



**GUIDE DE REDUCTION DE LA VULNERABILITE  
DE L'HABITAT EN ZONE DE MONTAGNE  
AU RISQUE TORRENTIEL**

- **Contexte et objectifs de la mission**
- **Diagnostic de vulnérabilité de l'habitat**
- **Elaboration et contenu du guide**

**Hippolyte Granados**  
**SEPIA Conseils**  
*hg@sepia-uw.fr*  
*04 58 17 16 89 (ligne directe)*  
*06 29 12 25 67 (portable)*

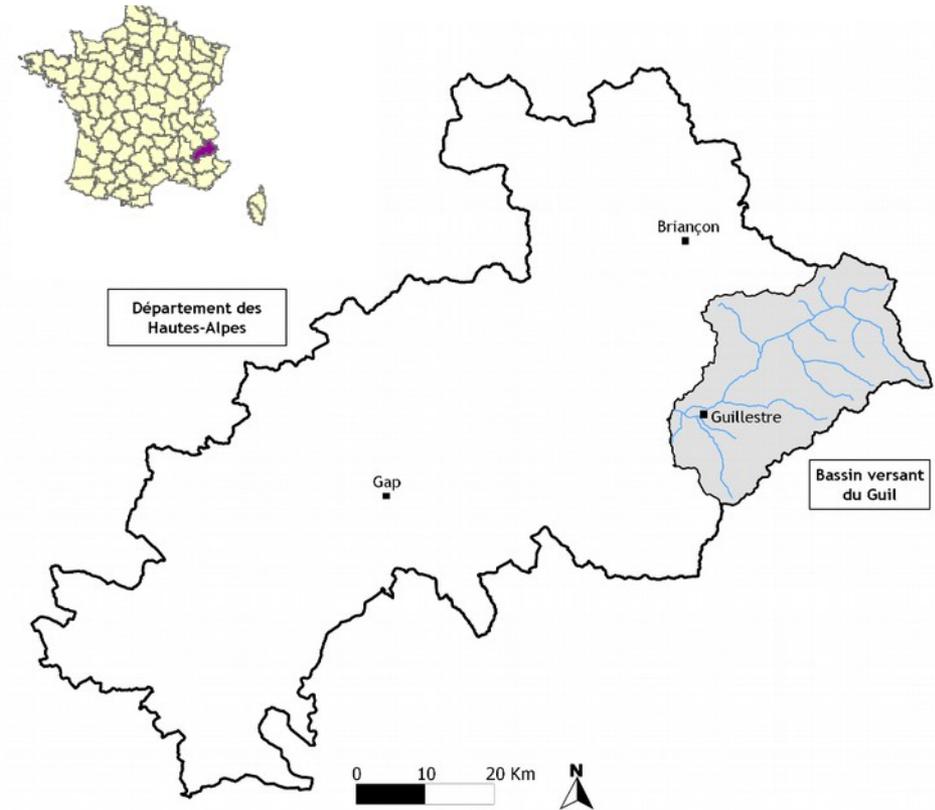
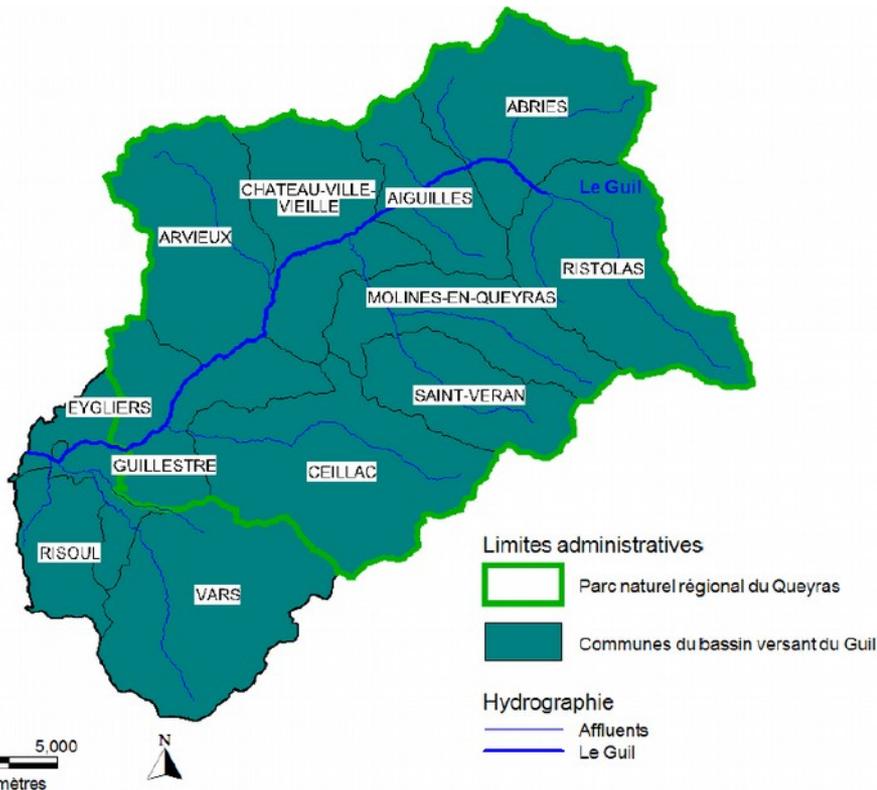
**Bérengère CHARNAY**  
**Parc naturel régional du Queyras**  
*b.charnay@pnr-queyras.fr*  
*04 92 46 88 89 (ligne directe)*  
*04 92 46 88 20 (standard)*





