

SEMINAIRE DE FORMATION ***RISQUES BATIMENTAIRES***

**CADRE: FORMATION DES OFFICIERS
SPECIALISTES RISQUES BATIMENTAIRES
DETACHEMENT FRANCAIS INSARAG**

SITE: ENTENTE ECASC VALABRE

JOUR 1 **DESORDRES AUX CONSTRUCTIONS: PARTIE 2** **EFFETS DES ACTIONS HYDRAULIQUES SUR LES** **CONSTRUCTIONS**

INTERVENANT: JEAN-LUC REY

RÉVISION RB 2016 V01



SOMMAIRE

- Introduction: cas des inondations et pathologies des constructions sous charges hydrauliques
- 1. Comportement des constructions **sous pression statique**
 - Cas des crues lentes (crues de plaine, ruissellement urbain)
 - Cas des remontées de nappes
 - *Submersion marine**
- 2. Comportement des constructions **sous pression dynamique**
 - Cas des crues torrentielles (crues éclairs)
 - *Cas des crues artificielles (rupture de digue)**
 - *Vagues et submersion marine**
- 3. Comportement des constructions **soumises aux chocs** (flottants et roches)
 - Cas des laves torrentielles

**chapitre non détaillés*

INTRODUCTION

cas des inondations et pathologies des constructions sous charges hydrauliques

- **L'inondation est caractérisée par plusieurs paramètres influant + ou - sur la vulnérabilité des constructions; seul l'aspect impact sur la structure sera traité dans ces chapitres.**
- **Ces paramètres sont:**
 - La hauteur d'eau
 - La durée d'immersion
 - La vitesse d'écoulement
 - La turbidité de l'eau
- **Les effets étudiés de ces charges hydrauliques seront de natures:**
 - Statique
 - Dynamique

INTRODUCTION

cas des inondations et pathologies des constructions sous charges hydrauliques

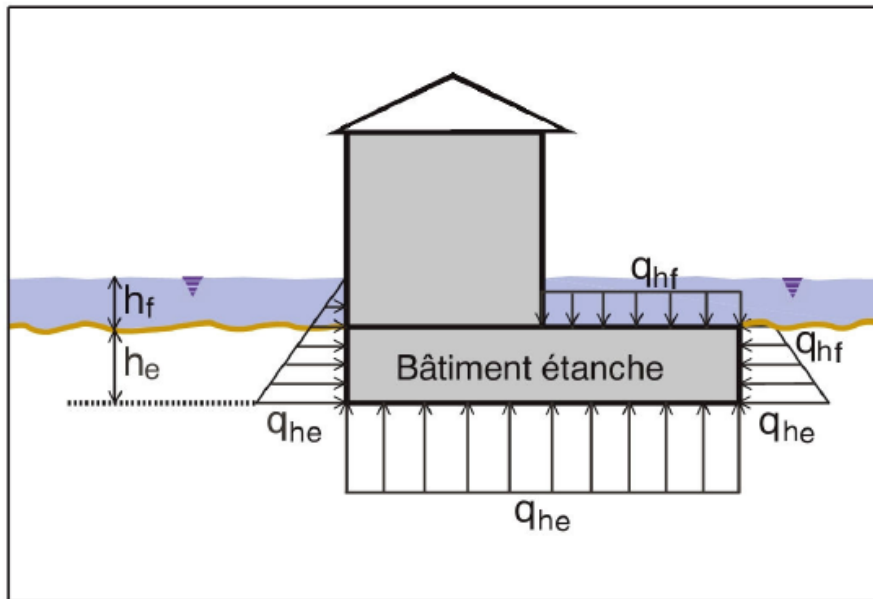
Les 6 exigences fonctionnelles essentielles devant être maintenues par un bâtiment après inondation sont les suivantes:

1. - résistance mécanique et stabilité
2. - sécurité en cas d'incendie
3. - hygiène, santé et environnement
4. - sécurité d'utilisation
5. - protection contre le bruit
6. - économie d'énergie et isolation thermique.

Dans ce cours, la priorité sera donnée à la fonction 1 « Résistance mécanique et stabilité ».

