



*Liberté • Égalité • Fraternité*

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

PREFECTURE DES ALPES-MARITIMES

## COMMUNE DE PEONE

# PLAN DE PREVENTION DES RISQUES NATURELS PREVISIBLES RELATIF AUX MOUVEMENTS DE TERRAIN ET DE CRUES TORRENTIELLES

## RAPPORT DE PRESENTATION

Pour le Préfet,  
Le Secrétaire Général  
D. M. U. 4382

Benoit BROUARD

JUIN 2008

: 22 juin 2004

PRESCRIPTION DU PPR	: 22 juin 2004
DELIBERATION DU CONSEIL MUNICIPAL : 6 juillet 2007	
ENQUETE DU 4 septembre 2007 AU 5 octobre 2007	
APPROBATION DU PPR : 1 SEP. 2008	
DIRECTION DEPARTEMENTALE DE L'EQUIPEMENT SERVICE AMENAGEMENT ENVIRONNEMENT TRANSPORTS	 rtm restauration des terrains en montagne

**SOMMAIRE**

<b>1</b>	<b>Objet et limites de l'étude .....</b>	<b>5</b>
1.1	Réglementation.....	5
1.2	Objet des P.P.R. ....	6
1.3	Limites de l'étude.....	7
<b>2</b>	<b>Présentation de la commune.....</b>	<b>7</b>
2.1	Situation géographique.....	7
2.2	Histoire et démographie.....	8
2.3	Contexte climatique .....	9
2.4	Contexte hydrologique et transport solide.....	9
2.4.1	Présentation des caractéristiques des bassins versants .....	9
2.4.2	Le transport solide.....	11
2.5	Contexte géologique .....	22
2.5.1	Cadre général.....	22
2.5.2	Analyse stratigraphique.....	22
<b>3</b>	<b>Présentation des documents d'expertise.....</b>	<b>25</b>
3.1	Définition des phénomènes naturels pris en compte .....	25
3.1.1	Les chutes de pierres et/ou de blocs .....	25
3.1.2	Les glissements de terrain.....	25
3.1.3	Les affaissements et effondrements de cavités souterraines .....	26
3.1.4	Le ravinement.....	26
3.1.5	Les crues des rivières torrentielles et des torrents .....	26
3.2	La carte historique des phénomènes naturels .....	27
3.2.1	Historique des phénomènes de mouvements de terrain .....	27
3.2.2	Historique des crues torrentielles du tuebi et de ses affluents.....	28
3.3	Les cartes informatives sur les phénomènes naturels .....	28
3.3.1	La carte informative des phénomènes de mouvements de terrain .....	28
3.3.2	Les chutes de pierres et de blocs .....	29
3.3.3	Les glissements de terrain.....	31
3.3.4	Les affaissements et effondrements de cavités souterraines .....	33
3.3.5	Le ravinement.....	34
3.4	La carte hydrogéomorphologique .....	35
3.4.1	Déroulement de l'étude .....	35
3.4.2	Unités hydrogéomorphologiques .....	35
3.5	Les cartes des aléas .....	36
3.5.1	Détermination de l'aléa.....	36
<b>4</b>	<b>Etude par secteur des phénomènes de mouvements de terrain : les enjeux vulnérables et leurs protections .....</b>	<b>47</b>
4.1	Le village de Péone et ses alentours .....	47
4.1.1	Le village .....	47
4.1.2	Le secteur de la Para .....	48

---

4.1.3 Le secteur du vallon de Barboune .....	49
4.2 La vallée du Tuébi.....	50
4.2.1 En amont du village .....	50
4.2.2 En aval du village : le suillet, le villard et rabuis.....	52
4.3 Le secteur des Amignons .....	52
4.4 La station de Valberg .....	52
<b>5 Etude par secteurs des phénomènes de crues torrentielles : les enjeux vulnérables et leurs protections.....</b>	<b>54</b>
5.1 La vallée du Tuébi.....	54
5.2 Le vallon du Rinier .....	54
5.3 Le ravin du Brac.....	55
5.4 Le vallon du Réal .....	55
<b>6 Le zonage réglementaire.....</b>	<b>56</b>
6.1 Le règlement.....	56
6.2 L'aptitude à l'aménagement .....	56
6.3 Le zonage réglementaire .....	57
6.4 La réglementation sismique .....	59
<b>7 Bibliographie.....</b>	<b>60</b>
<b>8 Annexes.....</b>	<b>62</b>

**Liste des figures**

Figure 1- Profil en long du Rinier .....	13
Figure 2- Profil en long de la Lavanche .....	14
Figure 3- Extrait du profil en long du Réal .....	15
Figure 4- Extrait du profil en long de l'Aygue blanche .....	16
Figure 5- Profil en long du Tuébi entre les biefs 0 et 8 .....	17
Figure 6- Schéma récapitulatif des .....	19
Figure 7- Schéma récapitulatif des .....	21
Figure 8- Courbes granulométriques réalisées sur le Tuébi .....	68
Figure 9- Courbe granulométrique réalisée sur le Réal .....	69

**Liste des tableaux**

Tableau 1- Caractéristiques du bassin versant du Tuébi (à la confluence avec l'Aygue blanche) .....	10
Tableau 2- Caractéristiques du bassin versant du Réal à sa confluence avec le Tuébi .....	10
Tableau 3- Caractéristiques du bassin versant de l'Aygue blanche à sa confluence avec le Tuébi .....	11
Tableau 4- Caractéristiques du bassin versant de la Lavanche à sa confluence avec le Tuébi .....	11
Tableau 5- Tableau de synthèse du Rinier .....	13
Tableau 6- tableau de synthèse de la Lavanche .....	14
Tableau 7- Tableau de synthèse du Réal .....	15
Tableau 8- Tableau de synthèse de l'Aygue blanche .....	16
Tableau 9- Tableau de synthèse du Tuébi .....	18
Tableau 10- Clés de qualification de l'aléa inondation des rivières torrentielles .....	45
Tableau 11- Clés de qualification de l'aléa crue torrentielle .....	46
Tableau 12 - Résultats des courbes granulométriques du Tuébi .....	69
Tableau 13 - Résultats de la courbe granulométrique du Réal .....	69
Tableau 14- Historique des phénomènes de mouvements de terrain recensés .....	73
Tableau 15- Historique des phénomènes de crues torrentielles recensés .....	74

## 1 Objet et limites de l'étude

### 1.1 Réglementation

L'article L 562-1 du code de l'environnement relatif au renforcement de la protection de l'environnement, précise que « *L'Etat élabore et met en application des plans de prévention des risques naturels prévisibles tels que les inondations, les mouvements de terrain, les avalanches, les incendies de forêt, les séismes, les éruptions volcaniques, les tempêtes ou les cyclones* ».

Le mécanisme d'indemnisation des victimes des catastrophes naturelles est régi par la loi n°82-600 du 13 juillet 1982. Les contrats d'assurance garantissent les assurés contre les effets des catastrophes naturelles, cette garantie étant couverte par une cotisation additionnelle à l'ensemble des contrats d'assurance dommage et à leurs extensions couvrant les pertes d'exploitation.

En contrepartie, et pour la mise en œuvre de ces garanties, les assurés exposés à un risque ont à respecter certaines règles de prescription fixées par les P.P.R., leur non-respect pouvant entraîner une suspension de la garantie-dommages ou une atténuation de ses effets (augmentation de la franchise).

Les P.P.R. traduisent l'exposition aux risques de la commune dans l'état actuel et sont susceptibles d'être modifiés si cette exposition devait être sensiblement modifiée à la suite de travaux de prévention de grande envergure.

Les P.P.R. ont pour objectif une meilleure protection des biens et des personnes et une limitation du coût pour la collectivité de l'indemnisation systématique des dégâts engendrés par les phénomènes.

L'article L 125-2 2° du code de l'environnement précise que « *Dans les communes sur le territoire desquelles a été prescrit ou approuvé un plan de prévention des risques naturels prévisibles, le maire informe la population au moins une fois tous les deux ans, par des réunions publiques communales ou tout autre moyen approprié, sur les caractéristiques du ou des risques naturels connus dans la commune, les mesures de prévention et de sauvegarde possibles, les dispositions du plan, les modalités d'alerte, l'organisation des secours, les mesures prises par la commune pour gérer le risque, ainsi que sur les garanties prévues à l'article L. 125-1 du code des assurances. Cette information est délivrée avec l'assistance des services de l'Etat compétents, à partir des éléments portés à la connaissance du maire par le représentant de l'Etat dans le département, lorsqu'elle est notamment relative aux mesures prises en application de la loi n° 87-565 du 22 juillet 1987 relative à l'organisation de la sécurité civile, à la protection de la forêt contre l'incendie et à la prévention des risques majeurs et ne porte pas sur les mesures mises en oeuvre par le maire en application de l'article L. 2212-2 du code général des collectivités territoriales.* »

Le décret n° 2005-233 du 14 mars 2005 fixe les conditions d'application de l'article du code de l'environnement L 563-3 §1. « *Dans les zones exposées au risque d'inondations, le maire, avec l'assistance des services de l'Etat compétents, procède à l'inventaire des repères de crues existant sur le territoire communal et établit les repères correspondant aux crues historiques, aux nouvelles crues exceptionnelles ou aux submersions marines. La commune ou*

*le groupement de collectivités territoriales compétent matérialisent, entretiennent et protègent ces repères. »*

La loi n° 2004-811 du 13 août 2004 relative à la modernisation de la loi sur la sécurité civile dispose dans son article 13 que « *Le plan communal de sauvegarde regroupe l'ensemble des documents de compétence communale contribuant à l'information préventive et à la protection de la population. Il détermine, en fonction des risques connus, les mesures immédiates de sauvegarde et de protection des personnes, fixe l'organisation nécessaire à la diffusion de l'alerte et des consignes de sécurité, recense les moyens disponibles et définit la mise en oeuvre des mesures d'accompagnement et de soutien de la population. Il peut désigner l'adjoint au maire ou le conseiller municipal chargé des questions de sécurité civile. Il doit être compatible avec les plans d'organisation des secours arrêtés en application des dispositions de l'article 14.*

**Il est obligatoire dans les communes dotées d'un plan de prévention des risques naturels prévisibles approuvé** ou comprises dans le champ d'application d'un plan particulier d'intervention.

*Le plan communal de sauvegarde est arrêté par le maire de la commune et pour Paris par le préfet de police. [...] . La mise en oeuvre du plan communal ou intercommunal de sauvegarde relève de chaque maire sur le territoire de sa commune. Un décret en Conseil d'Etat précise le contenu du plan communal ou intercommunal de sauvegarde et détermine les modalités de son élaboration. »*

## 1.2 Objet des P.P.R.

Selon les dispositions de l'article L 562-1 du code de l'environnement, les P.P.R. ont pour objet en tant que de besoin :

1° *De délimiter les zones exposées aux risques, dites "zones de danger", en tenant compte de la nature et de l'intensité du risque encouru, d'y interdire tout type de construction, d'ouvrage, d'aménagement ou d'exploitation agricole, forestière, artisanale, commerciale ou industrielle ou, dans le cas où des constructions, ouvrages, aménagements ou exploitations agricoles, forestières, artisanales, commerciales ou industrielles pourraient y être autorisés, prescrire les conditions dans lesquelles ils doivent être réalisés, utilisés ou exploités ;*

2° *De délimiter les zones, dites "zones de précaution", qui ne sont pas directement exposées aux risques mais où des constructions, des ouvrages, des aménagements ou des exploitations agricoles, forestières, artisanales, commerciales ou industrielles pourraient aggraver des risques ou en provoquer de nouveaux et y prévoir des mesures d'interdiction ou des prescriptions telles que prévues au 1° ;*

3° *De définir les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde qui doivent être prises, dans les zones mentionnées au 1° et au 2°, par les collectivités publiques dans le cadre de leurs compétences, ainsi que celles qui peuvent incomber aux particuliers ;*

4° *De définir, dans les zones mentionnées au 1° et au 2°, les mesures relatives à l'aménagement, l'utilisation ou l'exploitation des constructions, des ouvrages, des espaces mis en culture ou plantés existants à la date de l'approbation du plan qui doivent être prises par les propriétaires, exploitants ou utilisateurs.*

Après avis du conseil municipal et suivi d'une enquête publique, le plan de prévention des risques naturels prévisibles (P.P.R.) est approuvé par arrêté préfectoral. Le P.P.R. vaut servitude d'utilité publique et il est opposable à toute forme d'occupation ou d'utilisation du sol

conformément à l'article L. 126-1 du Code de l'urbanisme.

S'il y a lieu, les zones de risques naturels apparaissent dans les documents graphiques des documents d'urbanisme conformément à l'article R. 123-11, 2° du Code de l'urbanisme.

Le décret d'application n° 95-1089 en date du 5 octobre 1995, modifié par le décret n°2005-3 du 4 janvier 2005, relatif aux plans de prévention des risques naturels prévisibles précise les modalités d'élaboration des P.P.R.

### 1.3 Limites de l'étude

La commune de Péone ne possède pas, à ce jour, de carte réglementaire des risques naturels valant P.P.R.

La définition technique des différents phénomènes naturels pris en compte sur la commune constitue le premier acte de la procédure. Ces phénomènes sont :

- les **chutes de pierres et/ou de blocs** ;
- les **glissements de terrain** ;
- les **affaissements et effondrements de cavités souterraines** ;
- le **ravinement** ;
- les **crues des torrents et rivières torrentielles** ;
- les **laves torrentielles**.

Le territoire communal n'est pas couvert dans son intégralité par ce document. La partie Nord comprenant la zone centrale du Parc national du Mercantour ainsi que la partie Nord Est ne sont pas concernées.

Le dossier comprend les pièces suivantes :

- **le rapport de présentation** avec, en annexe, la carte informative des phénomènes naturels connus (tirés des archives ou observés), la carte hydrogéomorphologique, la carte des ouvrages, la carte historique et la carte des enjeux, présentées sur un fond topographique à l'échelle 1/10 000 ;
- **les cartes de qualification des aléas** de la commune. Ces documents sont présentés chacun sur un fond topographique à l'échelle 1/10 000 ;
- **le zonage réglementaire** des zones urbanisées représenté sur un fond cadastral réduit à l'échelle 1/5 000 quand il existe, sinon sur un fond topographique à l'échelle 1/10 000 ;
- **le règlement**, qui définit les interdictions ou les prescriptions à mettre en œuvre sur les parcelles intéressées en fonction de leur exposition et de la nature des phénomènes naturels auxquels elles sont soumises.

## 2 Présentation de la commune

### 2.1 Situation géographique

La commune de Péone s'étend sur une surface de 4859 hectares à une centaine de kilomètres de Nice, au nord des Alpes Maritimes. Située entre les vallées du Var et de la Tinée, le territoire communal présente des reliefs abrupts avec d'importants sommets comme la barre Sud-Ouest du Mounier (le Mont Démant : 2473 m) ou le Col de Crousette à 2662 m d'altitude (photographie 1). Le village de Péone est installé en fond de vallée, en aval de la confluence du Tuébi avec le Réal, à une altitude de 1172 m.



Photographie 1- Panorama de la commune de Péone

L'habitat se répartit entre le village, construit sur un éperon rocheux et surplombé par des aiguilles dolomitiques et de cargneules, et :

- le lieu-dit des Amignons, sur la route entre Valberg et Péone ;
- les hameaux du Plan, du Villards, du Rabuis à l'Ouest du village ;
- les lieux-dits de La Baumette, du Parc, des Mians en amont du village ;
- la partie de la station de sports d'hiver de Valberg appartenant à la commune.

## 2.2 Histoire et démographie

Un habitat fortifié dénommé Peona ou Pigona est mentionné dans la première moitié du XIIIe siècle. Son château se situait parmi les rochers qui dominent le village actuel (photographie 2). Il appartenait aux Glandevès vers 1200, dépendant de la baronnie de Beuil, relevant des comtes de Provence en 1252; le comte Bérenger (de la maison de Barcelone), repeupla le village avec des familles catalanes, d'où le surnom de "Catalans" donné autrefois aux habitants. Patrie de Désirée Clary, ex fiancée de Napoléon, belle-sœur de Joseph Bonaparte, devenue reine de Suède après son mariage avec Bernadotte; les Clary sont encore nombreux à Péone.

Son village se situait au plus haut du village actuel, au pied des rochers, on voit encore les traces de son enceinte. Peut-être en partie dès le XIVe siècle, au plus tard durant le XVIe, le village de Péone descend sur la pente pour s'installer là où nous le voyons aujourd'hui. Il a été enfermé dans une nouvelle enceinte dont subsistent deux tours de flanquement percées de postes de tir pour armes à feu ; elles marquaient alors la limite de l'agglomération et limitent aujourd'hui, au nord-est et au sud-ouest, la place Thomas Guérin.





Photographie 2- Péone au pied de ses aiguilles et l'amorce de la route, conduisant au Quartier (Mars 1910)

La commune compte à l'heure actuelle 682 habitants.

## 2.3 Contexte climatique

Le climat de la région relève d'une double influence : alpine et méditerranéenne. Cette région élevée (de 800 à 2662 m) subit tour à tour les rigueurs des pays chauds et des pays froids ; en été, la chaleur est forte sur les pentes méridionales, accompagnée d'orages au mois d'août et en hiver, le froid est intense, la neige recouvre la plus grande partie du bassin pendant au moins trois mois chaque année.

## 2.4 Contexte hydrologique et transport solide

### 2.4.1 PRESENTATION DES CARACTERISTIQUES DES BASSINS VERSANTS

#### 2.4.1.1 LE TUEBI

Le Tuébi est le plus gros affluent du Var supérieur. Son bassin versant (environ 40 km<sup>2</sup> au village de Guillaumes) s'étend sur les communes de Guillaumes et Péone, en rive gauche du Var. Il prend sa source au Col de Crous (2200 m) et se jette dans le Var à une altitude de 800 m, après avoir parcouru près de 11 km. La pente moyenne du lit est inférieure à 13%. Dans la partie supérieure du bassin, la pente est très raide alors que dans tout le cours moyen, elle est de 10% environ. Son bassin de réception prend fin à la Baumette. De la Baumette à Péone, il est aménagé. De Péone à la confluence avec le Var, le lit du torrent s'élargit.

Ce torrent est sujet à un important charriage et à de fréquentes laves torrentielles dans sa partie amont. Son bassin versant dévégétalisé le rend propice à ces phénomènes.

Les caractéristiques du bassin versant au niveau de sa confluence avec la Lavanche sont résumées dans le tableau suivant (tableau 1). Le détail des calculs est présenté en annexe 1.1.

Surface du bassin versant	17.3 km <sup>2</sup>
Longueur du thalweg	5.7 km
Durée caractéristique retenue	3 heures
Débit de pointe décennal obtenu	17-36 m <sup>3</sup> /s
Débit de pointe centennal retenu	56-100 m <sup>3</sup> /s

**Tableau 1- Caractéristiques du bassin versant du Tuébi (à la confluence avec l'Aygue blanche)**

Le Tuébi a fait l'objet d'importants travaux de correction torrentielle afin de limiter les processus d'érosion. De nombreux barrages et contre-barrages, 12 au total, ont été construits de 1954 à 1992, chenalissant son lit le long des zones habitées.

#### 2.4.1.2 LES AFFLUENTS DU TUEBI

##### Le Réal

L'activité torrentielle la plus remarquable est due à l'un des affluents du Tuébi, le Réal d'un bassin versant de 2,2 km<sup>2</sup>, dont les dépôts menacent (d'après Mougin, 1930) le village de Péone et la route menant à Guillaumes.

Il prend sa source sur le versant Est de la crête de Rougnous, à une altitude de 1900 m. Il traverse une zone dévégétalisée, soumise à d'importants phénomènes d'érosion. Son exutoire se situe à quelques centaines de mètres en amont du village de Péone, en rive droite du Tuébi. Il est lui aussi connu pour sa capacité de charriage et les laves torrentielles qu'il est capable de produire. Il est considéré comme le torrent le plus actif du département.

Les caractéristiques du bassin versant sont résumées dans le tableau suivant (tableau 2). Le détail des calculs est présenté en annexe 1.1.

Surface du bassin versant	2.2 km <sup>2</sup>
Longueur du thalweg	3.1 km
Durée caractéristique retenue	1 heures
Débit de pointe décennal retenu	4-10m <sup>3</sup> /s
Débit de pointe centennal retenu	15-20m <sup>3</sup> /s

**Tableau 2- Caractéristiques du bassin versant du Réal à sa confluence avec le Tuébi**

Le Réal a lui aussi fait l'objet de nombreux travaux R.T.M. de 1933 à 1983 avec 7 barrages et leur contre-barrage.

##### L'Aygue blanche

Ce torrent est situé en rive gauche du Tuébi, à quelques centaines de mètres, en aval du village de Péone. Peu de données ont été relevées sur ce cours d'eau. Le bassin versant est très peu urbanisé. Néanmoins, la pente forte dans la partie supérieure de son bassin et son trajet dans les marnes noires toarciennes lui confère un caractère torrentiel dangereux, avec des possibilités de laves torrentielles.

Les caractéristiques du bassin versant sont résumées dans le tableau suivant (tableau 3). Le détail des calculs est présenté en annexe 1.1.