# Contexte et objectifs de la mission

- Bassin versant de 730 km<sup>2</sup>
- Vallées isolées au climat rigoureux
- 13 communes
- 2 communautés de communes
- 6973 habitants (source : Insee-2009)
- 9,5 habitants/km<sup>2</sup>



- Territoire touristique :
  - population x 10
  - 75% logements secondaires

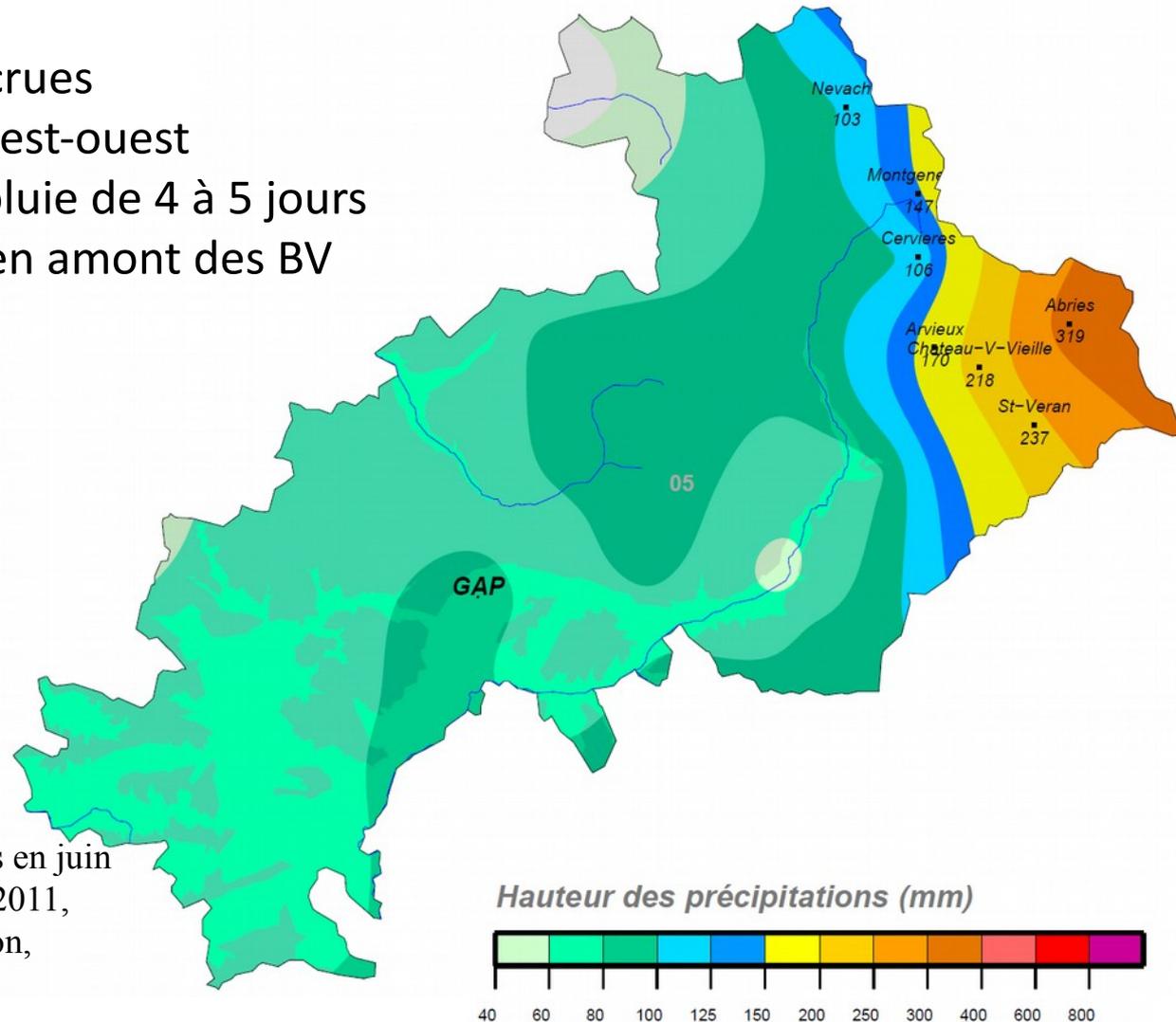
: montagne au risque torrentiel



# Contexte et objectifs de la mission

## Description des crues

- Fort gradient est-ouest
- Episodes de pluie de 4 à 5 jours
- Fortes crues en amont des BV



Cumul de précipitations en juin 1957 (METEO France 2011, extrait du plan de gestion, ETRM, RTM, 2014).

# Contexte et objectifs de la mission

## Un contexte naturel particulier, des crues dévastatrices :

- Crues relativement rares mais extrêmement violentes (phénomène de Lombarde)
- Crues remarquables en 1948, 1957, 2000
- **Crue de 1957**, supérieure à la centennale
- et généralisée à tous les affluents

## ...et une exposition forte :

- Présence d'enjeux importants sur les zones affectées par la crue de 1957
- Diagnostic des ouvrages hydrauliques préoccupant, ouvrages vieillissants
- **Crues à répétition ces dernières années** : 4 crues violentes en 10 ans (2000, 2002, 2008) avec évacuation et routes coupées

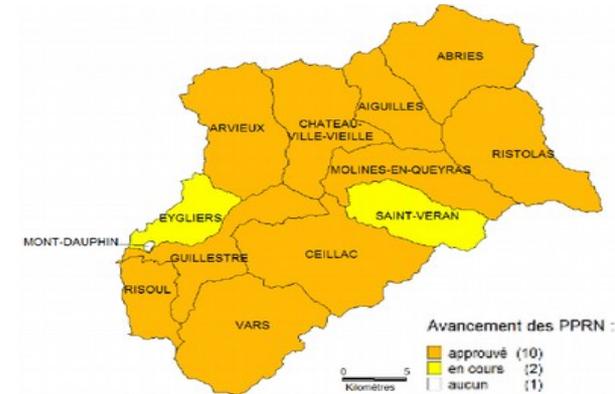


Village de Ristolas en 1957