1 COMPORTEMENT DES CONSTRUCTIONS SOUS PRESSION STATIQUE

Cas des crues lentes (crues de plaine, ruissellement urbain)



CARACTERISATION DU MODE DE LA CRUE : LENTE OU DE PLAINE	
Zone géographique d'occurrence	En plaine
Vitesse d'Ecoulement	< 1 m/s (0.3 km/h)
Turbidité-Densité	1 Tonne/M3
Pente	Très faible
Hauteur d'eau	0.5 à 2 Mètres *
Accroissement du Débit	X 6 *
Durée d'Immersion	De 1 semaine à 1 mois
*2003- Arles crue du Rhône (cas de surverse)-débit passant de 1800 à 12 000 m ³ en 36 heures	

▲ ▲ !! Facteur aggravant pour le Bâtiment = Pression Hydrostatique q_h exercée uniquement sur la face extérieure des murs. Elle croît avec la hauteur d'eau.

RISQUE D'EFFONDREMENT
Si $\Delta h \geq 1$ mètre d'eau

$$q_h = \rho \cdot \gamma \cdot h$$

1 COMPOURTEMENT DES CONSTRUCTIONS SOUS PRESSION STATIQUE

Cas des crues lentes:

exemple de rupture par la poussée hydrostatique



Figure 7 : rupture d'un mur maçonné non charné verticalement sous l'effet de la pression hydrostatique (source Mairie de Toulouse, Artelia)

Images du CSTB



Figure 8 : rupture d'une porte de béton sous l'effet de la pression hydrostatique (source Mairie de Toulouse, Artelia)

Rupture de mur

Rupture d'une porte de véranda

A savoir: le classement AEV (Air, Eau et vent) des chassis ouvrants indique les résistances requises:
Classe V1= 90 Kg/m², classe V2= 170 Kg/m² et classe VE (dite exceptionnelle) = 230 Kg/m²

1 COMPOURTEMENT DES CONSTRUCTIONS SOUS PRESSION STATIQUE

Cas des crues lentes (crues de plaine, ruissellement urbain)



ARLES (13) Dec.2003 H= 2mètres,
durée d'immersion= 2 semaines



Massifs en BA soulevés par la Poussée d'Archimède (Doc. CSTB)



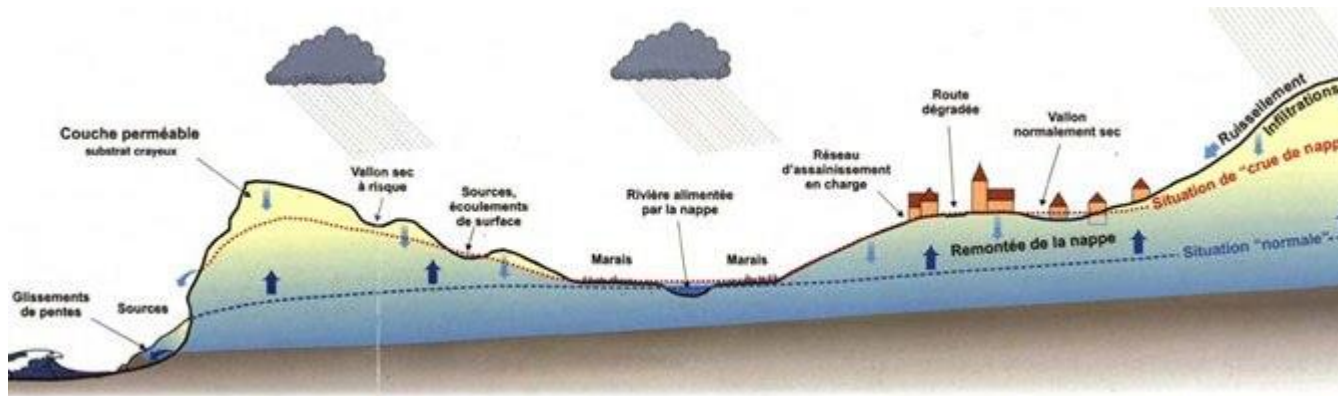
Affouillement des fondations induisant un tassement différentiel (Doc. CSTB)



ARLES, Dec.2003
-quartier Nord-
(Doc. SYMADREM)

1 COMPORTEMENT DES CONSTRUCTIONS SOUS PRESSION STATIQUE

Cas des remontées de nappes



▲ ▲ !! Facteur aggravant pour le Bâtiment

- Dissolution du sol, affaissement, voire effondrement (fontis) –voir exemple-
- Liquéfaction du sol de fondation
- Réduction de la capacité portante des fondations
- Soulèvement du bâtiment
- Tassement différentiel et fissuration de l'ouvrage
- Corrosion des bétons.