Surface du bassin versant	<b>10.8 km<sup>2</sup></b>
Longueur du thalweg	<b>5.7 km</b>
Durée caractéristique retenue	<b>2 heures</b>
Débit de pointe décennal retenu	<b>8-25 m<sup>3</sup>/s</b>
Débit de pointe centennal retenu	<b>33-55 m<sup>3</sup>/s</b>

**Tableau 3- Caractéristiques du bassin versant de l'Aygue blanche à sa confluence avec le Tuébi**

### **La Lavanche**

Ce torrent est situé lui aussi en rive gauche du Tuébi, mais dans la partie haute du bassin versant de ce dernier. Son bassin de réception est constitué par les marnes noires affleurantes du Toarcien. Il est sujet à d'importants charriages de matériaux ainsi qu'à des laves torrentielles mais il ne menace aucune habitation directement. C'est son affluent principal, dans le ravin de Rinier, qui pourrait endommager des champs et une habitation lors de crues importantes.

Les caractéristiques du bassin versant sont résumées dans le tableau suivant (tableau 4). Le détail des calculs est présenté en annexe 1.1.

Surface du bassin versant	<b>7.2 km<sup>2</sup></b>
Longueur du thalweg	<b>5.5 km</b>
Durée caractéristique retenue	<b>2 heures</b>
Débit de pointe décennal retenu	<b>15-20 m<sup>3</sup>/s</b>
Débit de pointe centennal retenu	<b>23-52 m<sup>3</sup>/s</b>

**Tableau 4- Caractéristiques du bassin versant de la Lavanche à sa confluence avec le Tuébi**

### **Les autres affluents du Tuébi**

D'autres vallons sont également à signaler sur la commune de Péone. Certains ont un débit temporaire, mais ils ont déjà fait parler d'eux par le passé du fait de leur violence. On citera :

- le vallon de Barboune, situé au Sud-Ouest du village, qui a débordé lors de la crue du 5-6 novembre 1994 ;
- le ravin de la Vignette, dont les dépôts recouvraient régulièrement la route D29 ;
- le vallon de Béoulès ;
- le ravin du Brac, en rive gauche du Tuébi, qui borde une habitation.

## **2.4.2 LE TRANSPORT SOLIDE**

Le transport solide est une caractéristique essentielle du comportement des torrents, entraînant lors des crues d'importantes variations du niveau du lit. Cette respiration du lit peut provoquer de nombreuses destructions matérielles, par submersion ou par érosion. On sait également que les torrents présents sur la zone d'étude sont propices au phénomène de lave torrentielle. On pose deux hypothèses pour le fonctionnement hydraulique de ces cours d'eau. Un premier scénario considère :

- un charriage simple sur l'ensemble des cours d'eau bien que peu réaliste pour le Réal ;
- la concomitance des crues centennales des différents affluents ;
- l'apport solide des différents affluents du Tuébi se fait avant que le Tuébi ait son débit de pointe.

Un second scénario considère les phénomènes de lave torrentielle sur le Réal. Il est possible d'avoir des laves concomitantes sur le Réal et le Tuébi, mais cet événement n'est pas pris en compte du fait de son caractère exceptionnel.

#### 2.4.2.1 LE TRANSPORT SOLIDE PAR CHARRIAGE

Pour les torrents du Tuébi et de ses affluents (les plus importants : le Réal, la Lavanche et l'Aygue blanche), les volumes de matériaux charriés ont été approchés en utilisant deux formules, celles de Meunier et de Lefort. Celles-ci donnent une estimation de la capacité maximale de transport du cours d'eau. Les débits solides calculés seront obtenus si les stocks de matériaux mobilisables dans le bassin versant sont suffisants.

La formule simplifiée de Meunier permet de déterminer le débit solide apparent d'une crue en fonction de la pente et du débit liquide.

La formule de Lefort tient compte des caractéristiques granulométriques des matériaux présents dans le lit du torrent. Il est nécessaire de connaître la granulométrie des matériaux transportés pour pouvoir estimer le transport solide en utilisant la méthode de Lefort. Pour cela des mesures ont été réalisées sur le Tuébi en trois lieux ainsi que sur le Réal. Le détail de la méthode et des résultats est présenté en annexe 1.2.

On retiendra les estimations données par la formule de Lefort, qui est plus adéquate pour les torrents de notre zone d'étude.

Dans le calcul des débits solides, on considèrera que les stocks de matériaux mobilisables dans le bassin versant sont suffisants. Cela est vérifié sur le terrain, à la vue du nombre de foyers d'érosion présents à l'amont des bassins versants, les formations meubles affleurantes et les matériaux mobilisables directement dans le lit.

On peut mettre en évidence, grâce à ces données, les zones qui auront une tendance à l'accumulation des matériaux et celles à l'érosion.

L'analyse des profils en long permet de mettre en évidence les variations de pente le long des cours d'eau, et ainsi de déterminer des biefs. Les débits solides sont estimés pour une crue centennale, d'après les résultats obtenus par l'extension Arcview Predcrue (annexe 1.1) et à partir de l'hypothèse d'un hydrogramme de crue de forme triangulaire.

L'analyse est réalisée d'amont en aval afin de mettre en évidence les relations existantes entre chacun des affluents.

##### 2.4.2.1.1 Analyse du profil en long et du transport solide du Rinier

Ce torrent est un affluent de la Lavanche. La figure suivante (figure 1) permet de dégager les principales caractéristiques dans la zone de confluence avec celle-ci.

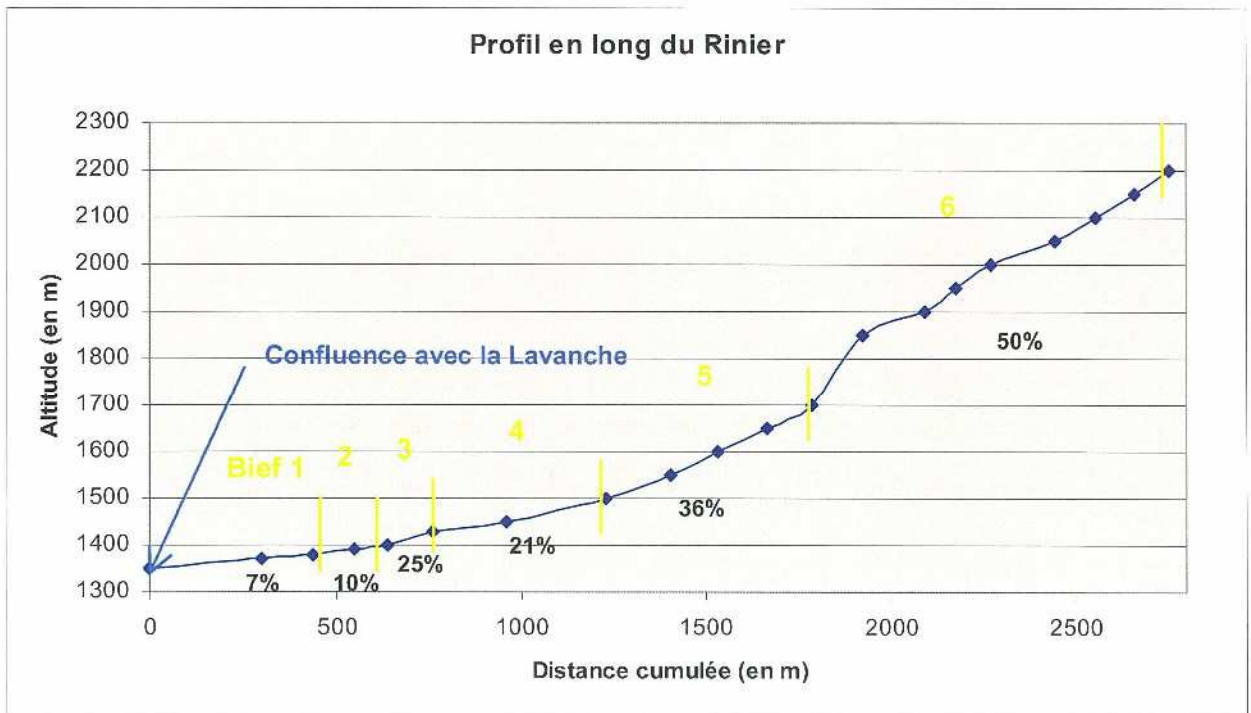


Figure 1- Profil en long du Rinier

La partie aval du cours d'eau correspond au cône de déjection du torrent. Cette zone est bien visible sur le terrain, elle apparaît à l'aval d'une partie encaissée du cours d'eau. Elle constitue une zone d'accumulation des matériaux.

On peut considérer que les apports de ce torrent au niveau du bief 1 de la Lavanche pourront être évacués au vu des estimations de capacités de transport (voir figure 6).

Un tableau de synthèse est présenté (tableau 5) pour ce bassin versant.

Tableau 5- Tableau de synthèse du Rinier

Bief	Pente (%)	Débit solide (m <sup>3</sup> /s)		Durée caractéristique (heure)	Capacité de transport (m <sup>3</sup> )	
		Lefort	Meunier		Lefort	Meunier
6	50	3.97	5.23	1	7146	9414
5	36.4	3.51	4.26	1	6318	7668
4	21.2	1.9	2.13	1	3420	3834
3	25	2.7	3.02	1	4860	5436
2	10	0.29	0.5	1	522	900
1	6.8	0.02	0.25	1	36	450

#### 2.4.2.1.2 Analyse du profil en long et du transport solide de la Lavanche

La figure suivante (figure 2) permet de dégager les principales caractéristiques dans la zone de confluence avec le Tuébi.

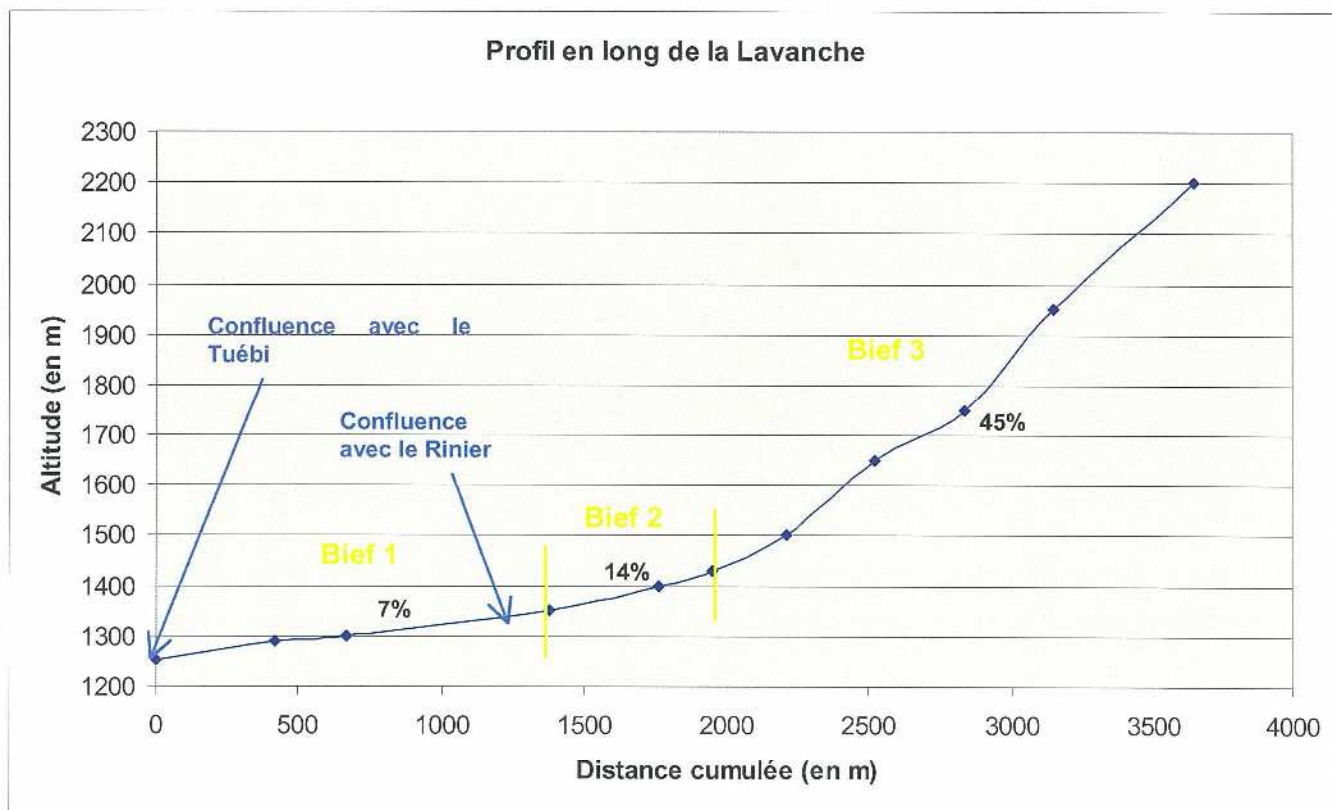


Figure 2- Profil en long de la Lavanche

Cette figure permet de dégager les principales caractéristiques dans la zone de confluence avec le Tuébi.

La Lavanche a une pente forte dans la partie supérieure de son bassin. A une altitude de 1450 m, environ, ce torrent s'encaisse dans des petites gorges et voit sa pente diminuer (14 %). Sa pente diminue ensuite progressivement. Cette dernière zone correspond au cône de déjection et sera le siège de dépôts (voir figure 6).

Un tableau de synthèse est présenté (tableau 6) pour ce bassin versant.

Tableau 6- tableau de synthèse de la Lavanche

Bief	Pente (%)	Débit solide (m <sup>3</sup> /s)		Durée caractéristique (heure)	Capacité de transport (m <sup>3</sup> )	
		Lefort	Meunier		Lefort	Meunier
3	45	38.8	46.12	2	139680	166032
2	14	5.49	4.61	2	19764	16596
1	7.3	2.12	1.74	2	7632	6264

#### 2.4.2.1.3 Analyse du profil en long et du transport solide du Réal

Le Réal est l'affluent du Tuébi le plus important par les matériaux qu'il transporte. La figure suivante (figure 3) permet de dégager les principales caractéristiques dans la zone de confluence avec le Tuébi.

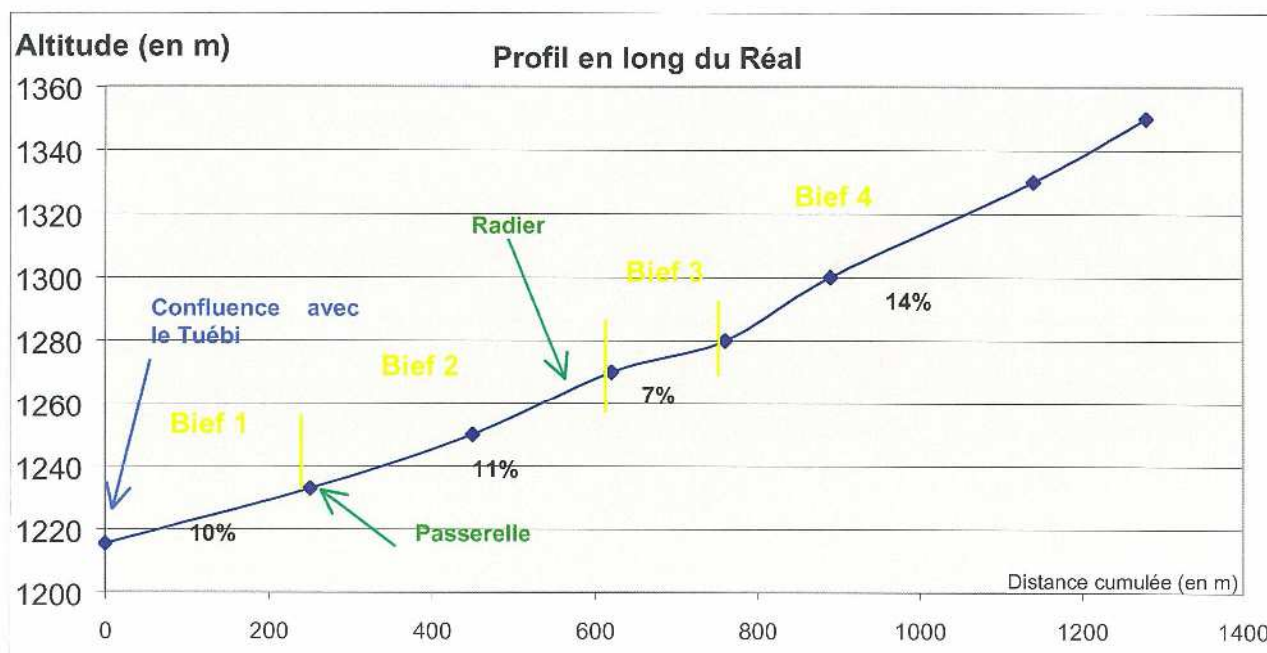


Figure 3- Extrait du profil en long du Réal

L'analyse du profil permet de distinguer des variations de pente du cours d'eau.

L'ensemble du cours d'eau sur les sections choisies ( les quatre premiers biefs) présente une pente qui diminue progressivement de l'amont vers l'aval (la faible pente du bief 3 obtenue d'après la carte topographique n'a pas été observée sur le terrain). Les trois derniers biefs correspondent au cône de déjection du torrent et sont donc une zone d'accumulation.

L'apport du Réal au niveau de la confluence est faible (pour le cas d'un transport solide par charriage uniquement) par rapport à la capacité maximale de transport du Tuébi à ce niveau. Les matériaux pourront être évacués (voir figure 6). Il convient de rappeler que la principale caractéristique du Réal est la formation de laves torrentielles dont les volumes pourraient atteindre 30 000 à 50 000 m<sup>3</sup> (cf chapitre 2.4.2.7)

Un tableau de synthèse du transport solide est présenté (tableau 7) pour ce bassin versant.

Tableau 7- Tableau de synthèse du Réal

Bief	Pente (%)	Débit solide (m3/s)		Durée caractéristique (heure)	Capacité de transport (m3)	
		Lefort	Meunier		Lefort	Meunier
8	48	3.34	5.85	1	6012	10530
7	27	2.47	3.52	1	4446	6336
6	8.5	0.3	0.38	1	540	684
5	17	1.47	1.82	1	2646	3276
4	14	1.27	1.49	1	2286	2682
3	7.2	0.38	0.44	1	684	792
2	11	0.95	1.06	1	1710	1908
1	10	0.8	0.89	1	1440	1602

### 2.4.2.1.4 Analyse du profil en long et du transport solide de l'Aygue blanche

Ce cours d'eau est un affluent du Tuébi en rive gauche.

La partie intéressante du profil se situe aux abords de la confluence avec le Tuébi. La figure 4 représente les quatre premiers biefs du profil global.

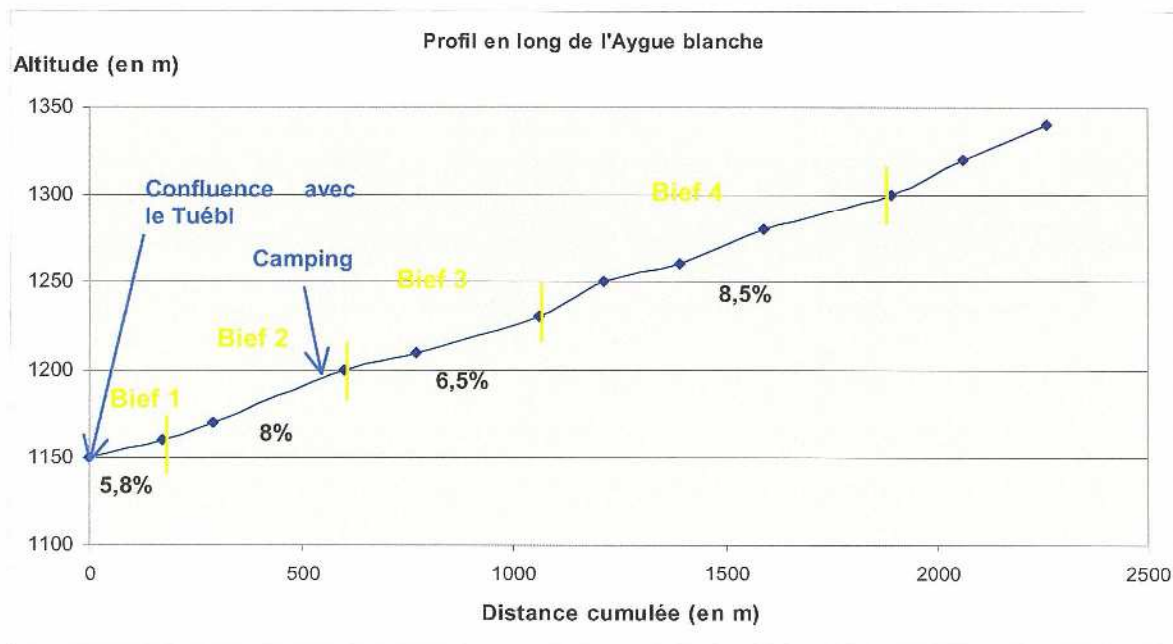


Figure 4- Extrait du profil en long de l'Aygue blanche

L'analyse du profil en long nous permet de mettre en évidence la présence d'une variation de pente entre les biefs 2 et 3 qui va se traduire par un plus fort potentiel érosif au niveau des zones à plus forte pente (bief 2) et par des zones d'accumulation de matériaux au niveau des pentes plus faibles (bief 3). On peut donc craindre des phénomènes d'érosion de berges au niveau du camping.

On observe également une diminution forte de la pente à l'aval de la confluence sur une petite section (bief 1). Cette zone ne sera pas suffisante pour pouvoir accumuler l'ensemble des matériaux arrivant de l'amont. Cette plage de dépôt pourra s'étendre en aval de la confluence.

Un tableau de synthèse est présenté (tableau 8) pour ce bassin versant.

