



PROTECTION CONTRE LES DANGERS NATURELS

Les deux «recommandations de protection des objets» contre les dangers naturels météorologiques et gravitationnels ont été revues en 2015/2016 pour refléter l'état actuel de la technique.

Elles sont consultables sur la plateforme [protection-dangers-naturels](http://protection-dangers-naturels.ch). Vous pouvez télécharger les recommandations souhaitées et les informations générales en utilisant la fonction d'impression. Le présent PDF correspond à la recommandation de 2007.

www.protection-dangers-naturels.ch



1

2

3

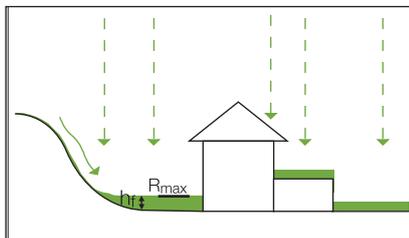
4

5

6

7

1 Notations



Q_R [l/s]: Débit d'eau pluviale
 r [l/sm²]: Intensité pluviométrique
 A [m²]: Surface réceptrice de pluie (projection horizontale)
 C [-]: Coefficient de ruissellement
 h_f [m]: Hauteur d'inondation

R_{max} [m s. m.]: Niveau maximum possible de refoulement (cote)

v [m/s]: Vitesse d'écoulement (vitesse d'inondation)

a [mm/h]: Vitesse de montée de l'eau

T_N [h]: Durée de la précipitation

V [mm]: Volume de la précipitation, par événement

T_V [h]: Délai de préalerte (intervalle entre la prise de conscience de l'inondation et son occurrence)

S_F [-]: Facteur de sécurité

3 Caractérisation

Distinction par rapport aux remontées de nappes et au débordement de cours d'eau

Ce chapitre décrit les effets des pluies intenses, qui peuvent provoquer l'inondation de terrains et l'intrusion d'eau dans des bâtiments.

Une telle inondation n'est donc due ni à la remontée d'une nappe phréatique, ni au débordement d'un cours d'eau ou d'un lac, mais à l'afflux et à l'accumulation d'eau de pluie à la surface du sol (eaux superficielles).

4

Intensité pluviométrique

Lorsqu'une précipitation intense s'abat sur un sol compacté ou gelé, la capacité d'infiltration ainsi restreinte provoque un ruissellement superficiel. Sur les routes et sur les places, la capacité d'infiltration du sol est réduite artificiellement. En Suisse, on considère l'intensité de la pluie dont la période de retour est de 5 à 10 ans pour dimensionner l'évacuation des eaux pluviales de telles places. Cela implique que les événements plus rares, générant aussi un ruissellement superficiel, risquent de surcharger le système d'évacuation des eaux.



5

6

7

Caractérisation

Durée de la précipitation

Outre l'intensité pluviométrique, la durée de la précipitation et la situation antérieure (précipitations des jours précédant l'événement) jouent un rôle important dans l'établissement d'un ruissellement superficiel. Dans le cas des sols naturels, il s'installe lorsque la couche supérieure est saturée. Cela se produit très rapidement, notamment, lorsque la couche de terre est peu épaisse ou déjà humide et

que sa capacité d'emmagasinement est donc faible. Lorsqu'elle a une épaisseur moyenne, la saturation n'est atteinte qu'après une longue durée de précipitation.



L'écoulement d'eau à partir de sols saturés peut être diffus ou former



des sources localisées.



Délai de préalerte

Le délai de préalerte est très court: les précipitations intenses ne peuvent être prévues que peu de temps à l'avance et un écoulement se forme très rapidement lorsqu'elles se produisent. **Cela implique qu'il faut prévoir uniquement des mesures permanentes pour protéger un objet contre le ruissellement superficiel.**

Durée de l'inondation

La durée de l'inondation se compte entre le moment où un site est mouillé et celui où il est à nouveau sec. Elle oscille généralement entre quelques minutes et quelques heures pour les inondations provoquées par des eaux superficielles.

Vitesse d'écoulement

Lorsqu'un terrain de forte déclivité (5-10 %) est inondé, la vitesse d'écoulement dépasse les 2 m/s (7.2 km/h). De telles vitesses apparaissent également sur les tronçons canalisés (rues). En terrain peu incliné (< 2 %), la vitesse tombe généralement sous les 2 m/s (7.2 km/h).

Niveau de refoulement / hauteur d'inondation

Le niveau de refoulement est le niveau le plus élevé que l'eau puisse atteindre dans une installation d'évacuation des eaux pluviales. On fait une distinction entre a/ le niveau de refoulement calculé selon le plan général d'évacuation des eaux (PGEE) et b/ le niveau maximum possible de refoulement. La hauteur d'inondation consécutive à de fortes précipitations correspond au niveau maximal possible de refoulement.

Vitesse de montée

La vitesse de montée décrit la rapidité avec laquelle les eaux montent lors d'une inondation.

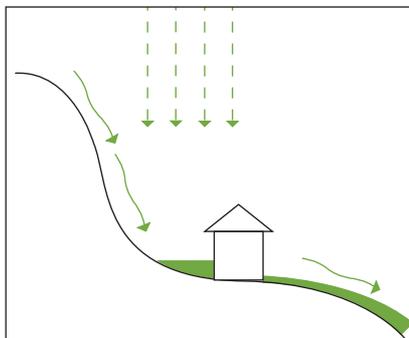
Paramètres d'intensité pour le dimensionnement

Pour procéder au dimensionnement, il faut disposer de données concernant l'**intensité pluviométrique**, les **surfaces impliquées** et leurs **coefficients de ruissellement**. L'intensité pluviométrique peut être tirée

de la norme SN 592'000. Lorsque le potentiel de dommages est élevé, il faut éventuellement majorer les objectifs de protection. La démarche est facilitée par les renseignements fournis au chapitre «Détermination des actions» (ci-après).

