

	PAGES
<b>1. CONTEXTE DE L'ETUDE.....</b>	<b>1</b>
<b>2. RECENSEMENT DES DONNEES .....</b>	<b>1</b>
<b>3. RECONNAISSANCES DE TERRAIN ET LEVES TOPOGRAPHIQUES.....</b>	<b>3</b>
3.1. Secteur de Boulari .....	4
3.2. Secteur de Robinson .....	6
3.3. Secteur de Plum.....	7
3.4. Secteur de Vallon Dore .....	7
3.5. Secteur de Mont Dore Sud (Corniche).....	8
<b>4. ANALYSE PLUVIOMETRIQUE ET HYDROLOGIQUE.....</b>	<b>8</b>
4.1. Préambule sur la méthodologie .....	8
4.2. Ajustement de débits réduits ( $Q_{re} = 12Q/S^{0.75}$ ) .....	10
4.3. Mise en œuvre de la méthode SPEED.....	11
4.3.1. Estimation de la pluviométrie sur la zone d'étude .....	11
4.3.2. Mise en œuvre de la méthode SPEED.....	13
4.4. Détermination des courbes IDF au droit de la zone d'étude .....	14
4.5. Comparaison des différentes approches sur le secteur de Boulari et valeurs retenues sur les autres secteurs .....	16
4.5.1. Comparaison des différentes approches sur le secteur de Boulari .....	16
4.5.2. Valeurs retenues sur les autres secteurs .....	17
4.6. Evénements pluviométriques réels.....	19
4.6.1. Secteur de Boulari .....	19
4.6.2. Secteur de Robinson.....	21
4.6.3. Secteur de Plum.....	22
4.6.4. Secteur de Vallon Dore .....	22
4.6.5. Secteur de Mont Dore Sud .....	23
<b>5. ANALYSE HYDRAULIQUE.....</b>	<b>23</b>
5.1. Méthodologie .....	23
5.1.1. Calculs hydrauliques locaux .....	24
5.1.2. Modélisations hydrauliques simplifiées .....	26
5.1.3. Rendus cartographiques .....	26
5.2. Secteur de Boulari .....	28
5.2.1. Crue décennale .....	28
5.2.2. Crue centennale .....	29
5.3. Secteur de Robinson .....	30
5.3.1. Construction du modèle .....	30
5.3.2. Calage du modèle .....	30
5.3.3. Exploitation du modèle et élaboration des cartes.....	31

5.4. Secteur de Plum.....	32
5.4.1. Construction du modèle .....	32
5.4.2. Calage du modèle .....	32
5.4.3. Exploitation du modèle et élaboration des cartes.....	32
5.5. Secteur de Vallon Dore .....	33
5.5.1. Construction des modèles .....	33
5.5.2. Calage des modèles .....	33
5.5.3. Exploitation des modèles et élaboration des cartes.....	34
5.6. Secteur de la Corniche .....	35

## LISTE DES FIGURES

- 1 - Plan de localisation des secteurs étudiés
- 2 - Secteur Boulari - Carte des bassins et sous bassins versants
- 3 - Localisation des stations hydrométriques et des postes pluviométriques
- 4 - Ajustement des débits réduits
- 5 - Poste de Boulari - Ajustement des pluies journalières maximales annuelles
- 6 - Poste de Nouméa - Ajustement des pluies journalières maximales annuelles
- 7 - Poste de Plum - Ajustement des pluies journalières maximales annuelles
- 8 - Poste de la Coulée - Ajustement des pluies journalières maximales annuelles
- 9 - Ajustement pluie-débit réduit
- 10 - Hyétogrammes de l'épisode du 13 janvier 1988
- 11 - Hyétogrammes de l'épisode du 7 avril 1992
- 12 - Hyétogrammes et hydrogramme de l'épisode du 2 octobre 2001
- 13 - Profils en long Creek Namie
- 14 - Profil en long rivière de Plum
- 15 - Profils en long Vallon Dore (zones Nord et Sud)

