résultats des simulations pour évaluer le risque d'humidité et de moisissures. Les variables sont le standard de construction des caves (bâtiment existant non assaini/assaini et nouvelle construction) ainsi que les quatre variantes de conditionnement de l'air.

## RISQUE DE MOISSURES

Dans l'ensemble, l'été est plus critique que l'hiver. L'absence de risque de moisissures ne concerne que la nouvelle construction (nc) du fait de la meilleure étanchéité du bâtiment et des températures plus élevées grâce à un meilleur périmètre d'isolation. Selon le mode de fonctionnement et le climat, les résultats dans une cave non assainie et assainie présentent un risque de moisissures. En revanche, la localisation et les conditions climatiques qui y règnent, n'influencent quasiment pas le risque de formation de moisissures. En ce qui concerne les modes de fonctionnement étudiés, on relève qu'il existe un risque de moisissures avec la ventilation naturelle (VentNat) et le chauffage électrique (ChaufElec). En cas de ventilation mécanique avec contrôleur d'humidité (ContHum) et de déshumidification de l'air (DéshumAir), le risque de moisissures peut également être évité dans les caves non assainies et assainies.

## BESOINS ÉNERGÉTIQUES

Le conditionnement de l'air de la cave (diminution du risque de moisissures) présente un certain besoin en énergie électrique, sauf en cas de ventilation naturelle. Ce besoin varie considérablement selon les variantes. Les simulations effectuées ont permis de déterminer le temps de fonctionnement de chaque installation. Les besoins énergétiques de chaque variante ont ainsi été établis. L'illustr. 6 présente les besoins énergétiques maximums calculés.

La régulation de la température de la cave, p.ex. avec un chauffage électrique (ChaufElec), ne suffit pas pour éviter la

formation de moisissures (Tabl. 3). De plus, cette solution présente des besoins en énergie très élevés. Quelle que soit la ville, ils se situent entre environ 70 et 330 kWh/(m<sup>2</sup>a). Avec un contrôleur d'humidité (ContHum), les besoins en électricité pour le ventilateur d'extraction sont faibles et se situent au maximum à environ 0,2 kWh/(m<sup>2</sup>a). Les besoins en électricité du déshumidificateur sont nettement supérieurs, avec des valeurs comprises entre 60 et 90 kWh/(m<sup>2</sup>a). Les simulations montrent que le potentiel de développement de moisissures selon les variantes est important, notamment pour les caves «non assainies» et «assainies». Il est nécessaire d'intervenir à ce niveau. Un conditionnement adapté de l'air de la cave permet d'éviter le problème des moisissures.

## RECOMMANDATION

Les simulations montrent que le ventilateur d'extraction à humidité (ContHum) régulée est la solution optimale pour le type de cave étudié. Il consomme peu d'énergie et réduit quasiment totalement le risque de moisissures.

### Besoin en énergie de toutes les variantes étudiées

Besoin en énergie [kWh/m<sup>2</sup>a]

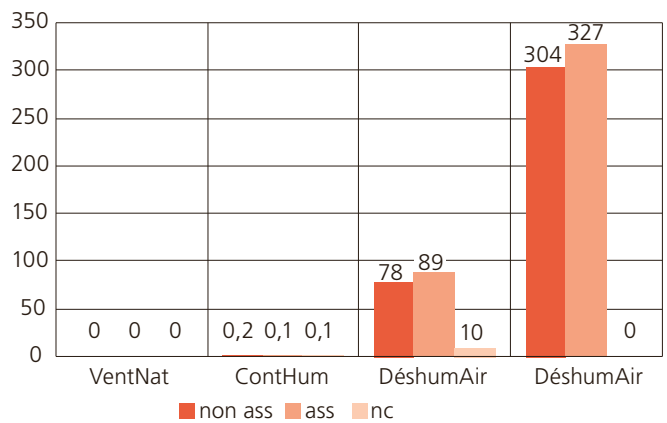


Illustration 6: Besoin en électricité pour toutes les variantes étudiées.

PROBLÉMATIQUE DE L'HUMIDITÉ DANS TOUTES LES VARIANTES ÉTUDIÉES												
Climat	Zurich/Locarno/Davos											
Mode de fonctionnement	Ventilation naturelle (VentNat)			Contrôleur d'humidité (ContHum)			Déshumidificateur (DéshumAir)			Chauffage électrique (ChaufElec)		
Type de cave	non ass	ass	nc	non ass	ass	nc	non ass	ass	nc	non ass	ass	nc
Formation de moisissures	oui	oui	non	non	non	non	non	non	non	oui	oui*	non

\*Remarque: À Locarno, il n'y aurait pas de formation de moisissures.

Tableau 3: En cas d'aération naturelle et de chauffages électriques, les caves non assainies et les caves assainies présentent un risque de moisissures.

# INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES

## NORMES, DIRECTIVES ET BIBLIOGRAPHIE

- [1] Office fédéral de la santé publique «Attention aux moisissures», Suisse, 2009.
- [2] Konditionierung von Kellerräumen in Wohngebäuden – Schlussbericht. Horw: Haute-école spécialisée de Lucerne Ingénierie et architecture (HSLU), 2019, (mandant Office fédéral de l'énergie, Berne).
- [3] Aide à l'application EN-102, Isolation thermique des bâtiments, édition décembre 2018.
- [4] Cahier technique SIA 2024, «Données d'utilisation des locaux pour l'énergie et les installations du bâtiment», pp. 1 – 156, 2015.
- [5] Norme SIA 180, «Protection thermique, protection contre l'humidité et climat intérieur dans les bâtiments», pp. 1 – 72, Suisse, 2014.

## AUTRES RÉFÉRENCES

Notice technique «Be- und Entlüftung von Kellerräumen», avril 2019, suissetec Association suisse et liechtensteinoise de la technique du bâtiment, Domaine Ventilation | climatisation | froid  
[www.suissetec.ch](http://www.suissetec.ch)

## PARTICIPANTS AU PROJET

Adrian Grossenbacher, Office fédéral de l'énergie OFEN  
Caroline Hoffmann, Haute-école spécialisée du nord-ouest de la Suisse (FHNW), Institut Énergie dans la construction  
Claudia Hauri, Haute-école spécialisée de Lucerne (HSLU), Institut Technique du bâtiment et énergie  
Jasin Jasari, Haute-école de Lucerne, Institut Technique du bâtiment et énergie  
Heinrich Huber, Haute-école de Lucerne, Institut Technique du bâtiment et énergie  
Achim Geissler, Haute-école spécialisée du nord-ouest de la Suisse (FHNW), Institut Énergie dans la construction