

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Liberté Égalité Fraternité

PRÉFECTURE DE LA HAUTE-GARONNE



Direction
Départementale
de l'Équipement

Haute-Garonne

Plan de Prévention des Risques Naturels Prévisibles

ANTIGNAC
CIER-DE-LUCHON
SALLES-ET-PRATVIEL

Pièce II

Base d'étude

Table des matières

PRÉAMBULE	1
CHAPITRE 1 - DYNAMIQUE DES PHÉNOMÈNES NATURELS	2
1 ANALYSE HYDROLOGIQUE	2
1.1 <i>Les précipitations</i>	2
1.2 <i>Stations hydrométriques utilisées</i>	5
1.3 <i>Estimation des débits de crue</i>	5
1.4 <i>Estimation des crues observées</i>	7
1.5 <i>Synthèse des études hydrologiques</i>	8
2 LES PHÉNOMÈNES TORRENTIELS	9
2.1 <i>Le transport solide dans le bassin de la Pique à l'amont de Luchon</i>	9
2.2 <i>Le transport solide dans le bassin de l'One</i>	10
2.3 <i>Les dispositifs de correction torrentielle</i>	10
3 CONFRONTATION DES ÉTUDES HYDRAULIQUES	12
CHAPITRE 2 - CARTOGRAPHIE DES ALÉAS	13
1 MÉTHODOLOGIE	13
1.1 <i>Détermination de l'aléa inondation par la Pique</i>	14
1.2 <i>Détermination de l'aléa « crue torrentielle »</i>	15
1.3 <i>Détermination de l'aléa « mouvement de terrain »</i>	16
1.3.1 <i>Les chutes de pierres et de blocs</i>	16
1.3.2 <i>Les glissements de terrain</i>	17
1.4 <i>Détermination de l'aléa « avalanche »</i>	18
1.5 <i>Prise en compte de l'aléa « séisme »</i>	18
2 REPRÉSENTATION DE L'ALÉA	19
2.1 <i>Remarques relatives au zonage</i>	19
ANNEXES	21
BIBLIOGRAPHIE	21

Plan de Prévention des Risques Naturels Prévisibles

Préambule

Ce document présente l'ensemble des éléments techniques et méthodologiques utilisés lors de l'élaboration des plans de prévention des risques naturels prévisibles des communes de la moyenne vallée de la Pique (ANTIGNAC, CIER-DE-LUCHON et SALLES-ET-PRATVIEL). Il complète et justifie les informations figurant dans les notes de présentation communales.

Cette base d'étude présente notamment les études techniques disponibles. Les principes et méthodes mis en œuvre pour l'établissement des divers documents constituant les PPR sont exposés.



Avertissement.

Les nombres indiqués entre crochets [] font référence aux documents consultés dont une liste exhaustive figure en annexe.

Chapitre 1 - Dynamique des phénomènes naturels

Les informations les plus abondantes sont relatives à La Pique, et plus spécifiquement aux conditions d'écoulement de ses crues. Les autres phénomènes n'ont fait l'objet ni d'études globales à petite échelle ni, au contraire, d'études spécifiques réalisées dans le cadre de projets d'aménagement.

L'étude de programmation du bassin de la Pique [5] n'est pas évoquée ici mais la cartographie synthétique à 1/25 000 qu'elle comporte a servi de base à l'élaboration des cartes communales de localisation des phénomènes (cartes annexées aux notes de présentation communales).

L'ensemble des documents consultés, dont une liste exhaustive est présentée en annexe, nous a été transmis par les services déconcentrés de l'Etat chargé du suivi des PPR de la moyenne vallée de la Pique.

1 Analyse hydrologique

Notre objectif n'est pas de présenter l'ensemble des informations hydrologiques disponibles sur la zone d'étude mais de synthétiser les principaux résultats utilisés dans le cadre des études préalables aux PPR.

1.1 Les précipitations

Les données pluviométriques exploitées dans les diverses études consultées proviennent des postes pluviométriques implantés dans la région. Le tableau n°1 présente ces divers postes.

Des données pluviométriques à faibles pas de temps ne sont mesurées que par trois postes dont deux gérés par EDF. Seules les données du poste de SAINT-GIRONS ont été analysées dans les études consultées.

Les ajustements de lois à trois paramètres aux données disponibles ont permis (cf. [3]) l'établissement de relations du type Hauteur - Durée - Fréquence pour les précipitations décennales et pour le gradex des pluies.

$$P = \frac{a \cdot t}{c}$$

et

$$g = \frac{a' \cdot t}{c'}$$

Les résultats obtenus ont été modulés pour prendre en compte la situation du poste de SAINT-GIRONS, situé en dehors de la zone montagneuse.

<i>poste</i>	<i>altitude</i>	<i>période d'exploitation</i>	<i>remarque</i>
Centrale du Portillon	1130 m	1922 - 1938 et 1961 - 1992 [1] 1955 - 1983 [3]	cité par [1] et [3] avec des périodes d'observation différentes
Bagnères-de-Luchon	620 m	1961 - 1993 [1] 1945 - 1993 [3]	cité par [1] et [3] avec des périodes d'observation différentes
Prat Long	1872 m	1946 - 1956	cité par [1] et [3]
Lac d'Oô	1450 m	1933 - 1960	cité par [1] et [3]
Oô	980 m	1962 - 1993	cité par [1] et [3]
Ravi	820 m	1945 - 1973	cité par [1] et [3]
Saint-Paul d'Oueil	1130 m	1945 - 1973	cité par [1] et [3]
Saint-Lary Soulan	827 m	1961 - 1993	cité par [3]
Guchen	805 m	1961 - 1993	cité par [3]
Arreau Bordères	722 m	1961 - 1993	cité par [3]
Génos	1250 m	1961 - 1993	cité par [3]
Saint-Girons	390 m	1963 - 1987	cité par [3], données à faible pas de temps disponibles

Tableau n°1 : Les postes pluviométriques de la zone d'étude, d'après les études consultées.