## LISTE DES PLANS

- 1 - Secteur Boulari - Carte de la topographie levée
- 2 - Secteur Boulari - Carte des zones inondables
- 3 - Secteur Boulari - Carte des hauteurs d'eau en crue centennale
- 4 - Secteur Boulari - Carte des aléas
- 5 - Secteur Robinson - Carte des bassins et sous bassins versants
- 6 - Secteur Robinson - Carte des zones inondables
- 7 - Secteur Robinson - Carte des hauteurs d'eau en crue centennale
- 8 - Secteur Robinson - Carte des aléas
- 9 - Secteur Plum - Carte des bassins et sous bassins versants
- 10 - Secteur Plum - Carte des zones inondables
- 11 - Secteur Plum - Carte des hauteurs d'eau en crue centennale
- 12 - Secteur Plum - Carte des aléas
- 13 - Secteur Vallon Dore - Carte des bassins et sous bassins versants
- 14 - Secteur Vallon Dore - Carte des zones inondables

- 15 - Secteur Vallon Dore - Carte des hauteurs d'eau en crue centennale
- 16 - Secteur Vallon Dore - Carte des aléas
- 17 - Secteur Corniche - Carte des bassins et sous bassins versants
- 18 - Secteur Corniche - Carte des zones inondables
- 19 - Secteur Corniche - Carte des hauteurs d'eau en crue centennale
- 20 - Secteur Corniche - Carte des aléas

## LISTE DES TABLEAUX

- 1 - Calage du modèle de Robinson
- 2 - Résultats de la modélisation de Robinson pour les crues décennale et centennale
- 3 - Calage du modèle de Plum
- 4 - Résultats de la modélisation de Plum pour les crues décennale et centennale
- 5 - Calage des modèles de Vallon Dore
- 6 - Résultats de la modélisation de Vallon Dore Nord pour les crues décennale et centennale
- 7 - Résultats de la modélisation de Vallon Dore Sud pour les crues décennale et centennale
- 8 - Résultats des calculs sur le secteur de la Corniche pour les crues décennale et centennale

## LISTE DES ANNEXES

- 1 - Méthode SPEED
- 2 - Durée de retour des précipitations aux postes de la Montagne des Sources (source Météo France)
- 3 - Durée de retour des précipitations à Nouméa (source Météo France)
- 4 - Durée de retour des précipitations aux postes de Namie (source DAVAR)
- 5 - Détermination des coefficients a et b de MONTANA au droit de la zone d'étude
- 6 - Descriptif de la méthode de Bradley

## 1. CONTEXTE DE L'ETUDE

La commune du Mont Dore a fait l'objet d'une première détermination, par approche hydrogéomorphologique, des zones inondables associées à des cours d'eau ou émissaires de plus ou moins grande importance.

Si cette méthode a permis d'avoir une première "visualisation" de l'emprise inondable, elle n'a, en revanche, pas fourni d'éléments quantitatifs sur le risque inondation dans les secteurs urbanisés, notamment en termes de niveaux d'écoulement et de période de retour associée. Ces éléments sont aujourd'hui indispensables aux collectivités pour évaluer plus précisément les contraintes hydrauliques sur les zones déjà urbanisés ou susceptibles de l'être.

Dans ce contexte, la Direction de l'Equipeement de la Province Sud a donc souhaité engager des études complémentaires du type "**études hydrauliques simplifiées**" sur cinq secteurs urbanisés de la commune du Mont Dore.

Les secteurs étudiés sont les suivants (cf. figure 1) :

- Boulari,
- Robinson,
- Plum,
- Vallon Dore,
- Mont Dore Sud (ou la Corniche).

Le présent document constitue le rapport d'étude présentant la méthodologie et les résultats sur les différents secteurs. Il est organisé en quatre chapitres :

- Recensement des données ;
- Reconnaissances de terrain et levés topographiques ;
- Analyse pluviométrique et hydrologique ;
- Analyse hydraulique.

## 2. RECENSEMENT DES DONNEES

Cette première phase d'étude a consisté à recueillir l'ensemble des données disponibles auprès de la DEPS, de la DAVAR et de la commune du Mont Dore (études, cartes, topographie, ...).