1 COMORTEMENT DES CONSTRUCTIONS SOUS PRESSION STATIQUE

Cas des remontées de nappes

Mécanisme d'endommagement des bâtiments

- 1° la surface piézométrique atteint le niveau des fondations
- 2° la fondation perd son assise de moitié
- 3° les contraintes admissibles sur le sol sont alors largement dépassées (la sous pression ascendante-poussée d'Archimède-peut atteindre 5 T/m^2pour 3 T/m^2 admissible)
- 4° apparition des tassements ou tassements différentiels
- 5° instabilité de l'ouvrage

Nota:

- 1 tous les types de fondations sont impactés (radiers, pieux et semelles)
- 2 le phénomène est grandement amplifié sur les sols argileux
- 3 risque de Fontis sur les sols gypseux

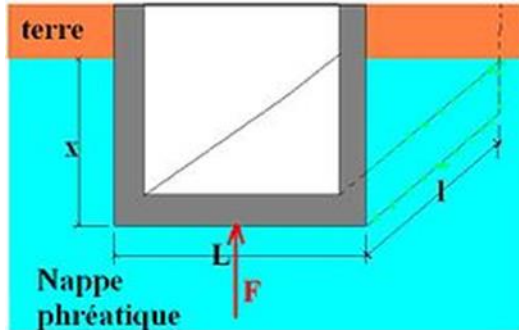
1 COMPORTEMENT DES CONSTRUCTIONS SOUS PRESSION STATIQUE

Cas des remontées de nappes / CONSEQUENCE DIRECTE

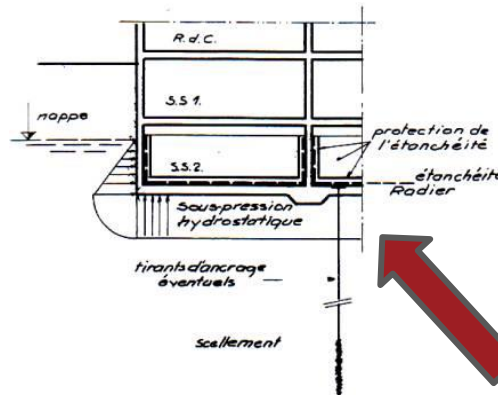
= ACTION DE LA POUSSEE D'ARCHIMEDE (F) *

= DIMINUTION DE LA CAPACITE PORTANTE DES FONDATIONS

= SOULEVEMENT DU BATIMENT



$$F = V_{\text{déplacé}} \times m_{\text{fluide}} \times g$$



Ordre de grandeur!

Un ouvrage de 900 m² d'emprise au sol avec 2 niveaux en sous-sols situés sous la surface piézométrique subit une poussée ascendante de 4500 Tonnes !! (soit ~ le poids de 4 à 6 étages, sous-sols compris) **

* Définition suivant le Principe fondamental de l'hydrostatique : « Tout corps plongé dans un fluide subit une poussée verticale, dirigée de bas en haut, égale au poids du fluide qu'il déplace et appliquée au centre de gravité du fluide déplacé, ou centre de poussée. »

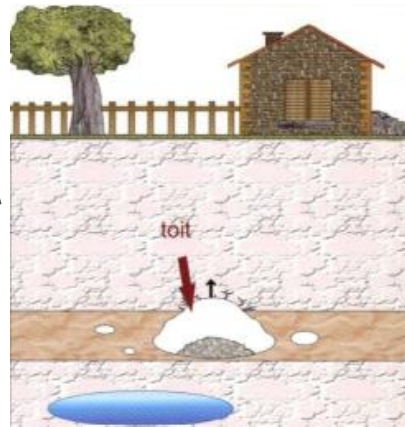
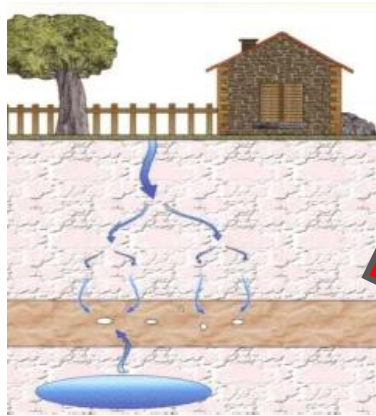
** pour contrôler « au mieux » ces effets dévastateurs de la poussée d'Archimède sur les ouvrages, on déjauge les masses volumiques de l'ouvrage d'environ 30%