Tableau 8- Tableau de synthèse de l'Aygue blanche

Bief	Pente (%)	Débit solide (m <sup>3</sup> /s)		Durée caractéristique (heure)	Capacité de transport (m <sup>3</sup> )	
		Lefort	Meunier		Lefort	Meunier
7	33.7	7.6	9.98	2	27360	35928
6	16.8	3.67	3.84	2	13212	13824
5	10.8	3.67	3.25	2	13212	11700
4	8.4	2.73	2.28	2	9828	8208
3	6.5	1.74	1.43	2	6264	5148
2	8.3	2.83	2.34	2	10188	8424
1	5.8	1.4	1.15	2	5040	4140



### 2.4.2.2 ANALYSE DU PROFIL EN LONG ET DU TRANSPORT SOLIDE DU TUEBI

La partie intéressante du profil se situe aux abords du village de Péone. La figure 5 représente les huit premiers biefs du profil global.

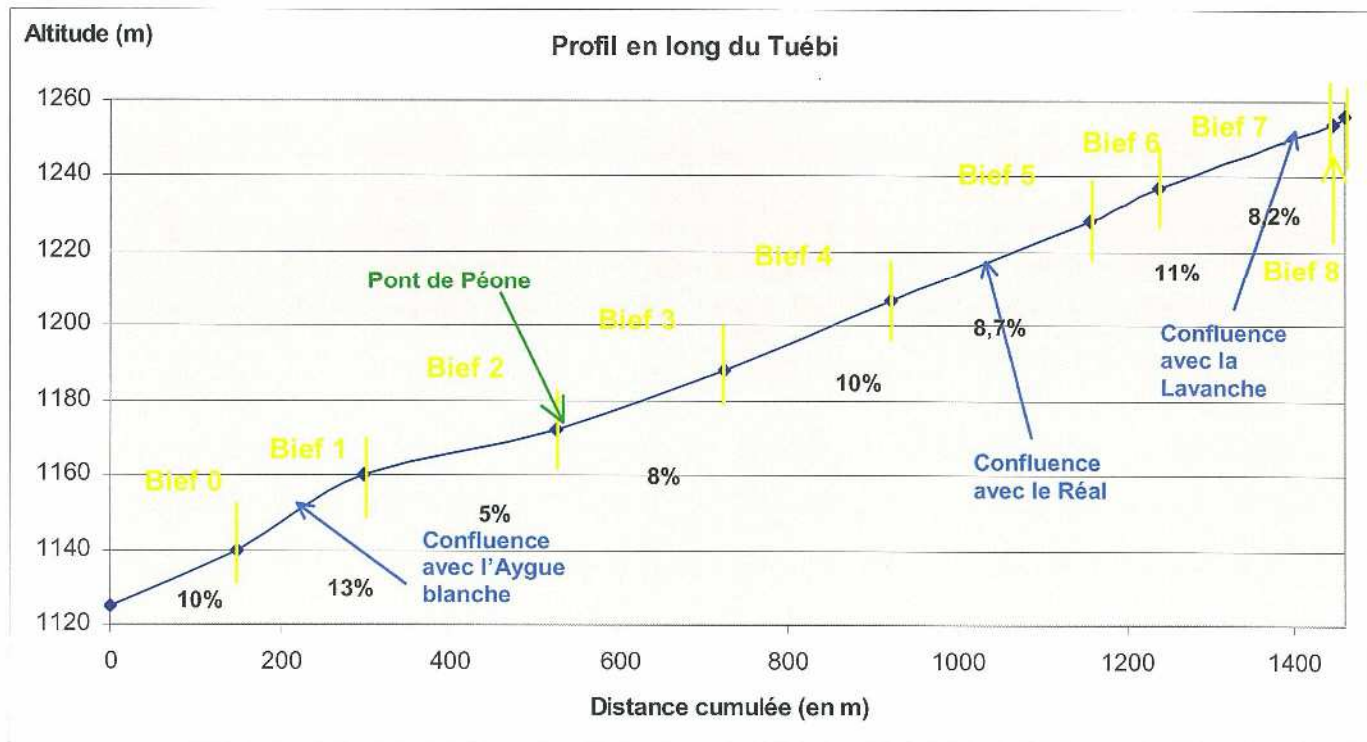


Figure 5- Profil en long du Tuébi entre les biefs 0 et 8

Les zones à faible pente, observées principalement sur les biefs 2, 3 (aux abords du pont de Péone) et 5 (en amont de la confluence avec le Réal) seront des zones d'accumulation des matériaux. Les quantités de matériaux à stocker sont précisées sur la figure 6. Il y aura une tendance au prélèvement dans les fortes pentes

Il semblerait que les apports de la Lavanche puissent être évacués par le Tuébi.

La présence d'une pente plus forte (10%) en aval de la confluence avec le Réal permettrait d'évacuer les matériaux apportés lors d'une crue centennale (dans le cas de transport solide par charriage uniquement).

Pour ce qui est des apports de l'Aygue blanche, la forte capacité de transport du Tuébi à ce niveau permettrait de les emporter.

Un tableau de synthèse du transport solide est présenté (tableau 9) pour ce bassin versant.

**Tableau 9- Tableau de synthèse du Tuébi**

Bief	Pente (%)	Débit solide (m <sup>3</sup> /s)		Durée caractéristique (heure)	Capacité de transport (m <sup>3</sup> )	
		Lefort	Meunier		Lefort	Meunier
21	65	1.76	2.61	2	6336	9396
20	35	11.37	12.96	2	40932	46656
19	12	3.04	2.74	2	10944	9864
18	11	2.8	2.49	2	10080	8964
17	8.8	1.74	1.61	2	6264	5796
16	10.4	2.61	2.32	2	9396	8352
15	8	1.47	1.39	2	5292	5004
14	31.8	20.5	21.9	2	73800	78840
13	8.5	1.87	1.69	2	6732	6084
12	68.7	77.5	110.1	2	279000	396360
11	8	1.63	1.49	2	5868	5364
10	35	25.98	28.58	2	93528	102888
9	8.7	2	1.78	2	7200	6408
8	15.4	6.29	5.58	2	22644	20088
7	8.2	4.59	3.41	3	24786	18414
6	11	6.16	8.02	3	33264	43308
5	8.7	6.29	4.54	3	33966	24516
4	10	7.66	6.13	3	41364	33102
3	8	5.23	3.96	3	28242	21384
2	5	2.17	1.56	3	11718	8424
1	12	15.26	12.54	3	82404	67716
0	10	11.34	8.79	3	61236	47466

Le schéma de la figure 6 représente le fonctionnement des différentes confluences pour les capacités de transport maximales estimées.

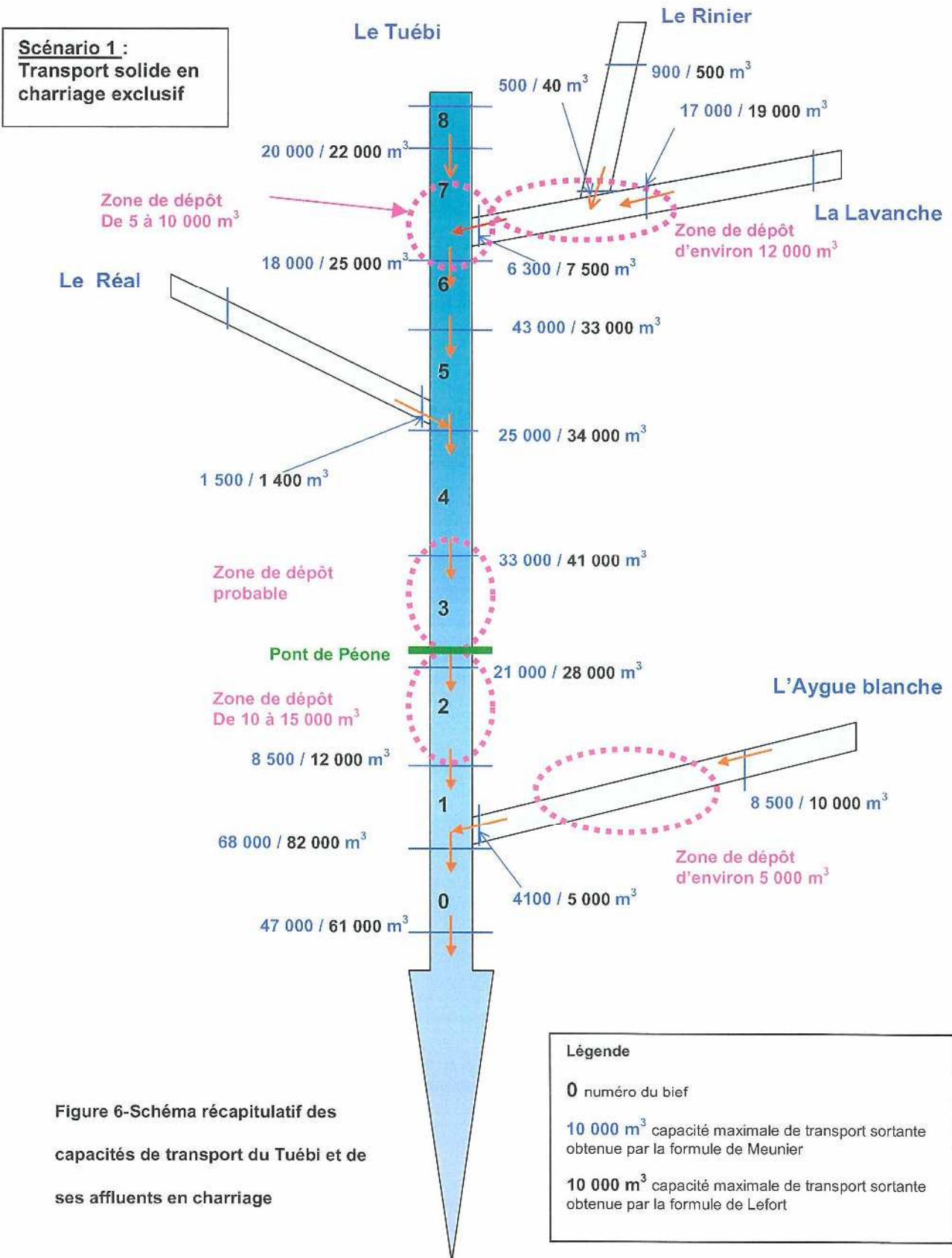


Figure 6-Schéma récapitulatif des capacités de transport du Tuébi et de ses affluents en charriage

Dans ce cas, on peut estimer le rehaussement du lit lors d'une crue centennale au niveau du pont de Péone. En aval du pont, une quantité maximale de 15 000 m<sup>3</sup> de matériaux devrait être stockée sur une superficie moyenne de 10 000 m<sup>2</sup> soit une épaisseur de 1,5 m. Les berges sont à ce niveau, peu élevées (2 m au maximum). La zone de dépôt pourrait se propager en amont.

#### 2.4.2.3 TRANSPORT SOLIDE PAR LAVE TORRENTIELLE

Les phénomènes de laves torrentielles, qui siègent essentiellement dans les petits bassins versants de montagne, engendrent des effets souvent désastreux : dépôts aggravant les conséquences des crues, envahissant les lieux habités ou formant barrage en travers de la vallée principale.

Il a été déterminé que des pentes minimales de l'ordre de 15 à 20% sont généralement nécessaires pour le déclenchement de laves torrentielles. Il semblerait qu'il existe une valeur de pente limite, comprise entre 8 et 12%, en dessous de laquelle les laves ne peuvent plus s'écouler.

On peut donc considérer, après analyse des pentes des différents torrents de la zone d'étude, des dépôts visibles sur le terrain et/ou des témoignages que :

- la zone d'arrêt des laves torrentielles produites par le torrent du Rinier se situerait en amont de la confluence avec la Lavanche (pente faible de l'ordre de 7% sur plus de 600m). Ces laves ne perturberaient pas l'écoulement de cette dernière.

- la Lavanche ne semble pas non plus pouvoir entraver le Tuébi par une lave. La faible pente en amont de la confluence (7%) stoppe les laves formées dans la partie supérieure de son bassin.

- le Réal est l'affluent le plus connu pour ses laves. Malgré une pente faible de l'ordre de 10% en amont de la confluence avec le Tuébi, de nombreuses laves ont atteint le Tuébi.

- l'Aygue blanche, aux abords de sa confluence avec le Tuébi, ne montre pas les caractéristiques propices à la présence de laves. Formées dans la partie supérieure du bassin, elles s'arrêtent au niveau des pentes faibles.

- le Tuébi lui même engendre fréquemment des laves. Malgré la présence de barrages, les laves peuvent descendre jusqu'au village.

De nombreux événements ont été recensés sur la commune, mais dont les volumes n'ont pas été évalués. Il est difficile d'estimer les volumes moyens. Une des méthodes utilisées pour quantifier le volume des laves nous vient des Suisses qui ont établi une formule après les intempéries de 1987. Cette formule, dite de Rickenmann (1995) surévalue les phénomènes dans les Alpes françaises. Appliquée au Réal et au Tuébi dans sa partie amont, elle permet facilement de fixer un ordre de grandeur à partir de la superficie du bassin versant :

Ordre de grandeur du volume de lave :  $17\ 000 \times S^{0,78} \text{ -- } 27\ 000 \times S^{0,78}$

On obtient pour le Réal (S= 2,2 km<sup>2</sup>) un volume compris entre 31 000 et 50 000 m<sup>3</sup>.

Pour le haut bassin du Tuébi (S= 4,2 km<sup>2</sup>) un volume compris entre 52 000 et 82 000 m<sup>3</sup>.

Sur le cône du Réal, le dépôt d'une ancienne lave a été observée sur le terrain. En estimant la superficie du cône à 15 000 m<sup>2</sup>, pour une épaisseur moyenne de dépôt de 1,5 m, on obtient un volume approximatif déposé de 20 000 m<sup>3</sup> (si l'on considère que la lave s'est déposée uniformément sur l'ensemble du cône). Une étude réalisée par H. Jomard, après étude des volumes de matériaux emportés à partir de photographies aériennes, a estimé la capacité de transport du Réal à 60 000 m<sup>3</sup>/an. On peut penser que le Tuébi ne pourra évacuer ces matériaux que s'il est en crue centennale ou s'il a lui même formé une lave.

Le schéma de la figure 7 représente le fonctionnement des différentes confluences pour le scénario du Tuébi en crue centennale avec charriage simple et le Réal produisant une lave.

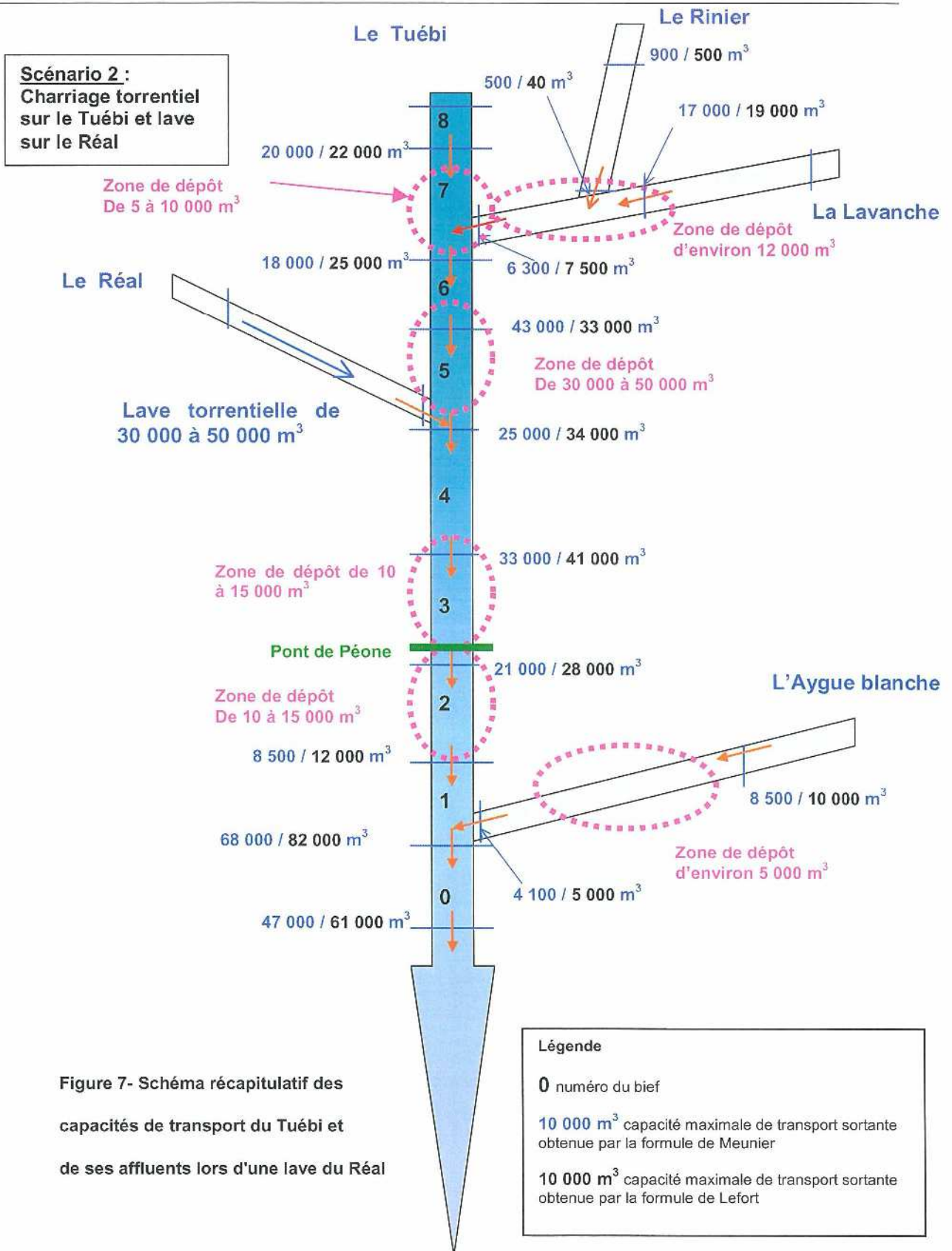


Figure 7- Schéma récapitulatif des capacités de transport du Tuébi et de ses affluents lors d'une lave du Réal

## 2.5 Contexte géologique

### 2.5.1 CADRE GENERAL

La région considérée se situe dans le domaine externe des Alpes et plus précisément dans la couverture décollée (zone dauphinoise) qui se développe entre la limite occidentale du massif cristallin externe de l'Argentera et le dôme permien du Barrot considéré comme son prolongement méridional.

Le Tuébi s'est encaissé dans la structure complexe d'une écaille formant un pli. Le redoublement des séries mésozoïques est spectaculaire, on peut voir la superposition de deux barres de calcaire tithonique, l'une vers 1800-1900 m et l'autre vers 2200-2500 m.

### 2.5.2 ANALYSE STRATIGRAPHIQUE

Au dessus des schistes, pélites et conglomérats rouge-violacés du Permien qui n'affleurent qu'au Sud de Guillaumes et dans lesquels sont creusées les Gorges de Daluis, la série stratigraphique débute à la base, en aval de Péone, par divers niveaux triasiques et se terminent sur la Tête de Méric et la Crête de Rougnoux par de puissantes assises de flysch oligocène.

#### 2.5.2.1 *LES FORMATIONS SECONDAIRES ET TERTIAIRES*

- Trias

Les formations triasiques non différenciées débutent par 50 à 100 m de Muschelkalk, comprenant un complexe épais de « Cargneules inférieures » avec quelques masses de gypse ainsi que des calcaires noirs et des dolomies de puissance variable.

Au dessus, viennent quelques dizaines de mètres de Keuper, avec des cargneules dites « supérieures », des calcaires verts ou rouges, des calcaires dolomitiques jaunes et des argilites vertes. Le Rhétien est représenté par 20 m de pélites versicolores surmontées par des calcaires dolomitiques.

*Lors de la surrection du dôme du Barrot, il y a eu un décollement de la couverture triasique. Le décollement s'est réparti sur les deux horizons de cargneules (cargneules supérieures et inférieures) et s'est traduit par un plissement et un broyage très intense du Trias moyen calcaire dolomitique, situé entre ces deux horizons, donnant lieu à de nombreuses fractures, des brèches tectoniques et des amas lenticulaires de gypse. Ce sont les assises triasiques qui ont été soumises aux infiltrations et aux dissolutions les plus importantes, créant des vides profonds suffisamment volumineux pour avoir pu entraîner des effondrements dans la couverture sus-jacente.*

- Lias inférieur

Il est uniformément représenté par des calcaires à Gryphées (50 m) suivis de calcaires en gros bancs et de calcaires à entroques.

- Lias supérieur

On peut observer jusqu'à 50 m de calcaires noirs lités, argileux à sections de bélemnites et à silex noirs, en bancs décimétriques séparés par des lits plus marneux.

- Jurassique moyen (Bathonien à Bajocien)

Il est représenté par une alternance de marno-calcaires et de marnes, à patine grise et à cassure noire. A la base, les bancs sont plus massifs, ils diminuent vers le haut, en même temps qu'ils deviennent de plus en plus marneux. La formation atteint 100 m d'épaisseur.

*Cette formation a un comportement cassant. Elle se débite en blocs pluri-décimétriques et sera donc à l'origine des chutes de pierres (si pendage aval) aux abords de Valberg.*

- Jurassique supérieur

Il est représenté par :

- le Callovo-Oxfordien (Terres Noires) : composé de marnes bleu-noires, à patine brune très rarement fossilifères. Elles débutent à la base par un lit de calcaire biodétritique roux. Ces niveaux passent, vers le haut, à des lits continus de calcaires. L'épaisseur de cette série atteint 300 m dans notre zone d'étude.
- le Kimmeridgien et Tithonique : au dessus des Terres Noires, des bancs de calcaires à grains fins forment la base de la barre tithonique (de 30 à 80 m). Cette barre constitue le repère stratigraphique le plus visible de la région. Elle est formée de calcaires durs et massifs, noirs à la cassure. L'épaisseur des bancs, décimétrique à la base, augmentent fortement vers le haut, où elle devient métrique et même plurimétrique.