### Etudes

- Etude hydraulique et hydrologique sommaire - Secteur de l'ancienne briqueterie Vallon Dore – Mairie du Mont Dore – A2EP – Août 2004 ;
- Enquêtes historiques de crues – DAVAR – Juillet 2004 ;

- Etude hydrogéomorphologique pour la détermination des zones inondables des bassins versants de Tonghoue, Païta, Plum, Corniches de Mont-Dore, Tamoà en Nouvelle Calédonie – DAVAR – Carex Hydro/Ministère de l'Equipement – Octobre 2002 ;
- Cartographie hydrogéomorphologique et prise en compte des zones inondables dans les documents d'urbanisme – Nouvelle Calédonie (extrait) – DAVAR – Carex Hydro/Ministère de l'Equipement – Novembre 2001.

#### Cartes

- Cartes d'inondabilité potentielles sur la commune du Mont Dore établies par la DAVAR – Carex Environnement/Ministère de l'Equipement/Hydrex – Juin 2003 ;
- Cartes des aléas d'inondabilités potentielles sur la commune du Mont Dore établies par la DAVAR – Carex Environnement/Ministère de l'Equipement/Hydrex – Juin 2003.

#### Topographie

- Cartes IGN au 1/50 000<sup>ème</sup> ;
- Plans photogrammétriques au 1/10 000<sup>ème</sup> et au 1/2 000<sup>ème</sup> ;
- Plan de récolement d'une partie du dalot du parking du collège de Boulari – Echelle 1/100<sup>ème</sup> ;
- Plan de récolement de l'assainissement de la rue des Cocotiers – Echelle 1/500<sup>ème</sup> ;
- Plan topographique issu de l'étude hydraulique sur le secteur de l'ancienne briqueterie Vallon Dore – Mairie du Mont Dore – A2EP – Août 2004.

#### Données pluviométriques

- Poste journalier de Boulari : précipitations journalières maximales annuelles et supérieures à 100 mm de 1981 à 2003 (Météo France) ;
- Poste de Nouméa Faubourg Blanchot : précipitations journalières maximales annuelles et supérieures à 100 mm de 1951 à 2003 (Météo France) ;
- Poste journalier de Plum : précipitations journalières maximales annuelles et supérieures à 150 mm de 1952 à 2003 (Météo France) ;
- Poste journalier de la Coulée : précipitations journalières maximales annuelles de 1979 à 2003 (Météo France) ;
- Courbes Intensité-Durée-Fréquence à Nouméa et Montagne des Sources (Météo France) ;
- Courbes Intensité-Durée-Fréquence à Namie (DAVAR) ;
- Hyétogramme de l'épisode du 2 octobre 2001 à Dumbea et Magenta (Météo France) ;

- Hyétogramme de l'épisode du 13 janvier 1988 à Dumbea Nord et la Montagne des Sources (DAVAR) ;
- Hyétogrammes des derniers épisodes importants de 1988 à 2001 à Dzumac, Dumbea Nord, Montagne des Sources et Ouinne (DAVAR) ;
- Hyétogrammes des derniers épisodes importants de 1999 à 2003 à Namie (DAVAR).

#### ↳ Données hydrométriques

- Station de la Coulée : débits instantanés maximaux annuels et débits instantanés supérieurs à 20 m<sup>3</sup>/s de 1992 à 2003 (DAVAR) ;
- Station de Dumbea Nord : débits instantanés maximaux annuels et débits instantanés supérieurs à 30 m<sup>3</sup>/s de 1963 à 2003 (DAVAR) ;
- Station de la Couvelée : débits instantanés maximaux annuels et débits instantanés supérieurs à 20 m<sup>3</sup>/s de 1967 à 2003 (DAVAR) ;
- Station de Namie (chez Bigourd) : débits instantanés maximaux annuels et débits instantanés supérieurs à 1 m<sup>3</sup>/s de 1997 à 2003 (DAVAR) ;
- Estimation des débits caractéristiques de crue aux stations de la Coulée, Dumbéa Nord, la Couvelée et Namie (DAVAR) ;
- Hydrogrammes des dernières crues de 1999 à 2003 à Namie (DAVAR).