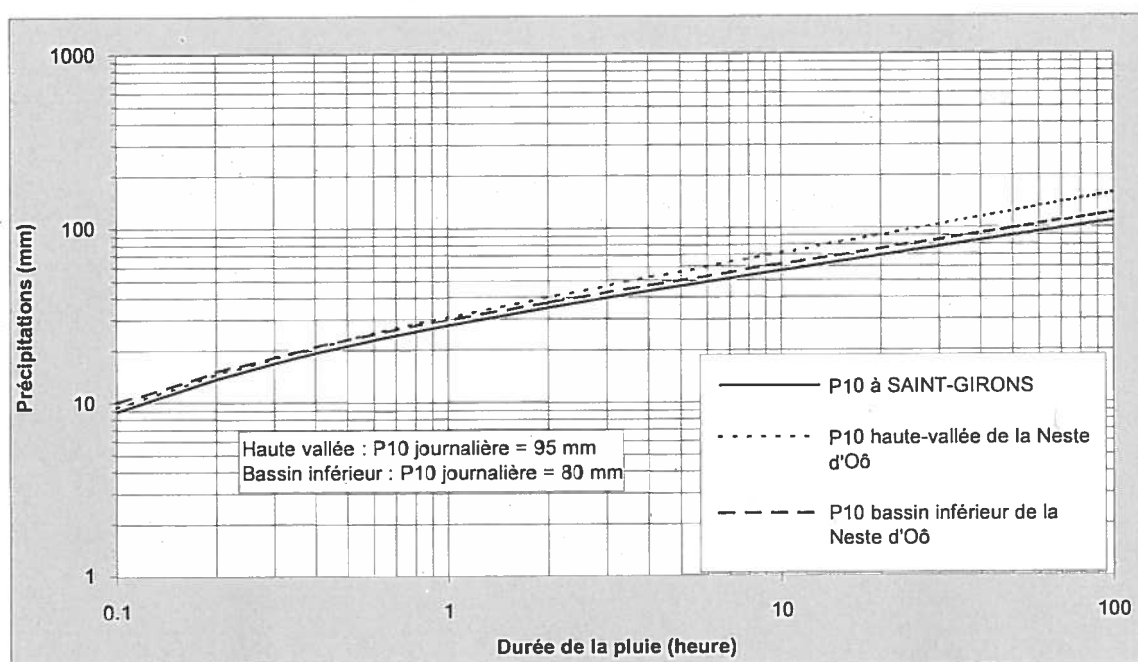


Figure n°1 : Courbes Hauteur - Durée - Fréquence sur le bassin versant de la Neste d'Oô d'après ETRM ([3]).

Le tableau n°2 présente les principaux résultats obtenus en ce qui concerne l'analyse des précipitations journalières. Ces valeurs proviennent d'analyses statistiques portant sur les données disponibles pour les divers postes.

poste	altitude	précipitations décennales	précipitations centennales	Gradex
Centrale du Portillon	1130 m	118 mm	180,0 mm	26,2 mm
Bagnères-de-Luchon	620 m	76,2 mm	115,0 mm	17,0 mm
Prat Long	1872 m	112,0 mm	158,0 mm	20,0 mm
Lac d'Oô	1450 m	77,0 mm	137,0 mm	19,4 mm
Oô	980 m	74,4 mm	109,0 mm	15,7 mm
Ravi	820 m	68,7 mm	95,0 mm	11,2 mm
Saint-Paul d'Oueil	1130 m	78,1 mm	118,0 mm	17,5 mm
Saint-Lary Soulan	827 m	71,8 mm	108,0 mm	16,0 mm
Guchen	805 m	87,1 mm	141,0 mm	23,2 mm
Arreau Bordères	722 m	75,4 mm	107,0 mm	13,4 mm
Génos	1250 m	99,4 mm	143,0 mm	18,8 mm

Note : les valeurs estimées pour le poste de Guchen sont décrites comme peu fiables.

Tableau n°2 : Estimations des précipitations journalières décennales, centennales et du Gradex des pluies de 24 h pour les postes pluviométriques de la zone d'étude ([3]).

Dans la partie haute du bassin versant de l'One (haute vallée de la Neste d'Oô), les précipitations journalières décennales sont estimées à 95 mm et le Gradex des pluies de 24 h à 20 mm. Pour la

partie basse du bassin versant, les précipitations journalières décennales sont estimées à 80 mm et le Gradex des pluies de 24 h à 18 mm ([3]).

1.2 Stations hydrométriques utilisées

Il n'existe plus sur le bassin versant de la Pique qu'une seule station hydrométrique en activité. Il s'agit de l'échelle d'annonce de crue de LUCHON - SAINT-MAMET, pour laquelle il n'existe pas de courbe de tarage. D'autres stations (cf. tableau n°3) ont fonctionné pour des périodes variables depuis la fin du XIX^{ème} siècle.

<i>rivière</i>	<i>station</i>	<i>altitude</i>	<i>bassin versant</i>	<i>période d'observation</i>
la Pique	Lapadé	797 m	81,0 km ²	1906 - 1920
la Pique	Luchon	630 m	100,0 km ²	1877 - 1993
le Lys	Bonneau	900 m	43,5 km ²	1912 - 1922
l'One	Mousquères	665 m	142,0 km ²	1913 - 1920
la Neste d'Oô	Lac d'Oô	1500 m	22,0 km ²	1883 - 1917
la Neste d'Oô	Oô	965 m	43,0 km ²	1923 - 1941
la Neste de Garin	Garin	1107 m	30,0 km ²	1919 - 1956
la Neste d'Oueil	Saint-Paul	1056 m	30,0 km ²	1919 - 1966*
la Pique	Cier de Luchon	582 m	300,0 km ²	1906 - 1951
le Lys	Pique supérieure	1077 m	28,1 km ²	1929 - 1940
la Pique	Pique supérieure	1000 m	50,5 km ²	1943 - 1971
la Pique	Ravi	826 m	80,0 km ²	1944 - 1975

*1934 - 1966 selon [3]

Tableau n°3 : Stations hydrométriques ayant fonctionné sur la Pique ou ses affluents d'après le CEMAGREF [8].

Une publication de l'Agence Financière de Bassin Adour-Garonne présentant les débits critiqués des stations anciennes ne retient sur l'ensemble de ces données que les mesures effectuées sur la Pique à CIER-DE-LUCHON pour la période 1920 - 1930 (publication citée par [8], repris par [1]). Ces données apparaissent dans leur ensemble comme peu fiables et difficiles à exploiter.

Les mesures effectuées sur la Neste d'Aure (bassin versant de 602 km²) ont été utilisées compte tenu de la durée des observations (28 années) et des similitudes entre ce bassin et celui de la Pique. De même, les stations de FOS sur le Maudan (37,6 km²), et de PHELIPS sur le Salat (40,6 km²) ont été utilisées à des fins de comparaison avec le bassin de la Pique (cf. [8]).

1.3 Estimation des débits de crue

Les études consultées font état de diverses méthodes d'estimation pour les débits instantanés de crue. Ces méthodes se répartissent en trois grandes familles :

1. Les méthodes sommaires de type statistique ou pseudo-déterministe. Ces méthodes sont fondées sur l'analyse statistique multi-critères de bassins versants jaugés. Elles font intervenir des paramètres tels que la pluie journalière décennale et la superficie du bassin versant ainsi que des coefficients « régionaux » permettant la prise en compte des particularités géologiques ou météorologiques régionales. Les plus utilisées sont les méthodes CRUPEDIX, SCS, SOGREAH, Synthèse Sud-Est.
2. L'analyse des débits mesurés sur les bassins versants de la Pique ou de l'One. C'est la méthode à la fois la plus directe et la plus précise si l'on dispose de données satisfaisantes tant en quantité qu'en qualité. Toutefois, les mesures disponibles sont rares et/ou anciennes et leur exploitation difficile.
3. La transposition des débits estimés pour des bassins versants voisins comparables pour lesquels on dispose de séries de mesures satisfaisantes. La formule la plus fréquemment utilisée dans les études consultées est la suivante :

$$Q_{\text{bassin2}} = Q_{\text{bassin1}} \times \left(\frac{S_{\text{bassin2}}}{S_{\text{bassin1}}} \right)^{0,8}$$

Cette méthode a également été utilisée (étude [1]) pour comparer les débits estimés pour divers sous-bassins de la Pique et de l'One.