- Crétacé inférieur

Il est constitué par :

- le Néocomien-Barrémien formé par une alternance de calcaires et de marno-calcaires très fins, de teinte noire. On note de fréquentes inclusions de pyrite. L'épaisseur de cette série peut atteindre 200 m.
- l'Aptien-Albien : cet ensemble débute par 40 m de calcaires argileux gris-clair, à intercalations de marnes grises. Reposent ensuite, des marnes noires de 90 m d'épaisseur dans lesquelles s'intercalent deux bancs métriques (à 30 m au dessous du sommet) de calcaire marneux glauconieux (vert).

- Crétacé supérieur

Il est représenté par un complexe de calcaires et marno-calcaires sableux, bien lités, généralement sans fossiles, dont l'épaisseur peut atteindre 300 m.

- Eocène

Il se distingue en trois niveaux :

- une « couche à microcodium » : constitué d'un conglomérat à éléments calcaires qui surmonte le Crétacé terminal, cimenté par des microcodium (encroûtements de calcite d'origine algaire) et d'épaisseur variable (10 m maximum). Elle marque la base des sédiments tertiaires. Cette formation est diachronique (post Sénonien et anté Nummulitique).
- Un calcaire à nummulites : bancs de calcaires gris, renfermant de nombreuses nummulites, surmontés par des calschistes gris-clair. L'ensemble atteint quelques dizaines de mètres d'épaisseur.
- Le Priabonien qui est réduit dans notre zone, composé de marno-calcaires jaunâtres (20 à 30 m d'épaisseur).

- Oligocène

Il est constitué par la formation dite des « Grès d'Annot » formée par des grès en bancs de quelques décimètres à plusieurs mètres, séparés par des lits de marnes noirâtres. Ils sont

formés presque exclusivement de grains de quartz très fins. Les gros bancs, de type flysch présentent un granoclassement très net, avec à leur base, un niveau conglomératique relativement grossier. L'épaisseur est considérable bien qu'en partie démantelée par l'érosion, il en reste en effet encore plus de 300 m sur la crête de Rougnous.

#### 2.5.2.2 LES FORMATIONS QUATERNAIRES

Le substratum qui vient d'être décrit est souvent masqué par des formations continentales post-pliocènes.

- Les dépôts glaciaires

On observe dans la partie inférieure du ravin du Réal, reposant en discordance sur les calcaires marneux du Dogger, une formation argilo-sableuse varvée, montrant une fine alternance de lits beiges ou jaunes, à sables et graviers. Quelques galets sont visibles. L'ensemble atteint une quarantaine de mètres d'épaisseur.

Au dessus, repose une autre formation argilo-sableuse, de teinte beige, avec de nombreux blocs, de dimensions variées et pouvant dépasser le mètre cube (formation de cheminées de fées par l'érosion). Les blocs sont constitués de grès d'Annot avec quelques petits blocs de calcaires ou de schistes.

Le glacier, à l'origine de ces dépôts, descendait du col de Crous et servait découlement aux neiges de Roquemaire, de Cime Nègre et du versant Ouest du Mounier.

- Les alluvions du Tuébi

A partir de 1200m en amont de la Baumette, le lit du Tuébi est occupé par d'épaisses formations alluviales très hétérométriques. Elles sont polygéniques, les fines proviennent des Terres Noires ou des marnes de l'Aptien-Albien. Quant aux éléments plus gros, ils sont constitués par des matériaux calcaires ou marno-calcaires, en provenance du Jurassique supérieur ou du Crétacé.

Les alluvions de la Lavanche, affluent en rive gauche du Tuébi, se présente de façon analogue.

Jusqu'à 200 ou 300 m en amont de la Baumette, les alluvions du Tuébi constituent un appareil unique, dont la partie supérieure au moins, est actuelle. En aval, de part et d'autre du lit proprement dit, s'étage sur une quarantaine de mètres de hauteur maximum, un système de terrasses emboîtées, sur lesquelles se sont constitués des sols couverts de végétation et de cultures.

*Cette formation sera propice au phénomène d'érosion de berges par sa proximité avec le torrent et sa faible cohésion.*

- Les alluvions du Réal

Elles sont totalement différentes de celles du Tuébi. Les alluvions du Réal sont presque monogéniques et plutôt homométriques. Le matériau constitutif est presque exclusivement en provenance du Grès d'Annot. On observe quelques éléments calcaires ou marno-calcaires fournis par le Jurassique du versant Sud.

L'essentiel du lit du Réal est occupé par des cailloux et des petits blocs, dont les arêtes sont à peine émoussées, et dont la plus grande dimension varie de 10 à 40 cm.



- Les formations de versant

On distingue tout d'abord, les éboulis provenant du démantèlement des affleurements par des processus d'érosion comme la gélifraction. Il en résulte la formation de blocs, de dimensions très diverses, à arêtes vives, qui soit par gravité, soit par entraînement dû au ruissellement, descendent peu à peu vers la vallée. Le Néocomien et surtout le Tithonique qui constituent les crêtes et les hauts versants de la Montagne de l'Alp, sont soumis à une forte gélifraction du fait de leur intense fissuration et de leur exposition climatique. On peut remarquer la formation d'éboulis qui tapissent la majeure partie du versant compris entre le haut Tuébi, le Col de Crous et la Cima Nègre.

Ensuite, dans les versants à substratum marneux, on observe fréquemment des phénomènes de glissement de faible à grande ampleur qui peuvent affecter des surfaces importantes (jusqu'à 60 ha sur le versant oriental du Réal).

*Ces formations sont peu végétalisées et sont donc soumises à une importante érosion. Elles alimentent en charge solide les laves torrentielles du Tuébi ainsi que ses affluents.*

### 3 Présentation des documents d'expertise

#### 3.1 Définition des phénomènes naturels pris en compte

Dans ce chapitre sont décrits sommairement les phénomènes naturels effectivement pris en compte dans le zonage et leurs conséquences prévisibles sur les constructions.

Ces phénomènes naturels, dans les différents documents cartographiques et dans le règlement, seront regroupés en fonction des stratégies à mettre en œuvre pour s'en protéger.

##### 3.1.1 LES CHUTES DE PIERRES ET/OU DE BLOCS

Les chutes de pierres et/ou de blocs correspondent au déplacement gravitaire d'éléments rocheux sur la surface topographique provenant de zones rocheuses escarpées et fracturées, de pentes raides ou de zones d'éboulis instables. On parlera de pierres lorsque leur volume unitaire ne dépasse pas le décimètre-cube et de blocs pour les éléments rocheux de volume supérieur.

S'il est relativement aisé de déterminer les volumes des instabilités potentielles, il est très difficile de définir la fréquence d'apparition de ces phénomènes. Par ailleurs, les trajectoires suivies par ces masses rocheuses ne correspondent pas forcément à la ligne de plus grande pente. Elles prennent souvent la forme de rebonds mais ces masses peuvent également rouler sur le versant et avoir des trajectoires particulières.

Les valeurs atteintes par les masses et les vitesses peuvent représenter des énergies cinétiques importantes et ont donc un pouvoir destructeur important. Compte tenu de ce pouvoir destructeur, les constructions seront soumises à un effort de poinçonnement pouvant entraîner, dans les cas extrêmes, leur ruine totale. Lorsque ces chutes atteignent un volume de plusieurs centaines de mètres-cube, on parle d'éboulements.

##### 3.1.2 LES GLISSEMENTS DE TERRAIN

Un glissement de terrain est un déplacement d'une masse de matériaux meubles ou rocheux, suivant une ou plusieurs surfaces de rupture. Ce déplacement entraîne généralement une déformation plus ou moins prononcée des terrains de surface. Les déplacements sont de type gravitaire et se produisent selon la ligne de plus grande pente.

Sur un même glissement, on pourra observer des vitesses de déplacement variables en fonction de la pente locale du terrain, créant des mouvements différentiels.

Un glissement se déclenche lors de la conjonction de facteurs favorables, parmi lesquels : une forte pente, une infiltration d'eau, une couverture de faible épaisseur de nature argileuse, un substratum imperméable (argiles, marnes).

Les constructions situées sur des glissements de terrain pourront être soumises à des efforts de type cisaillement, compression, dislocation liés à leur basculement, à leur torsion, leur soulèvement, ou encore à leur affaissement. Ces efforts peuvent entraîner la ruine de ces constructions.

### **3.1.3 LES AFFAISSEMENTS ET EFFONDEMENTS DE CAVITES SOUTERRAINES**

Les affaissements et effondrements correspondent au fléchissement des terrains de couverture situés sur une cavité. Celle-ci peut-être naturelle dans le cas d'une karstification ou d'une dissolution du gypse, ou avoir une origine anthropique dans le cas de la présence d'exploitations souterraines anciennes.

Ces phénomènes conduisent à la formation de dépressions circulaires en surface, avec ou sans fractures ouvertes, appelées fontis (ou entonnoirs de dissolution). Leur évolution peut aboutir à un affaissement généralisé de l'ensemble d'une zone.

Les affaissements sont des mouvements lents et progressifs qui peuvent annoncer un effondrement qui, lui, est un phénomène relativement brutal sans amortissement par le comportement souple des terrains de surface.

Les constructions soumises aux affaissements et effondrements subissent des efforts de flexion, cisaillement, traction et tassements différentiels pouvant parfois entraîner leur ruine totale.

### **3.1.4 LE RAVINEMENT**

Le ravinement est une forme d'érosion rapide des terrains sous l'action de précipitations abondantes. Plus exactement, cette érosion prend la forme d'une ablation des terrains par entraînement des particules de surface sous l'action du ruissellement.

On peut distinguer :

- le ravinement concentré, générateur de rigoles et de ravins ;
- le ravinement généralisé lorsque l'ensemble des ravins se multiplie et se ramifie au point de couvrir la totalité d'un talus ou d'un versant. Ce phénomène porte le nom de ruissellement de versant ou d'érosion de surface.

Dans les zones où se produit le ravinement, les constructions pourront être sous-cavées, ce qui peut entraîner leur ruine complète, et/ou engravées par des matériaux en provenance de l'amont.

En contrebas, dans les zones de transit ou de dépôt des matériaux, le phénomène peut prendre la forme de coulées boueuses.

### **3.1.5 LES CRUES DES RIVIERES TORRENTIELLES ET DES TORRENTS**

Les phénomènes naturels étudiés et pris en compte dans le zonage sont les crues torrentielles des torrents et des rivières torrentielles. Ces crues, à la différence des crues de fleuves et de rivières, sont beaucoup plus brutales et se caractérisent par des vitesses d'écoulement élevées et un transport solide important rendant l'alerte difficile.

Les **torrents** et les **rivières torrentielles** présentent certaines similitudes dans leurs comportements : lorsque le débit liquide est supérieur à la capacité d'écoulement ou lorsqu'il y a

des obstacles à l'écoulement, ils débordent sur les terrains voisins. Leurs écoulements peuvent être très concentrés. Leurs lits sont soumis à des divagations brusques. Les attaques de berges par sapement de leur pied, les affouillements intenses ou les apports solides massifs dans le lit mineur sont les principales caractéristiques de ces cours d'eau.

Cependant, les **torrents** se distinguent par un lit beaucoup plus encaissé, ils présentent des pentes supérieures à 6 %, des débits irréguliers, et des écoulements très chargés. Des **laves torrentielles** peuvent se déclencher dans les parties hautes des bassins versants sur ces pentes très fortes. Ce sont des écoulements de grande densité où se confondent eau et matériaux (au moins 50%). Elles peuvent être générées par différents mécanismes : érosion superficielle, ruptures de berges, glissement de terrain, liquéfaction des sols. Leurs écoulements s'effectuent en bouffées avec de fortes vitesses et elles peuvent déplacer facilement des blocs par flottaison.

Dans un même torrent, on peut rencontrer différentes formes d'écoulement :

- les laves torrentielles ;
- les écoulements hyper-concentrés ;
- le charriage ;
- les écoulements liquides.

Les **laves torrentielles** peuvent se déclencher dans les parties hautes des bassins versants sur des pentes très fortes (au delà de 15 à 20 %). Ce sont des écoulements de grande densité où se confondent eau et matériaux (au moins 50 %). Elles peuvent être générées par différents mécanismes : érosion superficielle, rupture de berges, glissements de terrain, liquéfaction des sols. Leur écoulement s'effectuent en bouffées, avec de fortes vitesses et peuvent déplacer facilement des blocs par flottaison. Ce phénomène a été observé sur le Tuébi à plusieurs reprises ainsi que sur le Réal.

Les **écoulements hyper-concentrés** se différencient du charriage classique par leur hydraulique particulière et leur fort transport solide. La très forte charge des écoulements hyper-concentrés génère en outre des chocs violents et multiples sur les obstacles. Ce type d'écoulement concerne essentiellement le Tuébi, le Réal et la Lavanche.

## 3.2 La carte historique des phénomènes naturels

Cette carte (annexe 4.1) est le produit des informations recueillies. Elle est établie à partir d'une approche événementielle, qui se veut pragmatique. La description et la localisation des événements survenus sont réalisées principalement à partir des archives publiques et de la mémoire collective. Elle est accompagnée de deux tableaux de description des phénomènes (mouvements de terrain et crues torrentielles) qui sont présentés en annexe 1.5.

### 3.2.1 HISTORIQUE DES PHENOMENES DE MOUVEMENTS DE TERRAIN

Le milieu montagnard de Péone, caractérisé par des reliefs escarpés et par des terrains chahutés, en font un lieu propice aux mouvements de terrain. Malgré le manque de données sur ce type de phénomènes, nous avons pu en dénombrer quelques uns et les présenter sur la carte historique des phénomènes naturels. On peut citer par exemple :

- le glissement de terrain survenu dans le vallon du Réal, en rive droite, dans les années 1920-1930, mobilisant plus de 2 000 000 m<sup>3</sup> ;
- un éboulement survenu le 28 décembre 2002 sur la route entre Guillaumes et Péone mobilisant environ 130 m<sup>3</sup> ;
- un éboulement récent (hiver 2003-2004) au quartier du Serre (au niveau du pigeonier). Deux blocs de 2 et 1,5 m<sup>3</sup> sont tombés de l'escarpement rocheux.

### **3.2.2 HISTORIQUE DES CRUES TORRENTIELLES DU TUEBI ET DE SES AFFLUENTS**

Le Tuébi a subi aux cours des âges, de multiples crues. Celles-ci ont fait évoluer le paysage et la morphologie du lit du cours d'eau au fil du temps. Les hommes qui ont décidé de s'installer dans la vallée, ont dû s'adapter à ses caprices et lutter avec les moyens à leur disposition contre ce phénomène bien souvent dévastateur. La consultation de diverses archives nous a permis de relater certains événements :

- le 28 avril 1861, une crue a détruit une digue et la culée gauche du pont de Péone ;
- le 26 octobre 1886, la digue en rive gauche en amont du village a été détruite ;
- durant l'année 1890, une partie de la digue a été détruite sur 22 mètres ;
- en 1934-1935, le Tuébi a franchit la digue en rive gauche en amont du village et a envahi une partie des champs ;
- en novembre-développement de l'année 1954, le Tuébi a affouillé une partie de la digue protégeant le C.D. 61. La passerelle du hameau des Baumettes a été emportée ;
- le 3 juin 1971, une lave s'est produite sur le Réal. Elle s'est arrêtée en amont du radier ;
- la crue des 5 et 6 novembre 1994 a créé de nombreux phénomènes d'érosion de berges le long de son cours ;
- en 2002, le Tuébi a érodé les berges en rive gauche en amont du tunnel.

## **3.3 Les cartes informatives sur les phénomènes naturels**

### **3.3.1 LA CARTE INFORMATIVE DES PHENOMENES DE MOUVEMENTS DE TERRAIN**

Cette carte est le produit des informations recueillies. Elle est établie à partir de la synthèse de deux approches distinctes et complémentaires :

- l'approche événementielle, qui se veut pragmatique. La description et la localisation des événements survenus sont réalisées à partir des archives publiques et de la mémoire collective ;
- l'approche naturaliste, qui consiste en l'analyse du terrain et des photos aériennes. Elle transcrit, sous forme cartographique, les traces et les indices de désordres probables ou caractérisés.

Cette carte couvre, si nécessaire, la totalité du territoire communal. Elle est établie sur fond topographique à l'échelle 1/10 000 et utilise des symboles en couleur (présentée en annexe 4.2). Cette carte présente :

- une description sommaire des phénomènes ;
- une description des ouvrages de protection existants.

Plusieurs études ont été prises en compte pour la cartographie des mouvements de terrain sur la commune de Péone :

- Le rapport du BRGM sur *L'étude des problèmes d'érosion dans les bassins du Réal et du Tuébi* d'octobre 1981 ;
- La Carte des Risques des Alpes-Maritimes établie par le Centre d'Etudes Techniques de l'Equipement (1977) ;
- Le rapport complémentaire sur l'étude géologique et géotechnique, relatif au secteur de Valberg, dans le cadre de l'élaboration de la carte d'aptitude à la construction réalisée par le Centre d'Etudes Techniques de l'Equipement ;

- L'étude d'analyse des enjeux-risques en vue de la programmation des actions RTM sur le canton de Guillaumes (ONF/RTM, Conseil Général, 1991) et son dossier cartographique ;
- La carte d'aptitude à la construction réalisée par le Centre d'Etudes techniques de l'Equipement, en prévision du POS (1985) ;
- Le rapport de DEA d'Hervé Jomard sur *L'origine et l'évolution des instabilités gravitaires : approches géologique, géophysique et mécanique. Application au vallon du Réal* (2003) ;
- Les livrets journaliers de la direction générale des eaux et forêts, de 1935 à nos jours.

### 3.3.2 LES CHUTES DE PIERRES ET DE BLOCS

Sur la zone étudiée, les chutes de pierres et de blocs sont extrêmement fréquentes de par la nature géologique des roches affleurantes.

Des éboulement en masse s'initialisent essentiellement au niveau des corniches formées par les calcaires massifs du Tithonique :

- Secteur des Mians (photographie 3)



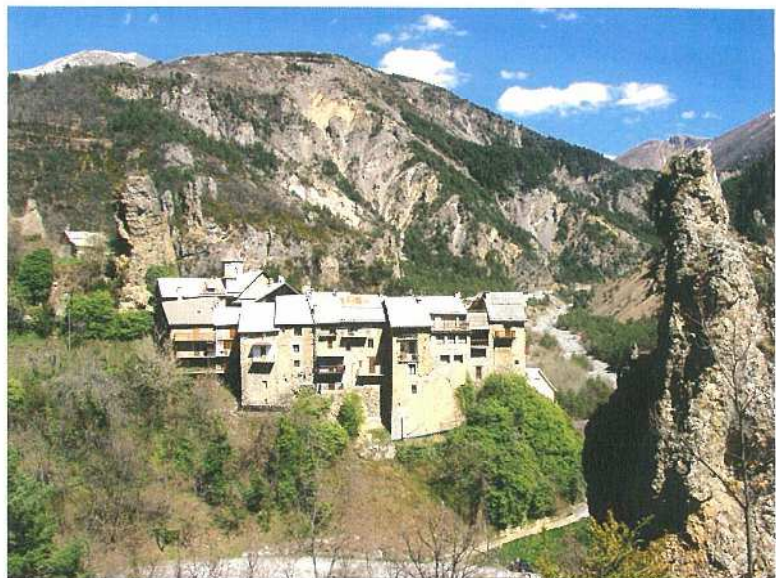
Photographie 3- Eboulement en masse au dessus des Mians

Les escarpements formés par les dolomies et cargneules du Trias sont à l'origine de nombreuses chutes de pierres et de blocs. L'érosion différentielle a créé un modelé ruiniforme. De nombreuses aiguilles apparaissent dans le paysage pouvant être à l'origine de chutes de matériaux rocheux :

- Le village et ses alentours sont entourés de pitons rocheux (photographies 4 et 5);



Photographie 4- Village surplombé par les aiguilles de cargneules du Trias



Photographie 5- Le village et les aiguilles

- Le fond de la vallée du Tuébi en aval du village ainsi que les versants bordant l'Aygue Blanche sont affectés par de nombreuses chutes de blocs (photographie 6) ;



Photographie 6- Chute de blocs et de pierres

- Les chutes de pierres et de blocs sont fréquentes sur le versant ouest du Plan Charvais.

### 3.3.3 LES GLISSEMENTS DE TERRAIN

Les principaux phénomènes de glissement observés sont liés à la présence de marnes noires callovo-oxfordiennes. Ces dernières constituent une assise imperméable sur laquelle les terrains sus-jacents (éboulis ou brèches de pente) peuvent être déstabilisés :

- Ce phénomène est très important dans la partie supérieure de la vallée du Tuébi, en amont du village ; de nombreux glissements ont été répertoriés. Ils sont entretenus par le processus érosif du torrent du Tuébi à leur pied (photographies 7 et 8).



