



**MISE A JOUR DU PPR TORRENTIELS  
QUARTIERS DES BERGERS - HUEZ**

**ETUDE DES RISQUES TORRENTIELS**

JUILLET 2011

N°4 12 1398

## SOMMAIRE

<b>1. Hydrologie .....</b>	<b>2</b>
<b>1.1. Description du réseau hydrographique.....</b>	<b>2</b>
<b>1.2. Détermination des débits de crue.....</b>	<b>3</b>
1.2.1. Données de base.....	3
1.2.2. Méthode SPEED .....	4
1.2.3. Crupedix.....	6
1.2.4. Méthode simplifiée SOGREAH n°1 et n°2 .....	6
1.2.5. Synthèse régionale Sud-est.....	7
1.2.6. Méthode rationnelle .....	7
<b>1.3. Définition des débits de projet .....</b>	<b>8</b>
1.3.1. Récapitulatif des résultats .....	8
<b>2. hydraulique superficielle.....</b>	<b>10</b>
<b>2.1. Témoignages .....</b>	<b>10</b>
<b>2.2. Estimation des capacités des ouvrages .....</b>	<b>10</b>
2.2.1. « Ruisseaux Nord » .....	10
2.2.2. « Ruisseau Est » .....	12
<b>2.3. Débordement .....</b>	<b>14</b>
2.3.1. débit débordant.....	14
2.3.2. Condition d'écoulement .....	15
2.3.3. Cartographie des trajectoires d'écoulements.....	15
<b>3. Conclusions sur les risques .....</b>	<b>17</b>
<b>3.1. Rappel sur le projet d'aménagement urbain des Bergers .....</b>	<b>18</b>
<b>3.2. Solution « Tracés indépendants ».....</b>	<b>18</b>
3.2.1. « Ruisseau Est » .....	18
3.2.2. « Ruisseaux Nord » .....	19
<b>3.3. Solution « Raccordement » .....</b>	<b>19</b>
3.3.1. « Ruisseau Est » .....	20
3.3.2. « Ruisseaux Nord » .....	20
<b>3.4. Modalités de gestion des risques.....</b>	<b>21</b>
3.4.1. travaux avant urbanisation .....	21
3.4.2. travaux durant l'urbanisation .....	21

## LISTE DES TABLEAUX

---

Tabl. 1 -	Caractéristiques des bassins versant étudiés .....	4
Tabl. 2 -	Station pluviométrique la plus proche .....	4
Tabl. 3 -	Données pluviométriques analysées .....	4
Tabl. 4 -	Résultats de l'application de la méthode SPEED .....	6
Tabl. 5 -	Résultats issus des différentes transformations pluies-débits .....	8
Tabl. 6 -	Débits de projet .....	9

## LISTE DES FIGURES

---

Fig. 1.	Extrait du PPRn .....	1
Fig. 2.	Réseau hydrographique en amont des Bergers.....	2
Fig. 3.	Cours d'eau concernés par l'étude .....	3
Fig. 4.	Ouvrage d'entonnement – Ruisseau Est – vue globale.....	12
Fig. 5.	Ouvrage d'entonnement – Ruisseau Est –Canalisation .....	12
Fig. 6.	Grille complémentaire en aval de l'entonnement .....	13
Fig. 7.	Trajectoires des écoulements débordants.....	15
Fig. 8.	Extrait du PPRn .....	17
Fig. 9.	Principe de fonctionnement – « tracés indépendants ».....	18
Fig. 10.	Principe de fonctionnement – « Raccordement » .....	20

## LISTE DES ANNEXES

---

Annexe 1 :	Bassins Versant étudiés .....	23
Annexe 2 :	Plan des réseaux existants .....	24

oOo

## INTRODUCTION

La commune souhaite mettre à jour le Plan de Prévention des Risques torrentiels sur le secteur des Bergers.

Le Plan de Prévention des Risques Naturels actuel a été réalisé en 1999.

Dans ce PPR, l'intégralité des ruisseaux de la commune a été classée en aléa fort de crue torrentielle sur une enveloppe de 10m de part et d'autres de leur lit. Ceci ne peut s'appliquer au secteur des Bergers dans la mesure où un important remblai a nécessité le busage des ruisseaux.

Le tracé des enveloppes de risque doit donc être repris sur ce secteur.

La figure suivante présente la carte des risques actuelle. Celle-ci présente trois enveloppes de risques sur le secteur d'études.

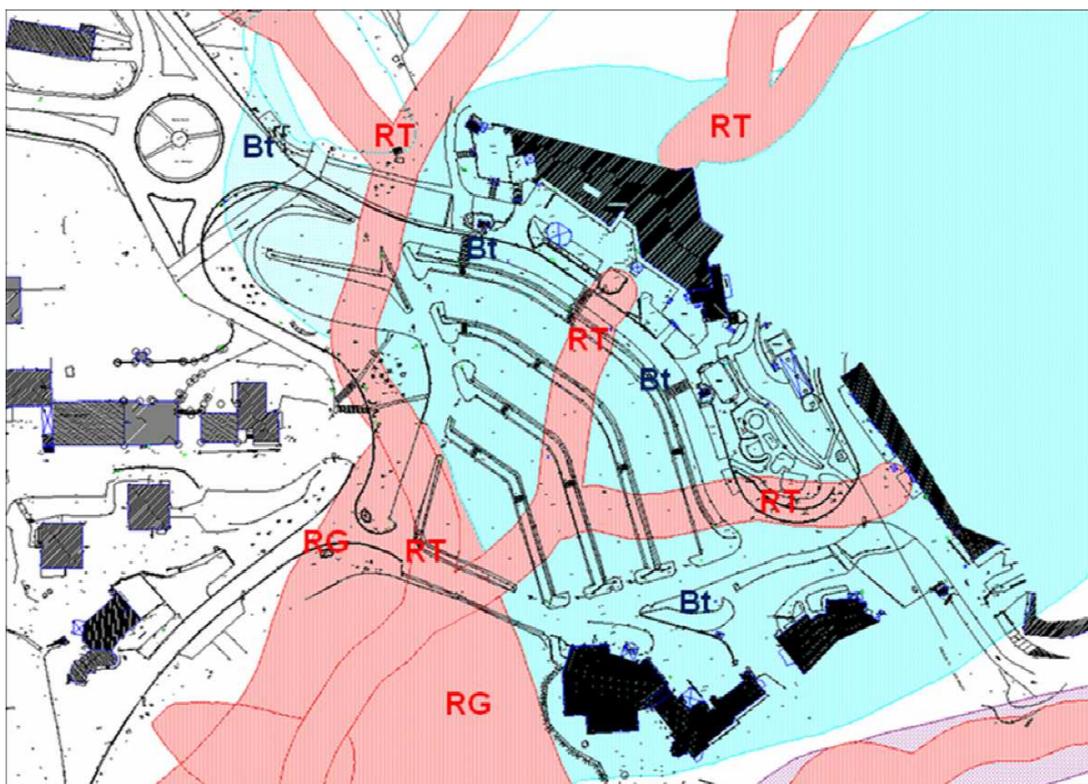


Fig. 1. EXTRAIT DU PPRN

Le présent document a pour but de présenter le risque potentiel actuel lié aux crues centennales des ruisseaux situés en amont du quartier des Bergers.

oOo

# 1. HYDROLOGIE

## 1.1. DESCRIPTION DU RESEAU HYDROGRAPHIQUE

Le schéma suivant présente le réseau hydrographique sur le secteur.

