

Solutions – aménagement d’un édifice patrimonial dans le cas d’une inondation

Ce document a pour objet d’aider les gestionnaires d’édifice patrimonial sur les manières de protéger leur bâtiment contre une future inondation. Les moyens concrets à mettre en œuvre sont présentés sous forme de fiches explicatives. Un travail de réflexion doit être effectué en amont pour diminuer l’impact d’une future inondation. Ce travail a été réalisé dans le cadre du projet CHrisis : Protecting Heritage in Crisis Situation ([CHrisis: Protecting Heritage in Crisis Situations | KIK-IRPA](#)) en collaboration avec le CIPAR et Buildwise.

Les fiches qui suivent reprennent une série de solutions¹ pour aider à l’établissement d’un plan d’urgence personnalisé, en fonction des moyens financiers du projet de restauration et des singularités de chaque édifice.

Deux stratégies peuvent être adoptées pour limiter les dégâts causés par une inondation : la stratégie de « résistance » et de « résilience ».

La stratégie de **résistance** consiste à bloquer l’entrée de l’eau dans l’édifice, principalement par l’installation de batardeaux dans les seuils d’entrée du bâtiment et l’aménagement des abords. Il est possible d’empêcher l’eau de rentrer dans un édifice jusqu’à 70 cm de hauteur. Au-delà de ce niveau, il est déconseillé de retenir l’eau à l’extérieur pour plusieurs raisons :

- Pour des raisons de sécurité ; il est toujours possible d’enjamber facilement un panneau plus petit ou égal à 70 cm de haut².
- L’eau exerce des pressions trop conséquentes sur les parois et peut créer une défaillance structurale des façades³.
- L’eau retenue à des hauteurs plus importantes risque de faire céder le panneau, créer une vague puissante et engendrer de nombreux dégâts matériels à l’intérieur du bâtiment.

¹ Pour plus d’informations, consulter la base de données « Buildwise – Produits anti-inondation » (<https://airtable.com/shrwdJ8aPa6R2yqMW/tbl8DqjOkt2zGpxwY>).

² DELMÉE, H., ESCOUFLAIRE, C., PIERARD, A., 2014, *Inondations – Réduire la vulnérabilité des constructions existantes*, Namur, SPW-DGO4, p. 26, https://inondations.wallonie.be/files/documents_a_telecharger/GISER/SPW_TLPE_guide_inondations.pdf.

³ VAN ITTERBEECK, P., 2021, « Comment protéger au mieux les bâtiments existants contre les inondations ? », *CSTC Contact - Edition spéciale : Inondations*, n°5, p. 12.

Cette approche de résistance ne peut être efficace que si l'entièreté du bâtiment est inspectée et adaptée. L'installation de batardeaux au niveau des entrées ne sert à rien si les autres ouvertures ne sont pas bloquées, à savoir, les **canalisations**, les **soupiraux et autres ouvertures de caves**, mais aussi les éventuelles **infractuosités** dans la paroi. L'étanchéité du bâtiment doit être pensée dans sa globalité, en veillant à ce qu'aucune cavité visible puisse laisser passer l'eau. Il est quasiment impossible de garantir une étanchéité totale d'une paroi puisqu'il existe toujours des microfissures, notamment dans l'interface entre les éléments de maçonneries et le mortier de joint.

L'opération de rebouchage de joints manquants sur tous les murs extérieurs est néanmoins essentielle, autant pour améliorer l'étanchéité du mur contre les pluies battantes, que pour ralentir la progression de l'eau d'une inondation dans la maçonnerie.

Lors d'une inondation, la maçonnerie va absorber l'eau, mais elle va pouvoir l'évacuer plus facilement si le mortier de joint est poreux et respirant. C'est pourquoi, il est nécessaire d'employer un mortier de joint à base de chaux pour la restauration de façade des bâtiments historiques ; ce matériau garanti un échange d'humidité et de l'air entre l'extérieur et l'intérieur du bâtiment. Dans le cas du bâti ancien, il est déconseillé d'employer du ciment qui donne un mortier de rejointoiement trop dur et qui manque de porosité⁴.

La stratégie de **résilience**, quant à elle, consiste à adapter l'intérieur du bâtiment dans le cas où l'eau d'une future inondation atteint un niveau trop élevé (70 cm) et entre dans l'édifice⁵. Il s'agit donc d'une stratégie pour limiter l'intensité des dégradations occasionnées par l'eau. Dans le cadre de la restauration d'un édifice, cela concerne donc la sélection de matériaux de restauration résilients qui tolère une immersion à l'eau, sèchent facilement et limitent l'ampleur des traitements post-inondation. Tous les objets sensibles doivent être placés à une hauteur suffisante. Les planchers et mobiliers susceptibles d'être immergés, ne doivent pas être sensibles à l'eau. Il est aussi préférable que la nouvelle installation électrique (câbles, prises, interrupteurs) et les appareils électro-ménagers soient surélevés à 1,5 m⁶. De plus, lors de la restauration, l'intégration d'un système permettant une ventilation naturelle aisée sera privilégiée.

⁴ DE PIERPONT, J., ALGROS, J.-J., 2016, *Enduit, rejointoiement, badigeon*, Fiche 15, Institut du Patrimoine wallon/École d'Avignon, Namur, p. 9.

⁵ BORSUS, W. (dir.), 2021, « Circulaire relative à la construction en zone inondable », *DG04 - Namur*, p. 23, (https://inondations.wallonie.be/files/documents_a_telecharger/Urbanisme/circulaire-relative-a-la-constructibilite-en-zone-inondable.pdf).

⁶ <https://www.gov.uk/guidance/adapting-your-home-or-business-to-the-risk-of-flooding>.


Récapitulatif des fiches « solutions »

1.	Stratégie de résistance	4
1.1	Blocage des entrées de porte.....	4
1.1.1.	Batardeau autobloquant à compression.....	4
1.1.2.	Batardeau autobloquant à joint pneumatique	6
1.1.3.	Sacs de sable.....	8
1.2	Protection anti-refoulement des canalisations.....	9
1.3	Isolation des entrées de cave	10
1.3.1.	Panneaux amovibles occultants	10
1.3.2.	Vitre étanche et résistante à la pression de l'eau.....	12
1.3.3.	Porte de cave étanche et résistante à la pression de l'eau	14
1.4	Station de relevage et abords avec espace d'infiltration.....	15
1.5	Aménagement des alentours proches	16
1.5.1.	Sol végétalisé et jardin de pluie	16
1.5.2.	Dalles à engazonner	19
1.5.3.	Barrage extérieure anti-inondation à placer en cas d'alerte	20
1.5.4.	Batardeau extérieur automatique	21
2.	Résilience du bâtiment.....	22
2.1	Les sols.....	22
2.1.2.	Traitement des murs contre les remontées capillaires	22
2.1.3.	Planchers en bois.....	25
2.2	Les parois.....	27
2.2.1.	Enduits.....	27
2.2.2.	Finition peinture	30
2.2.3.	Restauration de peintures et décors muraux	31
2.2.4.	Isolation thermique des cloisons et contre-cloisons.....	33
2.2.5.	Lambris	35
2.3	Ventilation naturelle directement après l'inondation	37
2.3.1.	Confection de grilles d'entrée facilement amovibles	37
2.3.2.	Ouverture à soufflet d'une baie située en hauteur	38
2.3.3.	Mobilier « immeuble par destination »	40
2.4	Placement des œuvres et objets sensibles à une hauteur suffisante ou dans un espace dédié.....	42

1. Stratégie de résistance

1.1 Blocage des entrées de porte

1.1.1. Batardeau autobloquant à compression

<p>Description</p> <p>Panneau en aluminium qui se déploie et se verrouille en position de serrage à la base des entrées, au moment d'une alerte de crue.</p> <p>Cette barrière peut mesurer jusqu'à 3 mètres de long.</p> <p>La poignée se coulisser dans des rainures, au moment de l'utilisation du panneau, les joints sont en EPDM expansé à cellules fermées.</p>	 <p>Figure 1 : Exemple de batardeau à compression (https://inondations.be/systemes-anti-inondations-acquastop/acquastop-selon-vos-besoins).</p>
<p>Avantages</p> <p>Facilité de transport, de manipulation et rapidité d'utilisation.</p> <p>Très bonne étanchéité et résistance à l'eau.</p> <p>Adapté aux larges entrées.</p> <p>Facilité d'ouverture après inondation, quand l'eau se retire (ouverture automatique sous l'effet de la pression inversée de l'eau).</p>	<p>Inconvénients</p> <p>Ne fonctionne pas si les ébrasements du mur sont trop biseautés ou s'ils ne sont pas d'aplomb.</p> <p>Coût élevé : entre 900 à 1800 € HTVA par batardeau, en fonction de la longueur du panneau. Un supplément doit être ajouté pour le travail d'adaptation des contours de l'entrée.</p>

Point(s) d'attention

L'ébrasement en moellons de certaines entrées peuvent présenter un léger rebord à hauteur de 40-45 cm ; il est alors préférable de limiter la hauteur du batardeau à ce niveau pour éviter la mise en place de cornières permanentes et visibles sur ces ébrasements.