1 COMPOURTEMENT DES CONSTRUCTIONS SOUS PRESSION STATIQUE

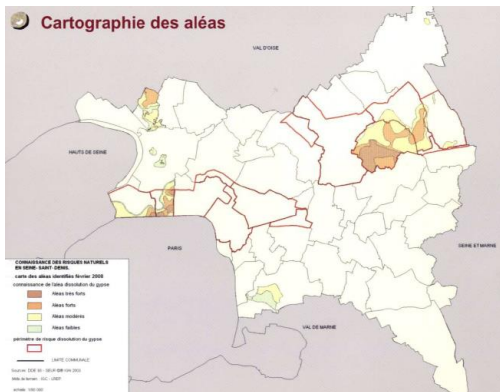
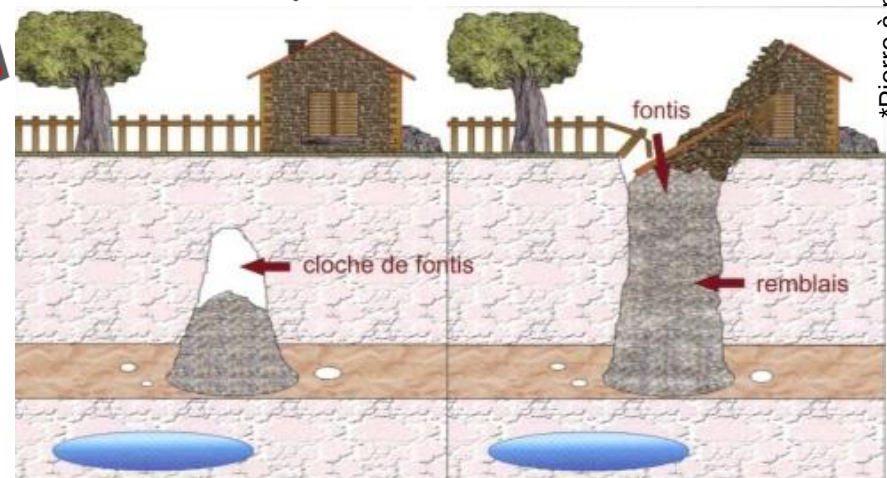
Cas des remontées de nappes

RISQUES BATIMENTAIRES DUS AU FONTIS

-Mécanisme de dissolution des gypses*



Apparition
d'indicateurs en
surface
(ou pas !!)



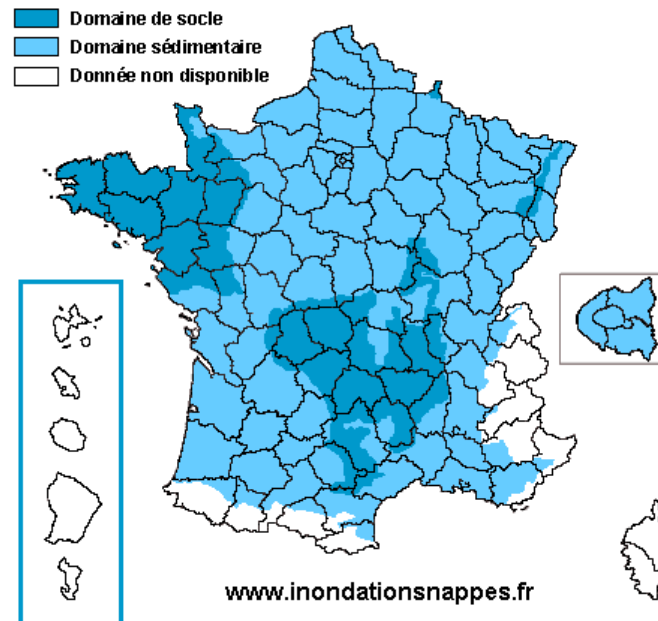
*Pierre à plâtre, pierre de lune, Ile de France