# Contexte et objectifs de la mission

## Des dispositifs et des outils existants, à compléter :

- **PPRN** : Obligations et préconisations assez générales (valeurs de pression, principes généraux de protection...)



- **Guide « Construire en Montagne »** :
  - Pas spécifique à l'habitat du Queyras
  - Pas assez pratique et concret pour les MO et professionnels du bâti
- **Référentiel national de réduction de la vulnérabilité du bâti existant au risque inondation**
  - Des actions essentiellement sur le second oeuvre
  - Pas de prise en compte des spécificités du risque torrentiel

# Contexte et objectifs de la mission

## Objectif :

Réaliser un guide de recommandations à destination des maîtres d'ouvrage et professionnels du bâtiment :

- Intégrant les spécificités du territoire du Queyras
- Complémentaire du guide existant, plus opérationnel

Réduire la vulnérabilité de l'habitat :  
axe 5 du PAPI d'intention du Guil

Maitre d'ouvrage : PNR du Queyras

## PAPI d'intention

Programme d'actions de prévention des inondations

DOSSIER DE CANDIDATURE



Bassin versant du Guil

# Phase 1 : Diagnostic de vulnérabilité de l'existant

---

## Un diagnostic en 3 étapes

- **Etape 1** : Etablissement du nuage de points correspondant à l'analyse des dégâts causés par la crue de 1957
- **Etape 2** : Analyse de la typologie des aléas et de l'impact sur les dégâts subis
- **Etape 3** : Analyse de la typologie des bâtiments et de l'impact sur les dégâts subis