Des travaux d'aplanissement sont souvent nécessaires pour garantir une bonne étanchéité au niveau des surfaces de contact des ébrasements et du pas de porte.

1.1.2. Batardeau autobloquant à joint pneumatique

Description

Le panneau peut être en bois bakérisé, en PVC, en aluminium (plus léger) ou en Altuglass® translucide.

Le joint du panneau se gonfle à l'aide d'une pompe à vélo et s'installe à la base des entrées en cas d'alerte de crue.

La partie supérieure est équipée de deux verrous de protection à fixer sur les ébrasements du mur.



Figure 2 : Batardeau pneumatique à joint gonflable (<https://www.bfp-system.be/le-produit>).

Avantages

Légèreté du panneau, surtout s'il est en aluminium.

Facilité de transport et à manipuler, rapidité de mise en place.

Très bonne étanchéité et résistance jusqu'à 70 cm de hauteur, si toutefois le contour des ébrasements et du sol est adapté.

Inconvénients

Nécessité fréquente d'une cornière apparente et permanente sur les ébrasements pour que le batardeau soit étanche.

Ne fonctionne pas si les ébrasements sont trop biseautés ou s'ils ne sont pas d'aplomb.

Le panneau ne peut pas dépasser une longueur de 1,4 m, à hauteur de 70 cm, ce qui correspond à 1 m² et à une pression d'1,2 t d'eau exercée à la surface du panneau. Au-delà de cette longueur, le panneau nécessite un renfort (montant central à placer avant l'installation du batardeau).

Coût élevé en fonction de la longueur du panneau et du travail à effectuer pour adapter les contours de l'entrée.

Point(s) d'attention

- Si l'eau d'une inondation a malgré tout débordé des batardeaux et qu'elle rentre à l'intérieur du bâtiment, il est nécessaire de les défaire dès la décrue, afin d'évacuer l'eau à l'intérieur.
- Nécessité d'aménagement des surfaces de contact au niveau des ébrasements et du pas de la porte. Des travaux d'aplanissement sont souvent à effectuer pour garantir une bonne étanchéité. En plus des cornières souvent nécessaires, un joint permanent en caoutchouc doit être mis en permanence dans les deux coins du pas de la porte pour garantir l'étanchéité du batardeau.

1.1.3. Sacs de sable

Description

La muraille en sacs de sable, confectionnés à l'aide de toile de jute ou en nylon, constitue le premier recours en cas d'inondation, pour autant que l'empilage soit bien réalisé⁷ :

- disposition des sacs en quinconce ;
- remplissage modéré du sac, pour bien tenir en place et épouser la forme des sacs voisins ;
- rabat du sac placé au-dessous de ce dernier et dans le sens d'écoulement de l'eau ;
- empilage constitué de 3 couches de sacs au maximum.



Figure 3 : Muraille de sacs de sable (<https://www.renovationtravaux.fr/prix-barriere-anti-inondation-conseils-choix>).

Avantages

Faible coût.
Facilité d'approvisionnement : généralement distribués par la commune pour les zones à risque.

Inconvénients



Difficiles à transporter car lourds.
Limitent seulement l'entrée d'eau car ils ne sont pas totalement étanches.
Hauteur maximale : 40 cm.

Point(s) d'attention

Les sacs de sable risquent potentiellement de moisir et il faut veiller à les stocker dans un endroit sec et ventilé, surtout pour les sacs en toile de chanvre ou de jute.

⁷ DELMÉE, H., ESCOUFLAIRE C., PIERARD, A., 2014, *Inondations – Réduire la vulnérabilité des constructions existantes*, Namur, SPW-DGO4, p. 28-29 (https://inondations.wallonie.be/files/documents_a_telecharger/GISER/SPW_TLPE_guide_inondations.pdf).

1.2 Protection anti-refoulement des canalisations

<p>Description</p> <p>L'eau d'une inondation peut inverser le sens du courant dans les réseaux d'évacuation. Il existe un dispositif permettant d'éviter la remontée d'eau par le réseau des eaux usées⁸. Si des sanitaires sont présents au rez-de-chaussée de l'édifice, la canalisation récoltant les eaux usées doit être équipée d'un clapet anti-retour⁹.</p> <p>Si des siphons sont présents dans le sol de la cave, ceux-ci doivent également être équipés d'un système similaire contre le refoulement (Figure 5).</p>	<div data-bbox="794 443 1362 833" data-label="Image">  </div> <p>Figure 4 : Exemple de clapet anti-retour (https://www.aco.fr/produits/dispositifs-anti-refoulement/aco-dispositifs-anti-refoulement/dispositif-anti-refoulement-aco-quatrix-k).</p> <div data-bbox="794 1032 1362 1429" data-label="Image">  </div> <p>Figure 5 : Exemple de siphon anti-retour (https://hydroprotect.be/siphon-de-cave-junior-k).</p>
<p>Avantages</p>	<p>Inconvénients</p>
<p>Efficace pour éviter l'entrée d'eau via les canalisations des eaux usées.</p> <p>Matériaux et installation peu onéreux.</p>	<p>Installation spécifique qui doit être pensée suffisamment en amont dans la préparation d'un projet de restauration.</p>

⁸ SALAGNAC, J.L., MARCHAND, D., FLORENCE, C., DELPECH, P., AXÈS, J.-M., 2014, *Impacts des inondations sur le cadre bâti et ses usagers*, rapport final Marne-la-Vallée, CSTB, p. 31.

⁹ Voir exemples dans la « Buildwise Base de données – Produits anti-inondation » (<https://airtable.com/appePUXZmNBOZcGXd/shrwdJ8aPa6R2yqMW/tbl8DqjOkt2zGpxwY>).

1.3 Isolation des entrées de cave

1.3.1. Panneaux amovibles occultants

Description

Ces panneaux doivent pouvoir isoler tout le pourtour des baies ou soupiraux de cave ; il s'agit de plaques d'obturation en contreplaqué marin à fixer en cas d'alerte de crue. Un cadre permanent de fixation est prévu à l'intérieur, pour éviter que celui-ci soit visible au niveau de la façade.

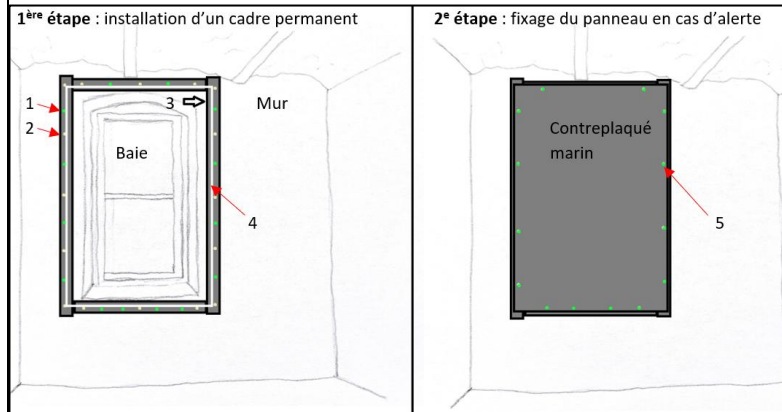


Figure 6 : Exemple d'installation d'un panneau amovible occultant sur le côté intérieur d'une cave, à l'aide d'un cadre permanent.

Légende :

1. Pose d'écrous filetés à griffes au revers du cadre en contreplaqué marin pour pouvoir fixer le panneau au cadre aisément.
2. Fixage du cadre en contreplaqué marin (2,2 cm d'épaisseur), à l'aide de vis et de chevilles dans le mur.
3. Remplissage des espaces vides entre le cadre et le mur, avec un mortier de ciment ou du silicone (en fonction de l'importance de l'espace à combler).
4. Application d'un joint continu en silicone sur le cadre, afin d'améliorer l'étanchéité avec le panneau.
5. Fixage d'un panneau en contreplaqué marin à l'aide de boulons et de rondelles. Les boulons s'insèrent dans les écrous filetés placés préalablement au revers du cadre.

Avantages

Faible coût.
Facilité et rapidité de montage en cas d'alerte de crue.
Ne nécessite pas de cadres visibles sur le côté extérieur.

Inconvénients

Le panneau ne peut pas dépasser une surface de 1 m², pour les mêmes raisons de résistance que les batardeaux à joint pneumatique (maximum de pression d'1,2 t d'eau exercée à la surface du panneau). La force à la compression est de 31 à 41,4 MPa¹⁰.