1 COMPORTEMENT DES CONSTRUCTIONS SOUS PRESSION STATIQUE

Cas des remontées de nappes



Bassin vidé de piscine Doc.BRGM



<http://www.inondationsnappes.fr/donnees.asp?DPT=10>

1 COMPOURTEMENT DES CONSTRUCTIONS SOUS PRESSION STATIQUE

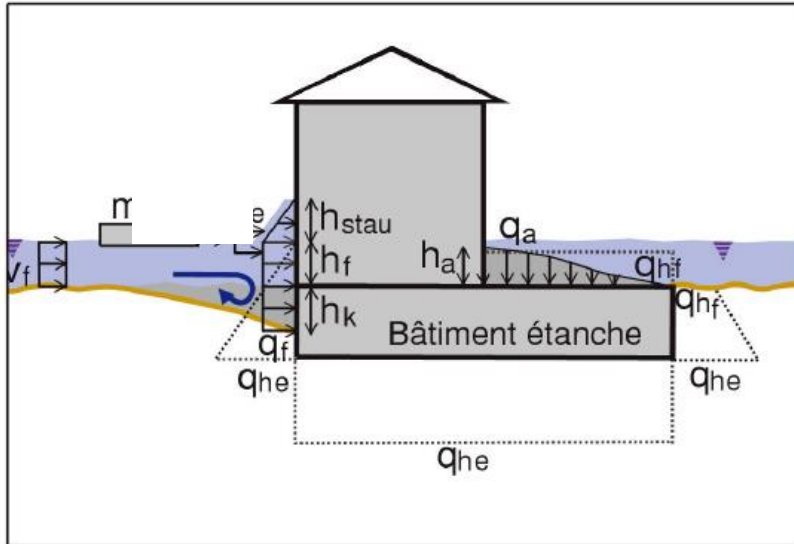
LTn Patrick MAGNIN, CT, SDIS 45

Inondations Région Centre-Val de Loire- Mai 2016



2 COMPORTEMENT DES CONSTRUCTIONS SOUS PRESSION DYNAMIQUE

Cas des crues torrentielles- ou crues éclairs-



▲ ▲ !! Facteur aggravant pour le Bâtiment

-Vitesse du courant induisant une force hydrodynamique élevée
($F = \frac{1}{2} \cdot K \cdot \rho \cdot h \cdot b \cdot v^2$)

Conséquences:

RUPTURE DES MATERIAUX car Large Dépassement des Contraintes admissible des matériaux (de 2 à 3 fois)

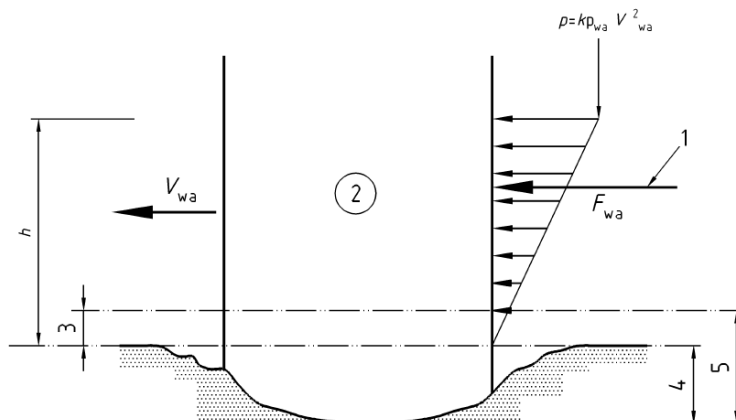
Affouillement des sols et rupture des fondations

Instabilité locale ou généralisée des murs (déversement)

Rupture des châssis ouvrants

Dépôt de matériaux solides exerçant des poussées supplémentaires sur les murs (« poussée des terres ») ~2 Tonnes/m³ =

Effort Tranchant Max en pied de mur + Charge Gravitationnelle q_a sur dalle



Extrait EC1, pour le calcul des piles de pont
Nota: prise en compte des affouillements