# Phase 1 : Diagnostic de vulnérabilité de l'existant

## Etape 1 : Etablissement du nuage de points



DEPARTEMENT  
Hautes-Alpes 30

INONDATIONS DE JUIN 1957  
DANS LES DEPARTEMENTS ALPINS  
(Loi n° 58 343 du 3 avril 1958)

COMMUNE  
LEILLAC

Places jointes  
Cette notice est placée sur la notice de la construction

**DÉCLARATION DE SINISTRE**  
Demande de concours financier de l'État

Je, soussigné (e) 47

Nom (en majuscules) (1) QUERIN

Prénoms (souligner le prénom usuel) Clouda - Emila

Date et lieu de naissance 4 juillet 1918 à Buenos Aires

Nationalité Française

Domicile LEILLAC

Situation de famille Mariée

Nombre d'enfants à charge neant

Nombre de personnes à charge (autres que les enfants) conjointe

Profession Cultivatrice

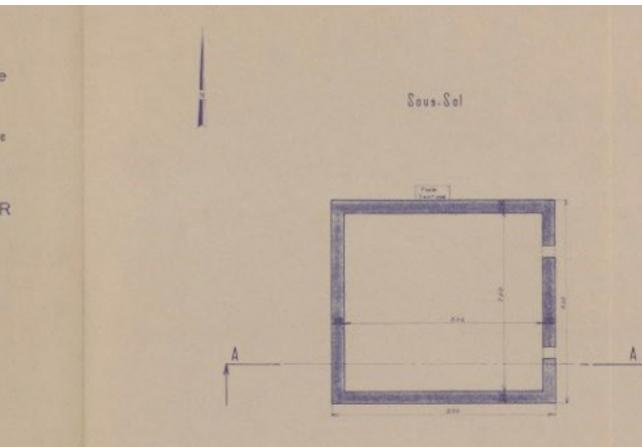
DEPARTEMENT des Hautes-Alpes

Commune de Chateau-Ville-Vieille

Estimation d'une Construction avant Sinistre

PROPRIÉTÉ de M<sup>me</sup> PAULI née FOURNIER

**ÉTAT DES LIEUX**



# Phase 1 : Diagnostic de vulnérabilité de l'existant

## Etape 1 : Etablissement du nuage de points

1. Valorisation des données disponibles
2. Participation des élus
3. Constitution d'une base de données récapitulant pour chaque bâtiment touché :
  - Nom de la famille et type de bâtiment touché
  - Commune + indices sur la localisation
  - Dégâts constatés - **établissement d'une typologie d'endommagements**

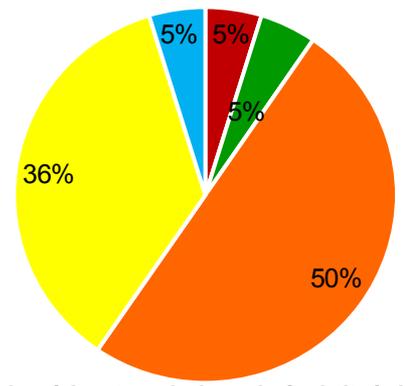
→ 93 bâtiments identifiés et localisés, essentiellement des logements

Commune	Guillestre	Arvieux	Ceillac	Château – VV	Aiguille	Ristolas
Nb	9	2	43	30	1	8