Photographie 7-Glissement de terrain en rive droite du Tuébi en amont du village



Photographie 8- Glissement de terrain en rive gauche du Tuébi en amont du village

Ailleurs, d'anciens glissements ont été observés. Ils se distinguent par leur forme caractéristique avec une cicatrice d'arrachement encore visible, un replat formant le corps du glissement et le pied qui s'amorti dans le lit du torrent :

- Dans le secteur du Plan, au niveau de la grange la Richette, le versant montre cette morphologie. De nombreuses sources apparaissent au niveau de la cicatrice d'arrachement.
- Un important glissement au niveau des éboulis et des formations morainiques de la rive droite du vallon du Réal a eu lieu dans les années 1920-1930. Il a affecté une vingtaine



d'hectares. Le déplacement moyen de la masse marneuse sur le substratum marno-calcaire du Bajocien-Bathonien est de l'ordre de la trentaine de mètres.

- Un glissement affecte le versant en rive gauche au niveau du Parc. Les matériaux mobilisés sont les marnes noires du Callovo-oxfordien (photographie 9).



Photographie 9 - Glissement de versant (23/07/2004)

D'autres glissements, superficiels, sont observés sur différents secteurs. Ils apparaissent au niveau des talus routiers ou sur les versants des ravins.

- Dans le secteur du Villard, un glissement superficiel a provoqué l'affaissement de la route et de quelques arbres.
- Sur la route qui mène au Plan, des glissements superficiels ont touché le talus amont.

### **3.3.4 LES AFFAISSEMENTS ET EFFONDREMENTS DE CAVITES SOUTERRAINES**

La présence de terrains triasiques rend la commune de Péone particulièrement propice aux effondrements et aux affaissements. Ces mouvements, liés à la dissolution du gypse, affectent généralement les terrains triasiques mais également les terrains sus-jacents, malgré une épaisseur importante.

- Un nombre important d'affaissements ont été répertoriés sur le lieu-dit des Amignons. Les terrains triasiques y affleurent. On observe une cuvette de 180 m de diamètre et de plus de 40 m de profondeur.
- Le secteur de Valberg est également très touché par ce phénomène malgré l'importante épaisseur de terrains calcaires et marno-calcaires du Jurassique qui repose sur les terrains triasiques (plus d'une centaine de mètres d'épaisseur). L'unité jurassique a été affectée par quelques failles qui pourraient être à l'origine de ces effondrements. Le gypse se serait injecté le long de ces failles et aurait été dissout créant ainsi un appel au vide. Mais la mise en évidence de la présence de ces failles n'est pas toujours évidente.
- Une doline sur le plateau calcaire de la Baumette a été recensée (photographie 10).



Photographie 10- Fontis sur le plateau de la Baumette

### 3.3.5 LE RAVINEMENT

Certaines formations géologiques sont particulièrement favorables à l'écoulement superficiel, à l'instar d'autres qui absorbent plus facilement les précipitations (cargneules, calcaires fissurés, etc). La topographie et la nature du substratum (les marnes noires du Callovo-oxfordien) dans la partie nord du territoire communal sont particulièrement favorables au développement de ces phénomènes. Aussi, c'est dans ces secteurs que le phénomène est le mieux représenté :

- Dans le secteur des Mians (photographie 11) ;



Photographie 11- Ravinement dans le secteur des Mians

- Dans le vallon d'Alliège et de Béoulès ;
- Dans le secteur du vallon de la Culasse ;
- Toute la zone en amont de la Baumette, sur les versants abrupts du Tuébi.

On observe également ce phénomène dans d'autres formations :

- Le versant en rive gauche du Réal est le siège d'un très fort ravinement affectant les terrains quaternaires sur une superficie d'environ une trentaine d'hectares. Le ravinement spectaculaire de ce versant donne lieu à une morphologie typique des terrains glaciaires érodés par la présence de cheminées de fées ;
- Les niveaux triasiques sont également favorables à du ravinement comme dans le secteur de la Vignette ou dans le vallon d'Aginoun.

### 3.3.6 LA CARTE HYDROGÉOMORPHOLOGIQUE

Cette carte est à l'échelle du 1/10 000. Elle présente les caractéristiques hydrogéomorphologiques de la vallée et des versants ainsi que les ouvrages **présents dans le lit**. Ces éléments permettent de **mettre en évidence la dynamique du cours d'eau** et de connaître les facteurs qui peuvent être aggravants : bras morts ou chenaux de crue qui peuvent être réactivés en cas de crue, zones de divagation ou de rétrécissement du lit, zones de dépôt ou d'érosion, obstacles potentiels à l'écoulement. Cette carte est présentée en annexe 4.3.

#### 3.3.6.1 *DEROULEMENT DE L'ETUDE*

L'identification et la délimitation cartographique des différentes unités hydrogéomorphologiques du Tuébi et de ses affluents ont été réalisées en utilisant **des photographies aériennes** (campagnes de 1949 et 1995) et des **orthophotoplans** (photographies aériennes géoréférencées et corrigées datant de 1998). Une **étude de terrain** systématique a permis de préciser et valider l'analyse des photographies.

Plusieurs études ont également été prises en compte pour cette cartographie :

- Le recueil des fiches techniques du Programme de prévention contre les inondations liées au ruissellement pluvial urbain et aux crues torrentielles, Ministère de l'Environnement, 1994 ;
- L'étude comparative sommaire des débits de crue des zones urbanisées et des bassins versants naturels en montagne, CEMAGREF, 1989 ;
- La thèse d'Isabelle Bonnet sur Les mécanismes d'initiation des laves torrentielles dans les Alpes françaises, 1998 ;
- L'étude des courbes Intensité-Durée-Fréquence de 1h à 24h dans les Alpes, EDF et CEMAGREF, 1990 ;
- L'étude de la crue du Var du 5 novembre 1994, CEMAGREF, 1995 ;
- Les livrets journaliers de la direction générale des eaux et forêts, de 1935 à nos jours.

#### 3.3.6.2 *UNITES HYDROGÉOMORPHOLOGIQUES*

Différentes unités sont distinguées classiquement :

- le **lit d'étiage** correspond au lit du cours d'eau en période de basses eaux.

- le **lit mineur** correspond au lit de plein bord, intra-berges et aux secteurs d'alluvionnement immédiat. Il est généralement emprunté en l'absence d'interventions anthropiques par les crues fréquentes (annuelles à quinquennales).
- le **lit moyen** ou lit d'inondation fréquente présente un modelé où alternent des chenaux de crue parfois branchés directement au lit mineur et des bancs d'alluvionnement grossier.
- le **lit majeur** ou lit d'inondation rare à exceptionnelle présente un modelé plus plat. Il est situé en contrebas de l'encaissant. Ces différentes unités sont délimitées par des talus plus ou moins marqués.

Cependant comme il a été signalé précédemment ces différentes unités ne sont pas toujours très distinguables.

Sur la carte hydrogéomorphologique figurent également les **chenaux de crue**, les **berges** et leur **niveau d'érosion**, les **terrasses alluviales** et l'**encaissant**, les limites entre les versants et la plaine alluviale.

Les **cônes de déjection**, les **foyers d'érosions** et les glissements de terrains sont également représentés car ils sont susceptibles de fournir des matériaux aux cours d'eau.

Les **cours d'eau torrentiels comme le Tuébi** ont un comportement particulier très différent des rivières de plaine. En cas de crue, **leur fond présente une grande mobilité**. Ils subissent d'importantes variations en altitude ou des érosions des berges qui entraînent des pertes de sol provoquant des destructions matérielles et des submersions.

Au fil de ses différentes crues, le **lit du Tuébi** a subi de **nombreuses transformations** aussi bien latérales que verticales ; celles-ci sont dues au transport solide.

**Le charriage est une caractéristique essentielle du comportement du Tuébi**. Deux approches complémentaires permettent de l'étudier : l'**étude hydrogéomorphologique** et l'approche **semi-quantitative**

## 3.4 Les cartes des aléas

### 3.4.1 DETERMINATION DE L'ALEA

#### 3.4.1.1 DEFINITION DE L'ALEA

La notion d'aléa, qui permet de caractériser les effets de manifestations des phénomènes naturels en termes probabilistes, est souvent perçue comme complexe, ce dont témoigne la diversité des définitions proposées.

Nous avons retenu la démarche théorique suivante :

- 1- **Une caractérisation ponctuelle** : nous déterminons, *point par point*, les caractéristiques des phénomènes naturels étudiés, exprimées par des paramètres quantifiables (grandeurs physiques) et des paramètres qualifiables (descriptions qualitatives).
- 2- **La définition d'une fonction d'intensité** : en tout point, cette fonction fait correspondre, à chaque événement - observé ou considéré -, une valeur positive déterminée à partir des paramètres quantifiables ou qualifiables déterminés en ce point au cours de l'événement considéré.

- 3- La **définition d'une fonction de probabilité** : en tout point, cette fonction fait correspondre, à une valeur d'intensité donnée, la probabilité estimée que cette valeur soit dépassée au cours d'une certaine durée (généralement un an), comptée à partir du présent pour les phénomènes à survenance unique ou appréciée comme un pas de temps nécessaire à l'indépendance statistique des événements représentatifs des phénomènes récurrents.
- 4- La **définition de classes d'aléa** regroupant l'ensemble des relations entre intensité et fréquence correspondant à un certain éventail de conséquences sur les biens et personnes humains.  
*Ainsi, certains phénomènes particulièrement dévastateurs, dont la date de survenance n'est que difficilement prévisible et pour lesquels aucune alerte ne peut être donnée avec une anticipation permettant une évacuation, seront-ils appréciés différemment de phénomènes cycliques et prévisibles quelques jours à l'avance.*
- 5- Le **zonage d'aléa** constitue la représentation cartographique des classes d'aléa évaluées point par point

#### 3.4.1.2 LA CARTE D'ALEA MOUVEMENTS DE TERRAIN

##### 3.4.1.2.1 Définition de la carte d'aléa

C'est la représentation graphique de l'étude prospective et interprétative, réalisée à partir de la carte informative et des études techniques qualitatives, combinant les facteurs de prédisposition (nature géologique, morphologie, pente...) à l'apparition de phénomène ou d'aggravation de phénomènes existants.

Il existe inévitablement une part de subjectivité dans le choix de ces facteurs et dans leurs poids respectifs. En effet, cette cartographie est réalisée à « dire d'expert ».

Les aléas sont hiérarchisés en niveaux ou degrés. Le niveau d'aléa en un site donné résultera de la relation supposée entre l'intensité et la probabilité de survenance d'un phénomène.

Il sera apprécié à partir de l'estimation probable des dommages sur les biens que le phénomène de référence est susceptible de produire mais également il sera fonction du danger qu'il représente pour les vies humaines, et du caractère rapide et imprévisible du phénomène de référence, rendant l'alerte possible ou non.

On distinguera, outre les zones d'aléa négligeable, au maximum 3 degrés qui sont :

- les zones d'aléa faible, dont l'indice cartographique sera représenté par le nombre 1 ;
- les zones d'aléa moyen, dont l'indice cartographique sera représenté par le nombre 2 ;
- les zones d'aléa élevé, dont l'indice cartographique sera représenté par le nombre 3.

Les critères de classification des niveaux d'aléas sont proposés dans les tableaux présentés dans les chapitres suivants.

Cette carte est présentée en document 2.3.

### 3.4.1.2.2 L'aléa chutes de pierres et/ou de blocs

Ce phénomène est représenté par le symbole « **Eb** » sur la carte des aléas. Ce terme générique regroupe les chutes de pierres, les chutes de blocs, les éboulements et les écroulements en masse.

ALEA	INDICE	CRITERES
Elevé	Eb3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zones exposées à des éboulements en masse et à des chutes fréquentes de blocs ou de pierres avec indices d'activité (éboulis vifs, zone de départ fracturée avec de nombreux blocs instables, falaise, affleurement rocheux).</li> <li>• Zones d'impact.</li> <li>• Auréole de sécurité autour de ces zones (amont et aval).</li> <li>• Bande de terrain en plaine au pied des falaises, des versants rocheux et des éboulis (largeur à déterminer, en général plusieurs dizaines de mètres).</li> </ul>
Moyen	Eb2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zones exposées à des chutes de blocs ou de pierres isolées, peu fréquentes, issues d'affleurements de hauteur limitée (10 – 20 m).</li> <li>• Zones situées à l'aval des zones d'aléa élevé.</li> <li>• Pente raide dans un versant boisé avec rocher sub-affleurant sur pente &gt; 35°.</li> <li>• Remise en mouvement possible de blocs rocheux éboulés et provisoirement stabilisés dans le versant sur pente &gt; 35°.</li> </ul>
Faible	Eb1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone d'extension maximale supposée des chutes de blocs ou de pierres (partie terminale des trajectoires).</li> <li>• Pente moyenne boisée, parsemée de blocs isolés apparemment stabilisés (ex. blocs erratiques).</li> <li>• Zone de chute de petites pierres.</li> </ul>

On considérera que les zones atteintes par des chutes de blocs rocheux dont les énergies sont supérieures à 300 kJ sont des zones soumises à un aléa élevé et inférieures à 1 kJ sont des zones soumises à un aléa faible.

#### 3.4.1.2.3 L'aléa glissement de terrain

Ce phénomène est représenté par la lettre « G » sur la carte des aléas. Le terme « glissement de terrain » regroupe ici les glissements, les coulées de boue, la reptation et l'érosion de berges.

L'aléa glissement de terrain a été hiérarchisé par différents critères :

- nature géologique ;
- pente plus ou moins forte du terrain ;
- présence plus ou moins importante d'indices de mouvements (niches d'arrachement, bourrelets, ondulations...)
- présence d'eau.

De nombreuses conditions peuvent être à l'origine de glissements de terrain.

Les conditions inhérentes au milieu sont la nature argileuse du terrain, donc la faible perméabilité, et la pente.

Le facteur déclenchant peut être d'origine naturelle comme de fortes pluies qui entraînent une augmentation des pressions interstitielles déstabilisant l'équilibre du terrain, un séisme ou l'affouillement des berges par un ruisseau.

Le facteur déclenchant peut être d'origine anthropique suite à des travaux, par exemple surcharge en tête d'un talus ou d'un versant déjà instable, décharge en pied supprimant une butée stabilisatrice.

ALEA	INDICE	CRITERES	EXEMPLES DE FORMATIONS GEOLOGIQUES SENSIBLES
Elevé	G3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Glissements actifs dans toutes pentes avec nombreux indices de mouvements (niches d'arrachement, fissures, bourrelets, arbres basculés, rétention d'eau dans les contre-pentes, traces d'humidité) et dégâts au bâti et/ou aux axes de communication.</li> <li>• Auréole de sécurité autour de ces glissements.</li> <li>• Zone d'épandage des coulées boueuses.</li> <li>• Glissements anciens ayant entraîné de fortes perturbations du terrain.</li> <li>• Berges des torrents encaissés qui peuvent être le lieu d'instabilités de terrain lors de phénomènes de crue.</li> </ul>	<p>Couvertures d'altération des marnes et calcaires argileux d'épaisseur connue ou estimée <math>\geq 4</math> m.</p> <p>Moraines argileuses.</p> <p>Argiles glacio-lacustres.</p> <p>« Molasse » argileuse.</p> <p>Schistes très altérés.</p> <p>Zone de contact couverture argileuse / rocher fissuré.</p>
Moyen	G2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Situation géologique identique à celle d'un glissement actif et dans les pentes fortes à moyennes (35° à 15°) avec peu ou pas d'indices de mouvement (indices estompés).</li> <li>• Topographie légèrement déformée (mamelonnée liée à du fluage).</li> <li>• Glissement actif dans des pentes faibles (&lt; 15° ou inférieures à l'angle de frottement interne des matériaux du terrain instable) avec pressions artésiennes.</li> </ul>	<p>Couverture d'altération des marnes et calcaires argileux d'épaisseur connue ou estimée &lt; 4 m.</p> <p>Moraine argileuse peu épaisse.</p> <p>Molasse sablo-argileuse.</p> <p>Eboulis argileux anciens.</p> <p>Argiles glacio-lacustres.</p>
Faible	G1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Glissements potentiels (pas d'indices de mouvement) dans les pentes moyennes à faibles (20° à 5°) dont l'aménagement (terrassment, surcharge...) risque d'entraîner des désordres compte tenu de la nature géologique du site.</li> </ul>	<p>Pellicule d'altération des marnes et calcaires argileux.</p> <p>Moraine argileuse peu épaisse.</p> <p>Molasse sablo-argileuse.</p>



#### 3.4.1.2.4 L'aléa affaissement et effondrement de cavités souterraines

Ce phénomène est représenté par la lettre « E » sur la carte des aléas.

ALEA	INDICE	CRITERES
Elevé	E3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zones d'effondrements existants.</li> <li>• Zones exposées à des effondrements brutaux de cavités souterraines naturelles (présence de fractures en surface).</li> <li>• Présence de gypse affleurant ou sub-affleurant sans indice d'effondrement.</li> <li>• Zones exposées à des effondrements brutaux de galeries minières (présence de fractures en surface ou faiblesse de voûtes reconnues).</li> <li>• Anciennes galeries abandonnées, avec circulation d'eau.</li> </ul>
Moyen	E2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zones de galeries sans indices de mouvement en surface.</li> <li>• Affleurements de terrains susceptibles de subir des effondrements en l'absence d'indices de mouvement en surface (sauf gypse).</li> <li>• Affaissement local (dépression topographique souple).</li> <li>• Zone d'extension possible mais non reconnue de galeries.</li> </ul>
Faible	E1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zones de galeries reconnues (type d'exploitation, profondeur, dimensions connus), sans évolution prévisible, rendant possible l'urbanisation.</li> <li>• Zone à argile sensible au retrait et au gonflement.</li> </ul>

### 3.4.1.2.5 L'aléa ravinement

Ces phénomènes se rencontrent le long des versants peu végétalisés et dans les combes. Ils sont représentés par la lettre « **R** » sur la carte des aléas. Le terme générique de « ravinement » prend également en compte le ruissellement de versant.

ALEA	INDICE	CRITERES
Elevé	R3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Griffes d'érosion dévégétalisées et combes dans lesquelles l'intensité du ravinement est forte ou caractérisées par des dimensions importantes.</li> <li>• Versant en proie à l'érosion généralisée (bad-lands). Exemples : ravines dans un versant déboisé, effritement d'une roche schisteuse dans une pente faible, affleurement sableux ou marneux formant des combes.</li> <li>• Ecoulement concentré et individualisé des eaux météoriques sur un chemin ou dans un fossé.</li> </ul>
Moyen	R2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Griffes d'érosion dévégétalisées et combes dans lesquelles l'intensité du ravinement est modérée ou caractérisées par des dimensions modestes.</li> <li>• Griffes d'érosion localisée avec présence de végétation clairsemée.</li> <li>• Ecoulement important d'eau boueuse suite à une résurgence temporaire.</li> </ul>
Faible	R1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zones concernées par du ruissellement de versant (zone à formation potentielle de ravines) caractérisé par l'écoulement d'une lame d'eau boueuse mais peu chargée en matériaux. Ce phénomène prend naissance lors de pluies abondantes et soudaines apportées par un orage (type « sac d'eau ») ou des pluies durables, ou encore un redoux brutal de type foehn provoquant la fonte rapide du manteau neigeux.</li> </ul>

**Remarque :**

L'influence des séismes (effet dynamique) est prise en compte par une majoration des aléas d'éboulement et de glissement et par un changement possible du niveau de protection.

### 3.4.1.2.6 Les niveaux de protection

La mise en place d'ouvrages de protection est souvent incontournable pour permettre la construction dans les zones exposées à un aléa.

Trois niveaux de protection ont été définis afin de caractériser l'ampleur des protections – actives ou passives – à mettre en place :

NIVEAU DE PROTECTION	SIGNIFICATION
GA	Zone exposée à un aléa de grande ampleur où la stabilisation ne peut être obtenue que par la mise en oeuvre de confortement intéressant une aire géographique importante dépassant très largement le cadre parcellaire ou celui des bâtiments courants (ensemble d'un versant par exemple) et dont les coûts seront en conséquence très élevés.
L	Zone exposée à un aléa limité où la construction et l'occupation du sol nécessitent la mise en place de confortations pour supprimer ou diminuer très fortement l'aléa. L'ampleur du ou des phénomènes permet en général d'effectuer l'étude et la mise en place des parades sur une aire géographique réduite dont les dimensions sont du niveau parcellaire moyen ou de bâtiments courants. Les confortements devront tenir compte des risques anthropiques générés par l'occupation des sols.
NE	Zone non exposée. Aléa nul ou négligeable sans contrainte particulière.

Sur la carte des aléas, chaque zone soumise à un niveau d'aléa sera également caractérisée par un niveau de protection, suivant l'exemple ci-dessous :

### GA/Eb3

Cet exemple exprime un aléa élevé et de grande ampleur de chute de blocs.

#### 3.4.1.3 LA CARTE D'ALEA DE CRUES TORRENTIELLES

##### 3.4.1.3.1 Définition de la carte des aléas

C'est la représentation graphique de l'évaluation des phénomènes liés aux crues des torrents et des rivières torrentielles. Cette carte est présentée en document 3.3. Elle se base en partie sur la carte hydrogéomorphologique. Lorsque des études particulières existent, elles sont intégrées et permettent de préciser l'intensité des phénomènes. On se sert également des calculs de débits, de transport solide et de hauteur d'eau maximum sur des profils choisis. La carte des ouvrages de protection hydraulique, présentée en annexe 4.4, est également un document de base sur lequel on s'appuie.

L'aléa crues des torrents et des rivières torrentielles prend en compte, à la fois le risque de débordement proprement dit du torrent, associé à une lave torrentielle, et le risque d'érosion de berges. De plus, on détermine un aléa de référence (M.E.D.D. 2002) sur lequel on va s'appuyer pour appréhender ces phénomènes.

Cet aléa de référence doit être défini, il correspond à la crue centennale ou si elle est supérieure, à la plus forte crue connue.