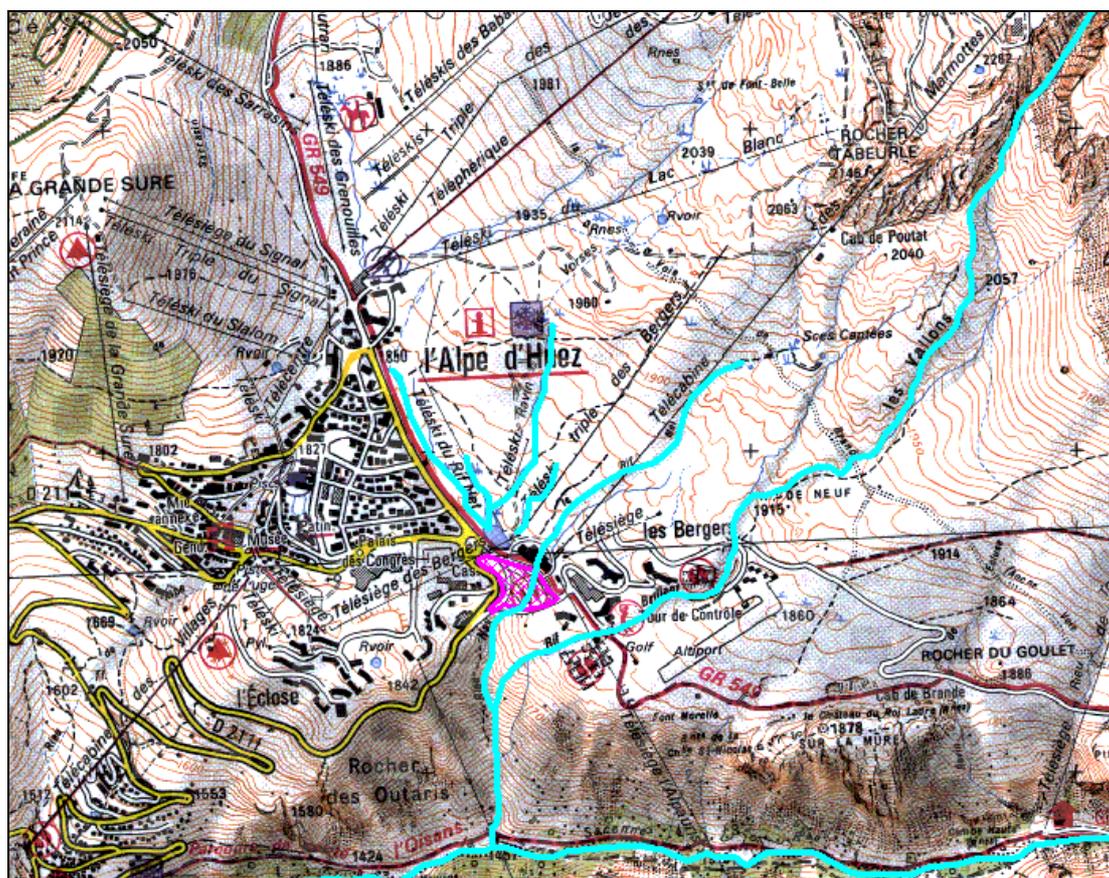


Fig. 2. RESEAU HYDROGRAPHIQUE EN AMONT DES BERGERS

Le réseau hydrographique en amont du quartier des Bergers se compose de plusieurs ruisseaux à caractère torrentiel. Sur la figure précédente, la zone en magenta représente le secteur des Bergers à proprement parler. Deux « groupes » de cours d'eau sont donc concernés par la mise à jour du PPRt. Ces ruisseaux sont décrits plus précisément sur les figures suivantes.

Les cours d'eau concernés sont d'une part les divers ruisseaux s'écoulant dans le petit lac situé en amont direct du secteur, y compris le Rif Nel longeant la route départementale dite également avenue du Rif Nel (ils seront nommés « ruisseaux Nord » dans la suite), et d'autre part le ruisseau situé à l'Est et qui longe la première partie du télécabine des Marmottes (ce ruisseau sera appelé « ruisseau Est » dans la suite).

L'exutoire final de l'ensemble de ces cours d'eau est la Romanche, via la Sarenne et le Rif Brillant.

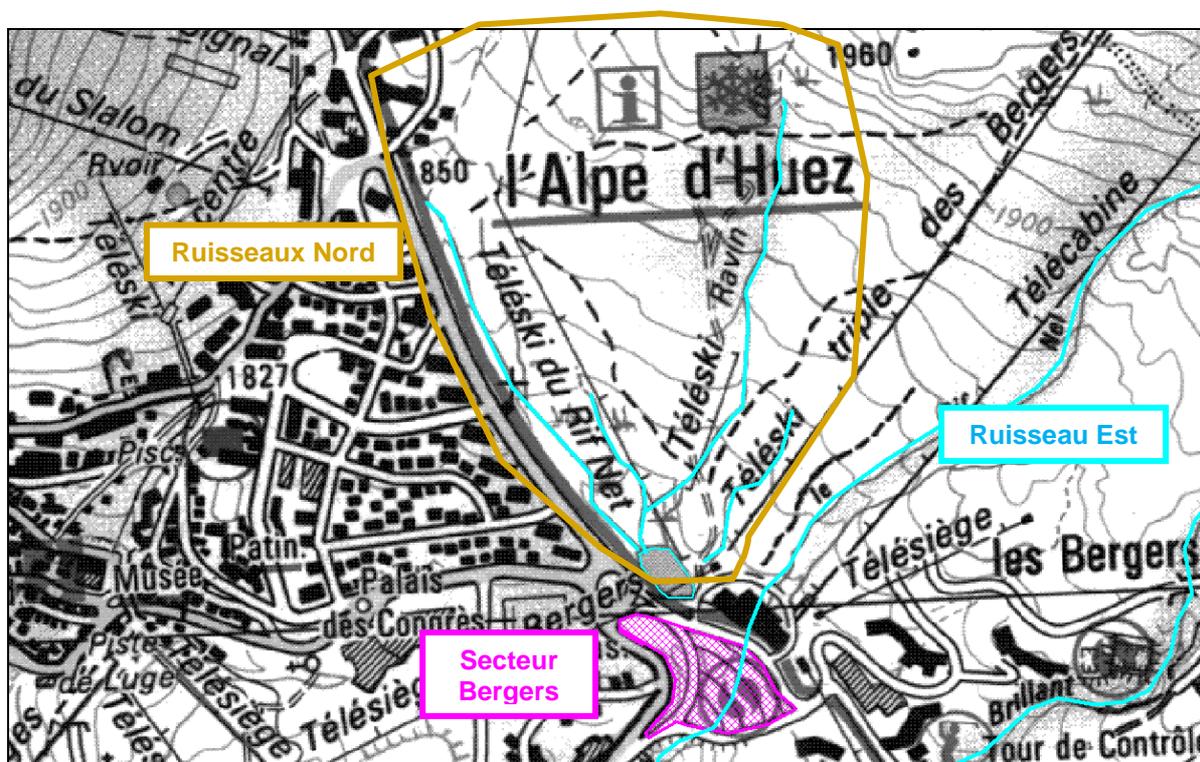


Fig. 3. COURS D'EAU CONCERNES PAR L'ETUDE

## 1.2. DETERMINATION DES DEBITS DE CRUE

La détermination des débits de crue permettra de connaître le débit s'écoulant dans le ruisseau au cours d'un événement de période de retour 100 ans.

Cette détermination peut être effectuée grâce à plusieurs méthodes qui sont présentées dans les paragraphes suivants.

### 1.2.1. DONNEES DE BASE

#### A. Bassins versants

On dénombre deux groupes de cours d'eau pour le secteur qui nous intéresse :

- Le « ruisseau Est »,
- Les « ruisseaux Nord »

Trois bassins versants distincts sont à prendre en compte :

- Le **bassin versant du ruisseau Est**, composé principalement de terrains naturels,
- Le **bassin versant principal des ruisseaux Nord** composé de terrains naturels,
- Le **bassin versant urbain des ruisseaux Nord**, composé du quartier le Coulet, dont les rejets d'eaux pluviales sont effectués dans le ruisseau longeant la route.

Les bassins versants topographiques de ces cours d'eau ont été délimités sur la carte IGN au 1/25000 (cf. annexe 1). Les caractéristiques morphologiques de ces bassins versants sont synthétisées ci-dessous.

**Tabl. 1 - CARACTERISTIQUES DES BASSINS VERSANT ETUDIES**

Bassin versant du cours d'eau	Superficie [km <sup>2</sup> ]	Longueur du drain principal [km]	Pente moyenne [m/m]
Ruisseau Est	0,7	2,2	0,21
Ruisseau Nord (BV naturel)	3,3	2,3	0,08
Ruisseau Nord (BV urbain)	0,15	0,7	0,06

## B. Pluviométrie

Une station pluviométrique située à Huez a permis d'obtenir des données de pluie sur le secteur :

**Tabl. 2 - STATION PLUVIOMETRIQUE LA PLUS PROCHE**

Pluviomètre	N° Station	Altitude (m NGF)
Huez	38191 001	1 750 mètres

L'analyse des courbes recensées par la station pluviométrique a permis de définir un intervalle de confiance de 70% pour les pluies décennales et centennales.