Dans la plupart des cas, ces diverses méthodes ont été utilisées conjointement. Notons que, si les diverses méthodes de calcul fournissent des résultats assortis d'intervalles de confiance, les valeurs finalement retenues correspondent aux choix effectués par les chargés d'études. Ces valeurs « de projet » ne sont donc assorties d'aucun intervalle de confiance.

Les principaux résultats obtenus dans les études consultées sont présentés dans le tableau n°4.

<i>bassin versant</i>	<i>superficie</i>	<i>débit décennal</i>	<i>débit centennal</i>	<i>source</i>
La Pique à CastelViel	84,4 km ²	50 m ³ /s	75 m ³ /s	CEMAGREF [8]
La Pique à Saint-Mamet	100 km ²	55 m ³ /s	145 m ³ /s	BCEOM 1993 [6]
La Pique à Saint-Mamet	100 km ²	40 m ³ /s	140 m ³ /s	CG 1993 [7]
La Pique	364 km ²	130 m ³ /s	240 m ³ /s	SOGREAH cité par [1]
L'One amont pont de Barcugnas	133 km ²	67 m ³ /s	172 m ³ /s	ETRM [3]
L'One	143,5 km ²	71,2 m ³ /s	182,2 m ³ /s	BCEOM 1996 [1]

Tableau n°4 : Les débits de période de retour 10 ans et 100 ans proposés dans diverses études pour la Pique et l'One.

L'étude des zones inondables caractéristiques de la Pique et de l'One [1] réalisée par BCEOM en 1996 est le document le plus récent et le plus global disponible sur la zone étudiée.

Le tableau n°5 présente la synthèse des résultats obtenus par cette étude. Ces valeurs intègrent les résultats des études antérieures.

<i>bassin versant</i>	<i>superficie</i>	<i>débit décennal</i>	<i>débit centennal</i>	<i>débit spécifique centennal</i>
La Pique amont du torrent de Burbe	85,5 km ²	50 m ³ /s	126,7 m ³ /s	1,485 m ³ /s/km ²
La Pique aval du torrent de Burbe	94,5 km ²	54 m ³ /s	139 m ³ /s	1,470 m ³ /s/km ²
La Pique amont du confluent de l'One	108,0 km ²	58,5 m ³ /s	155 m ³ /s	1,435 m ³ /s/km ²
La Pique aval du confluent de l'One	251,5 km ²	110 m ³ /s	315,2 m ³ /s	1,250 m ³ /s/km ²
La Pique aval du ruisseau de Bourgs	270,5 km ²	118 m ³ /s	338,7 m ³ /s	1,250 m ³ /s/km ²
La Pique aval du ruisseau de Barradé	288,5 km ²	124 m ³ /s	359 m ³ /s	1,245 m ³ /s/km ²
La Pique au pont de Luret	301 km ²	128 m ³ /s	374 m ³ /s	1,240 m ³ /s/km ²
L'One amont du pont de Barcugnas	143,5 km ²	71 m ³ /s	182 m ³ /s	1,270 m ³ /s/km ²

Tableau n°5 : Estimation des débits de pointe décennaux et centennaux en divers points des bassins versants de la Pique et de l'One selon BCEOM.

1.4 Estimation des crues observées

La crue de 1925 est considérée comme la plus importante des crues observées sur le bassin de la Pique. Diverses estimations de débits ont été effectuées depuis la crue mais les valeurs restent approximatives.

« On trouve dans les archives de nombreux récits de la crue de juillet 1925 mais peu d'évaluation chiffrée. Et celles qui sont fournies semblent assez fantaisistes : ainsi un rapport estime la crue à 452 m³/s pour l'One et à 341 m³/s pour la Pique à Luret, pourtant situé bien à l'aval de la confluence de l'One et de la Pique. D'autres ont annoncé des débits de 400 m³/s pour la Pique en amont de Luchon ! »

in Etude du barrage de Castelvieux [8]

Le tableau n°6 présente les estimations citées dans les diverses études consultées. Notons que la crue de 1929, qui causa beaucoup moins de dommages, a été estimée à 137 m³/s au pont de SAINT-MAMET par le rapport Pendaries (cité par [8]). Cette crue s'accompagnât d'un transport solide bien moindre que celui observé en juillet 1925.

<i>source</i>	<i>Estimation des débits instantanés</i>		
	La Pique à Saint-Mamet (100 km ²)	L'one (133 km ²)	La Pique à Cier de Luchon (300 km ²)
rapport Services Ordinaires, hydrauliques et de la Navigation cité par [3]	250 m ³ /s	350 m ³ /s	-
rapport Pendaries cité par [3]	125 m ³ /s	175 m ³ /s	300 m ³ /s
rapport Pendaries cité par [8]	125 m ³ /s	-	300 m ³ /s
rapport Agence Financière de Bassin cité par [8]	-	-	130 à 145 m ³ /s

Tableau n°6 : Estimations des débits de la crue de juillet 1925.

Les précipitations enregistrées en juillet 1925 sont de 200 mm en trois jours¹, soit une période de retour d'environ 50 ans si l'on considère les précipitations enregistrées au Portillon (d'après [8]).

La crue des 7 et 8 novembre 1982 fut consécutive à des pluies très intenses sur le haut bassin de la Pique. Selon l'étude CEMAGREF sur le barrage de Castelvieil ([8]), les précipitations enregistrées au poste du Portillon furent en effet de 270 mm en 48 h et de 195 mm en 24 h (valeurs non centrées). Les précipitations maximales sur 24 h atteignirent 229 mm entre le 7 novembre à 2 h et le 8 novembre à 2 h. La période de retour d'un tel épisode pluvieux est très grande (millénaire ?) mais la crue fut beaucoup moins exceptionnelle, probablement du fait de la rétention nivale en altitude. Le bassin de l'One fut relativement peu arrosé lors de cet épisode.

<i>Sources d'information</i>	<i>Estimation des débits instantanés</i>		
	La Pique à Castelvieil (84,5 km ²)	La Pique à Saint-Mamet (100 km ²)	La Pique à Cier de Luchon (300 km ²)
Etude du barrage de Castelvieil [8]	50 m ³ /s	125 m ³ /s*	-
rapport SOGREAH cité par [3]	-	-	100 à 120 m ³ /s
Etude BCEOM [1]	-	105 m ³ /s	-

*estimation sur la base d'une hauteur à l'échelle influencée par le transport solide

Tableau n°7 : Estimations des débits de la crue de novembre 1982.

Pour la crue de 1982 comme pour la crue de 1925, l'importance du transport solide et les modifications de sections qu'il provoque rendent l'interprétation des observations et de mesures très délicate.