	<p>La présence de cadres permanents peut être gênante si la cave a une valeur esthétique et/ou archéologique et qu'elle est utilisée comme espace d'expositions ou fait l'objet de visites touristiques.</p> <p>Limite le passage de l'eau, mais moins étanche que les panneaux amovibles montées sur cornière, par le côté extérieur du mur.</p>
<p>Point(s) d'attention</p> <p>Il existe une gamme de panneau autobloquant qui isole tout le pourtour des entrées ou soupiraux de cave, mais ce système nécessite l'installation d'un cadre en profilé métallique visible en permanence sur le côté extérieur de la paroi, ce qui peut gêner l'esthétique globale de l'édifice.</p>	

1.3.2. Vitre étanche et résistante à la pression de l'eau

Description suivant différents types

- a. Fenêtre oscillo-battante avec cadre PVC étanche, triple vitrage, vitre feuilleté 8 mm à l'extérieur (Figure 7).
- b. Fenêtre sur mesure avec cadres pouvant être en PVC, en bois dur ou en métal, avec une teinte qui s'harmonise avec la couleur des autres fenêtres de la façade¹¹ (Figure 8).



Figure 7 : Exemple de fenêtre anti-inondation conçu pour la cave (<https://www.mea-group.com/de/de/produkte/meathermo-aqua>).



Figure 8 : Fenêtre anti-inondation pouvant être utilisée pour les ouvertures de cave (<https://www.m3floodtec.com/shop/products/flood-defender-upvc-window-m3fdw>).

Avantages

Installation permanente donc aucune opération n'est à effectuer avant l'inondation.

Très bonne étanchéité en cas d'immersion complète.

Inconvénients

La fenêtre ne peut pas dépasser une surface d'1m², pour les mêmes raisons de résistance du matériau. Les dimensions maximales de la fenêtre oscillo-battante sont de 100 cm x 100 cm ; sa résistance à la traction est de 44 MPa¹².

¹¹ <https://www.m3floodtec.com/shop/products/flood-defender-upvc-window-m3fdw>.

¹² <https://www.mea-group.com/content/uploads/sites/3/2021/03/DE-TD-Zargenfenster-MEATHERMO-AQUA-und-AQUA-PLUS-Dreh-Kipp.pdf>.

<p>a. La fenêtre oscillo-battante est étanche jusqu'à un niveau d'eau d'1,3 m.</p> <p>a. L'ouverture en oscillo-battant permet de conserver le rôle d'aération de l'ouverture de cave.</p>	<p>Coût du matériau élevé : entre 1200 et 1500 € HTVA en fonction des dimensions de la fenêtre¹³.</p> <p>Adaptation des contours de la baie, pour assurer une bonne étanchéité à la fenêtre.</p> <p>Pas de fabricant recensé en Belgique pour ces deux types de fenêtre.</p> <p>a. La fenêtre oscillo-battante n'est disponible qu'en blanc et peut potentiellement nuire à l'esthétique globale de l'édifice.</p> <p>b. La fenêtre sur mesure avec le choix des teintes n'est pas équipée d'une ouverture en oscillo-battant.</p>
<p>Points(s) d'attention</p> <p>Dans le cas où la fenêtre n'est pas équipée d'un système d'aération (oscillo-battant, aérateur), une conduite de ventilation doit relier la cave vers l'extérieur à travers le mur du rez-de-chaussée, au-dessus du niveau de blocage des entrées du rez-de-chaussée.</p>	

¹³ <https://www.meagroup.com/content/uploads/sites/3/2024/02/PLBS-GB-2024-1.pdf>.

1.3.3. Porte de cave étanche et résistante à la pression de l'eau

Description

Il est possible d'installer une porte étanche quand l'accès à la cave se fait par l'extérieur de l'édifice via un escalier.

Cette opération peut se faire si la porte d'origine n'a pas de valeur historique ou esthétique importante.

Porte anti-inondation en acier inoxydable avec finition en bois sur mesure. Le cadre de la porte nécessite un rebord inférieur d'au moins 4 cm, pour garantir l'étanchéité à l'eau.



Figure 9 : Porte étanche (<https://aquobex.com/products-list/floodguard-heritage-door>).

Avantages

Installation permanente : pas d'opération à effectuer avant l'inondation.



L'étanchéité est garantie en cas d'immersion complète.

Inconvénients

Coût élevé en fonction des besoins esthétiques.

Il n'y a pas de fabricant recensé en Belgique pour ce type d'ouvrage.

1.4 Station de relevage et abords avec espace d'infiltration

<p>Description</p> <p>Le poste de relevage est un puisard placé à l'intérieur ou à l'extérieur du bâtiment et équipé d'une pompe submersible. Les sols à proximité du puisard doivent être de préférence en légère pente pour que l'eau s'y engouffre. La pompe est équipée d'un flotteur qui actionne ou interrompt son fonctionnement par rapport au niveau de l'eau.</p> <p>Cette pompe de relevage va évacuer l'eau et l'acheminer à l'extérieur dans une zone de rétention, comme un bassin de stockage ou tout simplement un espace végétalisé.</p>	 <p>Figure 10 : Poste de relevage dans la cave du Musée d'Archéologie et de Folklore de Verviers.</p>  <p>Figure 11 : Évacuation de l'eau dans le jardin situé à l'arrière du musée (flèche).</p>
<p>Avantage</p> <p>Facilitation de l'évacuation de l'eau résiduelle.</p>	<p>Inconvénients</p> <p>Efficace seulement dans le cas où de l'eau remonte du sol de la cave par capillarité (nappe phréatique peu profonde, source d'eau souterraine) ou dans le contexte d'une inondation extérieure provenant d'un faible ruissellement.</p> <p>Dispositif insuffisant si les alentours sont entièrement submergés par le débordement d'un cours d'eau (la</p>

	pompe ne ferait qu'une boucle entre l'eau pompée et l'eau évacuée).
<p>Point(s) d'attention</p> <p>Le poste de relevage est souvent combiné avec le blocage des entrées par des batardeaux, afin de contrer certaines fuites d'eau éventuelles découlant d'un manque d'étanchéité.</p>	

1.5 Aménagement des alentours proches

1.5.1. Sol végétalisé et jardin de pluie	
<p>Description suivant plusieurs types</p> <p>a. Sol en terre, végétalisé. Ce type de sol peut se trouver au pied des façades de l'édifice, pour autant qu'une membrane étanche soit placée contre les fondations.</p> <p>b. Sol drainant végétalisé en dépression pouvant servir de zone de stockage comme les oueds et les jardins de pluie (Figure 12). Le sous-sol est en sable et/ou en gravier pour favoriser l'absorption de l'eau¹⁴.</p>	 <p>Figure 12: Oued du Fort 4 à Mortsel (https://atelierruimtelijkadvies.be/publieke-ruimte/mortsel-fort-4).</p>
Avantages	Inconvénients
Efficace sur le long terme pour retenir l'eau d'une inondation, pour autant que la végétalisation des sols se généralise (voir Point d'attention, page suivante).	La mise en place d'un sol végétalisé ne peut pas s'appliquer pour tous les édifices potentiellement inondables, par exemple quand le bâtiment se situe dans un milieu urbain dense.

¹⁴ BLEYS, B., VOS, L., DINNE, K., 2021, « Stocker une plus grande quantité d'eau de pluie et la laisser s'infiltrer dans le sol pour éviter les inondations », dans *CSTC Contact - Edition spéciale : Inondations*, n°5, p. 26.

<p>Participation au développement de la biodiversité.</p> <p>a. La végétalisation des abords de l'édifice permet de limiter l'accumulation des eaux de pluie à la base des murs : l'eau peut s'infiltrer dans la terre et être absorbée par une végétation appropriée. Le dispositif empêche l'eau de stagner et de s'infiltrer par capillarité dans la maçonnerie.</p> <p>b. Possibilité de déverser l'eau pompée à l'intérieur, pendant ou après l'inondation, vers ce type de jardin.</p>	<p>a. Un sol végétalisé n'est pas une surface résistante pour servir occasionnellement de parking.</p> <p>b. Un jardin de pluie nécessite un aménagement conséquent, un coût des travaux importants en fonction de la superficie de la zone à végétaliser. L'entretien régulier du jardin est nécessaire (tonte, élagage annuel, évacuation des déchets verts).</p>
--	---

Point(s) d'attention

À long terme, une inondation fluviale comme celle de juillet 2021 ne peut être évitée que par la réalisation d'importants travaux de réaménagement des abords sur toute l'étendue des cours d'eau qui sont sortis de leur lit.