*Remarque : cet intervalle signifie que la probabilité que la pluie décennale soit située entre 72mm et 86mm est de 70%.*

**Tabl. 3 - DONNEES PLUVIOMETRIQUES ANALYSEES**

Temps de retour	Pluie (mm)	
	Intervalle 70 %	
10 ans	72 mm	86 mm
100 ans	101 mm	121 mm

## 1.2.2. METHODE SPEED

### 1.2.2.1. DESCRIPTION DE LA METHODE SPEED

SPEED = Système Probabiliste d'Etudes par Evénements Discrets.

Cette méthode a été développée par SOGREAH grâce à son expérience en matière d'hydrologie.

SOGREAH a récapitulé les études de crues effectuées partout dans le monde sous forme d'un modèle pluie-crue qui fait intervenir, comme paramètre pluie, la pluie journalière P (en mm) mesurée au pluviomètre en un point particulier du bassin versant et, comme paramètre crue, le débit de pointe Q (en m<sup>3</sup>/s) à l'aval du bassin.

Les recherches théoriques ont montré que la formulation suivante est compatible avec les théories de l'Hydrogramme Unitaire et du Gradex, en tenant compte de précipitations réparties en intensité-durée-fréquence par une loi classique de Montana :

$$Q_T = \frac{S^{0.75}}{12} \times (P_T - P_0) \quad \text{si } T > T_0$$

Avec :

- $Q_T$  = débit de pointe de crue de période de retour T (m<sup>3</sup>/s),
- $P_T$  = précipitation journalière ponctuelle de même période T (mm),
- S = superficie du bassin versant, en km<sup>2</sup>,
- $P_0$  = seuil probabiliste de ruissellement (en mm),
- $T_0$  = période de retour limite de la théorie du Gradex.

La théorie s'accorde aussi à la pratique pour inciter à choisir la loi de Gumbel comme loi universelle d'ajustement des maxima annuels de crues et de précipitations journalières.

Ces formules sont utilisables dans le sens direct : calcul des crues connaissant  $P_0$  et les pluies.

Elles sont surtout très utiles pour visualiser la relation pluie-crue à partir des séries de mesures concomitantes sur une rivière : on peut ainsi à la fois valider le modèle et calculer la valeur régionale des paramètres  $P_0$ ,  $T_0$ . Pour ce faire, on dispose sur un même papier de Gumbel les précipitations journalières observées et l'équivalent  $Q_{rT}$  en mm des débits de pointe de crue (appelé débit réduit) :

$$Q_{rT} = \frac{12Q}{S^{0.75}}$$

Sauf bassin versant particulier (bassin karstique, précipitations très contrastées sur un grand bassin, crues écrêtées dans un champ d'inondation amont par exemple), on observe systématiquement :

- Que les faibles crues s'alignent proportionnellement à la droite des pluies,
- Une cassure nette au niveau de  $T_0$ ,
- Un alignement parallèle aux pluies au-delà de  $T_0$ . L'écart entre les deux parallèles définit  $P_0$ .

En France,  $P_0$  varie peu autour de 60 mm. Dans les régions où les pluies journalières sont faibles, par exemple si leur valeur centennale est de 70 à 80 mm comme en Alsace et en Lorraine, alors  $T_0$  peut être nettement supérieur à 100 ans. Dans ce cas, les données disponibles ne permettent pas de déceler la cassure (aucune des crues observées ne ruisselle au sens du Gradex). En revanche, dans les secteurs où les pluies journalières maximales annuelles dépassent largement les 60 mm, on observe des valeurs de  $T_0$  inférieures à 100 ans et pouvant atteindre 5 ans (massifs calcaires).

### 1.2.2.2. ESTIMATION DES DEBITS DE CRUE

La formule suivante permet de repasser aux valeurs de débits max instantanés :

$$Q_T = \frac{S^{0.75}}{12} \times (P_T - P_0)$$

Avec :

- $Q_T$  = Débit max instantané de temps de retour T (mm)
- S = superficie du BV (km<sup>2</sup>)
- $P_T$  = Pluie journalière max annuel de temps de retour T (mm)

$P_0$  = Seuil probabiliste de ruissellement (mm)

**Tabl. 4 - RESULTATS DE L'APPLICATION DE LA METHODE SPEED**

<b>SPEED</b>			
<b>Nom cours d'eau</b>	<b>Ruisseaux Nord</b>		<b>Ruisseau Est</b>
Bassin versant	BV naturel	BV urbain	
Surface Bassin Versant [km <sup>2</sup> ]	3,3	0,15	0,7
Pluie journalière décennal [mm]	73	73	73
Pluie journalière centennal [mm]	98	98	98
Seuil probabiliste de ruissellement P0 [mm]	60	60	60
<b>Débit décennal [m<sup>3</sup>/s]</b>	<b>2,7</b>	<b>0,3</b>	<b>0,8</b>
<b>Débit centennal [m<sup>3</sup>/s]</b>	<b>7,8</b>	<b>0,8</b>	<b>2,4</b>

### 1.2.3. CRUPEDIX

La méthode Crupédix vise à obtenir une estimation du débit instantané de crue de fréquence décennale.

Cette formule a été établie sur la base d'observations sur des bassins versants de superficie comprise entre 10 km<sup>2</sup> et 2000 km<sup>2</sup>.

La relation a été obtenue par une approche statistique multivariable en testant le maximum de paramètres caractérisant le bassin versant. Elle a été calée sur 630 bassins versants français.

Elle est de la forme :

$$Q_{10} = S^{0,8} \left( \frac{P_{10}}{80} \right)^2 R$$

Compte-tenu de la faible étendue du bassin versant nous concernant (< 10 km<sup>2</sup>), cette méthode n'a pas lieu d'être. Elle ne sera donc pas utilisée pour le calcul de la crue.

### 1.2.4. METHODE SIMPLIFIEE SOGREAH N°1 ET N°2

Sur la base de la méthode Crupédix définie ci-dessus, SOGREAH a mis au point deux formules simplifiées de détermination des débits de pointe décennaux :

- $Q_{10} = 1.6S^{0.75}$
- $Q_{10} = 1.9S^{0.75}$ , pour les bassins à forte pente (notre cas ici)

Avec :

$Q_{10}$ , débit décennal de pointe de crue, en m<sup>3</sup>/s  
S, superficie du bassin versant, en km<sup>2</sup>

Cette méthode d'évaluation de débit est basée sur un temps de retour d'événement de 10 ans. Pour obtenir les données pour des événements de temps de retour supérieurs, il convient d'utiliser des facteurs multiplicatifs. Le tableau suivant donne les coefficients habituellement retenus par SOGREAH pour ce type de cours d'eau :

Temps de retour	20	30	50	100
$Q_x/Q_{10}$	1.2	1.3	1.5	2.0

De la même façon que pour la méthode Crupédix (et pour les mêmes raisons), la formule définit dans ce paragraphe ne sera pas utilisée pour le calcul de crue.

### 1.2.5. SYNTHÈSE REGIONALE SUD-EST

Dans le but d'affiner les résultats obtenus dans le cadre de la synthèse nationale des crues, le CEMAGREF a élaboré un programme de travaux hydrologiques dans le Sud-Est et les régions alpines.

La formule a été calée sur 100 bassins versants de superficie inférieure à 90 km<sup>2</sup>.

$$Q_{10} = S^{0,8} \cdot \left(\frac{P_{10}}{75}\right)^{1,5} \cdot C_R$$

avec :

- $Q_{10}$  en m<sup>3</sup>/s
- $S$  = superficie en km<sup>2</sup>
- $P_{10}$  = pluie journalière décennale en mm
- $C_R$  = coefficient régional

Intervalle de confiance à 70 % :  $\left[\frac{3}{5} Q_{10}, \frac{5}{3} Q_{10}\right]$

Cette méthode ne sera pas retenue en raison de la faible superficie des bassins versants de l'étude, comparativement aux bassins ayant permis de caler la formule.