1 Situation de danger 1:
Construction dans une
pente

Les eaux de ruissellement coulant
vers le bien-fonds à partir de la



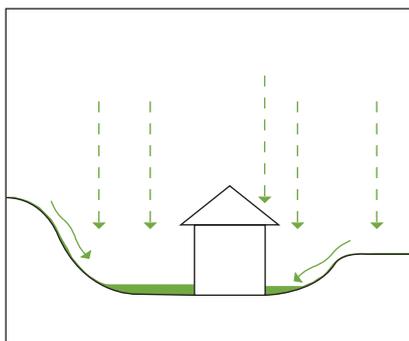
pente située en amont peuvent
s'accumuler contre le bâtiment.



2

3 Situation de danger 2:
Construction dans une
dépression

Les eaux de ruissellement
s'accumulent dans la dépression



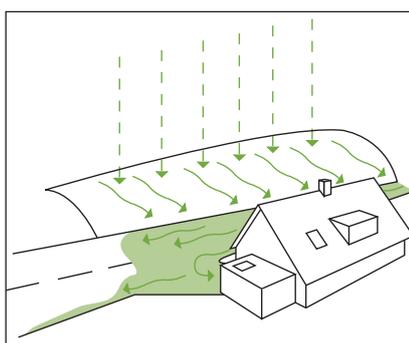
où se trouve le bien-fonds et l'eau
pénètre dans le bâtiment par ses
ouvertures.



4

5 Situation de danger 3:
Afflux d'eau de routes

Les eaux ruisselant sur les talus
adjacents et les eaux refluant de
la canalisation de la route s'accu-



mulent sur la route et atteignent
le bien-fonds en empruntant son
accès routier.



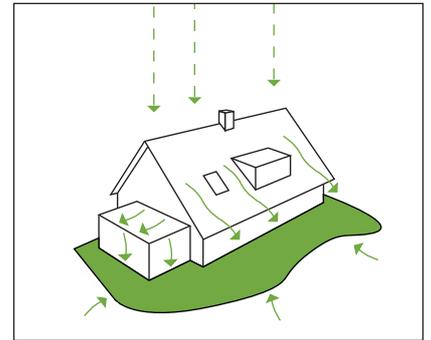
5

6

7

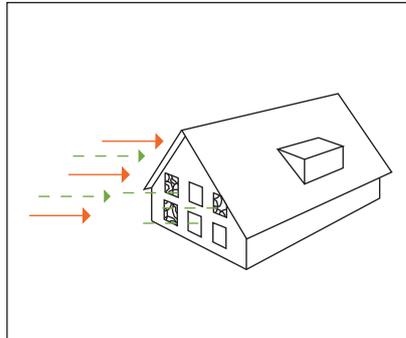
Situation de danger 4: Afflux d'eau de toitures et de places

Les installations d'évacuation des eaux provenant des toits et des places ne parviennent pas à évacuer toute l'eau qui afflue. Les toits et les places sont le siège d'un engorgement momentané, qui peut provoquer une intrusion d'eau dans le bâtiment.



Situation de danger 5: Pluie avec vent (pluie battante)

La pluie est accompagnée d'une tempête, si bien que de l'eau chassée par le vent peut pénétrer dans le bâtiment au travers des façades.



sée par le vent peut pénétrer dans le bâtiment au travers des façades.



1 Calcul du débit des eaux pluviales

En vertu de la norme SN 592'000 consacrée à l'évacuation des eaux des biens-fonds, le débit des eaux pluviales Q_R se calcule comme suit:

$$Q_R = r \cdot S_F \cdot A \cdot C \quad [l/s]$$

où Q_R est le débit d'eau pluviale pour la surface A . S_F est un facteur de sécurité à choisir en fonction de la vulnérabilité du bâtiment et C est un coefficient de ruissellement sans dimension qui dépend de la nature de la surface réceptrice. Si

des surfaces partielles présentent des coefficients de ruissellement différents, le débit des eaux pluviales Q_R est déterminé pour chaque surface. Puis on cumule tous les débits

2

3 Facteur de sécurité

Le facteur de sécurité est choisi comme suit, indépendamment de l'intensité pluviométrique:

Type de bâtiment	Facteur de sécurité
Bâtiments dans lesquels une pénétration des eaux pluviales pourrait provoquer des dégâts importants. Exemples: - Halles de fabrication et de stockage - Laboratoires - Centres d'achat - ...	1.5
Bâtiments pour lesquels une mesure de protection exceptionnelle est nécessaire. Exemples: - Hôpitaux / centres médicaux - Théâtres / salles de concert - Musées ou bâtiments dans lesquels des biens culturels de valeur sont conservés - Centres informatiques ou studios de TV - Fabriques / halles de stockage de l'industrie chimique - ...	2.0

4

5

6 Intensité pluviométrique

D'après la norme SN 592'000, il faut compter, dans les conditions suisses, avec une intensité pluviométrique de $r = 0.03 \text{ l/sm}^2$. Elle doit être majorée de 25-50% selon la région. Le tableau suivant indique les intensités pluviométriques mesurées durant un laps de temps de dix minutes, pour différentes pério-

des de retour, dans certaines villes suisses (meilleure estimation sur la base du réseau de stations ANETZ de MétéoSuisse). Le tableau complet, avec les chiffres concernant les 43 stations, est fourni en annexe.

Localité	Tous les 5 ans	Tous les 10 ans	Tous les 30 ans	Tous les 50 ans	Tous les 100 ans
Zurich-(MétéoSuisse)	0.027	0.033	0.042	0.046	0.053
Berne/Zollikofen	0.023	0.027	0.034	0.037	0.041
Basel-Binningen	0.021	0.025	0.030	0.033	0.037
St-Gall	0.025	0.031	0.040	0.044	0.050
Neuchâtel	0.024	0.030	0.040	0.045	0.053
Pully	0.020	0.023	0.029	0.033	0.037
Locarno-Monti	0.034	0.040	0.051	0.057	0.065

Source: Office fédéral de météorologie et climatologie (MétéoSuisse, 2007) Ces chiffres récemment établis indiquent clairement que l'intensité pluviométrique utilisée jusqu'ici à

l'échelle de la Suisse, de 0.030 l/sm², peut être dépassée largement dans certaines régions. Aussi est-il recommandé de baser les calculs sur les valeurs figurant dans le tableau.