Dans cette optique, ces travaux doivent s'orienter vers

1. la perméabilisation des sols en milieu urbain et péri-urbain pour limiter la quantité d'eau parvenant directement dans les égouts¹⁵ ; restreindre les sols bitumeux ou en béton et créer des sols végétalisés ;
2. le stockage de l'eau sur tout le long de la rivière par la création de canaux, de bassins de rétention ou de terrains inondables, avec éventuellement un système de bypass (connexion à la rivière principale, uniquement en cas de forte crue pour y évacuer l'eau excédentaire¹⁶) ;

¹⁵ BLEYS, B., VOS, L., DINNE, K., « Stocker une plus grande quantité d'eau de pluie et la laisser s'infiltrer dans le sol pour éviter les inondations », Op. cit., p. 24.

¹⁶ STOWA (Coll.), 2013, « Room for the River », dans *Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer*, [on line, 02-08-23], <https://www.stowa.nl/deltafacts/waterveiligheid/waterveiligheidsbeleid-en-regelgeving/room-river>.

3. l'entretien des abords des rivières en éliminant les obstacles qui empêchent le bon écoulement de l'eau (déchets et entraves dues à des berges ou à des ponts en mauvais état)¹⁷ ;
4. l'élargissement de la rivière, notamment par la désurbanisation des abords directs ;
5. privilégier les zones agricoles en « bocage » plutôt que les grands espaces en monoculture (« openfield »), pour que l'eau s'infilte davantage dans le sol au lieu de rester en surface.

¹⁷ BUUR & SWECO, 2023, *Mission C : Redéveloppement stratégique du bassin versant du Mangombroux – Appui urbanistique aux communes sinistrées de catégories 1 et 2*, Commune de Verviers, p. 42.

1.5.2. Dalles à engazonner

Description

Dalles en béton généralement en forme d'alvéoles pour laisser de l'espace à la croissance d'un gazon.



Figure 13 : Exemple de sol béton-gazon (<https://www.sol-exterieur.be/materiaux/dalles-a-engazonner>).

Avantages

Sol carrossable pouvant servir de parking.

Facilité d'entretien, notamment pour la tonte du gazon.

Efficacité dans l'infiltration des eaux d'une inondation, pour autant que le sous-sol ne soit pas constitué d'une couche étanche (béton, membrane plastique, etc.).

Inconvénients

Coût important en fonction de la surface ; prévoir 15 à 17 €/m² (sans la main-d'œuvre)¹⁸.

¹⁸ <https://www.sol-exterieur.be/materiaux/dalles-a-engazonner>.

1.5.3. Barrage extérieure anti-inondation à placer en cas d’alerte

Description

Protection inondation souple (toile de polyester enduit de PVC) à placer au sol situé à proximité de l’édifice (Figure 14). L’eau s’engouffre dans le barrage et maintient la partie inférieure au sol. La membrane supérieure se déploie et se soulève au fur et à mesure grâce au principe d’Archimède, pour finalement se tendre et bloquer le dispositif (Figure 15).

Les protections sont modulaires, par section de 9 ou de 13 m de long.



Figure 14 : Protection inondation souple (https://www.megasecureurope.com/?gad_source=1&gclid=CjwKCAjw59q2BhBOEiwAKc0ijfOCyJozjsFXr4EjbJpXUixn4GyZ-Y-H7_44cmeRuamwqG8W8LDhwxc0ze4QAvD_BwE).

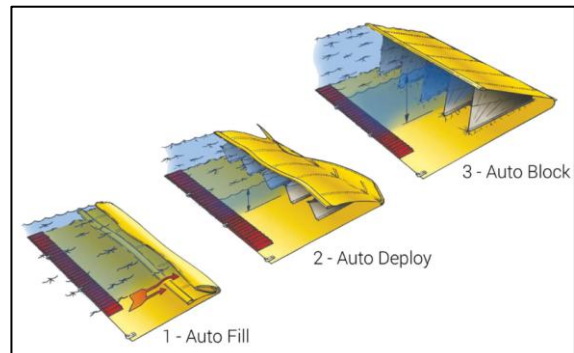


Figure 15 : Explication du processus (https://www.megasecureurope.com/?gad_source=1&gclid=CjwKCAjw59q2BhBOEiwAKc0ijfOCyJozjsFXr4EjbJpXUixn4GyZ-Y-H7_44cmeRuamwqG8W8LDhwxc0ze4QAvD_BwE).

Avantages

Compact, facile à débarrer et à placer, ne nécessitant pas d’ancrage au sol. La protection est souple et s’adapte aux différents reliefs et aspérités du sol.

Blocage de l’eau avant qu’elle ne soit en contact avec le bâtiment. Le dispositif peut donc remplacer les installations anti-inondations des

Inconvénients

Le coût est plutôt conséquent : il faut compter 3800 € pour le module de 9 m et 6000 € pour le module de 13 m de long (hauteur de 66 cm).

<p>entrées et ouvertures de cave, pour autant que le barrage soit bien positionné.</p>	
<p>1.5.4. Batardeau extérieur automatique</p>	
<p>Description</p> <p>Barrières (ou portails) automatisées par un système de flotteur ou un système mécanique/pneumatique et disposées dans une structure souterraine¹⁹. En cas de crue, un réservoir souterrain se remplit au-devant de la barrière. Au-delà d'un certain niveau, un flotteur ou un capteur est activé et fait déployer la barrière.</p>	 <p>Figure 16 : Protection inondation souple (https://sedipe.com/batardeau-automatique-3).</p>
<p>Avantages</p>	<p>Inconvénients</p>
<p>Système qui remplace les batardeaux ou sacs de sable à placer au seuil des entrées.</p> <p>Ne nécessite aucune opération avant l'inondation.</p>	<p>Coût élevé des aménagements extérieurs (travaux au niveau du sous-sol nécessaires).</p> <p>Installation spécifique qui doit être pensée suffisamment en amont dans la préparation d'un projet de restauration.</p>
<p>Point(s) d'attention</p> <p>Contrairement aux batardeaux amovibles, ces systèmes sont difficilement adaptables pour un usage à même la façade parce qu'ils occupent un grand espace dans le sol ou autour de l'ouverture²⁰. Ils sont généralement prévus pour être placés à l'extérieur, à une certaine distance de la façade, mais cela implique de cloisonner les extrémités du portail jusqu'à la façade du bâtiment.</p>	

¹⁹ VAN ITTERBEECK, P., 2021, « Comment protéger au mieux les bâtiments existants contre les inondations ? », *CSTC Contact – Edition spéciale : Inondations*, n°5, p. 15.

²⁰ VAN ITTERBEECK, P., « Comment protéger au mieux les bâtiments existants contre les inondations ? », *Ibidem*.

2. Résilience du bâtiment

Cette stratégie est à mettre en place dans la situation où l'eau d'une inondation est plus élevée que 70 cm de hauteur. Il est préférable dans ce contexte que l'eau entre dans l'édifice et que l'intérieur du bâtiment soit adapté pour limiter les dégradations.

2.1 Les sols

2.1.1. Traitement des murs contre les remontées capillaires

Description

À la suite d'une inondation, les sols intérieurs et environnants sont saturés en eau pendant de nombreuses semaines. Il est intéressant dans ce contexte de limiter l'absorption de cette eau dans les parois de l'édifice suivant deux possibilités : l'injection d'un produit hydrofuge à la base du mur et/ou la pose d'une barrière d'étanchéité en pied de mur.

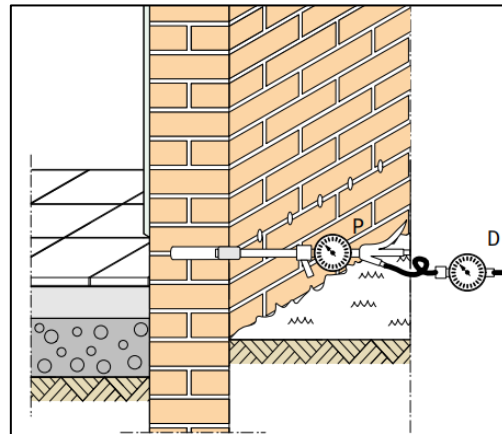


Figure 17 : Injection d'un produit hydrofuge à la base du mur (NIT 252 – CSTC, p. 43).



Figure 18 : Membrane étanche placée en pied de mur – Chapelle Saint-Roch de La Calamine.

Matériaux/traitements conseillés

a. Injection d'un produit hydrofuge à la base du mur

Matériaux/traitements à éviter

Éviter un sol bétonné au pied des parois, côté extérieur et intérieur, surtout si ce sol est en pente vers

Le produit est disponible en phase aqueuse, solvantée, hybride, ou à l'état de crème. La base du mur est d'abord perforée au niveau du joint, de manière rectiligne et régulière (tous les 10 à 12 cm). Le percement se fait sur presque toute la profondeur du mur, en préservant 5 cm pour que le restant du mortier puisse supporter la pression due à l'injection du produit. Le niveau d'injection se trouve généralement au-dessus et le plus près du plus élevé des niveaux (Figure 17). Le percement se fait généralement de manière horizontale ou en légère pente vers l'intérieur. Le produit, une fois injecté, forme une barrière physicochimique hydrophobe efficace contre les remontées d'humidité²¹.

b. Pose d'une barrière d'étanchéité verticale

Une membrane étanche peut être installée en pied de mur extérieur de la façade, généralement sur une profondeur de 50 cm et avec la mise en place d'un drain. Cette méthode permet ainsi de limiter la pénétration de l'eau des terres inondées adjacentes à la maçonnerie par capillarité.

les parois. L'eau risque de stagner au pied du mur et d'être absorbé par capillarité dans la maçonnerie.