Au niveau de Péone, pour Le Tuébi et ses affluents, les différentes recherches n'ont pas mis en évidence d'événement de référence. Les témoignages montrent que l'événement majeur sur lequel on pourrait s'appuyer correspondrait à la crue de 1957 (plus haut niveau atteint au pont de Péone).

Pour les crues torrentielles, les trois degrés d'aléa peuvent être définis comme suit :

- Aléa élevé correspond aux zones où les hauteurs d'eau seront importantes, les vitesses élevées et les phénomènes de charriage importants avec des matériaux de grande taille ;

*Sont donc classés en aléa élevé : lit mineur, zones d'attaque de berges, certaines zones du lit moyen, les cônes de déjection des torrents. Ce sont des zones de divagation du cours d'eau où il est à craindre des dégâts aux gros œuvre et aux personnes se trouvant à l'intérieur ou à l'extérieur des bâtiments.*

- Aléa moyen correspond aux zones où les hauteurs d'eau seront également importantes mais les vitesses moyennes et les **matériaux** charriés seront de **taille moins importante**.

*Sont donc classées en aléa moyen : les zones de retrait potentiel de berges par sapement de leur pied, les zones du lit majeur qui peuvent être submergées, les chenaux de crues, les anciens lits présents dans le lit moyen ou majeur susceptibles d'être réempruntés par le cours d'eau en crue.*

*Dans ces zones, il peut y avoir des dommages au bâti. Les personnes à l'intérieur des bâtiments sont en principe en sécurité*

- Aléa faible correspond aux zones du lit majeur qui peuvent être touchées par les crues mais seulement par une faible lame d'eau, les vitesses seront également faibles. Les matériaux qui peuvent être apportés présentent une granulométrie très fine,

*Sont donc classées en aléa faible les zones du lit majeur à l'exception des anciens lits.*

*Il y a donc seulement des faibles dégâts matériels, la stabilité des bâtiments n'est pas affectée et les personnes ne sont pas en danger.*

Les deux tableaux suivants indiquent les différentes clés permettant de déterminer le niveau d'aléa :

- Rivières torrentielles

Tableau 10- Clés de qualification de l'aléa inondation des rivières torrentielles

Type d'Aléas Niveau d'aléas	Qualification	Hydrogéomorphologie	Caractéristiques Hauteurs d'eau et vitesses	Description
I 3	Elevé	Lit mineur	H $\geq$ 1 m	Débordements locaux, déplacements possibles du lit. Charriage de matériaux important.
		Lit moyen	Vitesses élevées	Domages au gros œuvre, les personnes sont en danger.
I 2	Moyen	Lit moyen	H < 1 m	Berges localement attaquées ou submergées. Charriage de flottants.
		Lit majeur	Vitesses moyennes	Stabilité des bâtiments compromise.
I 1	Faible	Lit majeur	H < 0,5 m Faibles vitesses	Faible hauteur de la lame d'eau, matériaux apportés de faible diamètre. Faibles dégâts sur les bâtiments

- Torrents

Tableau 11- Clés de qualification de l'aléa crue torrentielle

Type d'Aléas Niveau d'aléas	Qualification	Caractéristiques du phénomène		Description
		Hauteur de submersion ou d'engravement	Diamètre maximal des matériaux rocheux transportés	
T 3	Elevé	$H \geq 0,5 \text{ m}$	$\varnothing > 0,5 \text{ m}$	Phénomène très violent, les berges sont attaquées, elles peuvent être emportées. Zone de passage des laves torrentielles ou d'atterrissement de matériaux. Domage au gros œuvre.
		$H \leq 0,5 \text{ m}$	$0,5 > \varnothing > 0,1 \text{ m}$	Les hauteurs d'eau et la taille des matériaux transportés diminuent mais les dommages aux bâtiments et aux personnes se trouvant à l'extérieur peuvent être importants. Les berges sont attaquées ou submergées.
T 2	Moyen			
T 1	Faible		$\varnothing = < 0,1 \text{ m}$	Dégâts modérés sur les berges. Phénomène moins violent il faut cependant s'attendre à des apports de matériaux et à des faibles laves d'eau. La structure des bâtiments n'est pas atteinte.

## 4 Etude par secteur des phénomènes de mouvements de terrain : les enjeux vulnérables et leurs protections

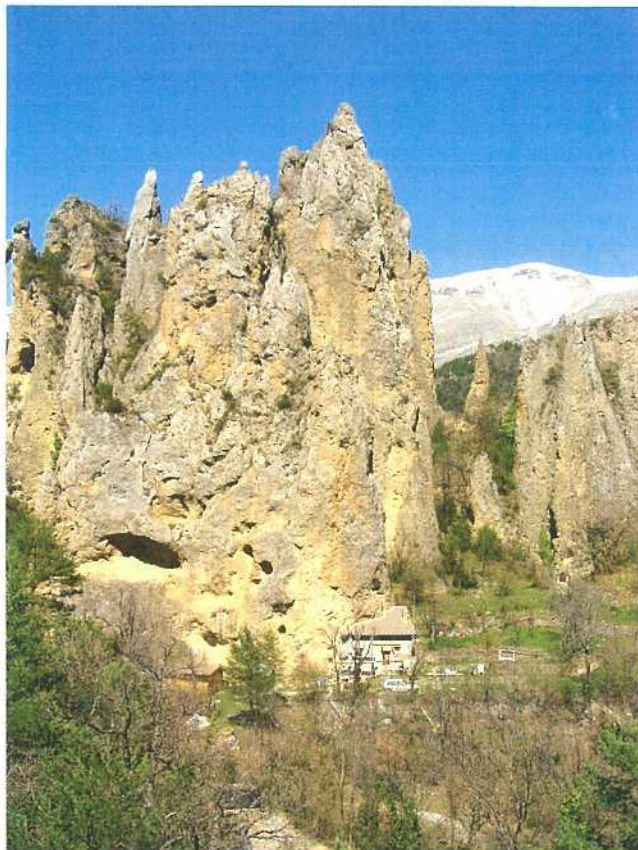
### 4.1 Le village de Péone et ses alentours

Le chef-lieu de la commune est exposé principalement au phénomène de chutes de pierres et de blocs régulières. Par ailleurs, de nouvelles constructions se sont installées directement en pied de falaise et pour deux d'entre elles, s'appuient sur les aiguilles dolomitiques.

#### 4.1.1 LE VILLAGE

Le village est construit sur un massif rocheux. Il est entouré d'aiguilles dolomitiques pouvant produire des blocs de taille variable. Seules quelques anciennes habitations, en périphérie sont directement menacées par les éboulements et sont donc caractérisées par un aléa fort. Le parking le long de la digue en rive droite est également affecté d'un aléa élevé de chute de pierres et de blocs par la présence de pitons d'une quinzaine de mètres à son aplomb.

Par ailleurs, une nouvelle construction s'est installée en pied de falaise, s'appuyant directement sur une des aiguilles (photographie 12). L'état de la paroi permet de qualifier un aléa élevé pour cette zone.



Photographie 12- Maison en construction au pied des aiguilles

#### 4.1.2 LE SECTEUR DE LA PARA

En sortie du village, en rive droite de l'Aygue Blanche, des habitations longent la route de Valberg, en contre-bas d'un escarpement d'une quinzaine de mètres de hauteur. Les volumes qui peuvent être mobilisés et leur fréquence permettent de qualifier l'aléa de chute de pierres comme élevé pour la rangée de bâtiments au Nord de la route. Les habitations au Sud de la route ne sont pas concernées : la première unité de bâtiments servant de protection à la seconde (Photographies 13 et 14).



Photographie 13- Secteur de la Para soumis à un aléa élevé de chute de pierres et de blocs



Photographie 15- Arrêt d'un bloc d'une cinquantaine de cm de diamètre dans un champ au-dessus d'une habitation



Photographie 14- Escarpement surplombant les habitations dans le secteur de la Para



Au niveau du pigeonnier, la chute récente de blocs pouvant atteindre 2 m<sup>3</sup> a été observée à quelques mètres des habitations (photographie 15).

En continuant cette même route, les quatre chalets en bordure de route sont soumis à un aléa chute de blocs de niveau moyen. En effet, ils se situent au niveau de la zone d'arrêt des blocs et/ou des pierres. La zone de départ est un foyer d'érosion important, formé par les terrains du Trias. Cette falaise constituée de dolomies, de cargneules et de gypse, haute de deux cents à deux cents cinquante mètres, est en mauvais état. Des blocs peuvent s'en détacher et certains ont atteint les habitations (Photographie 16).



Photographie 16- Présence de blocs aux abords des chalets

#### **4.1.3 LE SECTEUR DU VALLON DE BARBOUNE**

Cette zone, située au Sud du village, sur la route menant au lieu-dit du Villard, est également constituée par les terrains triasiques. Les pitons rocheux de dolomies, de hauteur modérée, représentent un aléa moyen de chute d'éléments rocheux. Sur la rive droite du vallon, la faible hauteur de la pointe rocheuse indique un niveau de protection limité alors que la partie en rive gauche, est menacée par des masses rocheuses de grande ampleur. On notera également la présence de cargneules sub-affleurantes plaçant la zone en aléa faible d'effondrement.

## 4.2 La vallée du Tuébi

### 4.2.1 EN AMONT DU VILLAGE

Situé au Nord du village, ce secteur est principalement exposé aux phénomènes de chutes de matériaux rocheux et de glissements de terrain mais également au ravinement.

#### 4.2.1.1 *LE QUARTIER DE LA SERRE*

En amont du village, une résidence est soumise à un aléa moyen d'éboulement. Construite en contre-bas d'un éperon rocheux de calcaire triasique très fracturé, cette habitation est menacée par un phénomène de grande ampleur (photographie 17).



Photographie 17- Habitation soumise à un aléa moyen de chute de matériaux rocheux

Le versant boisé surplombant ce secteur est placé en aléa faible de glissement et d'éboulement englobant ainsi une habitation située en contre-bas d'un affleurement rocheux.

#### 4.2.1.2 *LES MIANS*

Ce versant, situé dans les marnes noires du Callovo-oxfordien, présente un important phénomène de ravinement pouvant menacer quelques habitations. Le phénomène est localisé et concentré le long de thalwegs bien prononcés mais pourrait s'étendre et toucher l'ensemble du versant. C'est pour cela que les zones mêmes végétalisées sont placées en aléa moyen pour le ravinement. La présence de la barre calcaire du Tithonique, en amont, implique une menace importante d'éboulement en masse sur cette zone, qui la place en aléa élevé de chute de matériaux rocheux (photographie 18).



**Photographie 18- Le secteur des Mians**

On notera que le versant est affecté d'un aléa moyen de glissement de terrain par la présence d'une couverture d'altération sur les marnes noires dans des pentes moyennes à fortes.

#### *4.2.1.3 LE QUARTIER DE LA BAUMETTE*

Il existe un aléa moyen de grande ampleur de chute de pierres lié à l'affleurement de calcaire du Bajocien-Bathonien. Celui-ci est très ponctuel et ne concerne qu'une habitation en amont de la chapelle St Jean-Baptiste.

#### *4.2.1.4 LE VERSANT DE ROUGNOUS*

Il existe un potentiel de glissement de terrain sur ce versant. Nous sommes ici en présence d'une petite couverture d'altération reposant sur des marnes avec des pentes moyennes. Les seuls enjeux sont le hameau d'Alliège et quelques habitations. Ils ont été placés en aléa moyen avec un niveau de protection limité.

#### *4.2.1.5 RIVE DROITE DU VALLON DU PLAN*

Ce versant semble être un ancien glissement avec une morphologie typique. La cicatrice d'arrachement est encore visible dans le paysage. De nombreuses sources apparaissent à son niveau. Les limites latérales sont marquées par deux thalwegs. Les bâtisses et les infrastructures ne semblent pourtant pas avoir subi de mouvement. Cette zone a été classée en aléa moyen de glissement de terrain avec un niveau de protection limité.

#### **4.2.2 EN AVAL DU VILLAGE : LE SUILLET, LE VILLARD ET RABUIS**

Les enjeux de ce secteur sont localisés en rive droite du Tuébi, au Sud du village.

La présence d'une fine couche de terrains superficiels reposant sur des formations triasiques (cagneules et dolomies), associés à une pente moyenne implique un aléa moyen de glissement de terrain ainsi que d'affaissement.

Les pentes boisées sont également parsemées de blocs isolés et apparemment stabilisés. Il existe donc un aléa de chute de pierres de niveau faible.

### **4.3 Le secteur des Amignons**

De nombreux fontis ont été recensés et caractérisés par un aléa élevé. Le plus important phénomène est situé sur ce secteur avec l'exemple du fontis de la Chapelle St Sauveur. Sur le reste de la zone, un aléa d'effondrement de niveau moyen persiste. On y ajoute parfois, un aléa de glissement de terrain selon la pente du versant.

### **4.4 La station de Valberg**

De nombreux fontis ont été recensés et caractérisés par un aléa élevé avec l'exemple du fontis au Chastellan (photographie 19)



**Photographie 19 - Effondrement au Chastellan (21/07/2004)**

Sur l'ensemble des surfaces fortement urbanisées, un potentiel d'effondrement moyen existe, accompagné parfois d'un aléa de glissement de terrain pour les zones de pente, qui évolue du faible au moyen. S'ajoute également, un aléa de chute de pierres sur les versants où la roche affleure (photographie 20).



**Photographie 20- Zone d'effondrement derrière le centre administratif avec présence de chute de pierre d'intensité faible**

## 5 Etude par secteur des phénomènes de crues torrentielles : les enjeux vulnérables et leurs protections

### 5.1 La vallée du Tuébi

Le chef-lieu de la commune est exposé principalement au phénomène de crues torrentielles. La partie en amont du village est endiguée, jusqu'au rétrécissement au niveau du pont. Néanmoins, certaines zones sans réelle protection font l'objet d'une érosion.

- au Nord de la zone d'étude, en rive gauche, au niveau de la grange du Farodet, une zone montre un phénomène d'érosion de berges ;
- sur la partie non aménagée, en aval du barrage Y, le creusement du Tuébi crée des hauteurs de berges impressionnantes qui sont soumises à ce genre de phénomènes ;
- au niveau du Parc, des habitations sont concernées, malgré certaines protections (photographie 21) ;



Photographie 21- Secteur du Parc

- la route départementale 61 est, en grande partie, touchée lors des crues du Tuébi

### 5.2 Le vallon du Rinier

Le Rinier montre, en temps de crue, un écoulement dense qui pourrait être dévié en haut de son cône, et pourrait alors divaguer dans les champs. Les habitations installées sur le cône ne sont pas directement concernées.

### 5.3 Le ravin du Brac

Ce petit affluent, situé en rive gauche du Tuébi, semble montrer un important transport solide lors d'événements annuels (photographie 22). Cet apport solide est lié à la présence d'une zone de glissement dans la partie supérieure de son bassin, qui fournit une grande quantité de matériaux meubles. L'habitation située aux abords de ce torrent ne semble pas être menacée contrairement aux champs qui la bordent.



Photographie 22- Ravin du Brac

### 5.4 Le vallon du Réal

Le Réal dont la confluence avec le Tuébi se situe à quelques centaines de mètres du village de Péone, est l'affluent sur lequel d'importantes laves torrentielles sont à craindre. Une divagation du cours d'eau est possible dans la partie amont de son cône, il emprunterait alors un ancien lit et déborderait sur sa rive gauche, en endommageant les champs situés en aval. Le lit majeur est considéré en aléa élevé et les zones de débordement possibles en aléa moyen.

## 6 Le zonage réglementaire

### 6.1 Le règlement

Le règlement précise en tant que de besoin (article L 562-1 du code de l'environnement) :

- *"les mesures d'interdiction et les prescriptions applicables dans chacune des zones dites de « zones de danger » du PPR délimitées en vertu des 1° et 2° de l'article L 562-1 du code ;*
- *les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde mentionnées au 3° de l'article L 562-1 du code et concernant chacune des zones de danger, et les mesures relatives à l'aménagement, l'utilisation ou l'exploitation des constructions, des ouvrages, des espaces mis en culture ou plantés existants à la date d'approbation du plan, mentionnées au 4° du même article. Le règlement mentionne, le cas échéant, celles de ces mesures dont la mise en œuvre est obligatoire et le délai fixé pour leur mise en œuvre".*

D'une manière générale, les prescriptions du règlement portent sur des mesures simples de protection vis-à-vis du bâti existant ou futur et sur une meilleure gestion du milieu naturel. Le règlement concernant les phénomènes de mouvement de terrains apparaît dans le document 2.2 et celui concernant les phénomènes d'inondations torrentielles apparaît dans le document 3.2.

### 6.2 L'aptitude à l'aménagement

Cette notion d'aptitude à l'aménagement est directement liée à l'intensité des phénomènes. Elle caractérise des phénomènes indépendamment du type d'ouvrage ou des constructions envisagées ou à protéger.

Elle est établie par croisement des niveaux d'aléa et des niveaux de protection.

Cinq classes d'aptitude sont ainsi définies et présentées dans le tableau suivant :

APTITUDE A L'AMENAGEMENT			
Niveau de protection	GA	L	NE
Niveau d'aléa			
Elevé 3	Très faible		
Moyen 2	Faible	Faible à moyenne	
Faible 1		Moyenne	
Nul à négligeable			Bonne

Cette aptitude à l'aménagement est basée sur la constructibilité et sur la nature des mesures de protection et de sauvegardes envisageables. L'aménagement en zone à risque implique des adaptations techniques (protections de grande ampleur, actives ou passives, prescriptions de construction...). Les zones les plus sensibles présentent de ce fait une aptitude très faible eu égard au coût des aménagements de protection ou de prévention nécessaires, qui peuvent alors dépasser très largement l'échelle parcellaire ou celle d'un bâtiment moyen.



A un degré d'aptitude à l'aménagement correspond un niveau de contrainte. Cette correspondance, ainsi que celle avec les niveaux de protection et les niveaux d'aléa, sont présentées dans le tableau suivant :

NIVEAU DE PROTECTION/ NIVEAU D'ALEA	DEGRE D'APTITUDE	NIVEAU DE CONTRAINTE ENVISAGEABLE	EXEMPLE DE MESURES DE PREVENTION
GA/3	Très faible	Aménagement interdit ou strictement réglementé compte tenu des contraintes morphologiques (pente forte, érosion intense) et géologiques (terrain argileux et/ou gypse, éboulement en masse potentiel).	Aucune parade technique envisageable
GA/2	Faible	Aménagement fortement déconseillé, soumis obligatoirement à la réalisation préalable de travaux de protection intéressant soit une aire géographique importante, soit d'un niveau technique difficile et nécessitant une garantie de maintenance des ouvrages réalisés par une structure institutionnelle fiable financièrement et pérenne.	Stabilisation d'un glissement de terrain important, confortement d'un pan de falaise instable
L/2	Faible à moyenne	Aménagement déconseillé soumis obligatoirement à la réalisation de travaux collectifs ou à une étude géologique recherchant les cavités souterraines, analysant localement la stabilité du versant (y compris maîtrise des eaux usées et pluviales) et/ou le risque de chutes de blocs.	Drainage d'une zone instable
L/1	Moyenne	Aménagement possible avec étude géologique recommandée recherchant les cavités souterraines et analysant localement la stabilité du versant (y compris maîtrise des eaux usées et pluviales) et/ou le risque de chutes de blocs.	Purges de quelques blocs instables en falaise
NE	Bonne	Aménagement possible.	Pas de contrainte spécifique

L'aptitude à l'aménagement, combinée à l'identification de zones vulnérables sur lesquelles des enjeux (humains, économiques, patrimoniaux) ont été recensés, permet d'identifier et de qualifier les risques naturels. En effet, le risque croît d'autant plus vite que l'aléa est élevé et que la vulnérabilité augmente ; autrement dit, en l'absence d'enjeux, il n'y a pas de risque.

### 6.3 Le zonage réglementaire

Le zonage réglementaire transcrit les études techniques (cartes des aléas et d'aptitude à l'aménagement) en terme d'interdictions, de prescriptions et de recommandations. Il définit :

- Une zone inconstructible, appelée **zone rouge**. Certains aménagements, tels que les travaux d'entretien courants, les ouvrages de protection ou les infrastructures publiques qui n'aggravent pas l'aléa, peuvent cependant être autorisés (voir règlement). Par ailleurs, un aménagement existant peut se voir refuser une extension mais recevoir une autorisation de fonctionner sous certaines réserves.
- Une zone constructible sous conditions de conception, de réalisation de protections, d'utilisation et d'entretien de façon à ne pas aggraver l'aléa, appelée **zone bleue**.

Les enveloppes limites des zones réglementaires s'appuient sur les limites des zones d'aléa de mouvements de terrain et de crues torrentielles.