Coefficient de ruissellement

Le coefficient de ruissellement (ou coefficient de retardement) C tient compte de la nature de la surface réceptrice, de la diminution de débit qui en résulte et du retardement de l'écoulement. Comme ces valeurs C se rapportent exclusivement à des objets individuels, elles sont plus élevées que les coefficients de ruissellement appliqués dans le plan général d'évacuation des eaux.

Les jardins, les prés et les terrains cultivés jouent aussi un rôle essentiel dans l'écoulement des eaux pluviales. C'est pourquoi le tableau ci-dessous comprend des données concernant **les jardins, les prés, les terrains cultivés et les forêts** en sus de coefficients de ruissellement selon la norme SN 592'000. **Les aires contiguës doivent être incluses dans les calculs, selon la situation de danger considérée (cf. plus haut)!**

Surface réceptrice de pluie	C
Toits inclinés et toits plats	1.0
Places et chemins	
– avec revêtement en dur	1.0
– avec revêtement de gravier	0.6
– avec système écologique (interstices en gravillon)	0.6
– avec revêtement perméable	0.6
– avec pavés filtrants	0.2
– avec grilles-gazon	0.2
Toitures-jardins plates*	
– épaisseur de la couche végétale > 50 cm	0.1
– épaisseur de la couche végétale > 25 – 50 cm	0.2
– épaisseur de la couche végétale > 10 – 25 cm	0.4
– épaisseur de la couche végétale ≤ 10 cm	0.7
Jardins, prés et terrains cultivés	
– sol ni détrempe ni compacté	0.1 – 0.25
– sol détrempe et compacté	0.35 – 0.55
Forêt	
– sol ni détrempe, ni compacté	0.05 – 0.15
– sol détrempe et compacté	0.25 – 0.45

* valable jusqu'à une déclivité de la toiture de 15° (majorer C de 0.1 pour une déclivité supérieure)

1 Exemple d'estimation du ruissellement superficiel

La première étape consiste à déterminer le débit des eaux pluviales comme expliqué ci-dessus.

Une villa est construite à Herisau, en contrebas d'un pré en pente

Calcul:

Surface de pré alimentant le ruissellement: 1000 m², coefficient de ruissellement: 0.35

Surface en gravier: 100 m², coefficient de ruissellement: 0.6

Intensité pluviométrique: 0.050

Évaluation:

D'après ce calcul, il faut s'attendre à un ruissellement superficiel de 27 l/s sur ce terrain. Le choix de la période de retour applicable à l'intensité pluviométrique devrait être adapté au potentiel de dommages. Comme le montre l'exemple d'analyse coût-utilité présenté en fin de chapitre, le choix d'une période de retour de 100 ans, voire davantage, peut se justifier en termes économiques.

moyenne. L'afflux d'eau à partir de cette surface ainsi que du terrain bâti est estimé comme suit:

l/sm² (valeur à la station de St-Gall pour une période de retour de 100 ans)

Facteur de sécurité: 1.3

Débit des eaux pluviales: $Q_R = 0.050 \cdot 1.3 \cdot (1000 \cdot 0.35 + 100 \cdot 0.6) = 26.7$ l/s

La surface alimentant le ruissellement varie selon la nature du sol, sa déclivité et les conditions hydrologiques antérieures (précipitation antécédente, sol gelé). Le coefficient de ruissellement peut être tiré du tableau à la page 87 selon les conditions locales. Le facteur de sécurité correspondra au potentiel de dommages.

2

3

4

5

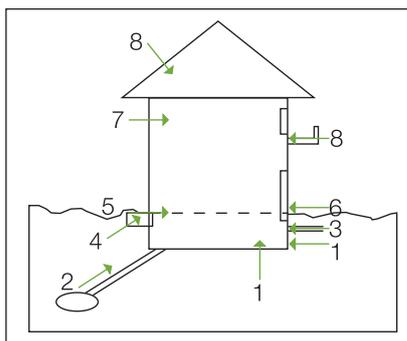
6

7

Pénétration d'eau dans un bâtiment

L'eau peut pénétrer dans un bâtiment en empruntant les cheminements suivants:

- 1) La nappe phréatique traverse les parois ou le sol de la cave
- 2) L'eau reflue dans le bâtiment par les canalisations
- 3) La nappe phréatique pénètre par des joints ou des raccordements non étanches (introduction de conduites, câbles noyés dans la maçonnerie)
- 4) La nappe phréatique et les eaux superficielles s'écoulent par les soupiraux et les fenêtres de la cave
- 5) Les eaux superficielles percolent à travers les parois extérieures
- 6) Les eaux superficielles pénètrent par les ouvertures des portes et des fenêtres
- 7) Les eaux pluviales traversent la façade lors d'une pluie intense combinée avec une tempête
- 8) L'eau tombée sur le toit ou sur un balcon pénètre dans le bâtiment



L'eau peut pénétrer dans les pièces lorsqu'elle s'accumule, même brièvement, sur des toits plats ou



sur des balcons lors d'une pluie intense (photo: passage par des prises).

1 Emplacement du bâtiment

Il faut tenir compte des conditions locales déterminant les apports d'eau superficielles et leur ruissellement lorsqu'on choisit le site où le bâtiment sera construit. On évitera

surtout les emplacements où de l'eau peut s'accumuler (cuvettes, fossés).

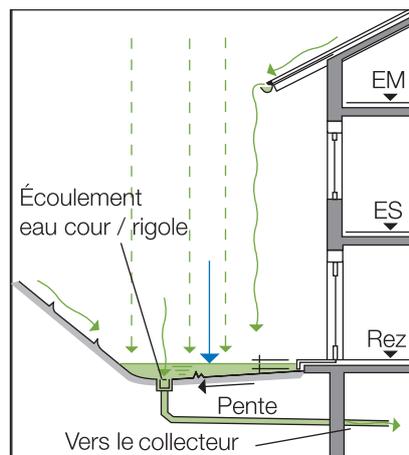
2 Aménagement du terrain

L'aménagement du terrain détermine le cheminement des eaux de ruissellement. La planification systématique des écoulements

permet d'éviter que l'eau atteigne l'enveloppe du bâtiment et y pénètre ensuite.

3 Évacuation des eaux provenant de pentes et de places

L'afflux d'eaux superficielles à partir de prés contigus doit faire l'objet d'une attention particulière lors de la conception du drainage des biens-fonds.