Point(s) d'attention

L'installation d'une membrane étanche en pied de mur nécessite de mettre une partie des fondations à nu et il est donc important de contrôler la stabilité du bâtiment.

²¹ CSTC (coll.), 2016, « Injection des maçonneries contre l'humidité ascensionnelle - Digest n°13 », dans *Publications CSTC*, p. 3.

Si la membrane étanche est de type « nappe à excroissances », il faut toujours placer les excroissances du côté de la paroi afin d'assurer son rôle drainant.

Ces deux systèmes d'isolation des murs contre les remontées capillaires peuvent être combinées en fonction de la nécessité, lorsque l'on a affaire par exemple à des parois semi-enterrées²².

²² HENRICKX, S., VANHELLEMONT, Y., 2014, « L'humidité dans les constructions. Particularités de l'humidité ascensionnelle - Note d'information technique 252 », dans *Publications CSTC*, p. 37.

2.1.2. Planchers en bois

Description

La restauration d'un plancher en bois qui a été immergé, peut nécessiter de grands travaux. Certaines précautions peuvent être prises pour atténuer l'impact d'une future inondation, comme la manière de fixer les lattes pour un démontage facile, le choix de l'essence du bois pour remplacer certains éléments ou encore l'application d'un vernis spécifique.

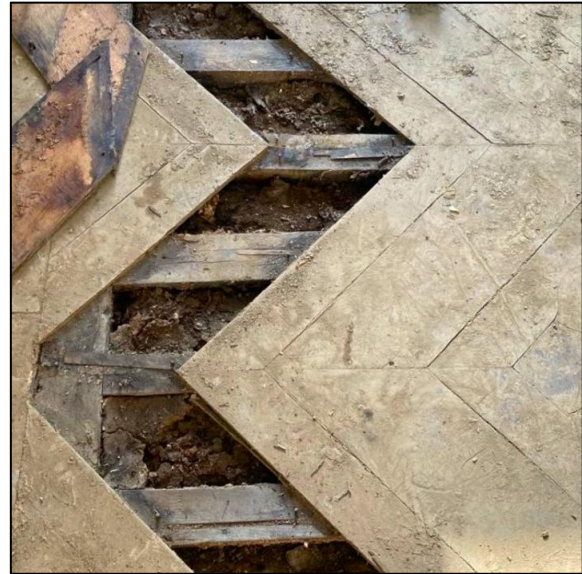


Figure 19: État d'un plancher en bois après inondation - Hôtel Franquinet-Pirons de Verviers – © Entreprise Menuiserie Pirghaye.

Matériaux/traitements conseillés

L'enlèvement de quelques lattes après l'inondation permet de favoriser la ventilation et le séchage du plénum. C'est pourquoi, il est intéressant de faciliter le démontage de quelques lattes par une **fixation à l'aide de vis**, dissimulée par des cache-vis en bois. L'emplacement des vis doit être perforé au préalable, avec un trou suffisamment large pour que les vis puissent s'enlever facilement du bois mouillé.

Si des lattes doivent être remplacées parce qu'elles n'ont pas retrouvé leur

Matériaux/traitements à éviter

La fixation des lattes à l'aide de clous n'est pas recommandée, car l'enlèvement de quelques lattes après inondation, est plus fastidieux et engendre souvent des cassures et fendillements du bois.

Éviter tout ce qui est bois résineux tendres comme le Pin sylvestre ou l'épicéa²⁵. Certains bois denses

²⁵ PETIT, D., DE WIT, J., PINCHART, J., 1984, *Métre de bâtiments – Menuiserie en bois*, Ibidem.

<p>forme initiale, il est conseillé d'utiliser un bois dense comme le chêne²³.</p> <p>Il est nécessaire d'appliquer un revêtement sur les lattes remplacées, de préférence à l'huile pour limiter l'absorption de l'eau dans le bois pendant l'inondation. Si tout le plancher a été poncé, le vernis à l'huile est également indiqué ; à l'avenir, dans le cas de dégradation physique localisée (coups, griffures), il est possible d'effectuer un traitement avec un vernis à l'huile sans avoir besoin de poncer l'ensemble du revêtement²⁴.</p>	<p>comme le hêtre, travaillent beaucoup en fonction des changements d'humidité²⁶ ; ce type de bois est donc à éviter.</p> <p>Il faut éviter d'employer des vernis de type vitrifiant et les finitions cirées. Les vernis vitrifiants ne sont pas recommandés sur des planchers anciens parce qu'un décapage de toute la surface du plancher est nécessaire dans le cas d'une éventuelle dégradation. La cire risque de présenter des taches d'humidité sur le long terme²⁷, à cause de l'atmosphère humide prolongée (comme dans la plupart des églises) ou à la suite d'une inondation.</p> <p>Il est déconseillé de recouvrir les planchers en bois d'un tapis, d'une carpe ou d'un linoléum. Après inondation, ce type de revêtement est souvent irrécupérable et retarde le séchage du plancher²⁸.</p>
<p>Point(s) d'attention</p> <p>Il est possible de placer un isolant thermique en vrac dans le plénum, mais celui-ci doit être résistant à l'humidité prolongée et être peu hygroscopique et imputrescible, pour éviter de devoir l'enlever après une inondation. Ce matériau</p>	

²³ PETIT, D., DE WIT, J., PINCHART, J., 1984, *Métre de bâtiments – Menuiserie en bois*, Vol. 2 – Fascicule 14, Bruxelles, CSTC, p. 36-39.

²⁴ CHARRON, S., 2020, *Revêtements de sol en bois : planchers, parquets et revêtements de sol à placage. Partie 2 : mise en œuvre (remplace la NIT 218)*, Bruxelles, CSTC, p. 45.

²⁶ LOHMANN, U., 1986, *Holzhandbuch*, Rosenheim, DRW.

²⁷ CHARRON, S., 2020, *Revêtements de sol en bois : planchers, parquets et revêtements de sol à placage*, Ibidem.

²⁸ DE RAED, G., 2021, « Impact de l'humidité sur les revêtements de sol », dans *CSTC Contact - Edition spéciale : Inondations*, n° 5, Bruxelles.

peut être de la vermiculite expansée, des billes d'argile expansées ou de polystyrène²⁹, ou encore des granulats en verre cellulaire³⁰.

2.2 Les parois

2.2.1. Enduits

Description

Dans le cas où les murs ont été enduits au ciment ou au plâtre, il est souvent nécessaire de l'ôter à la suite d'une inondation pour accroître le séchage de la maçonnerie. Si cet enduit ne présente pas de finitions décoratives en surface, il peut être enlevé jusqu'à une trentaine de centimètres au-dessus du niveau maximum atteint par l'eau³¹.

Lorsque les murs ont atteint leur état d'équilibre hydrique, les surfaces décapées peuvent être réenduites de préférence par un mortier à base de chaux.



Figure 20 : Échantillonnage d'enduits à la chaux (hydraulique NHL2 pour les échantillons 1 et 2 et à la chaux aérienne pour les échantillons 3 à 5).

Matériaux/traitements conseillés

Un mortier à base de chaux est recommandé pour effectuer le nouveau plafonnage, parce que celui-ci est respirant et garantit le transport de la vapeur d'eau entre l'intérieur et l'extérieur de la paroi.

Matériaux/traitements à éviter

Tout enduit présentant une structure peu respirante, comme le ciment. Sous l'action de l'humidité prolongée, un enduit en plâtre base de gypse n'est pas résistant. De plus, il s'agit d'un

²⁹ Coll., 2013, « Les isolants thermiques en vrac », dans *Guide bâtiment durable.brussels*, <https://www.guidebatimentdurable.brussels/isolants-thermiques-frac> .

³⁰ HERNANDEZ, J., 2019, « Les granulats en verre cellulaire », dans *Revue Maisons paysannes de France*, n° 214, p. 36.

³¹ VANHELLEMONT, Y., 2021, « Assèchement des maçonneries après inondations », dans *CSTC Contact - Edition spéciale : Inondations*, n°5, p. 8.