#### ↳ Autres

- Plan cadastral numérisé ;
- Photographies aériennes (août 2003 et octobre 2001).

Ces données ont été exploitées au cours des différentes phases d'étude.

### 3. RECONNAISSANCES DE TERRAIN ET LEVES TOPOGRAPHIQUES

Sur les cinq secteurs, des reconnaissances détaillées de terrain ont préalablement été effectuées.

Ces enquêtes de terrain ont permis :

- d'apprécier le fonctionnement et l'organisation du réseau hydrographique superficiel (fossés, creeks, ...) et enterré, ainsi que les mécanismes de débordement ;
- de visualiser l'occupation des sols : habitations, murets, clôtures, ... ;
- de cerner les dysfonctionnements actuels : points noirs, ouvrages insuffisants, obstacles aux écoulements, zones inondées, ... ;

- de repérer des niveaux atteints lors des crues antérieures par des enquêtes auprès des riverains ; les nombreuses laisses de crue répertoriées sont ainsi venues compléter le recensement déjà effectué par la DAVAR ;
- de définir les levés topographiques nécessaires, qui ont été réalisés dans un second temps : profils en travers du lit mineur, altimétrie du lit majeur, levé des ouvrages hydrauliques de franchissement et des sections couvertes, nivellement des laisses de crue repérées sur le terrain, etc ; ces levés ont été réalisés par nos soins sur le secteur de Boulari (cf. plan 1) et ont été confiés à un géomètre expert sur les autres secteurs (cf. levés fournis dans le document A3 joint).

Plusieurs entrevues avec la commune du Mont Dore, y compris sur site, nous ont permis d'acquérir des informations complémentaires sur les dysfonctionnements hydrauliques et les secteurs inondés lors des dernières crues.

Les informations collectées sont présentées secteur par secteur.

### 3.1. Secteur de Boulari

Le secteur se décompose en trois bassins versants, se rejetant en mer via trois exutoires distincts (cf. figure 2 et plan 1) :

- le bassin versant le plus à l'Ouest (BV1) est le plus important (36 ha) : deux émissaires principaux, enterrés sur la majeure partie de leur linéaire, se rejoignent au niveau du collège en amont de l'ancienne route (les tracés et gabarits sont indiqués sur le plan 1) ; sur l'aval, deux ouvrages successifs franchissent le fossé sous l'ancienne et la nouvelle route (voie express) ; signalons que l'altimétrie de la nouvelle route est plus élevée (d'environ 40 cm) que celle de l'ancienne route (et du terrain naturel), le gabarit de l'ouvrage étant par ailleurs plus important ; en aval de la nouvelle route, le terrain naturel est beaucoup plus bas ;
- le bassin versant central (BV2) est le plus réduit (12 ha) : l'émissaire principal est également couvert sur une grande partie de son linéaire, y compris en aval de la route principale sous les remblais situés en continuité de la mairie à l'Est ; l'altimétrie de la route principale est à ce niveau beaucoup plus élevée que celle du terrain naturel en amont (environ 1,5 m) ;
- le bassin versant le plus à l'Est (BV3) a une superficie intermédiaire de 20 ha : l'émissaire principal est à ciel ouvert ; il est doublé par un réseau Ø 800, puis Ø 1000, puis deux Ø 800, le long de la rue des Cocotiers ; ces travaux de délestage réalisés il y a quelques années ont permis d'améliorer les écoulements selon les riverains situés à proximité ; à l'aval, il y a en réalité deux exutoires et donc deux ouvrages sous la route principale (située environ 1 m au-dessus du terrain naturel).

Les trois bassins versants ont des morphologies similaires : secteurs très urbanisés, pentes relativement fortes sur l'amont (4 à 5 %) et plus faibles sur l'aval.



Les informations de crue qui ont pu être collectées sont reportées sur le plan 1. Elles correspondent pour la plupart au cyclone Anne (13 janvier 1988) et à l'épisode du 7 avril 1992.