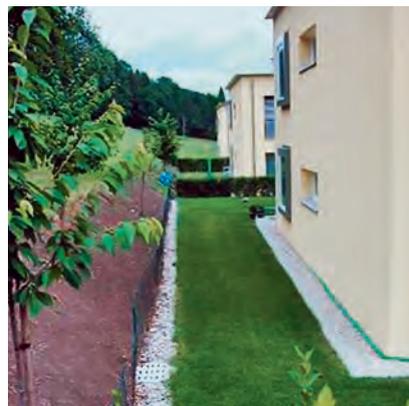
4

Afflux d'eaux superficielles à partir d'un talus raide après une précipitation de longue durée.



5

Aménagement d'une tranchée drainante équipée d'un regard au pied d'un pré en pente ascendante.



6

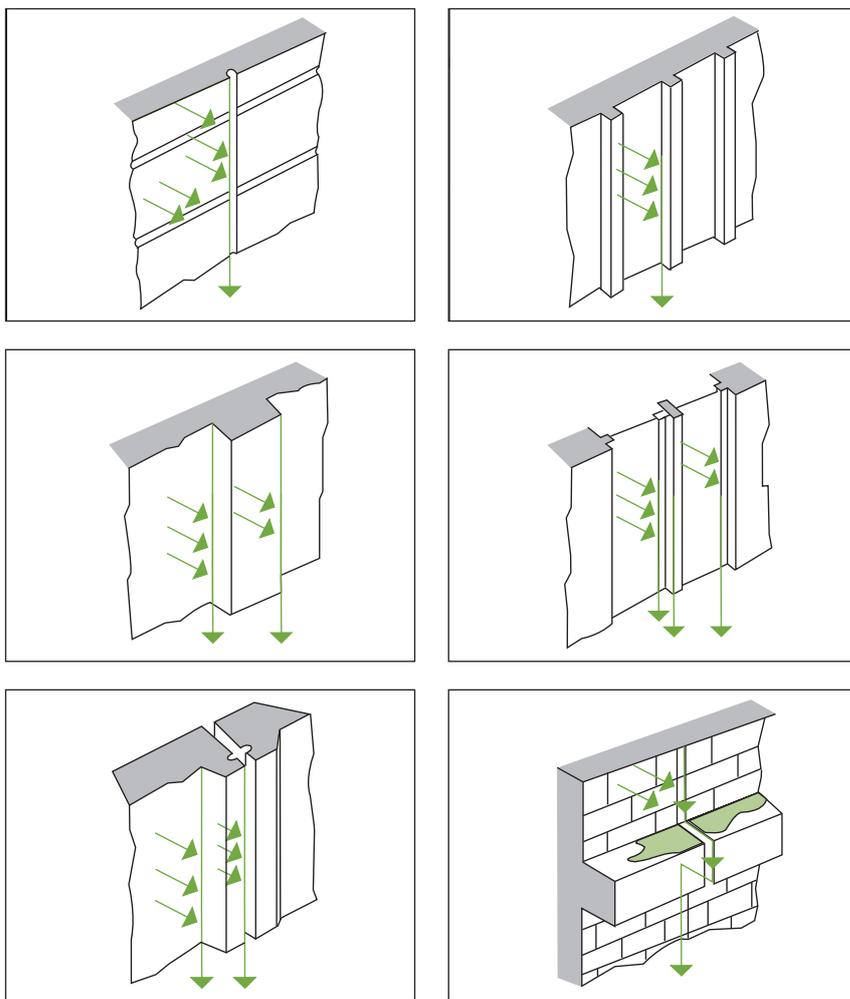
7

Orientation du bâtiment et conception des façades

L'orientation du bâtiment et la conception des façades doivent être adaptées à la direction du vent dominant (pluie intense et tempête) et à l'ensoleillement (séchage des façades). La structure et les matériaux utilisés pour les façades

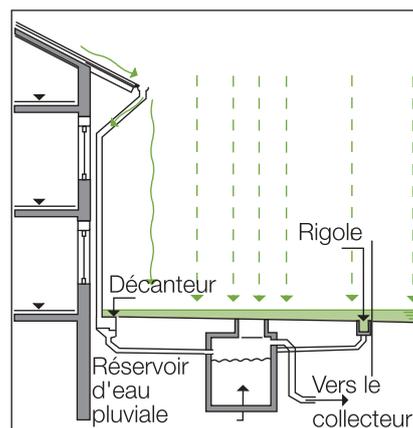
exposées déterminent leur capacité de drainage. Plus une façade sèche rapidement, plus le risque de dommages causés directement ou indirectement par l'eau (champignons, altération de la couleur, éclatements dus au gel, dissolution de calcaire, etc.) est faible.

Modes de drainage des façades:



Évacuation des eaux provenant de toits raides

Selon les normes, les systèmes d'évacuation des eaux de toitures doivent être dimensionnés en fonction de l'événement dont la période de retour est en moyenne de 5 à 10 ans. C'est pourquoi les conséquences du cas de surcharge doivent impérativement être prises en compte et intégrées dans l'aménagement des alentours (topographie, soupiraux, etc.).



1 Évacuation des eaux provenant de toits plats

Les eaux des toits plats sont évacuées conformément à la norme SIA 271 «Étanchéités pour bâtiments» (édition 2007) et à la directive «Dachentwässerung» (suissetec,

2004). Les fermetures de bord et les raccords sont exécutés conformément à la norme SIA 271 «Étanchéités pour bâtiments».



Faux:
La coupole est montée au niveau du sol.



Juste:
La coupole est montée en tenant compte du niveau d'accumulation d'eau admissible

Avant-toit

Un avant-toit, protégeant les façades et les fenêtres du bâtiment contre les intempéries, retarde leur vieillissement et les préserve de certains dommages. Tout avant-toit influence favorablement les écoulements sur la façade située au-dessous de lui. Mais il ne peut pas offrir à lui seul une protection

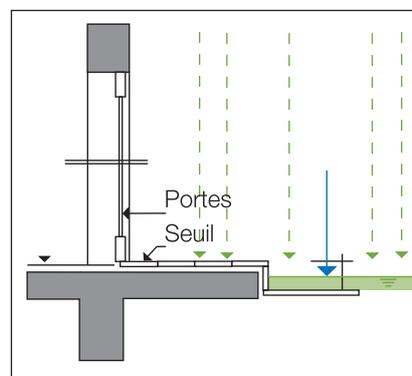
absolue contre les tempêtes et les pluies intenses. L'important est de réduire la fréquence à laquelle les façades sont mouillées. La pérennité de leur fonction dépend étroitement du temps qu'elles mettent pour sécher.