<p>En cas d'inondation, les enduits à la chaux aérienne ou hydraulique sont plus résilients que ceux au ciment ou au plâtre car ils facilitent l'évaporation de l'eau stockée dans le mur grâce à ses propriétés capillaires.</p> <p>Il n'est pas forcément nécessaire d'enlever un enduit à la chaux dans le cas d'une future inondation. D'après une recherche réalisée par <i>Historic England</i>, l'enduit de chaux absorbe plus l'humidité que la brique lorsque ces matériaux sont immergés dans de l'eau pendant 12 h (moyenne de 18,5 % en masse pour les enduits de chaux comparé à une moyenne de 15,7 % en masse pour les briques). Mais la différence de teneur en humidité entre ces deux matériaux, diminue jusqu'à atteindre un taux similaire et un équilibre au bout de trois jours³².</p>	<p>support propice au développement de moisissures³³.</p> <p>Les enduits à base d'argile pure de type béton de terre, ne sont pas appropriés parce qu'ils ne sont pas suffisamment résistants à l'action prolongée de l'eau d'une future inondation. Ils ont tendance à gonfler en présence d'eau, puis se rétracter au moment du séchage en créant des désordres au sein du mur³⁴.</p> <p>Le torchis, à base d'argile et de paille sèche coupée n'est pas recommandé non plus, puisque la paille est hygroscopique³⁵, risque de retenir l'eau de l'inondation plus longtemps dans la paroi et d'engendrer des développements biologiques.</p>
<p>Point(s) d'attention</p> <p>Un enduit traditionnel à la chaux est réalisé en trois couches distinctes : 1) le gobetis, 2) le dressage ou corps d'enduit et 3) la finition. Le support doit être suffisamment sec au préalable et ne doit pas être contaminé par des sels en excès ; après évaluation du taux d'humidité et de contamination en sels des parois, le mur à enduire doit faire éventuellement l'objet d'un traitement de dessalement. La mise en œuvre des différentes couches doit se faire à une température entre 5 et 30°C. La paroi est humidifiée entre chaque couche d'enduit.</p>	

³² RIDOUT, B. (dir.), 2018, « Does Plaster Retard the Drying of Walls After Flooding ? », dans *Historic England*, n°45, p. 4.

³³ FIRKET, L., 2010, « Le séchage des enduits intérieurs », dans *CSTS-Contact*, n°28, p. 12.

³⁴ VITTONI, R., 2010, *Bâtir : manuel de la construction*, Lausanne, PPUR Presses polytechniques, p. 101.

³⁵ L'humidité hygroscopique d'un matériau est sa capacité à absorber spontanément les molécules d'eau de l'atmosphère, sans être en contact avec de l'eau liquide.

Les proportions sable/chaux des différents mortiers changent en fonction du type de chaux employé³⁶ :

	Épaisseur de la couche	Sable lavé (granulométrie en mm et nombre de parts)	Chaux hydraulique NHL	Chaux aérienne CL
1. Gobetis	5 mm	0/3 à 0/5 - 10 parts	5 parts	6 à 7 parts
2. Dressage	10 à 20 mm	0/3 à 0/5 - 10 parts	4 parts	5 parts
3. Finition	5 à 7 mm	0/2 - 10 parts	3 parts	4 parts

Tableau 1 : Dosage liant/sable pour la confection des enduits à la chaux.

Le gobetis est fortement dosé en eau afin d'être projeté aisément, soit à l'ancienne à l'aide d'une truelle ou d'une brosse, soit à l'aide d'une tyrolienne. Cette couche va permettre au dressage de bien adhérer à la paroi. Le dressage permet de ragréer la surface et peut s'appliquer deux jours après la pose d'un gobetis de chaux hydraulique ou 1 semaine minimum après la pose d'un gobetis de chaux aérienne. Il est nécessaire d'attendre une semaine au minimum avant de poser la couche de finition sur le dressage, qu'il s'agisse de chaux hydraulique ou de chaux aérienne.

La couche de finition est moins riche en chaux que les deux couches sous-jacentes (Tableau 1), afin d'être plus poreuse et ainsi garantir l'échange d'humidité provenant de la paroi.

Étant donné la structure ouverte des enduits à la chaux, des efflorescences de sels peuvent éventuellement apparaître en surface à la suite d'une inondation. Celles-ci doivent être simplement brossées à sec et évacuées pour qu'elles ne contaminent pas d'autres zones du sol ou du mur. Il est aussi possible de voir un décollement causé par la cristallisation des sels.

³⁶ DE PIERPONT, J., ALGROS, J.-J., 2016, *Enduit, rejointoiement, badigeon*, Institut du Patrimoine wallon/École d'Avignon, Namur, pp. 9-10, Fiche 2 et p. 9, Fiche 7.

2.2.2. Finition peinture

Description

Le choix du type de peinture est très important dans la restauration des bâtiments anciens, car ce dernier doit être respirant pour garantir un échange d'humidité des parois entre l'intérieur et l'extérieur.

Si le bâtiment est inondé, les parois auront besoin d'évacuer une quantité importante d'eau par évaporation vers l'extérieur et l'intérieur. C'est pourquoi la peinture, tout comme l'enduit, doit être respirante.



Figure 21 : Échantillonnage de peintures à la chaux (1. Ocre rouge ; 2. Terre de Sienne brûlée ; 3. Bleu outremer artificiel ; 4. Terre verte ; 5. Ocre jaune ; 6 : Terre de Sienne naturelle ; 7 : Terre d'Ombre naturelle ; 8a et b : Terre d'Ombre brûlée ; 9a, b et c : Rouge anglais).

Matériaux/traitements conseillés

Peintures à base de silicate ou à la chaux.

Matériaux/traitements à éviter

Tous revêtements hydrofuges à base de peintures acrylique ou laque (glycérophthalique), en solution aqueuse ou dans un solvant.

Point(s) d'attention

Il est conseillé que la finition décorative soit constituée d'une à deux couches de peinture au maximum pour ne pas bloquer cet échange d'humidité.

2.2.3. Restauration de peintures et décors muraux

Description

Les matériaux de restauration doivent être appropriés pour traiter les peintures et décors muraux qui ont été inondés et qui risquent d'être à nouveau impactés.

Les dégradations dues à une inondation peuvent être de deux types :

1. La cristallisation de sels en profondeur (subflorescences) ou à la surface (efflorescences) de la peinture murale peuvent apparaître au bout de quelques semaines ou quelques mois après l'inondation (Figure 22).
2. Développement de moisissures à cause de l'air ambiant très humide causée par l'inondation.



Figure 22 : Apparition d'efflorescences et de subflorescences dans les mois qui ont suivi l'inondation – Décors de fausse marqueterie de marbre dans l'église de la Visitation de la Vierge de Dolhain.

Matériaux/traitements conseillés

Emploi de matériaux poreux au niveau du liant pour retouche comme les silicates, siloxanes ou la peinture à la chaux³⁷.

Les mastiques et plafonnages doivent également être poreux (chaux aérienne).

Matériaux/traitements à éviter

Tous vernis et adhésifs hydrofuges comme les acryliques.

Les colles celluloseuses, aquarelles ou gouaches sont des liants employés dans la retouche. Ces substances donnent des films poreux mais qui sont

³⁷ Peinture siloxane ou Silacryl®, en fonction de la marque, est une association d'un dérivé de silicone avec de l'acrylique. Cette peinture est hydrofuge (ne laisse donc pas passer l'eau à l'état liquide), mais elle est perméable à la vapeur d'eau et garantit l'échange d'humidité entre le côté extérieur et le côté intérieur du mur. La peinture siloxane est très résistante, mais moins respirante que les peintures silicatées. La résistance à la vapeur d'eau, exprimée en Sd, est de 0,5 pour le Silacryl® Muresko de la marque Caparol®, de 0,14 pour la peinture silicatée Histolith Sol® - Silikat de la marque Caparol®, et de 0,02 pour la peinture silicatée Granital® de la marque Keim® ; plus la valeur Sd est petite, plus le matériau est ouvert au passage de la vapeur d'eau.

<p>L'application d'un vernis isolant, de protection, est à proscrire pour que l'humidité puisse continuer de s'évacuer du mur.</p>	<p>sensibles aux moisissures en atmosphère humide prolongée.</p>
<p>Point(s) d'attention</p> <p>Il arrive que des sels cristallisent à la surface d'une peinture murale à la suite d'une restauration. L'eau employée lors des opérations de consolidation, nettoyage, fixage ou retouche, peut en effet solubiliser des sels présents dans le support enduit. Au moment du séchage, ceux-ci ont tendance à migrer en surface et à cristalliser sous la forme d'un voile blanchâtre et poudreux. Dans ce cas de figure, une intervention de dessalement doit être effectuée pour diminuer la concentration des sels présents dans l'enduit.</p>	

2.2.4. Isolation thermique des cloisons et contre-cloisons

Description

Lors d'une inondation, il est nécessaire d'ouvrir les cloisons et contrecloisons afin d'aérer l'intérieur de la structure³⁸ ; plusieurs démarches peuvent être pensées dans la conception de ces murs dans le cas d'une future inondation.