### 1.2.6. METHODE RATIONNELLE

La méthode rationnelle a la particularité de faire intervenir le coefficient de ruissellement du bassin versant. Ce dernier est difficile à estimer car il dépend non seulement des terrains mais aussi de la pluie, de la saison, de l'historique des pluies précédent la crue, ...

La formule est la suivante :

$$Q_{10} = \frac{CI_{10}S}{3.6}$$

Avec :

- $Q_{10}$ , débit décennal de pointe de crue, en m<sup>3</sup>/s
- $C$ , coefficient de ruissellement
- $I_{10}$ , intensité de la pluie décennale, en mm/h

- S, superficie du bassin versant, en km<sup>2</sup>

La méthode rationnelle fait appel aux coefficients a et b. Les coefficients utilisés pour le calcul sont ceux de Saint-Martin d'Hères, ville éloignée et dont la pluviométrie n'est pas exactement la même que celle des versants montagneux, cette méthode ne sera donc pas retenue.

### 1.3. DEFINITION DES DEBITS DE PROJET

Les débits de projet seront les débits utilisés pour l'ensemble des conclusions, dans la suite de l'étude. Ils ont été obtenus grâce aux méthodes définies précédemment et seront rappelés dans ce paragraphe.

*Définition technique : Le débit de projet est le débit du cours d'eau qui sert pour la suite des calculs de débit dimensionnant. Il est calculé selon différentes théories puis une approche critique des hypothèses d'application des théories et des résultats est effectuée. Ceci permet la détermination d'un débit du bon ordre de grandeur, sécuritaire sans devenir surdimensionnant.*

*Dans le cadre de cette étude, c'est la capacité des ouvrages à faire transiter les débits de projets qui est appréciée.*

Les tableaux ci-dessous rappellent les estimations des débits de crue centennale précédemment établies.

#### 1.3.1. RECAPITULATIF DES RESULTATS

Les paragraphes précédents définissent la méthode SPEED comme transformation pluie-débit pour la suite de l'étude. Toutefois, afin de vérifier la cohérence de cette méthode, les résultats sont comparés à ceux obtenus à partir des autres méthodes.

Le tableau suivant donne l'ensemble de ces résultats.

**Tabl. 5 - RESULTATS ISSUS DES DIFFERENTES TRANSFORMATIONS PLUIES-DEBITS**

Méthode	Crue centennale [m <sup>3</sup> /s]		
	Ruisseaux Nord		Ruisseau Est
<b>SPEED</b>	<b>7,8</b>	<b>0,8</b>	<b>2,4</b>
CRUPEDIX	4,3	0,4	1,3
Synthèse régional sud est	5,2	0,4	1,5
SOGREAH n°2	9,3	0,9	2,9
RATIONNELLE	15,0	5,6	5,4

Comme dit précédemment, nous retiendrons le débit évalué grâce à la méthode SPEED, méthode d'évaluation des débits de crue développée par SOGREAH.

En effet, la méthode SPEED présente l'avantage de se baser sur des valeurs mesurées sur le terrain (pluviogrammes et stations de mesure de débit), ce qui permet de prendre en compte les aspects particuliers relatifs à chaque bassin.

Ainsi les débits de projet retenus sont :

**Tabl. 6 - DEBITS DE PROJET**

Crue centennale [m <sup>3</sup> /s]			
Méthode SPEED	Ruisseaux nord		Ruisseau Est
	BV naturel	BV urbain	
Débit	<b>7,8</b>	<b>0,8</b>	<b>2,4</b>

oOo

---

## 2.

### HYDRAULIQUE SUPERFICIELLE

---

#### 2.1. TEMOIGNAGES

Après discussion avec les services techniques de la commune, le système de fonctionnement actuel ne présente pas de dysfonctionnement récurrent. Les personnes questionnées n'ont pas de débordement important ou d'inondation en mémoire sur ce secteur.

#### 2.2. ESTIMATION DES CAPACITES DES OUVRAGES

Actuellement, les ruisseaux sont busés par des canalisations enterrées sous le remblai du parking des Bergers comme l'indique le plan fourni en annexe du présent rapport. Puisque leurs tracés sont indépendants en amont et au niveau des Bergers, nous distinguerons par la suite les risques liés aux ruisseaux Nord d'une part, et au ruisseau Est d'autre part.

Compte-tenu du fonctionnement actuel (ruisseau busé), les deux paramètres dimensionnant pour le débit d'écoulement maximal sont :

- l'entonnement permettant au ruisseau d'entrer dans la canalisation,
- le tronçon de canalisation ayant le couple « pente ; section » le plus limitant en termes de débit (capacité « linéaire » de la conduite).

Pour les deux canalisations présentes sur le secteur, ces deux paramètres seront mis en regard des débits de projet calculés précédemment.

##### 2.2.1. « RUISSEAUX NORD »

###### 2.2.1.1. DESCRIPTIFS DES RESEAUX

La canalisation collecte l'intégralité des eaux issues des ruisseaux appelés « Nord » précédemment.

###### 2.2.1.1.1. ENTONNEMENT

L'ouvrage d'entrée du ruisseau dans la canalisation est situé dans le plan d'eau à proximité du centre commercial des Bergers. Il comprend :

- Une conduite de diamètre 1500 mm dans le fond du plan d'eau. Cette conduite est équipée de deux vannes guillotines permettant de fermer l'entrée de la buse pour mettre le bassin en eau.
- Un trop-plein composé de trois canalisations de diamètre 500 mm dont l'exutoire rejoint la canalisation principale.

#### 2.2.1.1.2. CANALISATION

Une inspection télévisée ainsi qu'une visite ont été effectuées dans la conduite visitable permettant le transit des « Ruisseaux Nord ». Elle comprend quatre tronçons ayant des géométries et des pentes très différentes (de l'amont vers l'aval) :

- Un premier tronçon circulaire de diamètre Ø1500mm (matériau béton), pente minimale de 3,55%, ce tronçon est limitant quant à la capacité débitante de la canalisation. Ce sont donc ses caractéristiques qui seront utilisées pour le calcul de la capacité globale de la conduite.
- Un deuxième tronçon ovoïde T200 (matériau béton) dont la pente minimale est de 10%,
- Un tronçon de canalisation ovoïde (1,79m x 1,63m) en béton dont la pente minimale est de 9%,
- Enfin, un dernier tronçon circulaire (diamètre 1500mm) en béton dont la pente minimale est de 4%.

#### 2.2.1.2. CAPACITES DES OUVRAGES DE TRANSIT DES « RUISSEAUX NORD »

La capacité des canalisations a été calculée sur la base de la formule de Manning-Strickler appliquée à une canalisation bétonnée. Cette formule permet donc d'obtenir le débit maximal transitant à surface libre dans la conduite.

Cette hypothèse est sécuritaire puisque, compte-tenu de la profondeur de la conduite, une mise en charge permettant le transit d'un débit plus important est possible sans débordement.

#### 2.2.1.2.1. ENTONNEMENT

Compte-tenu des caractéristiques vues au paragraphe précédent, l'ouvrage d'entrée dans la canalisation ne constitue pas le paramètre limitant pour l'écoulement des « ruisseaux Nord ».

*Remarque : les risques d'embâcles sont étudiés dans la suite du rapport.*

#### 2.2.1.2.2. CANALISATION

Comme décrit précédemment, le premier tronçon de la canalisation est limitant. Les caractéristiques prises en compte pour le calcul de capacité seront donc les suivantes.

- Canalisation circulaire,
- Diamètre 1500mm,
- Pente = 3,55%,
- Matériau béton (coefficient de rugosité  $K_S = 70$ ).

La capacité débitante, calculée à partir de la formule de Manning-Strickler est de  $13 \text{ m}^3/\text{s}$

$$Q_{\max} = 13 \text{ m}^3/\text{s}$$

#### 2.2.1.3. CONCLUSION

Le débit centennal calculé pour les ruisseaux Nord est de  $8,6 \text{ m}^3/\text{s}$ , alors que la capacité débitante de la canalisation est de  $13 \text{ m}^3/\text{s}$ . La conduite est donc capable de faire transiter la crue centennale.

D'autre part, l'entonnement ne représente pas une limitation de la capacité du réseau, et est donc capable d'accepter la crue centennale.