CARACTERISATION DU MODE DE LA CRUE : TORRENTIELLE

Zone géographique d'occurrence	Montagneuse
Vitesse d'Écoulement	de 3 à 7 m/s (3 km/h)
Turbidité-Densité	1.4 Tonnes/M3
Pente	>1%
Hauteur d'eau	> 1 Mètre
Accroissement du Débit	X 30 *
Durée d'Immersion	< 1 Jour
*1992, l'Ouveze à Vaison la Romaine, débit passant de 30 à 1000 m3/s en 3 heures	

2 COMPORTEMENT DES CONSTRUCTIONS SOUS PRESSION DYNAMIQUE

Cas des crues torrentielles- ou crues éclairs-



Source : Yannick Guigal, IRMa



Source : Siegfried Sauermoser



Draguignan 2012 doc.Var-matin



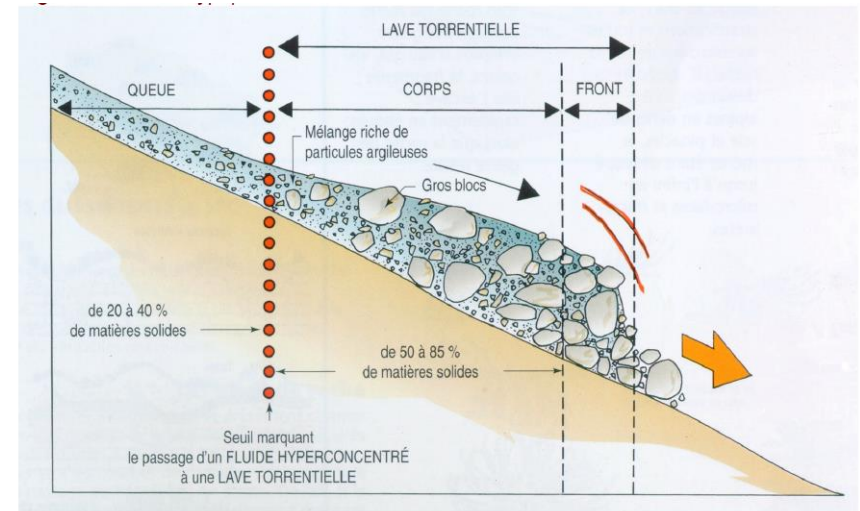
Affouillements verticaux supérieurs à 1 m



Engrèvement supérieur à 1 m

3 COMPORTEMENT DES CONSTRUCTIONS SOUMISES AUX CHOCS (FLOTTANTS ET ROCHES)

Cas des laves torrentielles



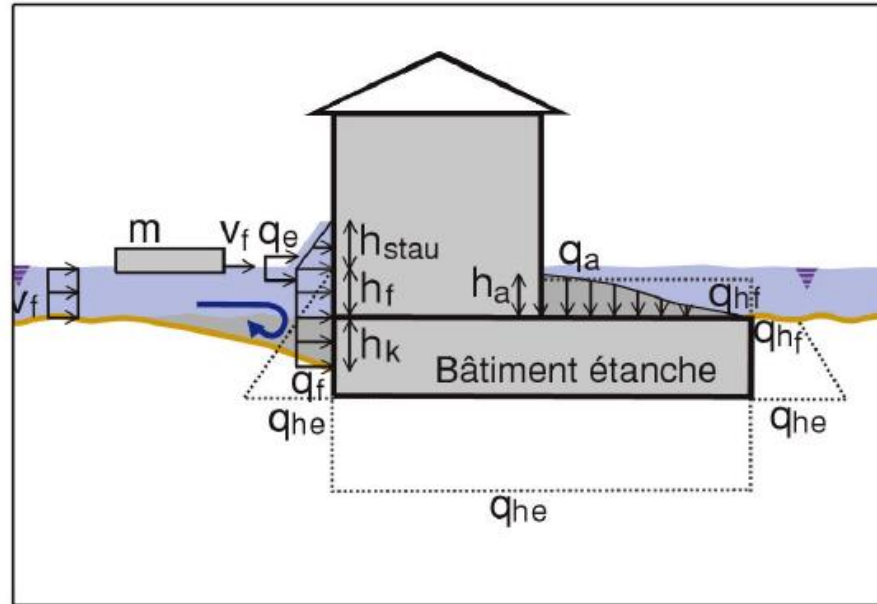
Extrait de *La vie de la Montagne*, Bernard Fischesser, 1998