1.5 Synthèse des études hydrologiques

Afin de disposer de valeurs de référence homogènes et compatibles avec le zonage des aléas, il semble judicieux de retenir les valeurs prise en compte pour la modélisation effectuée par BCEOM dans le cadre de l'Etude des zones inondables caractéristiques de l'One et de la Pique [1].

¹ L'étude [3] fait état de précipitations de 200 mm sur deux jours et d'une période de retour de 350 ans environ sur la base des ajustements effectués pour le poste de LUCHON.

<i>bassin versant</i>	<i>superficie</i>	<i>débit de la crue type 1982</i>	<i>débit centennal</i>	<i>débit de la crue type 1925</i>
La Pique amont du torrent de Burbe	85,5 km ²	92 m ³ /s	127 m ³ /s	135 m ³ /s
La Pique aval du torrent de Burbe	94,5 km ²	101 m ³ /s	139 m ³ /s	148 m ³ /s
La Pique amont de l'One	108,0 km ²	111 m ³ /s	155 m ³ /s	166 m ³ /s
One à l'amont du pont de Barcugnas	143,5 km ²	-	182 m ³ /s	194 m ³ /s
La Pique aval de l'One	251,5 km ²	111 m ³ /s	315 m ³ /s	338 m ³ /s
La Pique aval du ruisseau de Bourgs	270,5 km ²	118 m ³ /s	339 m ³ /s	363 m ³ /s
La Pique aval du ruisseau de Barradé	288,5 km ²	124 m ³ /s	359 m ³ /s	385 m ³ /s
La Pique au pont de Luret	301 km ²	128 m ³ /s	374 m ³ /s	401 m ³ /s

Tableau n°8 : Les débits de la Pique et de l'One pris en compte pour la modélisation hydraulique (d'après BCEOM [1]).

Les aménagements hydroélectriques implantés dans le haut bassin de l'One influencent le régime hydrologique et sont susceptibles de laminer les débits de crues si les conditions sont favorables. Ce type de fonctionnement reste toutefois conditionné par la gestion et le remplissage du Lac d'Oô et ne peut donc être pris en compte.

2 Les phénomènes torrentiels

Parallèlement à l'approche hydrologique, certaines des études consultées analysent les crues de la Pique supérieure et de l'One sous l'angle de l'activité torrentielle. Le transport solide joue en effet un rôle primordial dans la dynamique des crues de ces cours d'eau.

Il n'existe pas, à notre connaissance, d'étude spécifique portant sur les autres appareils torrentiels présents dans le périmètre étudié.

2.1 Le transport solide dans le bassin de la Pique à l'amont de Luchon

De vastes zones drainées par la Pique sont sensibles à l'érosion et présentent des signes d'instabilité. Il existe donc d'importantes sources potentielles de matériaux dans le bassin de la Pique supérieure.

Les secteurs qui connurent des érosions intenses au cours du siècle écoulé et qui participèrent aux grandes crues de la Pique ont fait l'objet de travaux de correction et de revégétalisation qui furent globalement efficaces. Il s'agit notamment des bassins du Laou d'Esbas, d'Houradade et de Barguères.

Une estimation du transport solide moyen actuellement observable sur la Pique a été effectuée par le CEMAGREF [8] à partir des mesures effectuées lors du curage du barrage de Castevieil en 1980. Les apports ont été estimés à environ 80 000 m³ sur 20 ans, soit un apport annuel moyen de 4 000 m³. Le taux d'érosion moyen sur cette période fut donc de 50 m³/an/km², valeur considérée comme modérée pour un bassin versant montagnard sensible à l'érosion. Notons que durant la période considérée, la Pique ne connut pas de crue importante.

Aucune estimation du transport solide probable pour une crue de référence n'a été réalisée. Le barrage de Castelvieu est actuellement géré comme une plage de dépôt offrant une capacité de 110 000 m³. Il est considéré comme un élément essentiel du schéma de correction torrentielle de la Pique. La capacité de stockage totale des ouvrages implantés en amont de Luchon est de 200 000 à 300 000 m³ selon l'étude CEMAGREF [8].

2.2 Le transport solide dans le bassin de l'One

Les apports solides des affluents de l'One ont été estimés par ETRM [3] pour une crue centennale. Le tableau n°9 présente les estimations issues de cette étude.

Le barrage établi sur l'One à l'amont de LUCHON offre une capacité d'environ 170 000 m³. Cet ouvrage n'aura vraisemblablement aucun effet sur le débit liquide pour une crue centennale, en revanche, il devrait arrêter l'essentiel des matériaux transportés lors du maximum de la crue. Une part des matériaux pourra être reprise lors de la décrue mais les grilles et l'accumulation des flottants limiteront la quantité de matériaux et la taille des éléments susceptibles d'être concerné.

Le Gourron se jette dans l'One à l'aval du barrage. Son apport pour une crue centennale a été estimé par ETRM [3] à 80 000 m³ dans des conditions défavorables.

<i>bassin versant</i>	<i>apports estimés pour une crue centennale</i>
Neste d'Oô	40 000 m ³
Neste d'Oueil	15 000m ³
One au barrage	60 000 m ³
Le Gourron	80 000 m ³

Tableau n°9 : Estimation des apports solides pour le bassin versant de l'One (d'après ETRM [3])

Des estimations² ont été effectuées pour les crues passées, notamment en ce qui concerne le Gourron et son principal affluent, le Laou d'Escoumes. Pour la crue de 1878, le volume total des laves torrentielles produites par le Gourron fut estimé à 150 000 m³. Une grande partie de ces matériaux provenait des glissements de terrain du Laou d'Escoumes. Lors de la crue de 1925, le Gourron fournit 150 000 à 200 000 m³ de matériaux à l'One, essentiellement sous forme de laves torrentielles.

2.3 Les dispositifs de correction torrentielle

Il semble utile de disposer d'un inventaire sommaire des dispositifs de correction torrentielle existant et des travaux entrepris sur les divers bassins versants. La définition du zonage

² Ces estimations sont issues des études suivantes, citées par ETRM [3] :

« Etude des mouvements de terrain dans le bassin du Gourron, BRGM, 1979 »

« Etude d'un bassin versant. Le Laou d'Escoumes - Gourron, C. Mazenc, RTM de la Haute-Garonne. »

réglementaire intègre en effet le fonctionnement de ces dispositifs et une vision aussi globale que possible est préférable à une approche communale.