Pour ces raisons, dans ces caractéristiques centennales, l'écoulement des ruisseaux Nord ne représente pas un risque torrentiel en situation actuelle.

## 2.2.2. « RUISSEAU EST »

### 2.2.2.1. DESCRIPTIFS DES RESEAUX

#### 2.2.2.1.1. ENTONNEMENT

L'ouvrage de « captage » des eaux de ruissellement est situé en amont du centre commercial des Bergers, sur la partie basse du domaine skiable. Il est constitué d'une simple canalisation semi enterrée. Les figures suivantes sont des photos de cet ouvrage.

La partie la plus aval du ruisseau (juste avant l'entonnement) est protégée par des tôles posées sur le sol et des tronçons de bois (cf. figure 5) pour faciliter le passage des skieurs et des engins de damage.



Fig. 4. *OUVRAGE D'ENTONNEMENT – RUISSEAU EST – VUE GLOBALE*



Fig. 5. *OUVRAGE D'ENTONNEMENT – RUISSEAU EST – CANALISATION*

L'entonnement apparaît limité en termes de capacité. En effet, il n'existe pas de réel ouvrage de transition entre l'écoulement naturel du cours d'eau dans son lit et la canalisation. Ainsi, d'un point de vue hydraulique, un débordement du cours d'eau en cas de fort débit est envisageable.

Ce point est à contrebalancer par le fait que des grilles situées dans la partie basse du domaine skiable permettent de collecter les éventuels débordements cités précédemment.



Fig. 6. *GRILLE COMPLEMENTAIRE EN AVAL DE L'ENTONNEMENT*

*Remarque* : pour information, les photos précédentes ont été prises mi-avril 2011.

#### 2.2.2.1.2. CAPACITE LINEAIRE

Malgré une inspection télévisée de l'intégralité des réseaux sous le parking des Bergers, l'écoulement des eaux en provenance du « Ruisseau Est » est inconnu. De nombreux réseaux d'eaux pluviales sont situés sous le parking et peuvent recueillir cet écoulement. Il est également possible qu'une canalisation très profonde sans regards permette le transit de ces eaux.

Dans tous les cas, le cheminement des eaux en provenance du « ruisseau Est » n'est pas connu.

#### 2.2.2.2. CAPACITES DES OUVRAGES DE TRANSIT DU « RUISSEAU EST »

##### 2.2.2.2.1. ENTONNEMENT

La capacité réelle de l'entonnement n'est pas connue mais l'ouvrage-même qui le compose (transition directe entre lit naturel et canalisation, protection « sommaire », ...) semble rustique et mériterait d'être amélioré pour faciliter les écoulements.

*Remarque* : les risques d'embâcles sont étudiés dans la suite du rapport.

##### 2.2.2.2.2. CAPACITE LINEAIRE

La capacité linéaire des canalisations permettant le transit des eaux du « ruisseau Est » ne peut être connue avec les données dont nous disposons.

Ainsi par sécurité, on considérera donc que les réseaux existants ne permettent pas de faire transiter la crue centennale sans mise en charge du réseau.

### 2.2.2.3. CONCLUSION

Compte-tenu du manque d'informations disponibles concernant le transit du « ruisseau Est » sous le parking des Bergers, il est impossible de conclure quant à une absence des risques torrentiels.

## 2.3. DEBORDEMENT

### 2.3.1. DEBIT DEBORDANT

#### 2.3.1.1. CRUE CENTENNALE

La capacité du réseau faisant transiter les « ruisseaux Nord » est suffisante pour la crue centennale, aucun débordement lié à ces ruisseaux n'est donc à prévoir pour ce temps de retour.

En revanche, la capacité du réseau du « ruisseau Est » n'est pas connue. Il est donc impossible de connaître les débordements éventuels du réseau. Toutefois, compte-tenu de la hauteur de remblai au-dessus des réseaux, les risques de débordements semblent limités au niveau des Bergers.

Le risque de débordement se situe d'avantage au niveau de l'entonnement, malgré les grilles complémentaires situées en aval.

En cas de débordement, la vulnérabilité actuelle des espaces situés en surface est d'ordre matérielle principalement puisque constituée d'un parking.

*Remarque : Les écoulements préférentiels en cas de débordement sont définis dans la suite du rapport.*

#### 2.3.1.2. RISQUE DE FORMATION D'EMBACLES

Le calcul de capacité ne prend pas en compte les éventuels obstacles à l'écoulement. Parmi eux, les embâcles constituent une limitation importante de la capacité débitante au niveau des entonnements. Dans les cas présent, les embâcles éventuels sont constitués d'éléments charriés par le cours d'eau ou éventuellement par des blocs de glace transportés par le cours d'eau (les embâcles créés par des glissements de terrain ne sont pas envisagés ici).

##### 2.3.1.2.1. EMBACLES « BOISES »

Les embâcles les plus fréquemment observés sont constitués de branchage, feuille et éventuellement de tronc ou fûts charriés par le cours d'eau.

Dans le cas présent, les bassins versant des cours d'eau ne comprennent pas de bois ni de forêts, ce qui limite considérablement le transport des matériaux par le torrent. De plus, l'exploitation des surfaces amont comme domaine skiable ne favorise pas le développement de végétation de grande taille, génératrice d'embâcles.

L'ensemble de ces points entraîne un risque nul d'embâcle sur l'entonnement des ruisseaux concernés.

#### 2.3.1.2.2. EMBACLES DE GLACE

Le risque d'embâcles de glace est très faible pour les torrents. En effet, ce type de phénomène nécessite des écoulements lents où des blocs de glace flottant peuvent s'agglomérer pour former des obstacles à l'écoulement. Ainsi, les embâcles de glace peuvent se former dans des fleuves ou rivières importantes, ou dans des retenues collinaires de montagne.

L'ensemble de ces points entraîne un risque nul d'embâcle de glace sur l'entonnement des ruisseaux concernés.

#### 2.3.2. CONDITION D'ÉCOULEMENT

A l'heure actuelle, les surfaces sièges des éventuels débordements, en cas de dysfonctionnements (embâcles, ...) ou de crue exceptionnelle, sont occupées par des chaussées et des parkings. Après écoulement sur ces surfaces, les eaux rejoindront le milieu naturel via la combe du Rif Brillant.

Le débit maximal de débordement à prendre en compte est de 2,4 m<sup>3</sup>/s (débit maximal du Ruisseau Est), en cas de blocage total de l'entonnement de ce ruisseau.

Comme vu précédemment, la présence de solides dans l'écoulement est possible mais en quantité moindre au regard de la nature même des bassins versants.

#### 2.3.3. CARTOGRAPHIE DES TRAJECTOIRES D'ÉCOULEMENTS

La carte ci-dessous présente les différentes pentes sur le secteur. Ces pentes permettent d'estimer les trajectoires des écoulements en cas de débordements.

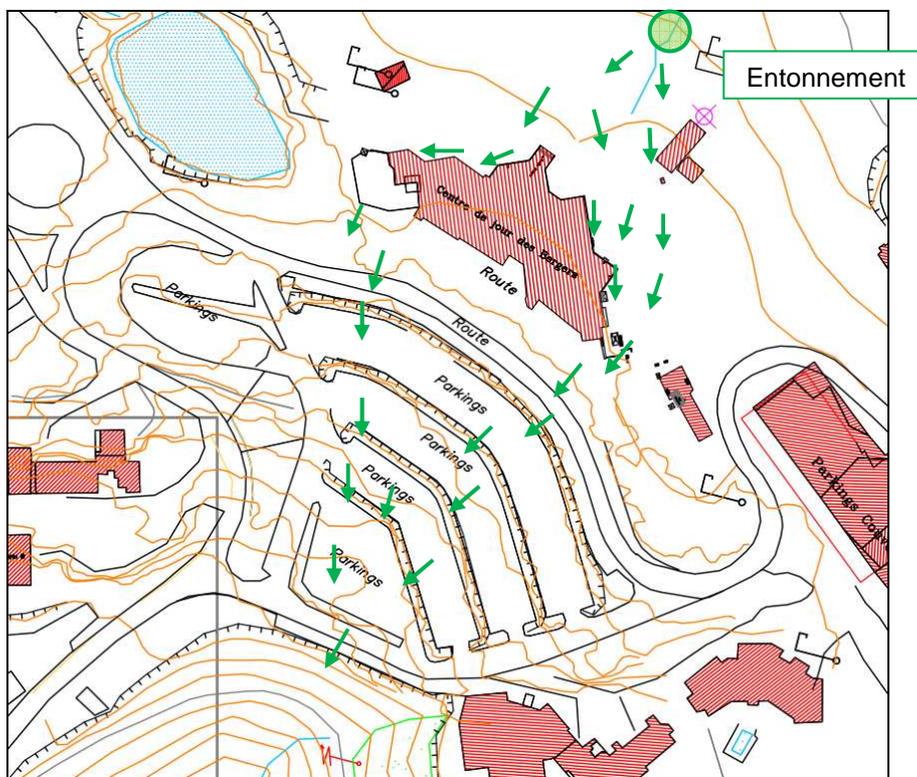


Fig. 7. TRAJECTOIRES DES ÉCOULEMENTS DÉBORDANTS

*Remarque : Cette carte est établie à partir des lignes de niveaux disponibles. De nombreux paramètres locaux peuvent modifier les écoulements. Les trajectoires définies ci-dessus restent des approximations du comportement réel de l'écoulement débordant.*