Position du rez-de-chaussée et des ouvertures

Les ouvertures du bâtiment doivent être positionnées si possible au-dessus du niveau de refoulement des eaux superficielles. On accordera une attention particulière aux

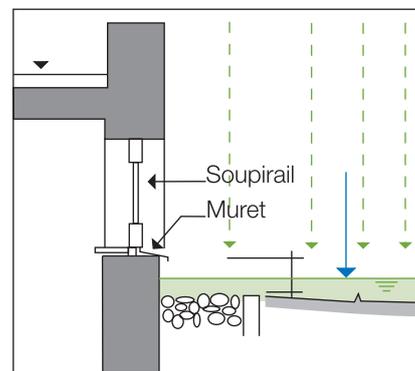
soupiraux, ouvertures de fenêtres, descentes d'escaliers extérieures, portes extérieures, conduits de ventilation et passages de conduites.

Position des portes:
Le niveau de refoulement (flèche bleue) ne doit pas atteindre le point bas de l'ouverture des portes. Le sol devrait être incliné en direction opposée au bâtiment.



Position des fenêtres:

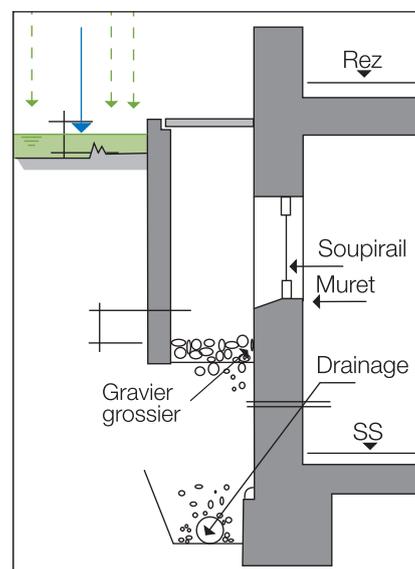
Le niveau de refoulement (flèche bleue) ne doit pas atteindre celui des soupiraux.



Position des soupiraux:

Le niveau de refoulement (flèche bleue) ne doit pas atteindre celui des soupiraux.

Si le système d'évacuation des eaux souterraines est suffisant, le soupirail peut être ouvert à sa base. Si les eaux souterraines peuvent exercer une pression sur le soupirail, il doit revêtir la forme d'un bassin fermé accolé au bâtiment et fixé de manière à résister à la poussée d'Archimède.



1 Solutions applicables aux soupiraux

2

Le bord supérieur du soupirail est plus haut que le niveau



Soupirail en position surélevée, éventuellement inséré dans l'aménagement local (banc).

3

Le bord supérieur du soupirail est plus bas que le niveau



4



5

6



7

Surélévation des ouvertures de ventilation

On oublie souvent que des eaux superficielles peuvent pénétrer dans les bâtiments en empruntant des ouvertures de ventilation. Or les citernes à mazout, les locaux de la protection civile, les

de refoulement



de refoulement

Variante A: Soupirail muni d'un couvercle étanche pouvant être vissé (état normal: vissé).

Variante B: Isolement, au moyen de murets latéraux montant jusqu'au niveau de refoulement, de l'ouverture du soupirail située à une hauteur inférieure.

Variante C: Soupirail fermé en permanence, sous la forme de briques de verre.

installations de climatisation des bâtiments, etc., doivent être ventilés. On accordera une attention particulière aux prises d'air pour les abris de protection privés qui passent dans les embrasures de fenêtres.

Surélévation de la prise d'air d'un abri.



Surélévation de la prise d'air d'un abri.



Pose de relevés autour de l'évacuation d'air de sous-sols.

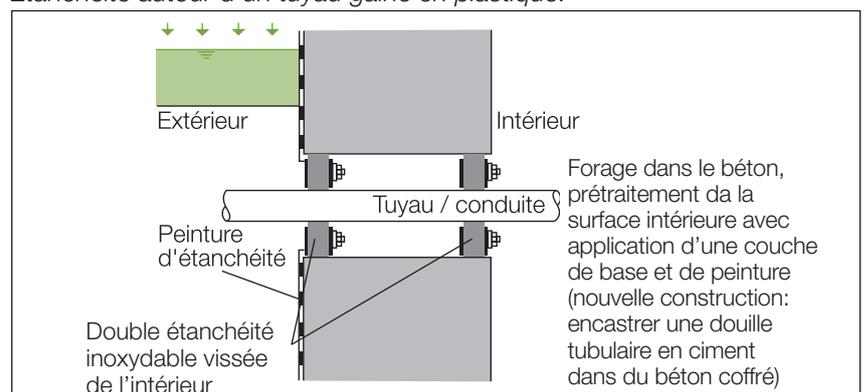


Introduction des conduites

On ne peut pas éviter de traverser l'enveloppe étanche du bâtiment. Il faut notamment faire passer des conduites d'alimentation en eau ou en gaz, des tuyaux d'évacuation des eaux, des câbles électriques, téléphoniques ou de télévision, ainsi que des tuyaux destinés à la ventilation, au chauffage et au

chauffage à distance à travers des parois ou des radiers étanches. Ces passages doivent être étanches. S'ils ont été percés ou revêtent la forme de tuyaux gainés, l'espace vide est obturé avec du matériau d'étanchéité. S'il s'agit de tuyaux à brides, le tuyau est bridé de manière à assurer l'étanchéité.

Étanchéité autour d'un tuyau gainé en plastique.