<i>torrent</i>	<i>ouvrage</i>	<i>caractéristiques</i>
le ruisseau des Bourgs	plage de dépôt	
le ruisseau de Salens	plage de dépôt	
le Sainte-Christine	seuils, plage de dépôt	la plage de dépôt est située vers 840 m d'altitude
le Cansech	plage de dépôt	la plage de dépôt est située vers 825 m d'altitude
l'One	barrage	ouvrage d'une capacité de 170 000m ³ en amont de Mousquères
le Gourron	nombreux ouvrages	barrages entre 900 et 950 m d'altitude, barrage de sédimentation de 3000 m ³ vers 850 m d'altitude, barrage aval vers 730 m d'altitude.
le Laou d'Escoumes	nombreux seuils	des murs de soutènement ont été réalisés dans les zones en glissement.
le Riou Maynade	seuils	vers 1400 m d'altitude.
la Goutte d'Hilot	seuils	
la Pique	barrage de Castelvieux	capacité 110 000 m ³
la Pique	barrage de correction	10 barrages de 4 m de haut, 20 à 30 m de largeur entre le pont de Jouéou et la confluence de la Glère
la Carraou	plage de dépôt	
le Bagnartigues	chenal artificiel	
r ^{au} du Port de Venasque	barrages	
la Glère	barrages	
le Laou d'Esbas	barrages	
r ^{au} de Barguères		
rau de Bers		
le Lys	barrage du Lys	10 m de hauteur
r ^{au} de Bounéu	barrage	
r ^{au} de Houradade	barrages	capacité totale de stockage estimé à 20 000 m ³ [8]

Tableau n°10 : Les principaux ouvrages de correction torrentielle dans la zone d'étude.

Certains ouvrages tels que les prises d'eau EDF forment des seuils participant à la stabilisation des lits. C'est notamment le cas de la prise d'eau du Riou Maynade.

Outre les ouvrages énumérés ici, de nombreuses actions de génie biologique ont été entreprises. Les plantations effectuées jouent un rôle essentiel dans la lutte contre l'érosion mais leur vieillissement peut se traduire à moyen terme par une reprise des phénomènes érosifs.

Les positifs de correction torrentielle mis en place par le service RTM de la Haute-Garonne depuis plus d'un siècle jouent un rôle essentiel dans le fonctionnement des bassins versants torrentiels. Ils ont largement contribué à stabiliser les phénomènes érosifs même si des épisodes brutaux liés, par exemple, à des glissements de terrains restent possibles.

De tels phénomènes doivent notamment être pris en compte pour le bassin versant du Gourron qui présente de nombreux glissements de terrain. L'efficacité du dispositif de correction torrentiel mis en place dans ce bassin versant doit donc être relativisée pour des épisodes pluvieux de longues durées, susceptibles de générer ou de réactiver des glissements de terrain.

3 Confrontation des études hydrauliques

Les approches des diverses études disponibles sont sensiblement différentes et force est de constater que leurs résultats ne sont pas compatibles sur divers points essentiels. La principale discordance porte sur le fonctionnement de l'One dans la traversée de BAGNERES-DE-LUCHON.

L'étude BCEOM [1] intègre l'One dans la modélisation mais seule la partie basse du cours (à l'aval de l'avenue Maréchal Foch) est prise en compte. Les caractéristiques torrentielles de ce cours d'eau interdisent l'utilisation du modèle exploité par BCEOM sur le reste de la vallée pour la modélisation de la partie amont de son cours. Le débit de projet injecté à l'amont du modèle correspond à l'estimation du débit de la crue type 1925 (cf. tableau n°8) et les débordements de l'One sont modélisés sur cette base.

L'étude de l'One [3] montre que, pour des débits liquides du même ordre de grandeur, des débordements importants (se produiraient à l'amont du secteur modélisé par [1] du fait de la capacité insuffisante des ponts et du transport solide.

L'incidence de ces débordements sur la moyenne vallée de la Pique reste très incertaine. On peut néanmoins considérer que les débordements de l'One dans la ville de BAGNÈRES-DE-LUCHON sont susceptibles de réduire le débit instantané de la Pique à l'aval de la confluence.

En première approximation, on peut donc considérer le zonage Hauteur-Vitesse proposé par BCEOM comme légèrement pessimiste à l'aval de la confluence One-Pique. Toutefois, nous ne disposons pas des éléments nécessaires à la quantification de ce phénomène et les cartes de l'aléa « inondation » des communes d'ANTIGNAC, CIER-DE-LUCHON et SALLES-ET-PRATVIEL sont établis sur cette base.



Chapitre 2 - Cartographie des aléas

La notion d'aléa est complexe et de multiples définitions ont été proposées. Nous retiendrons la suivante, aussi imparfaite qu'elle puisse être :

L'aléa traduit, en un point donné, la probabilité d'occurrence d'un phénomène naturel de nature et d'intensité définies.

Du fait de la grande variabilité des phénomènes naturels et des nombreux paramètres qui interviennent dans leur déclenchement, l'estimation de l'aléa est complexe. Son évaluation reste en grande partie subjective.

1 Méthodologie

La définition de l'aléa impose donc de connaître, sur l'ensemble de la zone étudiée, l'intensité et la probabilité d'occurrence (ou d'apparition) des phénomènes naturels.

L'intensité d'un phénomène peut être appréciée de manière variable en fonction de sa nature même : hauteur et vitesse des écoulements pour une inondation, débits liquide et solide pour une crue torrentielle, volume des éléments pour une chute de blocs, importance des déformations du sol pour un glissement de terrain, etc.. L'importance des dommages causés par des phénomènes passés peut également être prise en compte.

L'estimation de la probabilité d'occurrence d'un phénomène de nature et d'intensité données passe par l'analyse statistique de longues séries de mesures. Elle s'exprime généralement par une **période de retour** qui correspond à la durée moyenne qui sépare deux occurrences du phénomène. Cette démarche peut être mise en œuvre pour les crues des fleuves et rivières et les inondations qu'elles provoquent. Pour d'autres phénomènes - notamment les mouvements de terrain - la probabilité d'occurrence des phénomènes sera généralement appréciée à partir des informations historiques, du contexte géologique et topographique, et des observations du chargé d'étude. En effet, les grandeurs caractéristiques de ces phénomènes sont le plus souvent impossible à mesurer, soit du fait de leur nature, soit du fait de leur caractère instantané (chute de blocs).

Dans le cadre de l'élaboration des PPR des communes de la moyenne vallée de la Pique, la cartographie des aléas nécessite l'application d'une méthodologie spécifique. En effet, les phénomènes étudiés et les données disponibles sont très disparates :

- ♦ Les inondations par la Pique ont fait l'objet d'études hydrauliques détaillées définissant les hauteurs d'eau et les vitesses dans les champs d'inondation ([1] et [2]).
- ♦ Les autres phénomènes (avalanches, chutes de pierres et de blocs, crues des petits appareils torrentiels, glissements de terrain, ruissellement de versant et ravinement) ont fait l'objet d'études ponctuelles ou d'études à petite échelle ([4], [5]).

L'élaboration de la carte des aléas, ici fondée pour l'essentiel sur l'étude des informations existantes (Cf. cahier des charges, § I-1 et I.3.1), doit donc être adaptée aux informations disponibles.