De façon générale, les riverains et la commune signalent peu de problèmes d'inondation sur ce secteur.

Les levés topographiques effectués par SOGREAH sur Boulari sont reportés sur le plan 1.

## 3.2. Secteur de Robinson

Le secteur de Robinson regroupe deux zones :

- le bassin versant du Creek Namie, d'une superficie totale de 3,7 km<sup>2</sup> ;
- un bassin versant voisin, situé à l'Est, correspondant à une dépression locale (superficie de 34 ha).

Le découpage en sous-bassins versants de ce secteur est indiqué sur le plan 5.

- Le bassin versant du Creek Namie est naturel sur sa partie amont et très urbanisé sur tout le secteur aval.

Le cours d'eau est également naturel sur sa partie amont (scindé en deux bras) jusqu'au pont de la route de l'Ecole (secteur Camara), puis il se présente sous la forme d'un canal béton sur un linéaire d'environ 1,2 km jusqu'au pont de la rue Albizia et retrouve son caractère naturel sur la partie aval.

Dans la traversée de la partie urbanisée, le cours d'eau reçoit des apports latéraux en rive gauche et en rive droite correspondant à des dépressions sans véritable lit marqué.

La pente du Creek Namie est de l'ordre de 1,7 ‰ sur l'amont et plus faible sur l'aval (0,5 ‰ en aval de la route du Sud).

En termes de mécanismes de débordement, un deuxième axe d'écoulement se crée le long de la rue Boewa, parallèle au Creek, qui vient alimenter ensuite le secteur Sud-Ouest et un deuxième exutoire vers la mer.

Précisons à ce titre que sur le secteur situé derrière Champion, au Nord de la route du Sud, les riverains nous ont signalé un problème d'évacuation des eaux de ruissellement lié à l'altimétrie plus élevée des terrains situés autour (y compris la route du Sud) et à l'insuffisance des réseaux d'assainissement pluvial. Les inondations peuvent ainsi durer 1 ou 2 jours.

- Le bassin versant situé à l'Est de celui du Creek Namie est de superficie limitée (34 ha) et plutôt urbanisé. Le Creek est à ciel ouvert, hormis sur une petite portion en aval de la rue Bruguiera.

On peut signaler quelques particularités :

- l'existence de remblais en rive droite en amont de la route du Sud ;
  - l'altimétrie élevée de la route du Sud au niveau du franchissement du Creek ;
  - l'existence de remblais importants au niveau du centre culturel (rive gauche en aval de la route du Sud).
- Les informations de crue collectées sont reportées sur le plan 5. Elles concernent essentiellement la crue du 2 octobre 2001, la plus importante connue sur ce secteur d'après les riverains.

### 3.3. Secteur de Plum

Le bassin versant de Plum a une superficie de l'ordre de 11,4 km<sup>2</sup> (cf. plan 9).

Il est naturel sur la quasi-totalité de sa superficie. Seules les parties Sud-Ouest (Val Boisé) et aval (Colardeau) sont urbanisées.

La rivière de Plum a une largeur en tête de l'ordre de 15 à 20 m sur la zone étudiée. Elle est franchie par un ouvrage de 22 m d'ouverture au niveau de la route du Sud (route à peu près au niveau du terrain naturel). Le lit mineur est relativement dégagé.

La pente des fonds de la rivière est très faible, de l'ordre de 0,2 ‰ (secteur globalement très plat).

Les informations de crue disponibles sont toutes liées à l'épisode du 7 avril 1992 (essentiellement issues du recensement de la DAVAR), particulièrement exceptionnel sur ce secteur (cf. plan 9).

### 3.4. Secteur de Vallon Dore

Ce secteur se décompose en deux zones distinctes :

- l'une au Nord correspondant au secteur de l'ancienne briqueterie et du lotissement Gauthier ;
- l'autre au Sud (lotissement Leroux).

Les bassins versants et sous bassins versants de ce secteur sont localisés sur le plan 13.

Les parties amont des creeks sont pentues (pente de l'ordre de 3 à 4 %) et encaissées ; les deux vallées s'élargissent vers l'aval, avec des pentes plus faibles de l'ordre de 1 % en amont de la route de la Corniche.