CARACTERISATION DU MODE DE LA CRUE : LAVE TORRENTIELLE

Zone géographique d'occurrence	En montagne (couloir de torrent)
Vitesse d'Ecoulement	>1 à 7 m/s (3 km/h)
Densité	Boues- 1.8 à 2.3 Tonnes/M3*
Pente	> 7 à 15 %
Hauteur du front	> 3 Mètres
Accroissement du Débit	X 6
Durée d'Immersion	< 24 heures
*présence de blocs, rochers et troncs d'arbres	

3 COMPORTEMENT DES CONSTRUCTIONS SOUMISES AUX CHOCS (FLOTTANTS ET ROCHES)

Cas des laves torrentielles

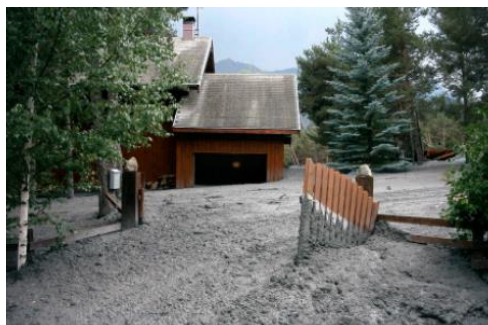


▲ ▲ !! Facteurs aggravants sur les murs = cumul simultané des 3 actions :

P Hydrostatique Q_h + **F** Hydrodynamique q_e + **Energie Cinétique** du flottant E_m
 $(P = \rho \cdot \gamma \cdot h) + (F = \frac{1}{2} \cdot K \cdot \rho \cdot h \cdot b \cdot v^2) + (E = \frac{1}{2} m v^2)$

3 COMPORTEMENT DES CONSTRUCTIONS SOUMISES AUX CHOCS (FLOTTANTS ET ROCHES)

Cas des laves torrentielles



Exemple de la Force d'Impact d'un bloc rocheux sur un mur

v_f	vitesse de l'écoulement	2 m/s		4 m/s	
m	masse du bloc	100 kg	500 kg	100 kg	500 kg
E_{trans}	énergie cinétique de translation	0.2 kJ	1.0 kJ	0.8 kJ	4.0 kJ
Q_e	force statique de remplacement	2 kN (0.2 t)	10 kN (1 t)	8 kN (0.8 t)	40 kN (4 t)
A	surface d'impact	30 x 30 cm	50 x 50 cm	30 x 30 cm	50 x 50 cm
q_e	pression d'impact localisée = Q_e / A	22.2 kPa (2.2 t/m ²)	40.0 kPa (4.0 t/m ²)	88.9 kPa (8.9 t/m ²)	160.0 kPa (16.0 t/m ²)

A comparer aux valeurs admissibles de résistance des murs (cf. PPR montagne)

3 Tonnes /m² et 2 m de haut pour zones à proximité Immédiate d'un torrent

1 tonne/m² et 1 m de haut pour tout le reste du cône de déjection d'un torrent



3 COMPORTEMENT DES CONSTRUCTIONS SOUMISES AUX CHOCS (FLOTTANTS ET ROCHES)

Cas des laves torrentielles : Inondation HTES-PYRENEES JUIN 2013



Barèges juin 2013 Doc. SDIS 65 - Nicolas Zanuttini-



Barèges juin 2013 Doc. SDIS 65 - Nicolas Zanuttini-



Village LORTET juin 2013 Doc. SDIS 65 - Nicolas Zanuttini-



Barèges juin 2013 Doc. SDIS 65 - Nicolas Zanuttini-

CRÉDITS IMAGES

- **CSTB-Centre Scientifique et technique du Batiment-Paris**
- **Cemagref**
- **Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement –extrait PPR « crue torrentielle »-**
- **Irma, Yannick Guigal**
- **BRGM-Bureau de Recherches Géologiques et Minières**
- **Var-matin**
- **SDIS 09 et 65 - SPV , SDE2, Nicolas Zanuttini-**
- **SYMADREM / Ville d'Arles-Daniel Bounias-**
- **Patrick MAGNIN CT USAR SDIS 45**