Deux principes sont toutefois appliqués d'une manière systématique :

- ♦ Seulement trois degrés d'aléas sont distingués pour l'ensemble des phénomènes étudiés (aléa faible, aléa moyen et aléa fort). La difficulté à définir l'aléa interdit en effet de rechercher une trop grande précision dans sa quantification.
- ♦ La cartographie des aléas est établie sans tenir compte des ouvrages de protections existants. L'existence de tels ouvrages et leur efficacité probable sont intégrées lors de l'élaboration du zonage réglementaire. Les digues constituent une exception notable à ce principe dans la mesure où elles sont prises en compte dans les modélisations hydrauliques et que l'information disponible les intègre donc de fait.

1.1 Détermination de l'aléa inondation par la Pique

La crue de référence sera la crue de 1925, correspondant aux P.H.E.C. sur la Pique. Cette crue a été modélisée par BCEOM. Dans les zones inondables de la Pique, l'aléa peut être estimé par l'analyse des couples Hauteur-Vitesse. L'étude BCEOM [1] a déterminé 4 classes de hauteurs d'eau (Cf. Tableau n°11) et 3 classes de vitesses (Cf. Tableau n°12). Les vecteurs vitesse ne sont connus (module et direction) qu'en 300 points environ sur la totalité de la zone étudiée (qui excède largement le périmètre des P.P.R.).

<i>Classes</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
<i>Hauteur d'eau</i>	de 0 à 0,5 m	de 0,5 m à 1,0 m	de 1,0 m à 2,0 m	plus de 2,0 m

Tableau n°11 : Classes de hauteurs d'eau dans les zones submersibles de la vallée de la Pique.

<i>Classes</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
<i>Vitesse des écoulements</i>	de 0 à 0,5 m/s	de 0,5 m à 1,0 m/s	plus de 1,0 m/s

Tableau n°12 : Classes de vitesses des écoulements dans les zones submersibles de la vallée de la Pique.

Afin de définir aussi précisément que possible l'aléa lié à l'inondation par la Pique, la démarche envisagée est la suivante :

1. A partir des informations « objectives » issues de l'étude hydraulique BCEOM, une première cartographie de l'aléa est établie, à partir d'une grille Hauteur - Vitesse / Aléa (Cf. tableau n°13). Compte tenu de la méthodologie utilisée pour cette étude

(cartographie automatique des hauteurs d'eau à partir d'un M.N.T.³ à maille de 10 m), la cartographie des aléas ainsi obtenue est découpée selon les mailles du M.N.T.. Ce découpage, bien que très précis, est inutilisable dans le cadre de l'élaboration d'un PPR dans la mesure où il néglige nécessairement des détails topographiques d'extension limitée (remblais, petits obstacles linéaires, etc.).

2. La cartographie préliminaire établie à partir de la grille est validée sur le terrain et les contours sont lissés afin de prendre en compte, dans la mesure du possible, les variations localisées de la topographie. La limite de cette validation est constituée par l'appréciation visuelle de ces particularités topographiques mais, compte tenu des classes de hauteurs d'eau proposées par BCEOM, elle offre a priori une précision suffisante.

<i>vitesse</i> s		<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
		<i>de 0 à 0,5 m/s</i>	<i>de 0,5 à 1,0 m/s</i>	<i>plus de 1,0 m/s</i>
<i>hauteurs d'eau</i>				
<i>1</i>	<i>de 0 à 0,5 m</i>	Faible	Moyen	Moyen
<i>2</i>	<i>de 0,5 m à 1,0 m</i>	Moyen	Fort	Fort
<i>3</i>	<i>de 1,0 m à 2,0 m</i>	Fort	Fort	Fort
<i>4</i>	<i>plus de 2,0 m</i>	Fort	Fort	Fort

Tableau n°13 : Grille d'analyse des informations issues de l'étude hydraulique BCEOM.

Dans les secteurs où les variations de topographiques sont continues, deux possibilités s'offrent à nous. Il est possible de conserver le zonage aléa brut, issu de l'analyse de l'étude hydraulique BCEOM ou d'adopter un « lissage » manuel ou semi-automatique des contours. Il semble préférable d'adopter cette dernière solution afin d'éviter les ambiguïtés du zonage des aléas liées au découpage arbitraire en mailles.

1.2 Détermination de l'aléa « crue torrentielle »

Si aucune étude spécifique n'est disponible et en l'absence d'information historique, la notion de crue de référence n'est pas directement applicable. En effet, l'appréciation de la période de retour d'une crue torrentielle donnée et l'intensité des phénomènes associés sont impossibles à définir lors de simples reconnaissances de terrain. Il semble donc préférable de s'affranchir de cette notion.

Les lames d'eau proposées comme critère doivent être considérées comme des valeurs indicatives. Ces hauteurs ne sont en effet pratiquement jamais connues avec précision. De même, la localisation des points de débordements potentiels est indicative. Elle est fondée sur la topographie du chenal, les conditions probables d'écoulements (possibilité d'embâcles, de sédimentation ou d'affouillement) et sur l'appréciation du chargé d'étude.

³ M.N.T. : Modèle Numérique de Terrain

Aléa	Critères
<i>Aléa fort</i>	Lit mineur du torrent avec bande de sécurité de largeur variable, selon la morphologie du site, l'importance du bassin versant ou/et la nature du torrent.
	Ecoulements préférentiels dans les talwegs et les combes de forte pente.
	Zones affouillées et déstabilisées par le torrent (notamment berges abruptes).
	Zones soumises à des probabilités fortes de débâcles.
	Zones de divagation fréquente des torrents entre le lit majeur et le lit mineur.
	Zones atteintes par des crues passées avec transport solide et/ou lame d'eau de plus de 0,5 m environ.
	Zones situées à l'aval d'un point de débordement potentiel avec possibilité d'un transport solide.
<i>Aléa moyen</i>	Zones situées à l'aval d'un point de débordement potentiel avec écoulement d'une lame d'eau boueuse de plus de 0,5 m environ et sans transport solide.
<i>Aléa faible</i>	Zones situées à l'aval d'un point de débordement potentiel avec écoulement d'une lame d'eau boueuse de moins de 0,5 m environ et sans transport solide.

Tableau n°14 : Critères de détermination de l'aléa de crue torrentielle.

1.3 Détermination de l'aléa « mouvement de terrain »

Afin de limiter la subjectivité du zonage, un ensemble de critères est adopté. Ces critères sont présentés ci-dessous, phénomène par phénomène.

1.3.1 Les chutes de pierres et de blocs

Si aucune étude trajectographique n'est disponible, les critères présentés ci-dessous seront adoptés (cf. tableau n°15). Si une étude trajectographique existe, les zones d'aléa faible, moyen et fort sont définies sur la base des conclusions de cette étude.

Notons que la plupart des modèles trajectographiques disponibles permettent l'estimation des probabilités d'atteinte d'une zone données pour un ensemble de conditions de départ (topographie, forme et masse du bloc etc.) particulières⁴. La probabilité de départ (c'est-à-dire la probabilité d'apparition du phénomène) n'est pas intégrée au calcul. Ceci interdit à notre sens une transcription systématique des probabilités d'atteinte en aléa.

⁴ C'est le cas pour les modèles exploités dans le cadre des études trajectographiques disponibles sur la zone d'étude.