oOo

### 3. CONCLUSIONS SUR LES RISQUES

Pour rappel, la figure suivante présente les zones de risques telles que tracées actuellement.

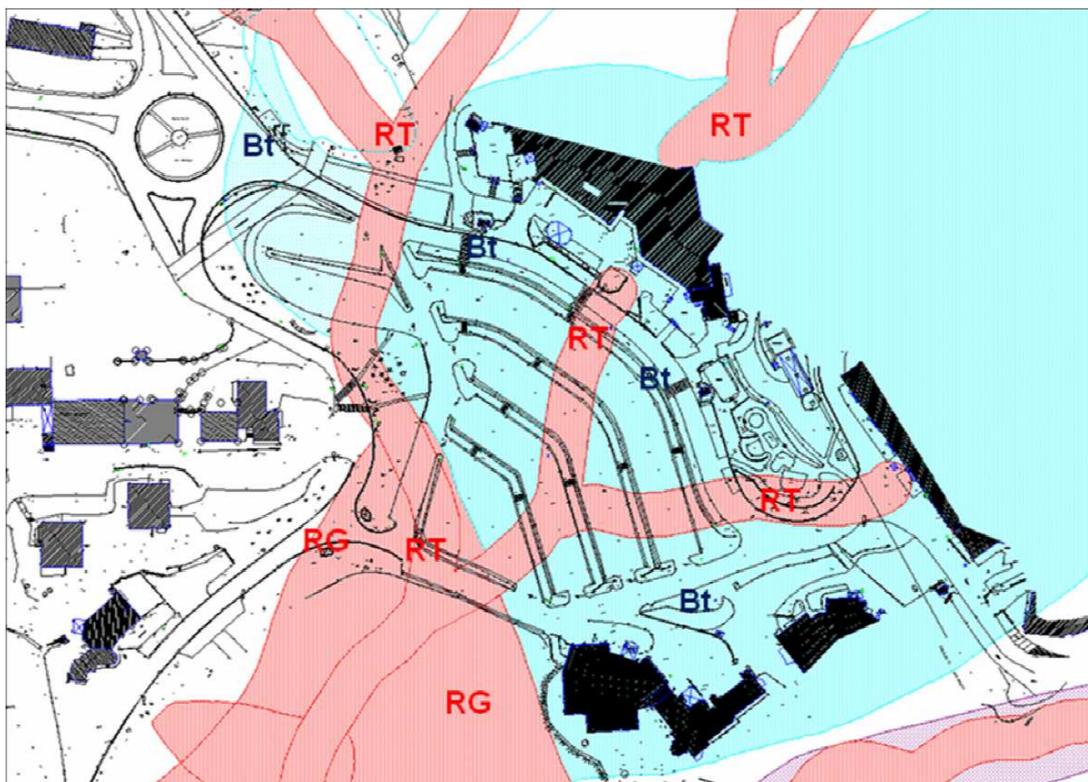


Fig. 8. EXTRAIT DU PPRN

Le présent rapport a montré que les risques actuels se situent dans un débordement de l'écoulement au niveau de l'entonnement du Ruisseau Est.

Ainsi, les enveloppes actuelles ne sont pas cohérentes avec la situation du terrain. Les trois « bandes rouges » (risque torrentiel fort) n'ont pas lieu d'être.

En revanche une enveloppe de risques liée aux écoulements débordants du « ruisseau Est » peut être dessinée sur le parking des Bergers.

Plusieurs solutions sont envisageables pour éliminer ces risques. Ces solutions sont présentées dans les paragraphes suivants. Ces solutions dépendant de l'aménagement urbain projeté sur le secteur des Bergers, un bref rappel de ce projet est fait dans le paragraphe 3.1.

### 3.1. RAPPEL SUR LE PROJET D'AMÉNAGEMENT URBAIN DES BERGERS

Le projet d'aménagement urbain des Berges impactera considérablement les réseaux du secteur et imposera la déviation des réseaux existants.

Le projet consiste en l'aménagement de lots de résidences de tourisme, résidences hôtelières et hôtel, ainsi que la construction de parkings souterrains associés. La surface concernée par le projet est approximativement la zone occupée par les parkings actuellement.

La localisation des parkings souterrains n'étant pas encore définitive (juillet 2011), les tracés des canalisations proposées dans la suite sont schématiques et définissent seulement le principe de gestion des ruisseaux.

### 3.2. SOLUTION « TRACES INDEPENDANTS »

La première solution consiste à conserver le principe de fonctionnement actuel avec des tracés indépendants pour les ruisseaux comme indiqué dans la figure suivante.

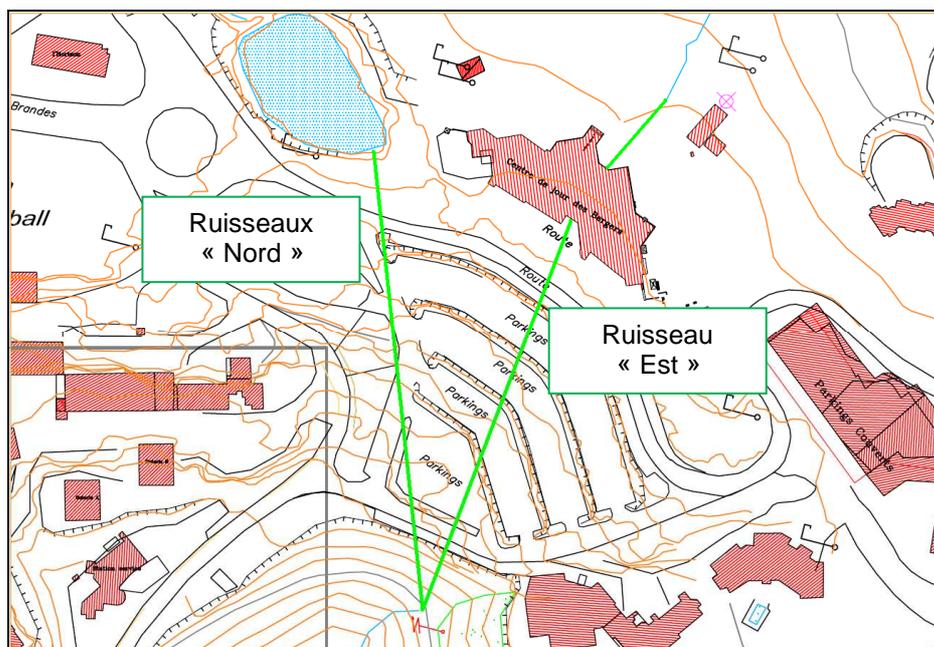


Fig. 9. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT – « TRACES INDEPENDANTS »

Cette solution présente l'avantage de ne pas augmenter les débits à faire transiter par les canalisations (on conserve un réseau pour les « ruisseaux Nord », et un réseau pour le « ruisseau Est »),

#### 3.2.1. « RUISSEAU EST »

Le levé des risques liés au « ruisseau Est » réside principalement dans la modification de l'ouvrage d'entonnement. Toutefois, compte-tenu du projet d'urbanisation du secteur, le réseau actuel devra être déplacé.