Si l'édifice doit répondre à de nouvelles exigences de performance énergétique (réaffectation de l'édifice en habitations), il est important de sélectionner un isolant thermique retenant faiblement l'eau³⁹.



Figure 23 : Enlèvement des panneaux de cloisons qui ont été immergés dans l'eau – Musée des Beaux-Arts de la Céramique de Verviers (© Caroline Preser).

Matériaux/traitements conseillés

L'**isolant thermique** en panneau de polystyrène extrudé ou en verre cellulaire ne perd pas ses propriétés en présence d'eau. Cet isolant peut éventuellement être sélectionné pour les parties basses des cloisons et contre-cloisons susceptibles d'être immergés.

L'isolant en plaque de liège peut également être employé car il est

Matériaux/traitements à éviter

Les isolants à éviter à la base des cloisons et contre-cloisons sont ceux de type hydrophile à base de laines minérales, de cellulose, de chanvre ou de fibres de bois. Ces matériaux se gorgent d'eau à la suite d'une inondation et se tassent dans le bas des cloisons. De plus, une contamination fongique peut apparaître sur la plupart de matériaux organiques d'origine naturelle.

³⁸ Contre-cloison : cloison attenante à un mur en dur, maçonné.

³⁹ DELMÉE, H., ESCOUFLAIRE, C., PIERARD, A., 2014, *Inondations – Réduire la vulnérabilité des constructions existantes*, Namur, SPW-DGO4, p. 38, https://inondations.wallonie.be/files/documents_a_telecharger/GISER/SPW_TLPE_guide_inondations.pdf.

<p>résistant à l'humidité, même prolongée et naturellement antifongique⁴⁰.</p> <p>Les panneaux en surface, situés à la base des murs et qui risquent d'être immergés, doivent facilement être démontables. Pour les édifices qui ont déjà subis une inondation, une couture de liaison⁴¹ mécanique horizontale entre ces panneaux doit dans ce cas être réalisée sur une hauteur de 30 cm au-dessus de la limite atteinte par l'eau (absorption potentielle de l'eau par les matériaux).</p> <p>Il est intéressant de garder le système vissé apparent en-dessous de cette couture de liaison pour faciliter le démontage lors d'une future inondation.</p> <p>Les panneaux situés à la base des murs peuvent être en contreplaqué marin (bakéliné) en-dessous de la couture de liaison pour que ceux-ci résistent à l'immersion et puissent être remplacés une fois que le mur a séché.</p>	<p>Les cloisons elles-mêmes peuvent également se dégrader en présence d'eau, comme les plaques de fibre-gypse, d'aggloméré, d'MDF ou de contre-plaqué classique.</p> <p>Attention les produit tels que le polystyrène ne sont pas recyclables et sont très inflammables. (éléments à tenir compte du point de vue des normes de sécurité incendie)</p>
<p>Point(s) d'attention</p> <p>Pour les contre-cloisons, il est important d'ajouter un pare-vapeur qui reprend toute la surface du mur, à placer entre les plaques et l'isolant thermique (placement du côté chaud) et ainsi éviter que l'air ne condense dans la structure⁴².</p>	

⁴⁰ Coll., 2013, « Les isolants thermiques en vrac », dans *Guide bâtiment durable.brussels*, <https://www.guidebatimentdurable.brussels/isolants-thermiques-frac>.

⁴¹ MICHAUX, B., CHARRON, S., 2021, « Quelles interventions post-inondation sur une structure en bois ? », dans *CSTC Contact - Edition spéciale : Inondations*, n°5, p. 5.

⁴² DOBBELS, F., 2017, « Isolation des murs existants par l'intérieur : réalisation des détails », dans *CSTC-Contact*, p. 27.

Le coefficient de résistance thermique des deux isolants (partie basse et partie haute) doit être similaire ; ces deux isolants n'auront donc pas forcément la même épaisseur et il faut en tenir compte dans la conception de la structure des contre-cloisons.

2.2.5. Lambris

Description

En termes de résilience, il est important de pouvoir enlever facilement les lambris ou les plinthes après inondation, pour que l'eau qui se trouve dans la maçonnerie puisse être évacuée plus rapidement.

Le revêtement de protection des lambris qui ont été immergés, doit souvent être revu dans son entièreté (ponçage superficiel, vernissage globale).



Figure 24 : Aération du lambris par dépose des plinthes – Église Notre-Dame des Récollets de Verviers.

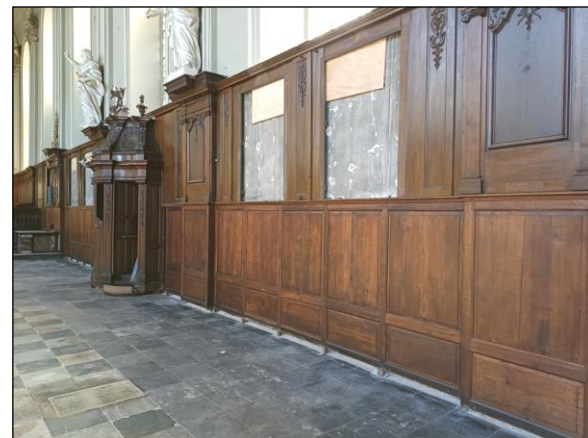


Figure 25 : Lambris après restauration – Église Notre-Dame des Récollets de Verviers.

Matériaux/traitements conseillés

Si des éléments doivent être remplacés, il est nécessaire d'employer une essence de bois dense comme le chêne (meilleure résistance à l'immersion dans de l'eau) (Fiche 2.1.3).

Matériaux/traitements à éviter

Éviter l'utilisation de bois léger comme les résineux de type Pin sylvestre ou épicéa (Fiche 2.1.3).

<p>Fixation à l'aide de vis, dissimulée par des cache-vis en bois, afin de faciliter l'enlèvement des lambris et des plinthes.</p> <p>L'emplacement des vis doit être perforé au préalable, avec un trou suffisamment large pour que les vis puissent s'enlever facilement du bois mouillé en cas de démontage.</p> <p>Vernis à l'huile de préférence (fiche 2.1.3) ou à la cire si le lambris est déjà recouvert de plusieurs couches de cires.</p>	<p>Il est déconseillé d'employer des clous pour refixer les lambris et les plinthes, car le démontage est plus fastidieux après inondation et engendre souvent des cassures et fendillements du bois.</p> <p>Vernis vitrifiant et cire (fiche 2.1.3).</p>
---	---

Point(s) d'attention

Hors contexte inondation, la réinstallation de lambris en bois qui ont été inondés doit être effectuée suivant certaines précautions :

1. Laisser un espace entre les lambris et le mur, mais aussi entre les lambris et le sol, pour garantir une ventilation au verso des panneaux et éviter que le mur crée un pontage de l'humidité avec ceux-ci.
2. Les lambourdes de la structure en bois sous-jacente doivent être disposées verticalement, sans quoi, le courant d'air ne peut pas passer de bas en haut.

Il n'est pas forcément nécessaire d'appliquer un nouvel enduit sur les zones décapées des maçonneries, derrière les lambris, puisque la paroi n'est pas visible. En revanche, il faut s'assurer que d'anciens fragments d'enduit ou de brique ne s'accumulent pas au pied du lambris ; ces gravats peuvent bloquer l'entrée d'air entre le sol et la partie basse du lambris et risque de créer un pontage de l'humidité entre le mur et la base du lambris. La maçonnerie nue peut éventuellement être recouverte d'un badigeon à la chaux afin de fixer ces fragments.

2.3 Ventilation naturelle directement après l'inondation

2.3.1. Confection de grilles d'entrée facilement amovibles

Description

La ventilation de lieux qui ont été inondés est une des premières actions à réaliser pour accélérer le séchage. Les mouvements d'air doivent se faire de préférence par ventilation croisée, à l'aide d'ouvertures opposées. Dans le cas des églises, il s'agit souvent de fenêtres ou d'un vitrail situé dans le chœur, de baies des sacristies accolées, et de la porte d'entrée principale du narthex.

Une grille métallique doit être placée au niveau des entrées, soit contre la paroi extérieure (Figure 26), soit dans la feuillure de la porte (Figure 27).

Ce dispositif doit être pensé et réalisé de préférence avant l'inondation, pour que les grilles puissent être installés facilement et rapidement dans les entrées de l'édifice dès que l'eau s'est retirée.

Les portes d'entrée laissées ouvertes 24h/24 directement après inondation permettent de créer une aération à l'intérieur, d'améliorer le séchage et de limiter la propagation des moisissures.


Il est important d'effectuer un suivi du climat intérieur afin de choisir judicieusement le moment où les



Figure 26 : Exemple de grille amovible de la porte d'entrée secondaire de l'église Saint-Nom-de-Jésus de Chanxhe.