1 Protection contre le reflux, dispositif de relevage

2

3

4

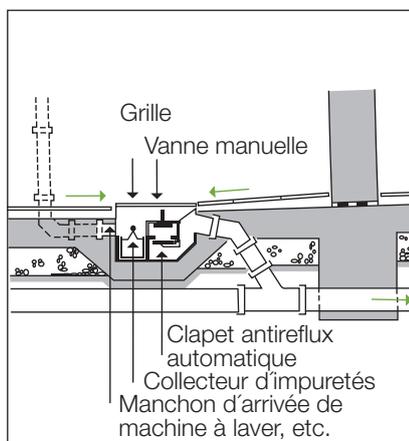
Pompe

5

6

7

Dans les canalisations, la mesure principale consiste à empêcher tout reflux. Tous les dispositifs d'évacuation et installations sanitaires situés sous le niveau de refoulement sont menacés. On peut éviter que l'intérieur d'un bâtiment soit inondé par de l'eau refluant dans le réseau de canalisations en appliquant un clapet ou une vanne ou en installant un dispositif de



S'il subsiste un risque résiduel de percolation, celui-ci peut être réduit efficacement en plaçant au sous-sol une pompe immergée, éventuellement complétée par une alimentation de secours. L'eau

relevage

L'avantage du clapet antireflux automatique réside dans le fait qu'il fonctionne indépendamment de toute intervention humaine. Cette caractéristique est importante, car l'occurrence d'un reflux n'est pas perceptible directement. Il peut également s'avérer judicieux d'installer de tels dispositifs dans des constructions situées hors des zones potentiellement inondables. Des bâtiments peuvent être inondés (à l'intérieur) dans des zones en principe épargnées, en particulier lorsque l'épanchement de l'inondation est entravé par des obstacles.

Si l'on doit pouvoir évacuer continuellement des eaux polluées lors d'une inondation (p. ex. hôpitaux, établissements de soins, etc.), il faut aménager un bassin de rétention isolé et équipé d'un dispositif de relevage en parallèle au réseau usuel.

pompée est acheminée dans le réseau de canalisations par la conduite de refoulement de la pompe, en passant au-dessus du niveau de refoulement.

Plan de mesures pour maîtriser les eaux superficielles

L'étude de l'aménagement du terrain doit tenir compte des eaux superficielles. Le sol doit toujours être incliné en direction opposée au bâtiment. La première étape de l'analyse consiste à estimer à partir de quelles parcelles voisines et en quelles quantités de l'eau superficielle peut affluer lors de pluies intenses. L'obligation de recevoir des eaux s'écoulant en surface est stipulée dans le Code civil suisse (CC):

Art. 689 CC:

«¹Le propriétaire est tenu de recevoir sur son fonds les eaux qui s'écoulent naturellement du fonds supérieur, notamment celles de pluie, de neige ou de sources non captées.

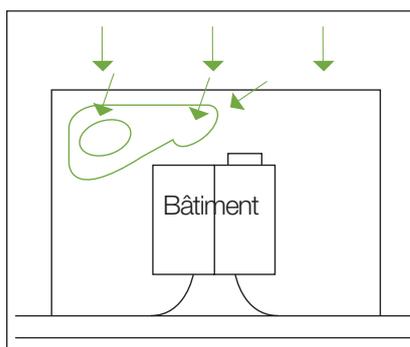
²Aucun des voisins ne peut modifier cet écoulement au détriment de l'autre.

³...»

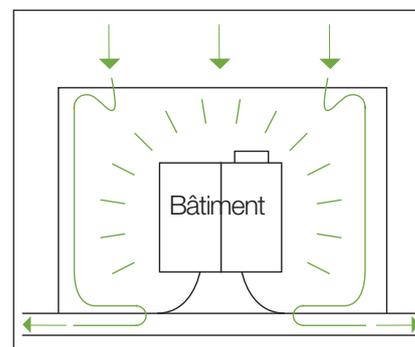
Les mesures suivantes entrent en ligne de compte:

- Rétention (cuvette de rétention)
- Infiltration (cuvette ou puits d'infiltration dans le sous-sol)
- Acheminement (rigoles traversant le terrain)
- Collecte et évacuation (rigoles et chambres collectrices ainsi que canalisations pour eau propre)
- Édification d'un écran (digue ou barrage érigé le long de la limite du terrain)

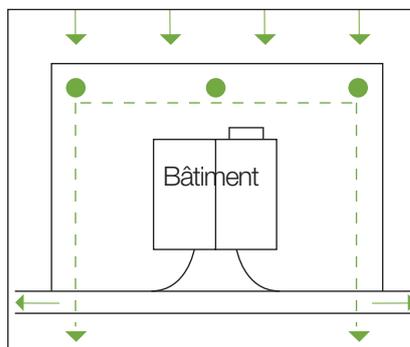
Dans la pratique, ces mesures sont très souvent combinées. Le dimensionnement des dispositifs de rétention et d'infiltration peut se référer à la Directive sur l'infiltration, la rétention et l'évacuation des eaux pluviales dans les agglomérations (VSA, 2002).



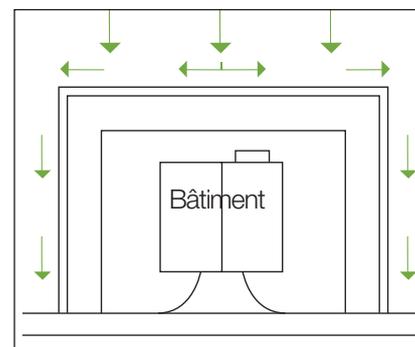
Rétention / infiltration



Acheminement



Collecte / évacuation



Écran

La deuxième étape de l'analyse consiste à déterminer la quantité d'eaux superficielles produite sur la parcelle considérée, en tenant aussi compte de l'engorgement éventuel du dispositif d'évacuation des

eaux de toiture. Puis le plan de mesures visant à maîtriser l'ensemble des eaux superficielles est élaboré dans une troisième étape. Reste à considérer le cas de surcharge de l'ensemble du système.

1 Dignes et rampes

La construction de digues en terre permet de protéger les bâtiments existants contre les eaux superficielles. Ce mode de protection représente très souvent une bonne solution sur le plan environnemental. L'eau est acheminée dans la mesure du possible le long des limites de la parcelle, tout en évitant d'accroître le danger encouru par des tiers.