# Phase 1 : Diagnostic de vulnérabilité de l'existant

## Etape 1 : Etablissement du nuage de points

### Exemple de Ceillac



### Typologie des dommages constatés

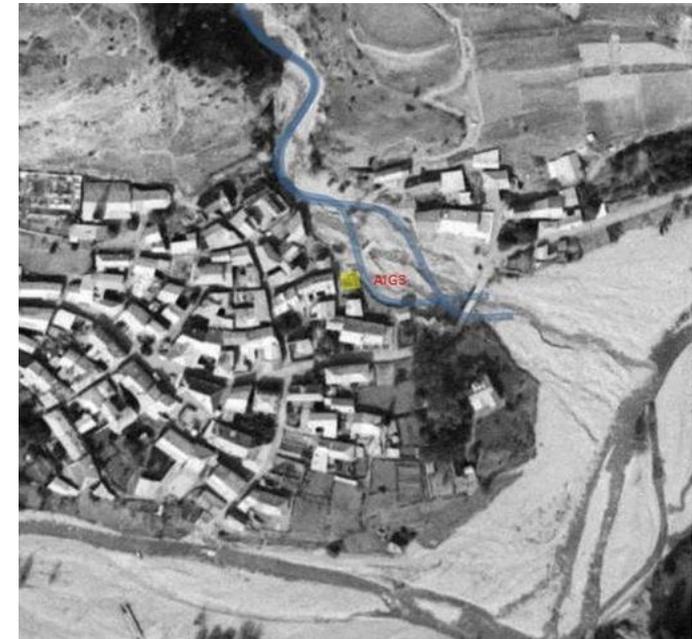
- Bâtiments détruits partiellement ou complètement par les eaux
- Bâtiments ayant eu les fondations endommagées
- Bâtiments engravés
- Bâtiments inondés sans apport de matériaux
- Bâtiments envasés ou ensablés

# Phase 1 : Diagnostic de vulnérabilité de l'existant

## Etape 2 : Analyse de la typologie des aléas et de l'impact sur les dégâts subis (D. RICHARD, IRSTEA)

Analyse des différents cônes de déjection touchés en 1957 :

- Reconstitution du phénomène
- Mise en relation entre l'aléa et l'endommagement constaté

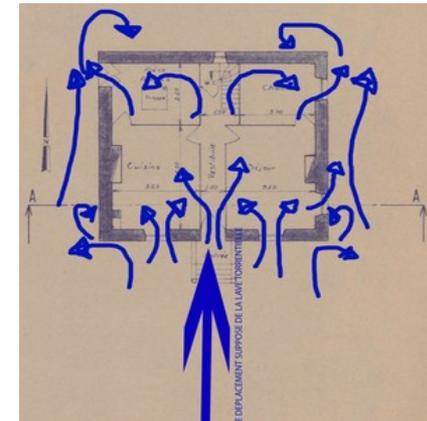
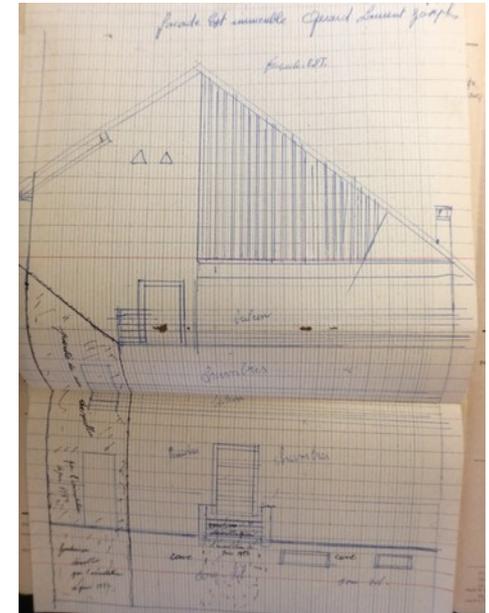


# Phase 1 : Diagnostic de vulnérabilité de l'existant

## Etape 3 : Analyse de la typologie des bâtiments et de l'impact sur les dégâts subis

### Etudes de cas :

- Analyse du mode constructif du bâtiment, de son occupation et de sa localisation par rapport au cours d'eau
- Etude des dégradations constatées
- Hypothèses de scénarios de dégradation



## Phase 2 : Elaboration du guide

---

### 9 actions de réduction de la vulnérabilité du bâti

#### FONDATIONS

- F1 : Fondations non affouillables
- F2 : Renforts de pied
- F3 : Réseaux enterrés et cuves

#### ÉLÉVATIONS

- E1 : Liaisons et chaînage
- E2 : Confortement des maçonneries fragiles
- E3 : Ouvrages de déviation

#### OUVERTURES

- O1 : Aveuglement des façades exposées
- O2 : Vitrages fixes sur les façades exposées
- O3 : Déflecteurs