Figure 27 : Exemple de grille amovible dans la feuillure de la porte d'entrée de l'église Saint-Laurent de Prayon (Trooz).

<p>entrées de l'édifice peuvent être refermées ou si, au contraire, il est nécessaire d'avoir recourt à une ventilation supplémentaire et/ou à un séchage artificiel.</p>	
<p>Matériaux/traitements conseillés</p>	<p>Matériaux/traitements à éviter</p>
<p>La grille doit être suffisamment robuste pour éviter toute intrusion. Le maillage doit être serré (treillis volière de préférence) pour que les oiseaux ne puissent entrer dans l'édifice (Figure 27).</p>	<p>Éviter de laisser les portes ouvertes pendant de longues périodes de pluie et en automne/hiver quand les températures extérieures descendent en-dessous de 10°C.</p>
<p>2.3.2. Ouverture à soufflet d'une baie située en hauteur</p>	
<p>Description</p> <p>En plus de la ventilation croisée effectuée à hauteur d'homme, il est possible d'améliorer l'aération y compris pour les parties hautes de l'édifice. Le système le plus simple, basé sur l'aération naturelle, est l'aménagement d'une ou plusieurs fenêtres situées en hauteur avec une ouverture à soufflet. Un système de corde permet d'ouvrir ou de fermer la fenêtre à distance.</p>	 <p>Figure 28 : Ouverture à soufflet d'une fenêtre haute, contrôlable à distance – Église Saint-Laurent de Prayon (Trooz).</p>

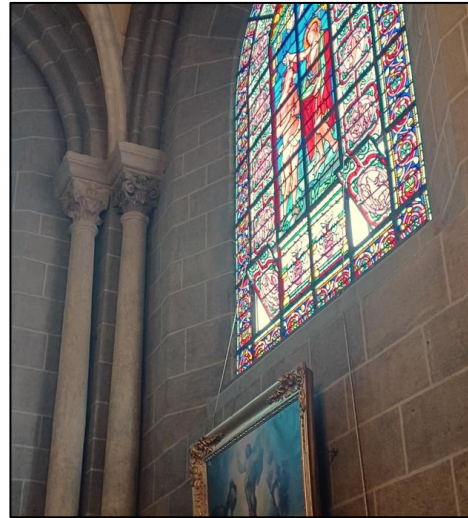


Figure 29 : Ouverture à soufflet d'un vitrail contrôlable à distance – Cathédrale Notre-Dame du Puy-en-Velay.

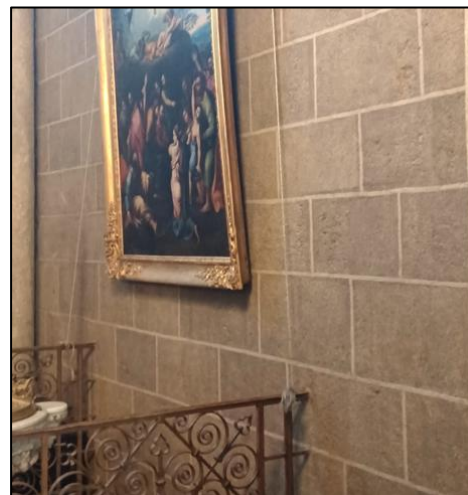


Figure 30 : Système de cordage qui maintient les fenêtres ouvertes – Cathédrale Notre-Dame du Puy-en-Velay.

Matériaux/traitements conseillés	Matériaux/traitements à éviter
<p>Système d'ouverture à soufflet.</p> <p>Corde synthétique inerte à l'humidité et à la contamination de moisissures.</p>	<p>Éviter d'ouvrir trop grand la fenêtre pour que des oiseaux ne rentrent pas dans l'édifice.</p>

2.3.3. Mobilier « immeuble par destination »

Description

Dans les églises, le mobilier « immeuble par destination⁴³ » comprend les estrades et autre mobilier de grande envergure comme les stalles, confessionnaux, chaires de vérité et autels. Ils sont généralement conçus en chêne et résistent plutôt bien à l'action prolongée de l'eau.

Ce type de meuble peut rester sur place, mais doit pouvoir être bien ventilé au-dessous et à l'arrière.

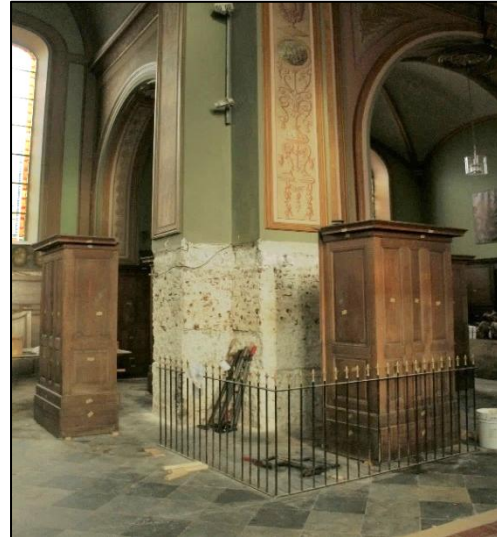


Figure 31 : Aération de l'arrière du mobilier – Église de la Visitation de la Vierge de Dolhain



Figure 32 : Aération sous l'estrade des bancs – Église Saint-Laurent de Prayon (Trooz).

Point(s) d'attention

La base et l'arrière de ce type de mobilier doit pouvoir être aéré facilement après inondation, soit en l'écartant de la paroi, soit par l'installation d'ouvertures de ventilation discrètes.

⁴³ Mobilier immeuble par destination (art. 525) : « Le propriétaire est censé avoir attaché à son fonds des effets mobiliers à perpétuelle demeure, quand ils y sont scellés en plâtre ou à chaux ou à ciment, ou, lorsqu'ils ne peuvent être détachés sans être fracturés ou détériorés, ou sans briser ou détériorer la partie du fonds à laquelle ils sont attachés[...] ». (https://www.legifrance.gouv.fr/codes/section_lc/LEGITEXT000006070721/LEGISCTA000006090204/#LEGISCTA000006090204).



Pour la deuxième option, il faut dans ce cas effectuer deux ouvertures opposées et de préférence à des hauteurs différentes pour créer une ventilation reprenant l'entièreté du volume de la structure du meuble. Cette intervention permet ainsi d'améliorer la ventilation et d'éviter les risques de développements fongiques.

Pour les planchers d'estrade, il est toujours conseillé de les soulever et de les placer sur plots en bois ou d'effectuer quelques ouvertures discrètes au niveau des rebords pour générer une ventilation.

2.4 Placement des œuvres et objets sensibles à une hauteur suffisante ou dans un espace dédié

Description

D'une manière générale, le rez-de-chaussée d'un édifice potentiellement inondable, doit être épuré au maximum en débarrassant l'espace de tout objet non essentiel. Il ne faut pas laisser d'œuvres sensibles à l'eau à une hauteur potentiellement inondable.

Les matériaux les plus fragiles sont les supports papiers, les sculptures en bois polychromes, les meubles marquetés, les tableaux (peinture sur toile ou support bois), les textiles dont les ornements qui se trouvent généralement dans les sacristies d'église, mais aussi les matériaux métalliques oxydables dont la vaisselle liturgique. Si toutefois ce type d'objets ou d'œuvres risque d'être immergé lors d'une nouvelle inondation, celui-ci doit pouvoir être transporté facilement en lieu non inondable en cas d'alerte de crue.

Le petit mobilier facile à transporter, comme les chaises ou autres meubles de petite dimension peuvent être emmenés en lieu sûr, au niveau du jubé, sur la tablette des autels ou dans un espace de stockage prévu à cet effet. L'espace hors d'eau doit être facile d'accès et à proximité de la zone à évacuer. Les illustrations ci-contre montrent des structures qui ont été réalisées après inondation, mais ces



Figure 33 : Exemple de chevalet de manutention – Église Notre-Dame des Récollets de Verviers.



Figure 34 : Structure d'entreposage des lambris de l'église de la Visitation de la Vierge de Dolhain.



Figure 35 : Système de tringles pour les tapisseries de l'église Saints-Antoine-Ermite-et-Apolline de Pepinster.

dispositifs peuvent être pensés en amont et placées dans des espaces de repli, non inondables, pour le stockage anticipé des œuvres, des objets et du petit mobilier.

Point(s) d'attention

Dans le contexte d'anticipation, il est nécessaire d'établir un inventaire des objets, œuvres à risque, pour prioriser ce qu'il faut amener en lieu sûr. Une installation de stockage doit être prévue en fonction du patrimoine mobilier à déplacer. L'espace peut être composé de chevalets de manutention pour les lambris et les tableaux (Figure 33), des étagères, structures en bois (Figure 34) ou des tringles de rangement (Figure 35).

Les espaces hors d'eau doivent être accessibles en permanence pour que le transport des œuvres puisse être effectué rapidement et à tout moment.