Pour ce qui est relatif aux mouvements de terrain, le zonage réglementaire s'appuie donc à la fois sur la carte d'aléa, la notion d'aptitude à l'aménagement et sur l'évaluation de la vulnérabilité de certaines zones. Ceci conduit à considérer plusieurs types de zones :

- Les zones d'aptitude très faible (type GA/3) sur lesquelles les nouvelles constructions sont interdites, mais où des dérogations à la règle générale sont possibles notamment pour les ouvrages nécessaires au fonctionnement des missions de services publics, pour les travaux destinés à la réduction de la vulnérabilité et à l'entretien des bâtiments existants. Ces zones sont traditionnellement appelées **zones rouges** ;

- Les zones d'aptitude faible (type GA/2) sur lesquelles de nouvelles implantations sont, *a priori*, refusées mais où les bâtiments existants peuvent être aménagés et étendus. Ces zones sont classées en **zones rouges** mais peuvent éventuellement évoluer en **zones bleues** après réalisation de travaux de protection suffisamment dimensionnés, identification d'un maître d'ouvrage pérenne et une garantie d'entretien ;

- Les zones d'aptitude moyenne (type L/2) et faible (type L/1) sur lesquelles des implantations nouvelles sont soumises à des prescriptions urbanistiques, constructives ou d'exploitation. Ces secteurs sont classés en **zones bleues** ;

Le tableau suivant résume la correspondance entre niveau d'aléa et de protection, aptitude à l'aménagement et zonage réglementaire :

ALEA	APTITUDE A L'AMENAGEMENT	ZONAGE REGLEMENTAIRE
GA/3	Très faible	Zone rouge
GA/2	Faible	Zone rouge
L/2	Faible à moyenne	Zone bleue
L/1	Moyenne	Zone bleue
NE	Bonne	Zone blanche

En ce qui concerne les crues torrentielles, ces trois zones sont définies à partir de la carte d'aléas et des ouvrages de protection (en fonction de leur dimensionnement, leur conception et leur état d'entretien).

Ces trois zones sont définies à partir de la carte des aléas et des ouvrages de protection (s'ils existent selon leur dimensionnement, leur conception et leurs mesures d'entretien sinon selon le type de protection nécessaire).

- la **zone de danger, dite zone rouge**, correspond aux zones où ont été définis
  - les **aléas élevés**,
  - et les **aléas modérés** pour lesquels une **protection** ne peut être obtenue que par des **mesures collectives** à l'échelle de plusieurs parcelles et dont les coûts seront en conséquence très élevés.
- la **zone de danger, dite zone bleue**, correspond aux zones
  - de **faible aléa**,
  - et aux zones **d'aléa moyen où une protection parcellaire est suffisante**.

## 6.4 La réglementation sismique

L'ensemble du territoire communal est concerné par l'aléa sismique.

Le décret n° 91-461 du 14 mai 1991 relatif à la prévention du risque sismique, pris en application de l'article 41 de la loi n° 87-565 du 22 juillet 1987, modifié par le décret n° 2000-892 du 13 septembre 2000, précise, en fonction de la nature ou de la destination du bâtiment, le classement de la construction. Ces constructions sont régies selon :

- l'arrêté du 29 mai 1997 qui rend désormais obligatoire, pour les constructions ou installations dites à "risque normal" (correspondant à des bâtiments, équipements ou installations pour lesquels les conséquences d'un séisme demeurent circonscrites à leurs occupants et à leur voisinage immédiat), l'application des règles parasismiques en vigueur PS 92 (norme NF P 06-013/A1) et autorise le recours aux règles simplifiées PS-MI 89, révisées en 1992 (norme NF P 06-014/A1) pour les maisons individuelles et bâtiments assimilés situés en zone Ia, Ib et II dans les limites fixées par ces dispositions ;
- l'arrêté du 10 mai 1993 qui fixe les règles à appliquer pour les constructions ou installations dites à "risque spécial" (barrages, centrales nucléaires, certaines installations classées, etc.).

## 7 Bibliographie

**BESSON L.**, 1996. *Les Risques Naturels en montagne*, Artès-Publialp, 437p.

**BONNET I.** 1998. *Mécanismes d'initiation des laves torrentielles dans les Alpes françaises. Contribution à la maîtrise du risque.*

**QUELENNEC R-E et ROUIRE J.** 1981. *Etude des problèmes d'érosion dans les bassins du Réal et du Tuébi en amont de Péone*, B.R.G.M.

**CALVINO A.**, 1985. *Commune de Péone, Etude en prévision du Plan d'Occupation des Sols. Etude géologique et géotechnique C.E.T.E. Méditerranée*

**CASTELA**, 1971. *Rapport sur la restauration des terrains en montagne des Alpes-Maritimes.* Direction Départementale de l'Agriculture.

**C.E.M.A.G.R.E.F.** d'Aix-en-Provence, 1995. *Etude de la crue du Var du 5 novembre 1994.*

**C.E.M.A.G.R.E.F.** (chargé d'étude : MEUNIER M. et MATHYS N.), 1989. *Etude comparative sommaire des débits de crue des zones urbanisées et des bassins versants naturels en montagne.*

**Direction Départementale de l'Agriculture**, 1971. *Hydrologie des Alpes-Maritimes.* 112p.

**JOMARD H.**, 2003. *Rapport de D.E.A : Origine et évolution des instabilités gravitaires : approches géologique, géophysique et mécanique. Application au vallon du Réal, commune de Péone.*

**Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable**, 2003. *Plan de Prévention des Risques naturels, guide général* .76p.

**Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable**, 2003. *Plan de Prévention des Risques naturels, guide de la concertation.* 63p.

**Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable**, 2003. *Plan de Prévention des Risques naturels, risques d'inondation, guide méthodologique.* 122p.

**Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable**, 2003. *Plan de Prévention des Risques naturels, risques d'inondation : mesures de prévention, guide méthodologique.* 160p.

**Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable**, 2003. *Plan de Prévention des Risques naturels, risques de mouvements de terrain, guide méthodologique.* 72p.

**Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'environnement**, 2000. *Caractérisation et cartographie de l'aléa dû aux mouvements de terrain, Guide technique.*

**MOUGIN M.-P.**, 1931. *La restauration des Alpes.*

**Service Restauration des Terrains en Montagne**, 1990. *Canton de Guillaumes : Analyse Enjeux-Risques en vue de la Programmation des actions RTM.* 38p.

**Service Office National des Forêts**, *Livrets journaliers des gardes forestiers de 1935 à 1995.*

**SOGREAH**, 1995. *Programme de prévention contre les inondations liées au ruissellement pluvial urbain et aux crues torrentielles.* Fiche technique sur la commune de Péone

## 8 Annexes

Détermination des débits de crue	Annexe 1.1
Granulométrie, méthode et résultats	Annexe 1.2
Analyse des capacités de transport des cours d'eau pour un charriage simple	Annexe 1.3
Hauteur d'eau maximum au niveau du village	Annexe 1.4
Tableaux de description de l'historique des phénomènes naturels	Annexe 1.5
Modifications apportées au PPR suite à l'enquête publique	Annexe 1.6

## ANNEXE 1.1 : Détermination des débits de crue

Dans un premier temps, les débits décennaux sont calculés en utilisant les pluies et des formulations reliant la pluie au débit. On utilise d'abord les relations établies entre la pluviométrie locale et le débit décennal. On a retenu trois formules :

- Crupédix
- Rationnelle
- SCS Simplifiée
- Extension Arcview Predcrue

Ensuite, les débits centennaux sont calculés à l'aide de deux méthodes :

- la méthode de Meunier qui nous donne un ordre de grandeur ;
- la méthode de Lefort plus rigoureuse, qui demande la connaissance de la granulométrie.

**La Lavanche** (à la confluence avec le Tuébi):

**Caractéristiques du bassin versant (calcul du débit décennal)**

Surface du bassin versant (km <sup>2</sup> )	Pluie décennale journalière (mm)	Coefficient de ruissellement (rationnelle)	Coefficient régional Crupédix	Coefficient K (méthode SCS)
7.2	135	0.3	1.5	2.52

**Caractéristiques du bassin versant (calcul de la durée caractéristique D)**

Longueur du thalweg (km)	Dénivelé (m)	Température moyenne (°)	Pluie moyenne annuelle (mm)
5.5	1410	11	1100

**Calculs de la durée caractéristique D**

	Durée caractéristique calculée (h)
Méthode SCS Bassins versants rapides	1.45
Méthode Socose	6.26

Durée caractéristique retenue : 2 heures

**Calculs du débit décennal**

Méthode utilisée	Débit de pointe décennal calculé (m <sup>3</sup> /s)
Crupédix	20.7
Rationnelle	14.9
SCS Simplifiée	15.9
Predcrue	17.5

Débit de pointe décennal retenu : 17 m<sup>3</sup>/s

**Caractéristiques du bassin versant (calcul du débit centennal)**

Gradex des débits	Gradex des pluies de durée D	Pluie centennale de durée D (mm)	Coefficient de ruissellement pour une période de retour de 100 ans
11.2	5	40	0.6

**Calculs du débit centennal**

Méthode utilisée	Débit de pointe centennal calculé (m <sup>3</sup> /s)
Sommaire	38.3
Gradex progressif	44.6
Rationnelle	23.9
Predcrue	52.9

Débit de pointe centennal retenu : 40 m<sup>3</sup>/s



**Le Tuébi** (à la confluence avec l'Aygue Blanche)

**Caractéristiques du bassin versant (calcul du débit décennal)**

Surface du bassin versant (km <sup>2</sup> )	Pluie décennale journalière (mm)	Coefficient de ruissellement (rationnelle)	Coefficient régional Crupédix	Coefficient K (méthode SCS)
17.3	135	0.3	1.5	2.14

**Caractéristiques du bassin versant (calcul de la durée caractéristique D)**

Longueur du thalweg (km)	Dénivelé (m)	Température moyenne (°)	Pluie moyenne annuelle (mm)
5.7	1050	12	1100

**Calculs de la durée caractéristique D**

	Durée caractéristique calculée (h)
Méthode SCS Bassins versants rapides	2
Méthode Socose	8.25

Durée caractéristique retenue : 3 heures

**Calculs du débit décennal**

Méthode utilisée	Débit de pointe décennal calculé (m <sup>3</sup> /s)
Crupédix	35.7
Rationnelle	16.8
SCS Simplifiée	19.2
Predcrue	29.5

Débit de pointe décennal retenu : 25 m<sup>3</sup>/s

**Caractéristiques du bassin versant (calcul du débit centennal)**

Gradex des débits	Gradex des pluies de durée D	Pluie centennale de durée D (mm)	Coefficient de ruissellement pour une période de retour de 100 ans
17.1	5	80	0.7

**Calculs du débit centennal**

Méthode utilisée	Débit de pointe centennal calculé (m <sup>3</sup> /s)
Sommaire	56.3
Gradex progressif	64.3
Rationnelle	89.4
Predcrue	100.8

Débit de pointe centennal retenu : 80 m<sup>3</sup>/s

## Le Réal

### Caractéristiques du bassin versant (calcul du débit décennal)

Surface du bassin versant (km <sup>2</sup> )	Pluie décennale journalière (mm)	Coefficient de ruissellement (rationnelle)	Coefficient régional Crupédix	Coefficient K (méthode SCS)
2.2	115	0.3	1.5	3.3

### Caractéristiques du bassin versant (calcul de la durée caractéristique D)

Longueur du thalweg (km)	Dénivelé (m)	Température moyenne (°)	Pluie moyenne annuelle (mm)
3.1	786	12	1100

### Calculs de la durée caractéristique D

	Durée caractéristique calculée (h)
Méthode SCS Bassins versants rapides	0.90
Méthode Socose	4.46

Durée caractéristique retenue : 1 heures

### Calculs du débit décennal

Méthode utilisée	Débit de pointe décennal calculé (m <sup>3</sup> /s)
Crupédix	5.8
Rationnelle	4.6
SCS Simplifiée	10.3
Predcrue	4.3

Débit de pointe décennal retenu : 7 m<sup>3</sup>/s

### Caractéristiques du bassin versant (calcul du débit centennal)

Gradex des débits	Gradex des pluies de durée D	Pluie centennale de durée D (mm)	Coefficient de ruissellement pour une période de retour de 100 ans
8.1	4	50	0.7

### Calculs du débit centennal

Méthode utilisée	Débit de pointe centennal calculé (m <sup>3</sup> /s)
Sommaire	15.8
Gradex progressif	20.2
Rationnelle	17.1
Predcrue	14.4

Débit de pointe centennal retenu : 20 m<sup>3</sup>/s

## L'Aygue blanche

### Caractéristiques du bassin versant (calcul du débit décennal)

Surface du bassin versant (km <sup>2</sup> )	Pluie décennale journalière (mm)	Coefficient de ruissellement (rationnelle)	Coefficient régional Crupédix	Coefficient K (méthode SCS)
10.8	125	0.3	1.5	2.34

### Caractéristiques du bassin versant (calcul de la durée caractéristique D)

Longueur du thalweg (km)	Dénivelé (m)	Température moyenne (°)	Pluie moyenne annuelle (mm)
5.7	1435	12	1100

### Calculs de la durée caractéristique D

	Durée caractéristique calculée (h)
Méthode SCS Bassins versants rapides	1.7
Méthode Socose	7.4

Durée caractéristique retenue : 2 heures

### Calculs du débit décennal

Méthode utilisée	Débit de pointe décennal calculé (m <sup>3</sup> /s)
Crupédix	24.6
Rationnelle	11.2
SCS Simplifiée	8
Predcrue	15.1

Débit de pointe décennal retenu : 15 m<sup>3</sup>/s

### Caractéristiques du bassin versant (calcul du débit centennal)

Gradex des débits	Gradex des pluies de durée D	Pluie centennale de durée D (mm)	Coefficient de ruissellement pour une période de retour de 100 ans
17.55	5	50	0.6

### Calculs du débit centennal

Méthode utilisée	Débit de pointe centennal calculé (m <sup>3</sup> /s)
Sommaire	33.8
Gradex progressif	55.4
Rationnelle	45
Predcrue	55.3

Débit de pointe centennal retenu : 50 m<sup>3</sup>/s

## ANNEXE 1.2 : Granulométrie, méthode et résultats

L'analyse granulométrique en rivière ou en torrent s'effectue de la manière suivante :

Il s'agit d'une granulométrie de surface (non pas volumique) qui se réalise grâce à un décimètre. Sur le terrain l'échantillonnage est linéique, il peut se réaliser le long d'une ligne brisée, en zig-zag. Le pas d'espace entre les mesures correspond au  $d_{90}$ , c'est à dire approximativement « un peu plus que la moitié du  $d_{max}$  ». Ainsi en considérant un  $d_{90} = 30$  cm, et qu'il faut 100 mesures pour que l'analyse soit représentative, il faudra réaliser 100 mesures sur 30 m (une tous les 30 cm). A l'aplomb d'une graduation, il faut mesurer le diamètre du galet ou du bloc, sachant que ceux dont le diamètre est inférieur à 1 cm sont considérés comme des fines. Un galet de 4.2 cm de diamètre sera compté une fois dans la classe 4 – 5. Remarque, un bloc d'un mètre de diamètre se trouvera sous plusieurs graduations et sera donc compté plusieurs fois (il aura donc un poids plus important). La fréquence sera ensuite déterminée en comptant le nombre d'individu par classe

Trois échantillonnages sur le Tuébi et un seul sur le Réal ont été réalisés.

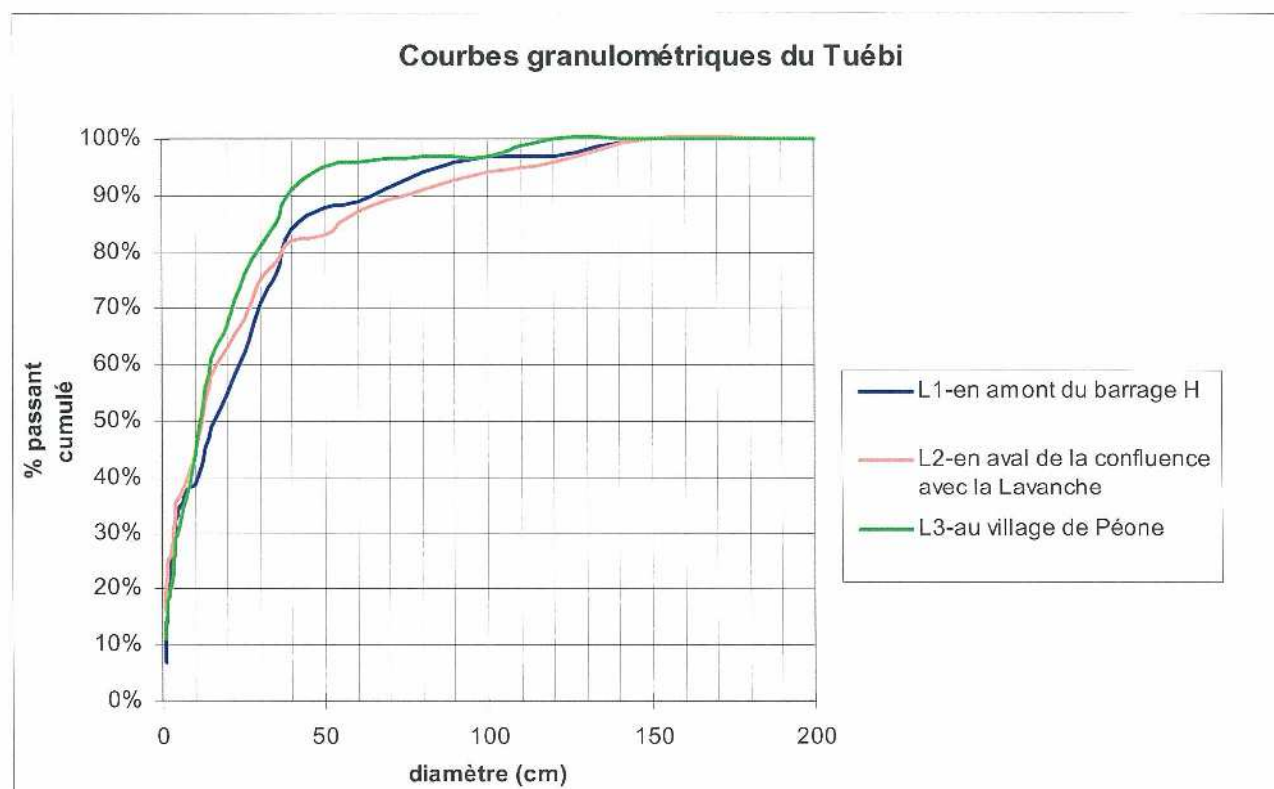


Figure 8- Courbes granulométriques réalisées sur le Tuébi

Le graphique du % passant cumulé en fonction du diamètre (en cm) permet de déterminer les valeurs caractéristiques de  $d_{30}$ ,  $d_{50}$ ,  $d_{90}$  et  $d_{moy}$  rassemblées dans le tableau

ci-dessous :

Ligne	Localisation	d <sub>30</sub> (cm)	d <sub>50</sub> (cm)	d <sub>90</sub> (cm)	d <sub>moy</sub> (cm)	Pente
L1	En amont du barrage H	4	15,5	62	24,5	18%
L2	En aval de la confluence avec la Lavanche	3,5	12,5	76	25,1	9%
L3	Au village de Péone	5	12	38	18,1	10%

Tableau 12 - Résultats des courbes granulométriques du Tuébi

On réalise la même procédure sur le Réal

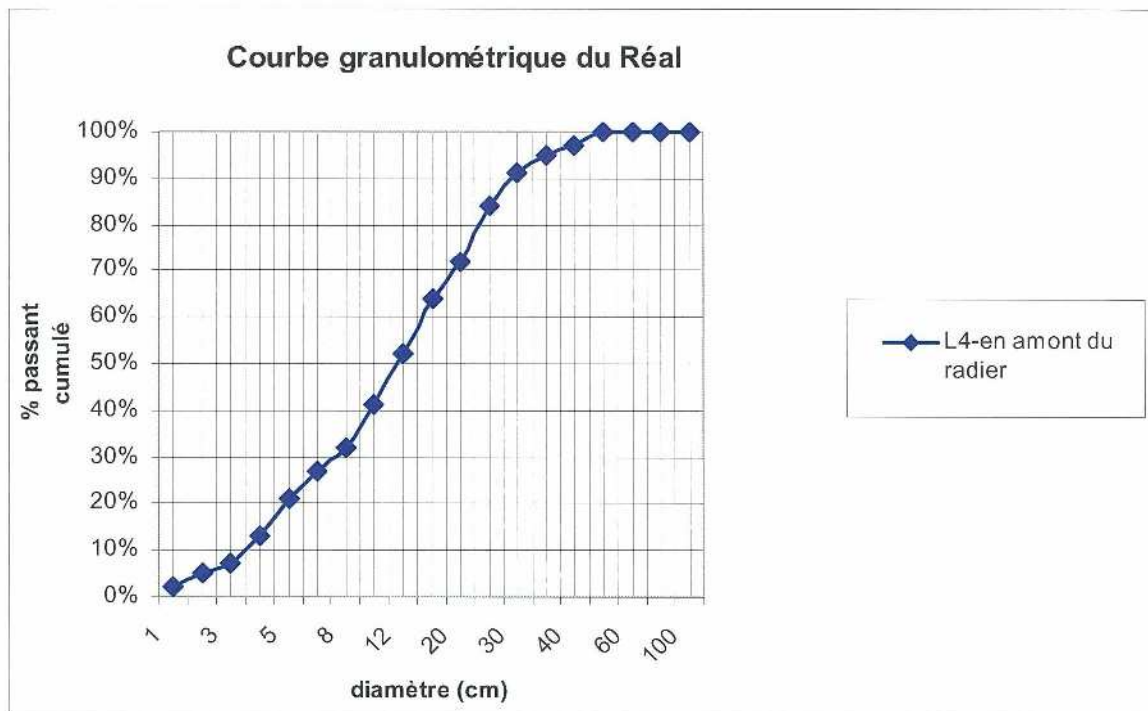


Figure 9- Courbe granulométrique réalisée sur le Réal

Le graphique du % passant cumulé en fonction du diamètre (en cm) permet de déterminer les valeurs caractéristiques de d<sub>30</sub>, d<sub>50</sub>, d<sub>90</sub> et d<sub>moy</sub> rassemblées dans le tableau ci-dessous :

n°	Localisation	d <sub>30</sub> (cm)	d <sub>50</sub> (cm)	d <sub>90</sub> (cm)	d <sub>moy</sub> (cm)	Pente
L1	En amont du radier	8,5	12,8	31	14,3	13%

Tableau 13 - Résultats de la courbe granulométrique du Réal

## **ANNEXE 1.3 : Analyse des capacités de transport des cours d'eau**

### **La Lavanche**

La pente moyenne du bief 2 permet une capacité de transport importante estimée entre 17 000 et 19 000 m<sup>3</sup>. Le premier bief, de par sa faible pente (7%), présente les caractéristiques d'une zone de dépôts. La capacité maximale de transport dans cette partie est de 6 300 à 7 500 m<sup>3</sup> alors que le volume pouvant entrer est de 19 000 m<sup>3</sup> au maximum. Le bief 1 devra donc stocker au maximum, 12 000 m<sup>3</sup> environ, en considérant les 500 m<sup>3</sup> apportés par le torrent du Rinier.