# Phase 2 : Elaboration du guide

## 2 outils de sélection des actions à mener

### QUELS TRAVAUX SELON L'ALÉA ?

FICHES TRAVAUX	DISTANCE AU COURS D'EAU OU À UN CHENAL D'ÉCOULEMENT PRÉFÉRENTIEL		DÉGÂTS SUBIS DANS LE SECTEUR LORS DES DERNIÈRES CRUES TORRENTIELLES		
	≤50 m	>50 m	ENVAHISSEMENT PAR DES SÉDIMENTS (Ceillac, Château Ville-Vieille, Ristolas, Guillemestre...)	IMPACT ET/OU ACCUMULATIONS DE BLOCS OU DE TRONCS (Ristolas, Château Ville-Vieille...)	AFFOUILLEMENT DES FONDATIONS DES BÂTIMENTS (Guillemestre, Ville-Vieille, Ristolas...)
F1 : FONDATIONS NON AFFOUILLABLES	☑				☑
F2 : RENFORT DE PIED	☑				☑
F3 : RÉSEAUX ENTERRÉS ET CUVES	☑	☑	☑	☑	☑
E1 : LIAISONS ET CHAÎNAGES	☑	☑	☑	☑	☑
E2 : CONFORTEMENT DES MAÇONNERIES FRAGILES	☑	☑	☑	☑	☑
E3 : OUVRAGES DE DÉVIATION			☑	☑	
O1 : AVEUGLEMENT DES FAÇADES EXPOSÉES	☑	☑	☑	☑	
O2 : VITRAGES FIXES SUR LES FAÇADES EXPOSÉES	☑	☑	☑	☑	
O3 : DÉFLECTEURS	☑	☑	☑	☑	

# Phase 2 : Elaboration du guide

## 2 outils de sélection des actions à mener

### QUELS TRAVAUX SELON LE TYPE DE BÂTIMENT ?

FICHES TRAVAUX	BÂTIMENT EN PROJET	BÂTIMENT EXISTANT		
		BÂTIMENT ANCIEN EN PIERRE DU PAYS ET/OU EN BOIS	BÂTIMENT ANCIEN EN PARPAINGS DE CIMENT	BÂTIMENT RÉCENT EN PARPAINGS AVEC CHAÎNAGE ET FONDATIONS CONTINUES OU EN BÉTON BANCHÉ
F1 : FONDATIONS NON AFFOUILLABLES	☑			
F2 : RENFORT DE PIED		☑	☑	
F3 : RÉSEAUX ENTERRÉS ET CUVES	☑	☑	☑	☑
E1 : LIAISONS ET CHAÎNAGES	☑	☑	☑	
E2 : CONFORTEMENT DES MAÇONNERIES FRAGILES		☑	☑	
E3 : OUVRAGES DE DÉVIATION		☑	☑	☑
O1 : AVEUGLEMENT DES FAÇADES EXPOSÉES	☑	☑	☑	☑
O2 : VITRAGES FIXES SUR LES FAÇADES EXPOSÉES	☑	☑	☑	☑
O3 : DÉFLECTEURS	☑	☑	☑	☑



## Phase 2 : Elaboration du guide

---

### Des fiches-actions synthétiques et illustrées pour :

- Donner des conseils concrets à un large public
- Compléter le Référentiel national des travaux de réduction de la vulnérabilité du bâti existant
- Aider à la mise en œuvre des préconisations des PPRN



## F2 - RENFORT DE PIED

### DOMAINE D'APPLICATION

#### POUR QUEL TYPE DE BÂTIMENT ?

Bâtiment existant

#### POUR QUELLE EXPOSITION ?



Engrèvement



Affouillement

#### POUR QUEL OBJECTIF VISÉ ?

Mise en sécurité des occupants  
Réduction des dommages

#### MOTIVATION DES TRAVAUX

Prévention spécifique  
Réhabilitation structurelle

### QUEL EST L'OBJECTIF DES TRAVAUX ?

L'affouillement des fondations, dû aux divagations incontrôlées des écoulements en dehors du lit ordinaire, est la cause principale des désordres causés aux bâtiments. Le bâti traditionnel montagnard en pierre locale, sèche ou hourdée à la chaux ou au ciment, présente une faiblesse particulière en matière de cohésion et de résistance aux pressions horizontales. Dans le cas d'un affouillement, le déchaussement des premières pierres induit une ruine rapide de pans de murs entiers. Il est toutefois difficile d'envisager une reprise en sous-œuvre pour asseoir ce type de bâtiment sur un système de fondations continues en béton ferrailé. Une protection extérieure au bâtiment peut dans ce cas aider à détourner les écoulements des fondations.