Aléa	Critères
<i>Aléa fort</i>	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), y compris zone de plaine au pied du versant concerné.
	Zones d'impact.
	Zones exposées à des chutes de blocs et de pierres isolées, peu fréquentes (quelques blocs instables dans la zone de départ).
<i>Aléa moyen</i>	Zones exposées à des chutes de blocs et de pierres isolées, peu fréquentes, issues d'affleurements de hauteur limitée (10 - 20 m).
	Zones situées à l'aval des zones d'aléa fort.
	Pente raide (pente $\geq 35^\circ$) dans versant boisé avec rocher sub-affleurant sur ou blocs éboulés provisoirement stabilisés.
<i>Aléa faible</i>	Pente moyenne boisée, parsemée de blocs isolés apparemment stabilisés.
	Zone de chute de petites pierres.
	Zone d'extension maximale supposée des chutes de blocs ou de pierres.

Tableau n°15 : Critères de détermination de l'aléa de chutes de pierres et de blocs.

1.3.2 Les glissements de terrain

Les critères présentés ci-dessous (Cf. tableau n°16) permettent de déterminer le degré d'aléa de glissement de terrain de manière aussi objective que possible en l'absence d'information quantitative.

Aléa	Critères
<i>Aléa fort</i>	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 communications.
	Zone d'épandage de coulées boueuses.
	Glissements anciens ayant entraîné de fortes perturbations du terrain.
	Berges des torrents encaissés qui peuvent être le lieu d'instabilités de terrain lors de crues.
	Situation géologique identique à celle d'un glissement actif et dans les pentes fortes à moyennes (à titre indicatif 35° à 15°) avec peu ou pas d'indices de mouvement.
<i>Aléa moyen</i>	Topographie légèrement déformée.
	Glissement actif dans des pentes faibles ($<15^\circ$ ou inférieure à l'angle de frottement interne ⁵ des matériaux (φ) du terrain instable) avec pressions artésiennes.
<i>Aléa faible</i>	Glissements potentiels (pas d'indice de mouvement) dans les pentes moyennes à faibles (à titre indicatif entre 20° et 5°) dont l'aménagement (terrassment, surcharge...) risque d'entraîner des désordres compte tenu de la nature géologique du site.

Tableau n°16 : Critère de détermination de l'aléa de glissement de terrain

⁵ Angle de frottement interne. Cet angle correspond à l'obliquité limite au-delà de laquelle une contrainte agissant sur une surface engendre un glissement. Cet angle, habituellement noté φ , est déterminé expérimentalement.

Néanmoins, le zonage qui découle de l'application de ces critères reste largement subjectif dans la mesure où les limites sont nécessairement fixées de manière arbitraire par le chargé d'étude.

De nombreux versants fortement pentés et montrant une très faible épaisseur moyenne des terrains de couverture (colluvions ou moraines) sont susceptibles de connaître des glissements très localisés. Ces phénomènes sont généralement liés à des surépaisseurs très localisées de cette couverture et les zones les plus exposées ne peuvent être définies par des reconnaissances externes.

D'autre part, de nombreux murs de soutènement édifiés au fil des siècles menacent ruine et leur rupture peut se traduire par des glissements localisés comme d'ailleurs par des chutes de pierres.

1.4 Détermination de l'aléa « avalanche »

L'aléa d'avalanche n'a, à notre connaissance, fait l'objet d'aucune étude de détail visant à déterminer les caractéristiques physiques des phénomènes (pressions, extension des coulées ou de l'aérosol, etc.). Les critères simples présentés ci-dessous (Cf. tableau n°17) sont donc utilisés pour la qualification de l'aléa « avalanche ».

Aléa	Critères
<i>Aléa fort</i>	Zone d'extension maximale connue des avalanches.
	Zones pour lesquelles des informations suffisamment précises n'ont pu être obtenues ou qui ont donné lieu à des renseignements non recoupés ou contradictoires.
<i>Aléa faible</i>	Zones d'extension maximale supposée des avalanches.

Tableau n°17 : Critère de détermination de l'aléa d'avalanche

1.5 Prise en compte de l'aléa « séisme »

L'aléa sismique concerne la totalité de la zone étudiée. Il ne fera l'objet d'aucune investigation spécifique et sera déterminé par référence aux textes réglementaires en vigueur et notamment au décret 91-461 du 14 mai 1991 relatif à la prévention du risque sismique.

Ce document divise le territoire métropolitain français en quatre zones de sismicité croissante (zones 0, Ia, Ib et II) en fonction de la sismicité historique et des données sismotectoniques. Les limites de ces zones ont été ajustées à celles des circonscriptions cantonales.

Aux termes de ce décret, le canton de BAGNÈRES-DE-LUCHON appartient à la zone de faible sismicité dite « zone Ib ».

2 Représentation de l'aléa

Les cartes d'aléa sont établies sur fond cadastral au 1/5 000. Le mode de représentation retenu distingue chaque phénomène et chaque degré d'aléa. A chaque phénomène correspond en effet une couleur et à chaque degré d'aléa une nuance de cette couleur. La nuance la plus claire correspondant à l'aléa faible, la plus foncée à l'aléa fort. Ce mode de représentation a été préféré à celui proposé par le Guide Général des plans de prévention des risques naturels prévisibles [9].

L'aléa sismique n'est pas représenté sur les cartes pour éviter une surcharge des documents pouvant nuire à leur lisibilité. Il concerne en effet la totalité du territoire communal.

De nombreuses zones, dans lesquelles aucun phénomène actif n'a été décelé sont décrites comme étant exposées à un aléa faible - voire moyen - de mouvement de terrain. Le zonage traduit un contexte topographique ou géologique dans lequel une modification des conditions actuelles peut se traduire par l'apparition de nombreux phénomènes. Les modifications peuvent être très variables tant par leur nature que par leur importance. Les causes les plus fréquemment observées sont les terrassements, les rejets d'eau et les épisodes météorologiques exceptionnels.

2.1 Remarques relatives au zonage

Dans la majorité des cas, l'évolution des phénomènes naturels est continue, la transition entre les divers degrés d'aléa est donc théoriquement linéaire. Lorsque les conditions naturelles et notamment la topographie, n'imposent pas de variations particulières, les zones d'aléa fort, moyen et faible sont « emboîtées ». Il existe donc, pour une zone d'aléa fort donnée, une zone d'aléa moyen et une zone d'aléa faible qui traduisent la décroissance de l'activité et/ou de la probabilité du phénomène avec l'éloignement. Cette gradation est théorique et elle n'est pas toujours représentée notamment du fait des contraintes d'échelle et de dessin.

Chaque zone d'aléa est identifiée par une lettre et un indice correspondant respectivement à la nature du phénomène naturel et au degré d'aléa. Le tableau n°18 présente les codes utilisés pour les cartes des aléas du PPR de la moyenne vallée de la Pique.