#### 3.2.1.1. ENTONNEMENT

L'ouvrage d'entonnement devra permettre la dissipation de l'énergie naturelle du torrent pour faciliter son entrée dans la canalisation. Il devra également être dimensionné pour permettre le transit de la crue centennale sans mise en charge.

Enfin, l'entretien de cet ouvrage devra être étudié lors de sa conception. En effet, un nettoyage de l'ouvrage doit être possible pour éviter qu'une accumulation d'obstacles ne limite sa capacité.

#### 3.2.1.2. CANALISATION

La canalisation actuelle devra être déplacée et donc reprise. De nombreux couple {diamètre – pente} sont possibles pour permettre le transit du débit de la crue centennale (2,4 m<sup>3</sup>/s), pour information, une canalisation PVC de diamètre Ø800mm posée à une pente de 3% serait adaptée.

#### 3.2.2. « RUISSEAUX NORD »

Le transit des « ruisseaux Nord » jusqu'au Rif Brillant ne comporte pas de risques de débordements, les seules modifications concernent l'impact du projet d'urbanisation.

##### 3.2.2.1. ENTONNEMENT

L'ouvrage d'entonnement au fond du Lac pouvant être conservé, aucune modification n'est proposée.

##### 3.2.2.2. CANALISATION

La canalisation actuelle devra être déplacée et donc reprise. De nombreux couple {diamètre – pente} sont possibles pour permettre le transit du débit de la crue centennale (8,6 m<sup>3</sup>/s), pour information, une canalisation PVC de diamètre Ø1300mm posée à une pente de 3% serait adaptée.

#### 3.3. SOLUTION « RACCORDEMENT »

La seconde solution consiste à raccorder le « ruisseau Est » sur le lac situé à proximité du centre commercial des Bergers. L'écoulement de l'ensemble des ruisseaux entre le Lac et le Rif Brillant étant effectué dans une seule canalisation.

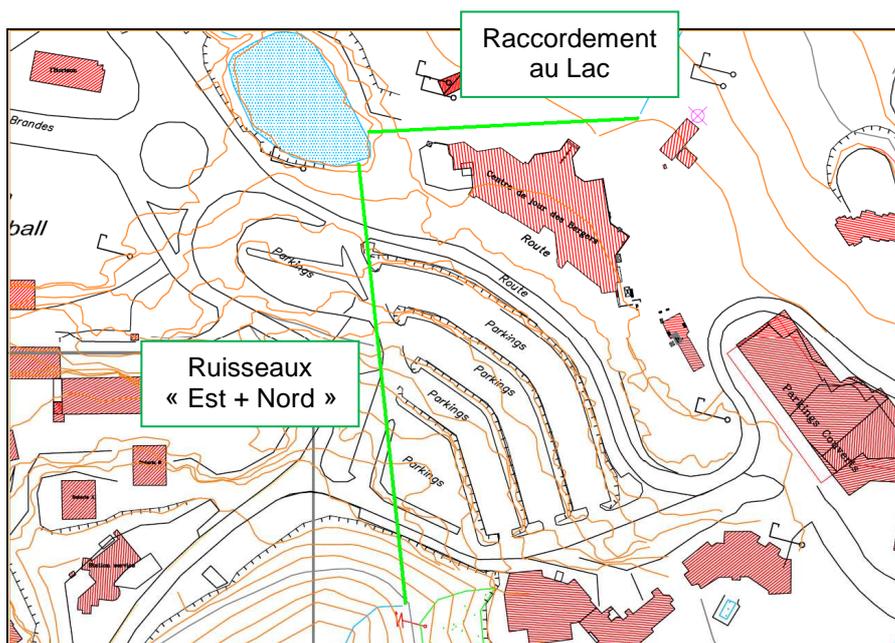


Fig. 10. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT – « RACCORDEMENT »

Cette solution présente l'avantage de limiter le nombre de réseaux (et donc les coûts d'exploitation et de renouvellement), d'utiliser l'effet tampon du Lac, ainsi que ses ouvrages d'entrée.

### 3.3.1. « RUISSEAU EST »

Le levé des risques liés au « ruisseau Est » réside principalement dans la modification de l'ouvrage d'entonnement. Le choix de cette solution entrainera également la création d'un réseau entre l'entonnement actuel et le lac.

#### 3.3.1.1. ENTONNEMENT

L'ouvrage d'entonnement devra permettre la dissipation de l'énergie naturelle du torrent pour faciliter son entrée dans la canalisation. Il devra également être dimensionné pour permettre le transit de la crue centennale sans mise en charge.

Enfin, l'entretien de cet ouvrage devra être étudié lors de sa conception. En effet, un nettoyage de l'ouvrage doit être possible pour éviter qu'une accumulation d'obstacles ne limite sa capacité.

#### 3.3.1.2. CANALISATION

La canalisation à créer devra permettre le transit de la crue centennale ( $2,4 \text{ m}^3/\text{s}$ ) jusqu'au lac.

De nombreux couple {diamètre – pente} sont possibles pour permettre le transit du débit de la crue centennale ( $2,4 \text{ m}^3/\text{s}$ ), pour information, une canalisation PVC de diamètre  $\text{Ø}800\text{mm}$  posée à une pente de 3% serait adaptée.

### 3.3.2. « RUISSEAUX NORD »

Le transit des « ruisseaux Nord » jusqu'au Rif Brillant ne comporte pas de risques de débordements, les seules modifications concernent l'impact du projet d'urbanisation.

#### 3.3.2.1. ENTONNEMENT

L'ouvrage d'entonnement au fond du Lac pouvant être conservé, aucune modification n'est proposée.

#### 3.3.2.2. CANALISATION

Le choix de cette solution imposera également un dimensionnement de la canalisation de transit en fonction de la crue centennale de l'ensemble des ruisseaux (« Nord + Est ») soit un débit total de 11 m<sup>3</sup>/s. (8,6 m<sup>3</sup>/s pour les ruisseaux « Nord » + 2,4 m<sup>3</sup>/s pour le ruisseau « Est »).

De nombreux couple {diamètre – pente} sont possibles pour permettre le transit de ce débit, pour information, une canalisation béton de diamètre Ø 1500mm posée à une pente de 4% serait adaptée.

### 3.4. MODALITES DE GESTION DES RISQUES

Afin de pouvoir urbaniser le secteur des Bergers, les risques torrentiels doivent être levés. Pour cela, deux planifications sont envisageables.

#### 3.4.1. TRAVAUX AVANT URBANISATION

La première solution consiste à lever les risques avant d'effectuer les travaux d'urbanisation. Cette planification a l'inconvénient d'allonger la durée de la procédure.

Les différentes étapes de cette solution sont les suivantes :

- Détermination des modifications sur les réseaux en fonction du projet d'aménagement urbain (localisation des parkings souterrains, tracé des réseaux futurs, ...),
- Travaux sur les réseaux de transit des ruisseaux,
- Validation des travaux et levé des risques par les Services de l'Etat, délivrance du permis d'aménager sur la base des travaux effectués,
- Travaux d'urbanisation du secteur des Bergers.

#### 3.4.2. TRAVAUX DURANT L'URBANISATION

La seconde solution consiste à effectuer les travaux de modification des ruisseaux durant les travaux d'urbanisation. Pour cela, les modifications à apporter aux réseaux devront être définies précisément pour qu'un permis d'aménager soit attribué selon ces modifications. Cette solution a l'avantage de permettre l'avancement des projets et travaux en parallèle, et donc de faciliter la procédure.