Digue en terre aménagée en limite de parcelle et bien intégrée dans le paysage.

2

3



Si l'eau ne peut pas être acheminée, mais seulement retenue par la digue, elle doit être évacuée par un système de récupération pourvu de chambres collectrices.



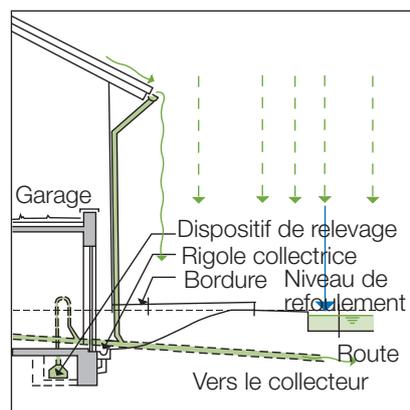
Rampe pour franchir une digue périphérique en terre.

4

5 Accès à des garages et places situés en position basse

Il est aussi très important de respecter le niveau de refoulement lorsque l'on considère l'accès à des garages et à des places situés à un niveau inférieur.

L'aménagement de rampes permet d'éviter un débordement dans leur direction. L'eau tombant au sol et celle qui déborde des toits seront évacuées le cas échéant au moyen de dispositifs de relevage.



6

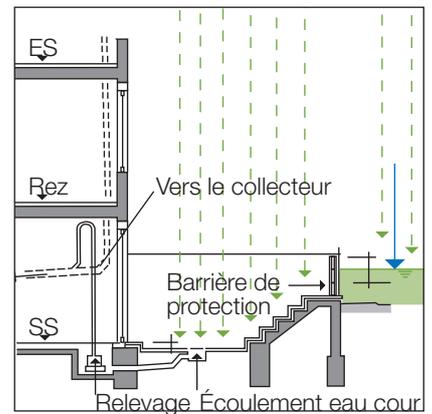


Aménagement de rampes pour accéder à un niveau inférieur.

7

Accès aux sous-sols

Si l'accès aux sous-sols emprunte un escalier extérieur, le niveau de refoulement doit être pris en compte dans les plans lorsque l'on détermine le niveau de la marche supérieure. Les sous-sols peuvent être protégés en aménageant des écrans de protection amovibles, mais seulement si le délai de pré-alerte est suffisant. En principe, on doit toujours mettre en œuvre des mesures permanentes pour protéger les objets contre les eaux superficielles.



Bordures et murs

Les bordures et les murs sont des solutions permettant de détourner les eaux superficielles lorsque la place est restreinte. Ils agissent de la même manière que les digues en terre.

Cette bordure protège le terrain contre les eaux provenant de la route.



Ce mur protège la cour vitrée située à un niveau inférieur contre l'afflux d'eaux superficielles par l'accès au bâtiment.



Cette rampe prévient l'afflux d'eau de la route par les escaliers.



Position surélevée

Dans de nombreux cas, la mesure la plus avantageuse au plan économique et la plus efficace pour réduire le risque pesant sur un nouveau bâtiment consiste à le construire sur un remblai. En procédant de la sorte, l'objet menacé peut être mis intégralement à l'abri des eaux superficielles (exception: accès au bâtiment en position basse).



Cette section présente des combinaisons de mesures envisageables dans chaque situation de danger, pour les constructions existantes et pour les nouvelles. Seule la com-

binaison des mesures exposées – qui ont trait à la conception, à l'étanchéité, à l'évacuation des eaux et à l'effet d'écran – permet de réduire efficacement le risque.

1 Combinaison de mesures

2

3

4

5

6

7

Combinaison de mesures		Mesures											
		Conception					Étanchéité		Évacuation		Écran		
Situation de danger		Emplacement du bâtiment	Aménagement du terrain	Hauteur du rez-de-chaussée	Hauteur des ouvertures	Dispositif antireflux dans les canalisations	Enveloppe du bâtiment	Ouvertures	Rigoles et chambres collectrices, drains	Rétention / infiltration	Cuvette en plein air	Position surélevée	Digue / rampe / bordure / mur
Bâtiment existant													
A	1						•	•					
B	1												•
C	1										•		
D	1									•			
E	1								•				
F	2						•	•					
G	2												•
H	3												•
I	4						•	•					
J	4								•				
K	4									•			
L	5						•	•					
Nouvelle construction													
M	1	•	•	•	•								
N	1						•	•					
O	1								•				
P	1									•			
Q	1										•		
R	1											•	
S	1												•
T	2	•		•	•	•							
U	2	•					•	•					
V	2					•						•	
W	2					•							•
X	3												•
Y	4						•	•					
Z	5						•	•					

Combinaison de mesures A «Étanchéité dans un terrain en pente»

Les ouvertures du bâtiment concernées sont verrouillées en permanence ou surélevées (souterrains) de manière à ce que les eaux superficielles ne puissent pas pénétrer.

Combinaisons de mesures B et S «Digue / mur dans un terrain en pente»

L'aménagement de petites digues, de bordures ou de murs le long de la parcelle empêche l'afflux d'eaux superficielles vers le bâtiment.

Combinaisons de mesures C et Q «Évacuation par des cuvettes en plein air»

Les eaux superficielles sont acheminées le long du bâtiment en passant par des cuvettes en plein air. Le sol doit être incliné en direction opposée au bâtiment.

Combinaisons de mesures D, P et K «Rétention / infiltration»

Les eaux superficielles sont recueillies dans des rigoles et acheminées dans le réseau d'eaux claires en passant par des chambres collectrices et des conduites.

Combinaisons de mesures E et O «Évacuation par des rigoles et des chambres collectrices»

Les eaux superficielles sont recueillies dans des rigoles et acheminées dans le réseau d'eaux claires en passant par des chambres collectrices et des conduites.

Combinaison de mesures F «Étanchéité dans une dépression»

Les ouvertures du bâtiment concernées sont verrouillées en permanence ou surélevées (souterrains) de manière à ce que les eaux superficielles ne puissent pas pénétrer. L'enveloppe du bâtiment sera rendue étanche si nécessaire.