<i>Phénomène</i>	<i>degré d'aléa</i>		
	<i>Fort</i>	<i>Moyen</i>	<i>Faible</i>
Avalanche	A3	A2	A1
Chute de pierres ou de blocs	P3	P2	P1
Crue torrentielle	T3	T2	T1
Glissement de terrain	G3	G2	G1
Inondation	I3	I2	I1

Tableau n°18 : Codes d'identification des divers aléas représentés.

Dans les zones où plusieurs aléas liés à divers phénomènes se superposent, seul le phénomène dont le degré d'aléa est le plus élevé est représenté par une plage de couleur afin d'éviter de surcharger la carte. Seuls les lits mineurs des cours d'eau sont représentés de manière systématique, quel que soit les autres aléas présents.

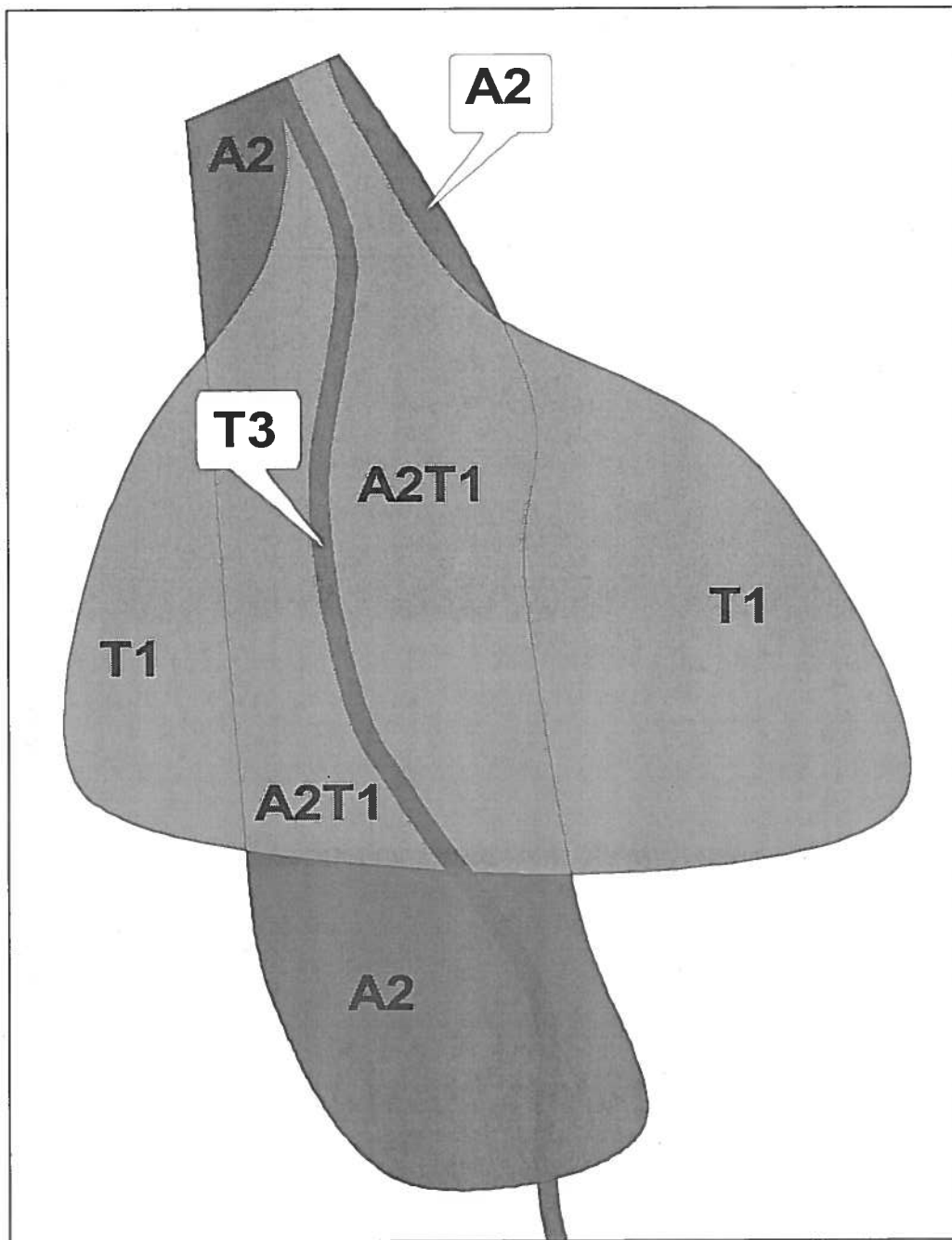


Figure n°2 : Principe de cartographie des aléas



Annexes

Bibliographie

- [1] **Zones submersibles caractéristiques de la Pique, du barrage de Castelveil au pont de Luret et de l'One du pont Mousquères au confluent avec la Pique.**
Etude hydraulique.
DDE 31
BCEOM, juin 1996
- [2] **Détermination des « zones submersibles » caractéristiques de la Pique et de l'One entre le pont de Luret et le barrage de Castelveil sur la Pique et jusqu'au pont de Mousquères sur l'One.**
Etude géomorphologique et hydrologique.
DDE 31, subdivision Eau
Cabinet ECTARE, juin 1996
- [3] **Etude de l'aléa torrentiel lié à l'One dans la traversée de Luchon. Analyse de la fourniture de matériaux par le torrent du Gourron.**
Service départemental R.T.M. de la Haute-Garonne
ETRM, mars 1995
- [4] **Etude de programmation sur le bassin de la Pique.**
Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt de la Haute-Garonne
Syndicat Intercommunal à Vocations Multiples de Luchon
Service départemental R.T.M. de la Haute-Garonne
- [5] **Carte de localisation probable des avalanches. Luchon - Louron (Carte 31 -65)_Service départemental R.T.M. de la Haute-Garonne**
CEMAGREF, 1991
- [6] **Etude hydraulique de la Pique sur les communes de Bagnères-de-Luchon et Saint-Mamet.**
DDE 31
BCEOM, novembre 1993
- [7] **Analyse des conditions de submersion du centre de loisirs et de cures du CNPO.**
Ecoulement des crues de la Pique à l'aval du pont de Saint-Mamet.
Commune de Saint-Mamet
Compagnie d'aménagement des coteaux de Gascogne, octobre 1993
- [8] **Le barrage de Castelveil**
Son bassin - sa fonction - sa sécurité.
Service départemental R.T.M. de la Haute-Garonne
CEMAGREF, mai 1986

- [9] **Plans de prévention des risques naturels prévisibles (PPR)**
Guide général
Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement
Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement
La documentation française, Paris, 1997
- [10] **Carte à 1/25 000 TOP 25**
Feuille 1848 OT - Bagnères-de-Luchon
IGN, 1991
- [11] **Carte géologique de la France à 1/50 000**
Feuille 1084 - Bagnères-de-Luchon
BRGM, 1989
- [12] **Règles parasismiques 1969, révisées 1982**
Document Technique Unifié
Eyrolles, 1984
- [13] **Photographies aériennes zénithales**
Mission IFN juillet 1996, Infra-rouge Couleur
IFN 1996