### **Le Réal**

Le bief 4 a une forte pente, de l'ordre de 14 %. La pente diminue progressivement moyennant une pente de 7 % sur le bief 3. La pente augmente ensuite sur le bief 2 et atteint 11 %. On remarque sur le premier bief, entre la confluence avec le Tuébi et la passerelle, que la pente est moyenne (10 %).

Le bief 4 a une capacité de transport estimée entre 2 200 et 2 600 m<sup>3</sup>. Le troisième bief, présente une pente faible (7 %) qui n'est pas visible sur le terrain. La reprise de matériaux est importante dans les pentes fortes. Les matériaux seront donc arrachés au niveau du bief 4, transportés vers l'aval et déposés dans les zones à moindre pente.

L'apport du Réal au niveau de la confluence est faible (pour le cas d'un transport solide par charriage uniquement) par rapport à la capacité maximale de transport du Tuébi à ce niveau. Les matériaux pourront être évacués (voir figure 6).

### **L'Aygue blanche**

L'analyse du profil en long nous permet de mettre en évidence la présence d'une faible pente le long du bief 3 (6-7 %) qui induit une capacité de transport maximum de 6 500 m<sup>3</sup>. Cette capacité limite l'entrée de matériaux dans le bief aval n°2. Mais ce dernier aura un plus fort potentiel érosif puisque sa pente est légèrement plus élevée (8%). Sa capacité de transport a été estimée à 10 000 m<sup>3</sup>. On peut donc craindre des phénomènes d'érosion de berges dans cette zone. Le premier bief, en amont de la confluence, montre une faible pente (5-6%). Cette caractéristique implique une capacité de transport faible, entre 4 000 et 5 000 m<sup>3</sup>. Les matériaux emportés au niveau du bief 2 se déposeront dans la partie supérieure du premier bief.

### **Le Tuébi**

Le bief 9 est peu penté. Sa capacité de transport est également faible : de l'ordre de 7500 m<sup>3</sup>. Il limite donc l'apport de matériaux dans le bief 8, qui a une capacité de transport beaucoup plus élevée (entre 20 000 et 22 000 m<sup>3</sup>). Cette dernière section a une longueur qui ne permettrait pas de prélever une quantité telle de matériaux pour atteindre les 22 000 m<sup>3</sup> qu'elle serait capable de transporter. Il y a donc une faible probabilité pour que le bief aval, bief 7, zone de confluence avec la Lavanche puisse recevoir les 22 000 m<sup>3</sup>. On peut donc penser que les apports de la Lavanche soient aisément transportés par le Tuébi.

La section 6, a une pente forte, alors que le bief aval, bief 5, a une pente légèrement plus faible (8-9%). Il y aura une tendance au prélèvement dans les fortes pentes et au dépôt dans les plus faibles pentes.

Bien que le Réal soit une source d'apports très importante, la présence d'une pente plus forte (10%) en aval de sa confluence avec le Tuébi permettrait d'évacuer les matériaux apportés.

Principalement, la pente, aux abords du pont de Péone (Biefs 2 et 3) est faible. La pente passe de 8% sur le bief 3 à 5% sur le bief 2. Sur ces biefs, la tendance sera à l'accumulation de matériaux. La capacité de transport sortant du bief 5 limite les apports dans les biefs en aval. On peut voir par les calculs, que la capacité de transport passe de 21 000 - 28 000 m<sup>3</sup> à 8 500 - 12 000 m<sup>3</sup> au niveau du pont de Péone. On estime donc, une zone de dépôt qui pourra stocker de 10 000 à 15 000 m<sup>3</sup>(scénario sans lave du Réal).

La faible capacité de transport sur le bief 2 va limiter l'entrée des matériaux dans le bief aval. Bien que les deux premiers biefs aient une pente relativement élevée (entre 10 et 13 %) et donc une forte capacité de transport, seuls 12 000m<sup>3</sup> pourront entrer dans le bief 1. Cette capacité suffira à dégager les apports de l'Aygue blanche.

## **ANNEXE 1.4 : Hauteur d'eau maximum au niveau du village**

Des mesures de la section d'écoulement au niveau du pont de Péone ont été réalisées. A partir de ces mesures, des calculs hydrauliques ont été effectués, nous renseignant sur les capacités d'écoulement et sur les hauteurs d'eau maximales au niveau de cet ouvrage.

### Les données :

Largeur du lit du Tuébi sous le pont : 25 m  
Hauteur entre le lit et le tablier : 5,80 m  
Pente : 8 %

### Calcul du débit passant pour une hauteur de 5,80 m

On obtient pour une hauteur de 5,80 m sous le tablier, un débit d'écoulement maximum de 2000 m<sup>3</sup>/s alors que le débit de pointe estimé lors d'une crue centennale est de 80 m<sup>3</sup>/s. La crue pourrait donc largement s'écouler en dessous du pont.

### Calcul de la hauteur d'eau pour un débit centennal

Pour un débit pris équivalent à 80 m<sup>3</sup>/s, on obtient une hauteur d'eau de 0,80m, bien inférieure à la hauteur du pont sous le tablier.



## ANNEXE 1.5 : Tableaux de description de l'historique des phénomènes naturels

Tableau 14- Historique des phénomènes de mouvements de terrain recensés

Indice	Date	Localisation	Phénomène	Dégâts occasionnés	Informations complémentaires	Source documentaire
mvt-01		Le Tuébi (rive gauche au niveau du barrage F)	Glissement	Glissement ancien nommé A		Archives RTM Rapport géologique G.Grandjean, septembre 1969
mvt-02		Le Tuébi (rive gauche en amont du barrage G)	Glissement	Glissement ancien nommé B		Archives RTM Rapport géologique G.Grandjean, septembre 1970
mvt-03		Le Tuébi (rive gauche au niveau du barrage H)	Glissement	Glissement ancien nommé C		Archives RTM Rapport géologique G.Grandjean, septembre 1971
mvt-04		Le Tuébi (rive gauche en amont du barrage H)	Glissement	Glissement ancien nommé D		Archives RTM Rapport géologique G.Grandjean, septembre 1972
mvt-05		Le Tuébi (rive gauche à la côte 1779)	Glissement	Glissements anciens emboîtés nommé E		Archives RTM Rapport géologique G.Grandjean, septembre 1973
mvt-06	années 1920-1930	Le Réal (rive droite)	Glissement	Volume de matériaux mobilisés: 2 000 000 m3		Archives RTM Etude BRGM
mvt-07	Années 1920	La Colle Les Valeyrettes	Eboulement	Déviations du chemin vicinal		Archives départementales
mvt-08	19 juillet 1944	Péone	Eboulement	Gros orage provoquant un éboulement à Péone		Archives RTM Recueil journalier
mvt-09	28 janvier 1966	Les Baumettes	Glissement	Après de fortes pluies		Archives RTM Recueil journalier
mvt-10	1977	Le Réal	Glissement	Effondrement d'un pan très important de la couverture morainique. Volume estimé à plusieurs centaines de m3		Archives RTM etude CEMAGREF
mvt-11	15 avril 1982	Le Réal	Glissement/ Eboulement			Archives RTM Recueil journalier
mvt-12	14 mai 1988	Le Réal	Chute de blocs	Chute de blocs sur la piste		Archives RTM Recueil journalier
mvt-13	début novembre 1991	Le Réal	Glissement	Glissement sur une dizaine de mètres de hauteur. Volume estimé à 50 000 m3. Les terrains constituaient la berge boisée de la forêt communale de Péone	Abattage des arbres en sursis pour prévenir le risque d'embâcle. Altitude la couronne :1770m. Altitude du pied: 1550 m. Photos	Archives RTM et recueil journalier
mvt-14	28 décembre 2002	D29 en aval du village	Eboulement	Chute de blocs sur la chaussée	Volume estimé à 130 m3	Fiche événement RTM
mvt-15	Hiver 2003-2004	Le Serre	Eboulement	Chute de blocs dans un champs au abords des habitations	Volume des matériaux mobilisés :1,5 et 2 m3	Terrain

**Tableau 15- Historique des phénomènes de crues torrentielles recensés**

Indice	Date	Localisation	Phénomène	Dégâts occasionnés	Informations complémentaires	Source documentaire
T-01	28 avril 1861	Pont sur le Tuébi	Crue du Tuébi	La digue ainsi que la culée gauche du pont sur le Tuébi a été en partie détruite		Archives départementales
T-02	11 juin 1863	en amont de la passerelle, sur le Tuébi, en face du village	Erosion de berges	Une partie de la digue a été emportée en rive gauche		Archives départementales
T-03	26 octobre 1886	Rive gauche du Tuébi	Erosion de berges	destruction d'une partie de la digue	Digue construite en 1858	Archives départementales
T-04	1890	Rive gauche du Tuébi	Erosion de berges	destruction d'une partie de la digue, elle est emportée sur 22 mètres. Des champs ont également été emportés	Digue construite en 1858	Archives départementales
T-05	12 juin 1899	Le Tuébi	Crue du Tuébi	Dommages au chemin n°29		Archives communales
T-06	Printemps 1900	Le Tuébi	Crue du Tuébi	Destruction d'une digue		Archives communales
T-07	1920	Le Réal	Crue du Réal	Lave provoquant des dégâts sur les prairies		Thèse I.Bonnet-Staub
T-08	Novembre 1926	Péone	Erosion de berges	le torrent emporte un hectare de pré		Archives RTM- Thèse I.Bonnet-Staub
T-09	1934-1935	entre le tunnel et l'endroit où la digue domine le chemin de Péone à Roya sur le Tuébi	Crue du Tuébi	le torrent a franchi sa digue et a envahi une partie des terrains cultivés	Demande de rehaussement et de renforcement de la digue	Archives départementales et communales
T-10	10 septembre 1935	Le Réal	Crue du Réal	orage intense qui a provoqué le remplissage des fouilles d'un barrage en construction (barrage n°3 ou 4)		Archives RTM Recueil journalier
T-11	été 1937	Le Réal	Crue du Réal	Succession de crues pendant la construction du contre-barrage 1 provoquant le remplissage des fouilles		Archives RTM Recueil journalier
T-12	30 septembre 1938	Le Réal	Erosion de berges	Eboulement de la berge en rive droite au niveau du barrage V et une partie de l'aile était menacée		Archives RTM Recueil journalier
T-13	28 août 1947	Le Réal et le Tuébi	Dépôt de matériaux	Comblement du Tuébi et du Réal, sur son parcours dans le reboisement		Archives RTM Recueil journalier
T-14	été 1952		Crue du Tuébi	Lave		Thèse I.Bonnet-Staub
T-15	Novembre-décembre 1954	Le Tuébi (digue protégeant le CD61)	Crue du Tuébi	Affouillement d'une partie de la digue (rive gauche)	La passerelle du hameau des Baumettes a été emportée	Archives communales
T-16	14 juin 1957	Le Tuébi	Crue du Tuébi	Le mois de juin a été un mois particulièrement pluvieux. Estimation des pluies à 600 mm en une semaine au moins sur les hauts bassins. Pas d'observation	Le niveau atteint lors de cet événement serait, d'après témoignage, 1 m en dessous du pont	Archives RTM B.E Hydrologie des A-M. DDA 1971 et témoignage
T-17	14 juillet 1959	le Réal	Crue du Réal	Dégâts sur les constructions des barrages		Archives RTM Recueil journalier
T-18	24 juillet 1964	Le Tuébi	Crue du Tuébi	Le contre-barrage n°1 est affouillé sur 1,5 m de hauteur et des blocs d'environ 2 m3 sont restés en suspension sur la cuvette		Archives RTM Recueil journalier
T-19	26 avril 1966	Col de Crous	Dépôt de matériaux-embâcle	Formation d'un embâcle sous le Col de Crous qui aurait cédé dans la matinée du 27 avril provoquant une crue dans le Tuébi. Un ouvrage a été fissuré		Archives RTM Recueil journalier
T-20	29 août 1968	Le Réal	Crue du Réal	Le torrent a débordé sur l'aile gauche du barrage n°3, le passage à gué est impraticable, dégâts sur le contre-barrage de l'ouvrage n°2 (1955) et les		Archives RTM Recueil journalier

				gabions protégeant le mur de l'aile droite du contre-barrage de l'ouvrage de 1967 ont été emportés		
T-21	29 août 1968	Le Tuébi	Crue du Tuébi	Affouillement du contre-barrage F		Recueil photo RTM
T-22	01 novembre 1968	Le Tuébi	Crue du Tuébi	Comblement des fouilles du contre-barrage G, chute de blocs sur la cuvette et piste d'accès au chantier ensevelie		Archives RTM Recueil journalier
T-23	03 juin 1971	Le Réal	Crue du Réal	Lave		Archives RTM compte rendu de visite.
T-24	15 septembre 1975	Le Tuébi	Crue du Tuébi	Piste d'accès à un barrage a été coupée et éboulée.		Archives RTM Recueil journalier
T-25	29 août 1976	Le Réal	Crue du Réal	Le chantier du barrage n°6 est enfoui sous une lave torrentielle		Archives RTM Recueil journalier
T-26	16 octobre 1979	Le Tuébi	Crue du Tuébi	Dégâts sur les ouvrages RTM : pierres de couronnement de cuvettes emportées, ailes en béton cassées, destruction de mur de soutènement de rive, affouillement important de berges avec risque de contournement de 2 barrages		Recueil photo RTM et archives RTM- Fiche événement
T-27	26-27 juillet 1981	Le Tuébi	Crue du Tuébi	Le niveau du lit en amont du tunnel est monté. Aux barrages B1, D et E, la lave a complètement utilisée la cuvette et a débordé (présence de boue sur la partie horizontale des ailes)		Archives RTM Recueil journalier
T-28	octobre 1981	Le Tuébi	Crue du Tuébi	Dépôt de matériaux dans le lit du torrent		Recueil photo RTM
T-29	11 juillet 1983	Le Tuébi	Crue du Tuébi	Une dizaine de blocs (de 1 à 2 m3) se sont arrêtés sur la cuvette du barrage C1 et l'aile a été submergée par la lave. Au contre-barrage D1, la pierre de couronnement a été enlevée. Au barrage D, la lave est passée sur l'aile rive droite		Archives RTM Recueil journalier
T-30	19 septembre 1984	Le Tuébi	Erosion de berges	Ecroulement de la berge au barrage H		Archives RTM Recueil journalier
T-31	Septembre 1985	Le Tuébi	Crue du Tuébi	Lave		Thèse I.Bonnet-Staub
T-32	Juillet 1986	Le Tuébi	Crue du Tuébi	Dégâts sur les ouvrages. Barrage C : pierres de couronnement emportées, barrage D :couronnement ébréché et barrage H :la lave est passée sur la totalité de la longueur de l'ouvrage avec formation d'un embâcle. Le gué des Baumettes et "de la cabine" sont impraticable. Les matériaux se sont déposés en aval du barrage A, jusqu'au pont de Péone.		Archives RTM Recueil journalier
T-33	14 mai 1988	Le Réal	Dépôt de matériaux	Le gué est impraticable		Archives RTM Recueil journalier
T-34	6 août 1988	Le Tuébi	Erosion de berges/dépôts de matériaux	La « lave » est partie de l'aval du barrage H et s'est arrêtée à la confluence avec l'Aygue Blanche. La berge rive gauche entre le barrage C' et D est affouillée	Demande de travaux d'enrochement pour la protection des maisons entre la ferme Baudin et LesBaumettes	Archives RTM Recueil journalier
T-35	11 juillet 1989	Le Réal	Crue du Réal	La lave a comblé le passage sous la passerelle à l'aval du passage à gué de la piste des Chardonnières		Archives RTM Recueil journalier
T-36	août 1990	Le Tuébi	Crue du Tuébi	Lave		Thèse I.Bonnet-Staub

T-37	1er juillet 1993	le Tuébi	Crue du Tuébi		Orage centré sur le haut-bassin du Tuébi et de son affluent la Lavanche	Recueil photo RTM
T-38	17 octobre 1994	Le Réal	Crue du Réal	Lave. Engrèvement du passage à gué sur la route d'Alliège		Thèse I.Bonnet-Staub
T-39	20 octobre 1994	Le Réal	Crue du Réal	Engrèvement du passage à gué sur la route d'Alliège		Thèse I.Bonnet-Staub
T-40	5-6 novembre 1994	en aval de Péone sur le Tuébi	Erosion de berges	Affouillement de la demi-chaussée puis jusqu'à la limite de la chaussée		Etude CEMAGREF "Crue du Var 1994" Fiche d'enquête ONF Vh51
T-41	5-6 novembre 1994	le Parc croisement Tuébi-La Lavanche	Dépôt de matériaux-embâcle			Etude CEMAGREF "Crue du Var 1994" Fiche d'enquête ONF Vh52
T-42	5-6 novembre 1994	Le Tuébi	Erosion de berges	Le torrent a emporté le terrain d'un particulier		Etude CEMAGREF "Crue du Var 1994" Fiche d'enquête ONF Vh53
T-43	5-6 novembre 1994	La Charrière croisement Tuébi-Réal	Erosion de berges/dépôts de matériaux		La Digue protégeant Péone a bien tenu	Etude CEMAGREF "Crue du Var 1994" Fiche d'enquête ONF Vh54
T-44	5-6 novembre 1994	La Baumette croisement La Surde-Tuébi	Erosion de berges			Etude CEMAGREF "Crue du Var 1994" Fiche d'enquête ONF Vh55
T-45	5-6 novembre 1994	Le Parc La Lavanche	Erosion de berges	Erosion de berges sur 100 m. Une partie d'un pré a été emportée en rive gauche		Etude CEMAGREF "Crue du Var 1994" Fiche d'enquête ONF Vh56
T-46	Mai 1995	La Baumette	Erosion de berges	Le torrent vient frapper et détériorer les prés du lieu-dit "La Sourde" et le passage menant sur le lieu-dit "Farodet". Affouillement du contre-barrage Y dans le Tuébi.	Demande de modification du cours d'eau car c'est un remblai sur la rive droite au lieu-dit de "La Grave" qui dévie le cours d'eau.	Archives RTM
T-47	août 1997	Le Tuébi	Crue du Tuébi			Recueil photo RTM
T-48	10 juin 1998	Le Tuébi	Crue du Tuébi	Affouillement sur le contre-barrage Y		
T-49	2002	Le Tuébi	Erosion de berges	Erosion de berges ayant emportées une partie de la RD 61 en amont du tunnel		Données Subdivision de Guillaumes
T-50	08 juillet 2004	Le Tuébi	Crue du Tuébi	La lave torrentielle a atteint le pont au niveau du village	La crue se serait produite après un orage de forte intensité mais de durée très courte, environ 1/2 heure d'après les témoignages.	Terrain et témoignage
T-51	08 juillet 2004	Le Réal	Crue du Réal	La lave s'est arrêtée en amont du radier	La crue se serait produite après un orage de forte intensité mais de durée très courte,	Terrain et témoignage



					environ 1/2 heure d'après les témoignages.	
T-52	08 juillet 2004	Le Rinier	Crue du Rinier	dépôts de matériaux sur le passage a gué	La crue se serait produite après un orage de forte intensité mais de durée très courte, environ 1/2 heure d'après les témoignages.	Terrain et témoignage

## **ANNEXE 1.6 : Modifications apportées au PPR suite à l'enquête publique**

### Rapport de présentation

- Des rectifications sur la forme ont été apportées.
- Une description des modifications apportées au plan de prévention des risques a été annexée au rapport de présentation.

### Modification du règlement mouvements de terrain

- Des rectifications sur la forme ont été apportées.
- Pour les extensions de bâtiments existants en zone d'indice G\*, l'adaptation du système d'assainissement autonome existant ou son remplacement lorsque celui-ci est insuffisant ou caduc a été autorisé.
- L'article III.1 du règlement « mouvements de terrain », limité au projet de règlement au secteur de La Para, a été étendue au secteur de La Serre.

### Modification de la carte d'aléas et du zonage réglementaire de mouvements de terrain

Un déclassement partiel de la parcelle 621 a été retenu. Cependant, tout projet nouveau devra prévoir la réalisation de travaux de protection contre les chutes de blocs, qu'ils soient actifs ou passifs.

**Une partie de la parcelle a donc été reclassée en aléa limité LEb2E1 et en zone bleue.**

### Modification du règlement crues torrentielles

- Des rectifications sur la forme ont été apportées.
- Le règlement crues torrentielles n'interdit plus strictement l'implantation de station d'épuration dans les zones rouges de crues torrentielles, il spécifie désormais : « Les équipements et ouvrages techniques nécessaires au fonctionnement des services publics, lorsque cette implantation répond à une nécessité technique ou environnementale impérative, sans occupation humaine permanente, à condition d'assurer la mise hors d'eau des équipements sensibles et que leur vulnérabilité soit restreinte».