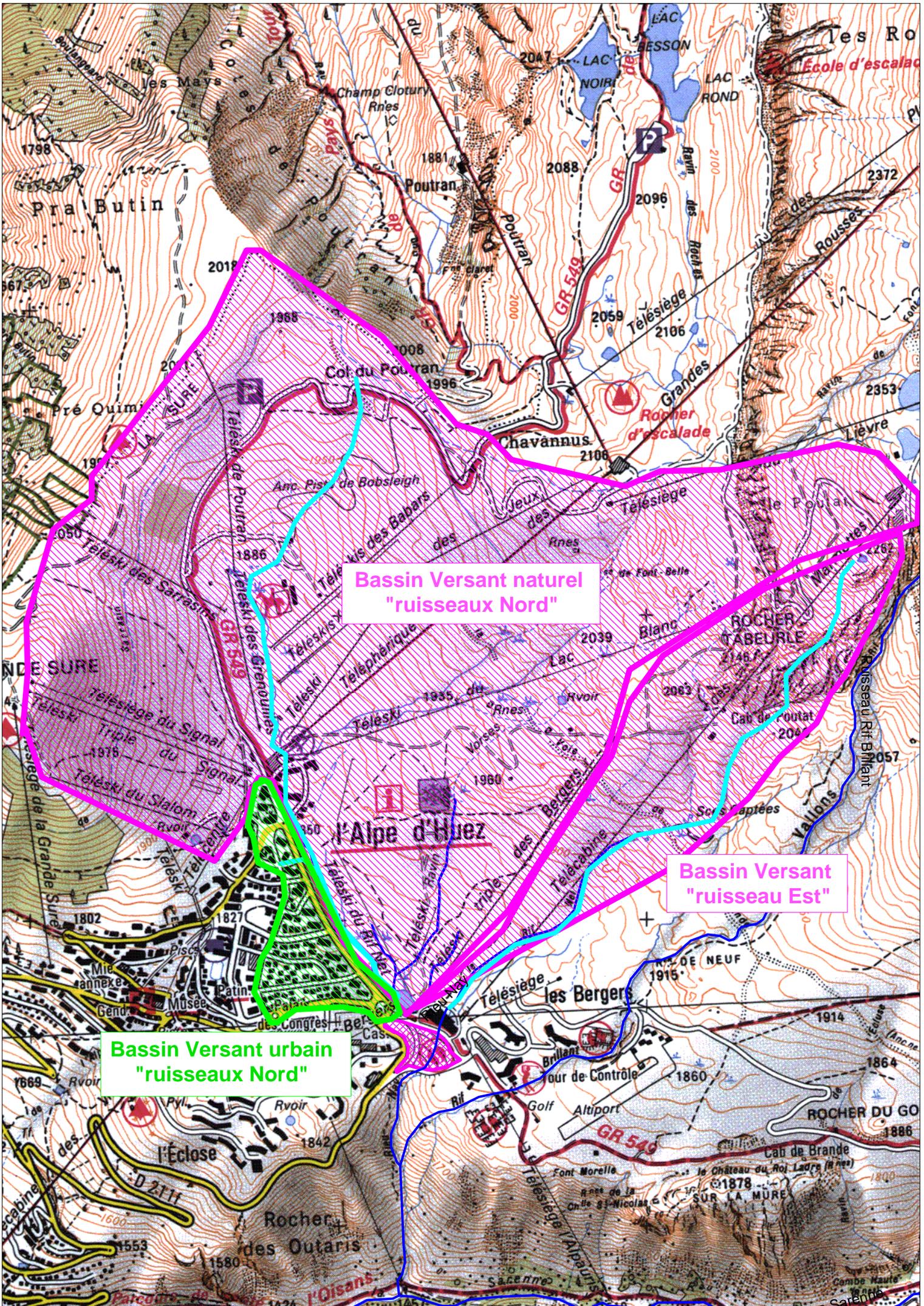
Les différentes étapes de cette solution sont les suivantes :

- Détermination des modifications sur les réseaux en fonction du projet d'aménagement urbain (localisation des parkings souterrains, tracé des réseaux futurs, ...),
- Acceptation de ces modifications par les Services de l'Etat, délivrance d'un permis d'aménager sur la base de ces projets de modifications,

- Rédaction des obligations concernant les modifications des ruisseaux dans le règlement de l'aménagement des Bergers et insertion au PLU,
- Travaux d'urbanisation et de modification des ruisseaux en parallèle.

oOo

**ANNEXE 1 : BASSINS VERSANT ETUDIÉS**

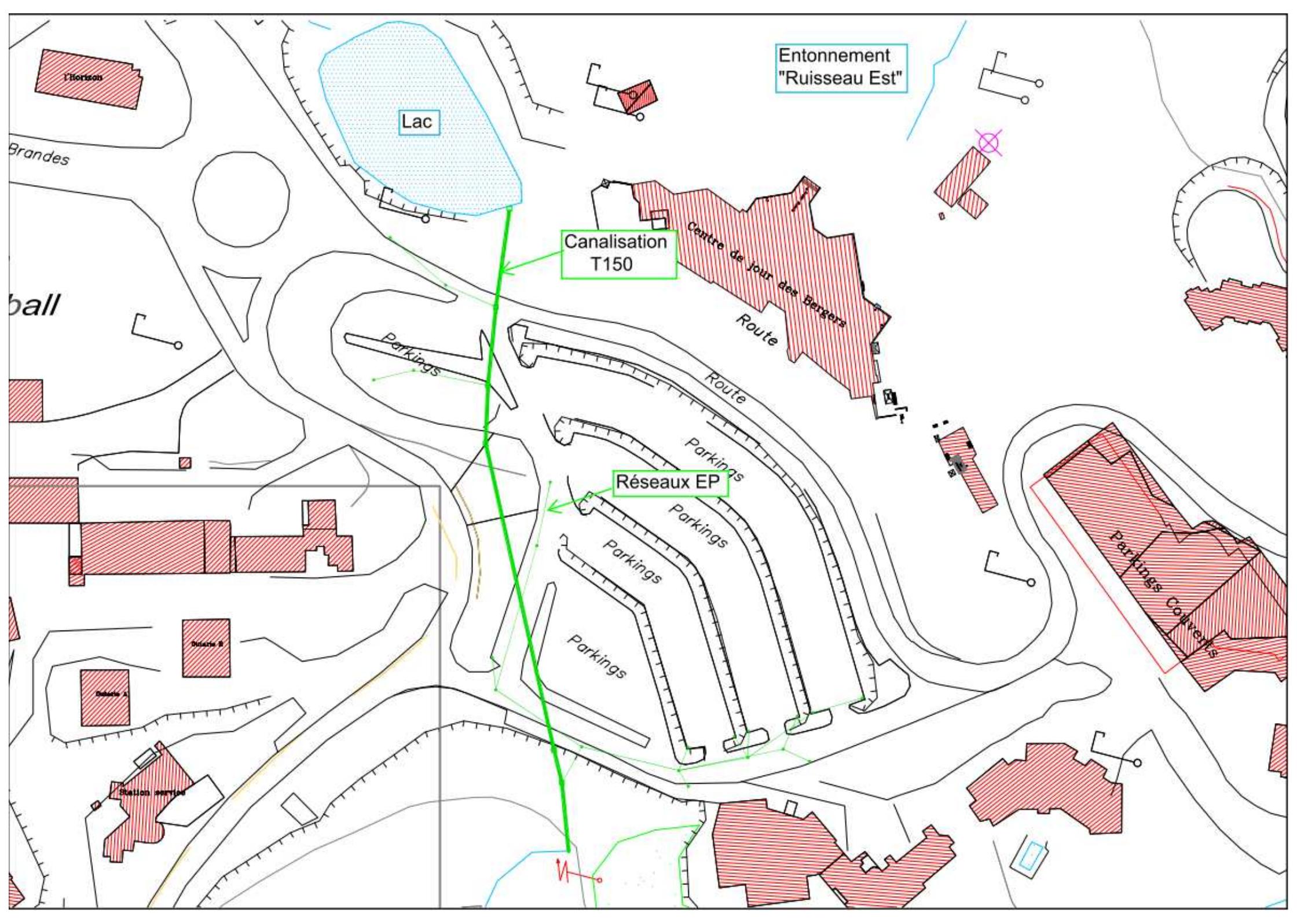


**Bassin Versant naturel  
"ruisseaux Nord"**

**Bassin Versant  
"ruisseau Est"**

**Bassin Versant urbain  
"ruisseaux Nord"**

**ANNEXE 2 : PLAN DES RESEAUX EXISTANTS**



Entonnement  
"Ruisseau Est"

Lac

Canalisation  
T150

Centre de Jour des Bergers  
Route

Réseaux EP

Parkings Couverts

l'Horizon

Brandes

ball

Parkings

Route

Parkings

Parkings

Parkings

Parkings

Dépense 2

Dépense 1

Station service

N