► Église de Ville-Vieille, 1957  
(CIM, Fonds GRABER)

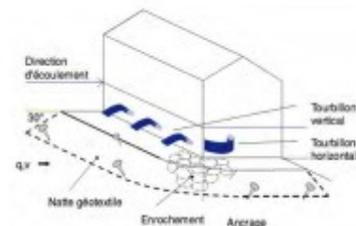
### EN QUOI CONSISTENT LES TRAVAUX ?

Dans le cas où une reprise en sous-œuvre n'est pas envisageable sur un bâtiment existant, une solution consiste à poser une protection en pied du bâtiment. Une banquette ferrailée descendue à au moins 1 mètre de profondeur peut apporter une protection toutefois limitée.



► Renforcement en pied d'un mur en maçonnerie traditionnelle au moyen d'une banquette ferrailée.  
(SEPIA Conseils, Tarentaise)

Si le bâtiment est proche du lit mineur du torrent, l'intervention s'apparentera à un confortement de berge qui maintiendra les écoulements à distance en contenant la divagation du cours d'eau. Des enrochements consécutifs seront placés à minima dans les angles, sur une longueur de 5 m de part et d'autre.



► Protection des fondations contre l'affouillement.  
(suivant assurances suisses VKF-AEAI)

## MISE EN OEUVRE DES TRAVAUX

### QUELS AUTRES TRAVAUX RÉALISÉS ?

On notera qu'un bâtiment ancien situé dans le lit majeur d'un cours d'eau sujet aux divagations est très fortement exposé aux risques de ruine généralisée.

Toutes les dispositions doivent être prises pour consolider infra et superstructures, et limiter les risques d'intrusion d'eau ou de matériaux.

Le chaînage (fiche E1) et le confortement des maçonneries (fiche E2) sont à envisager, ainsi que l'aveuglement des façades exposées (fiche O1).

### RÉFÉRENTIELS UTILES

On se référera aux prescriptions et recommandations du PPRN, le cas échéant, en particulier pour les hauteurs de référence et les pressions à prendre en considération.

On trouve les indications nécessaires dans les DTU (Documents Techniques Unifiés) et les normes correspondant à ce type d'ouvrage :

- Eurocodes avec ses normes d'application nationale.
- DTU 13 pour les fondations
- DTU 20 pour les maçonneries
- DTU 21 pour les ouvrages en béton armé

### PRÉCAUTIONS PARTICULIÈRES

Il est fortement recommandé de faire réaliser une étude technique particulière par un praticien compétent pour préciser le risque et définir les conditions de réalisation de ce type de confortement.

Les limites de résistance de ces aménagements doivent être appréciées en fonction des débits et des vitesses d'écoulement attendues en cas de crue.

Toutes les mesures de prévention et de préparation à la gestion de crise doivent être prises en conséquence.

### URGENCES DES TRAVAUX

Un bâtiment ancien, qui plus est de facture traditionnelle, situé dans le lit majeur d'un cours d'eau sujet aux divagations ne doit pas être laissé en l'état s'il est habité.

Toutes les dispositions doivent être prises en urgence pour réduire par tous les moyens le risque de ruine.

## ÉLÉMENTS DE COÛT DES TRAVAUX

Pour la réalisation de travaux de reprise des fondations, voir fiche F1 à laquelle nous pouvons rajouter les prix indicatifs suivants dans le cas de la mise en place d'un enrochement :

- m<sup>2</sup> de mise en place d'un géotextile : 2 à 3 €HT.
- m<sup>3</sup> d'enrochement : 90 à 100 €HT.

# Phase 2 : Elaboration du guide



The cover of the guide features the logos of the participating organizations: SEPia (with three small circular icons), SOLEA (with the text 'Studio & Associés ARCHITECTES'), irstea, and the Parc naturel régional du Queyras logo. The title 'GUIDE' is in large blue letters, followed by the subtitle 'RÉDUCTION DE LA VULNÉRABILITÉ DE L'HABITAT EN ZONE DE MONTAGNE AU RISQUE TORRENTIEL' and the version information 'VERSION E - AVRIL 2017'.

<http://www.pnr-queyras.fr/>