Combinaisons de mesures G et W «Digue / mur dans une dépression»

L'aménagement de petites digues ou de murs le long de la parcelle empêche l'afflux d'eaux superficielles vers le bâtiment. Des mesures visant à étancher le sous-sol peuvent aussi s'avérer nécessaires.

Combinaisons de mesures H et X «Rampe en cas d'afflux d'eau de routes»

L'aménagement de rampes empêche les eaux superficielles s'écoulant le long des routes d'atteindre le bâtiment

- 1 **Combinaisons de mesures I et Y «Étanchéité en cas d'afflux d'eau de toitures et de places»**

Les ouvertures du bâtiment concernées sont verrouillées en permanence ou surélevées (souboraux) de manière à ce que les eaux superficielles ne puissent pas pénétrer.
- 2 **Combinaison de mesures J «Évacuation en cas d'afflux d'eau de toitures et de places»**

Les eaux superficielles sont collectées dans des rigoles et acheminées dans le réseau d'eaux claires en passant par des chambres collectrices et des conduites.
- 3 **Combinaisons de mesures L et Z «Étanchéité vis-à-vis de la pluie battante»**

Seuls des produits d'étanchéité avérée vis-à-vis de la pluie battante sont utilisés pour l'enveloppe du bâtiment et pour les fenêtres.
- 4 **Combinaison de mesures M «Conception du bâtiment dans un terrain en pente»**

Dans le cas d'une nouvelle construction, la mise en œuvre de mesures portant sur la conception (emplacement du bâtiment, aménagement du terrain, hauteur du rez-de-chaussée et des ouvertures) empêche les eaux superficielles de pénétrer dans le bâtiment.
- 5 **Combinaisons de mesures N et U «Étanchéité d'une nouvelle construction»**

Une enveloppe étanche et des ouvertures placées suffisamment haut protègent le bâtiment contre les eaux superficielles.
- 6 **Combinaison de mesures R «Position surélevée»**

La nouvelle construction est édiflée en position surélevée, si bien que les eaux superficielles n'atteignent pas l'enveloppe du bâtiment.
- 7 **Combinaison de mesures T «Conception du bâtiment dans une cuvette»**

Dans le cas d'une nouvelle construction, la mise en œuvre de mesures portant sur la conception (emplacement du bâtiment, hauteur du rez-de-chaussée et des ouvertures, dispositif antireflux) empêche l'eau de pénétrer dans le bâtiment.
- Combinaison de mesures V «Position surélevée dans une dépression»**

La nouvelle construction est édiflée en position surélevée (y compris dispositif antireflux), si bien que les eaux ne peuvent pas pénétrer dans le bâtiment.

Exemple d'analyse coût-utilité

L'exemple suivant illustre l'importance des eaux superficielles, en tenant compte des dégâts qu'elles occasionnent. La méthode appliquée est exposée en détail à

l'annexe E des présentes recommandations.

Coût

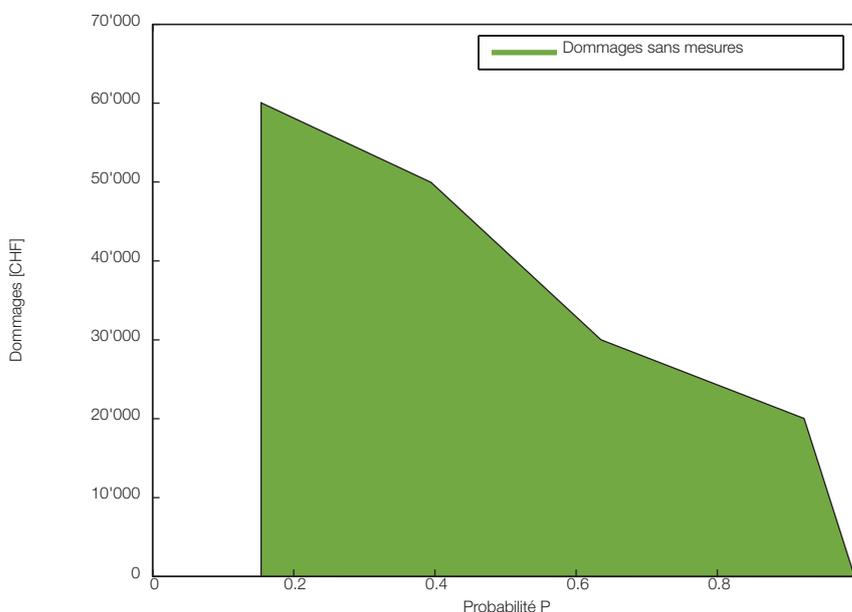
Un logement collectif est construit en contrebas d'un pré en pente moyenne. De petites digues et des chambres collectrices viennent compléter le réseau d'eaux claires pour recueillir et évacuer les eaux superficielles. Le système est dimensionné pour l'événement de période de retour égale à 300 ans.

Le coût de cet investissement est de 7'000 CHF. Pour une longévité de 50 ans, le surcoût par rapport à la variante sans mesures de protection se monte à 30'687 CHF en tenant compte des intérêts (3 %).

Utilité

L'utilité tient compte des dégâts évités (inondation des caves et de l'installation de chauffage). On admet que les premiers dommages surviennent à partir de la pluie qui se produit en moyenne une fois tous les 10 ans. L'utilité est calculée pour un horizon de 50 ans. La probabilité qu'un événement de période de retour égale à 10

ans survienne au cours d'un intervalle de 50 ans est de 99.5 % ($P = 0.995$). D'après la figure suivante, les dommages attendus se montent à 30'800 CHF pour la variante sans digue (méthode décrite en annexe). Ce chiffre correspond à l'utilité des mesures prévues, car les dommages attendus se montent à 0 CHF pour la variante avec digue.



Comparaison coût-utilité

La comparaison entre le coût et l'utilité des mesures considérées consiste à confronter le surcoût qu'elles occasionnent et leur utilité. Le rapport coût / utilité vaut ici $30'687 \text{ CHF} / 30'800 \text{ CHF} = 0.996$, ce qui signifie que les mesures de protection sont judicieuses

en termes économiques. Il faut cependant que le système d'évacuation des eaux soit dimensionné pour maîtriser un événement de période de retour égale à 300 ans. Alors seulement, l'utilité des mesures est légèrement supérieure à leur coût.