En aval de la route de la Corniche et de la Promenade du Vallon Dore, les terrains sont très bas et non urbanisés (mangrove).

Sur la zone Nord, on peut signaler l'existence de remblais en rive droite en amont de l'ouvrage de la route de la Corniche, datant a priori de 7-8 ans d'après les riverains.

Sur la zone Sud, on a deux zones d'écoulement distinctes en amont de la route de la Corniche : l'une correspond au fond de talweg et l'autre au fossé de la rue Tamaris ; ces deux zones d'écoulement se rejoignent en amont de l'ouvrage de franchissement de la route de la Corniche, dont l'altimétrie est par ailleurs très élevée.

Les laisses de crue collectées sont relatives au cyclone Anne (janvier 1988), ainsi qu'à l'épisode du 7 avril 1992 (il y a toutefois un doute sur cette dernière date de la part des riverains rencontrés). Les laisses de crue relevées ainsi que celles recensées par la DAVAR sont fournies sur le plan 13. Elles concernent essentiellement la partie Nord, la partie Sud étant visiblement moins affectée par les inondations.

### 3.5. Secteur de Mont Dore Sud (Corniche)

Ce secteur est particulier car composé de multiples bassins versants dont les eaux ruissellent depuis le Mont Dore jusqu'à la mer en franchissant la route de la Corniche (cf. plan des bassins versants n°17). Les pentes sont donc très fortes sur l'amont des zones étudiées souvent de l'ordre de 5 à 6 %, et un peu plus faibles sur l'aval (de l'ordre de 2 %).

Les parties aval des bassins versants sont relativement urbanisées.

Les creeks étudiés sont des petits émissaires, souvent des fossés, voire des dépressions sans véritable lit marqué. Peu de problèmes d'inondation ont été recensés sur ce secteur, ce qui confirme les informations recueillies par la DAVAR lors de leurs enquêtes.

Les quelques laisses de crue recensées sont identifiées sur le plan 17 et correspondent aux principaux épisodes du secteur : octobre 2001, Anne (janvier 1998), Erica (mars 2003), etc.

## 4. ANALYSE PLUVIOMETRIQUE ET HYDROLOGIQUE

### 4.1. Préambule sur la méthodologie

Cette partie a pour objectif de déterminer les débits caractéristiques de crue, c'est-à-dire les débits de pointe en différents points des bassins versants étudiés référence prise sur des périodes de retour allant de 10 à 100 ans.

Compte tenu de l'absence de stations hydrométriques sur la zone d'étude (hormis la station de Namie, qui n'est en service que depuis 1997 et ne dispose donc pas de données suffisantes pour déterminer des débits de période de retour élevée), nous avons exploité :

- les données pluviométriques existant sur la zone d'étude ou à proximité : il s'agit des postes journaliers de Boulari, la Coulée et Plum, ainsi que des postes avec acquisition plus précise (pas d'acquisition 6 minutes ou 0,5 mm) de Nouméa, Namie Lavoix, Namie chez Bigourd, et Montagne des Sources ;
- les données hydrométriques existant à proximité et jugées suffisamment fiables par la DAVAR : il s'agit des stations de la Couvelée, Dumbea Nord et la Coulée.

Ces postes pluviométriques et stations hydrométriques sont localisés sur la figure 3.

Etant donnée la difficulté d'estimer de façon fiable des débits de crue (surtout lorsqu'on ne dispose pas de données en débits sur le bassin versant), plusieurs approches ont été comparées sur le premier secteur (Boulari).

L'une d'entre elles s'appuie sur la méthode SPEED mise au point par SOGREAH (cf. annexe 1) et qui utilise différentes relations associées à la théorie et à l'expérience (théorie de l'hydrogramme unitaire, théorie du gradex, formules de Montana et du temps de concentration). Ces relations conduisent à la formule de base utilisée pour les débits de crues exceptionnelles :

$$Q_T = \frac{S^{0,75}}{12} (P_T - P_0)$$

où :

- $Q_T$  = débit de pointe de la crue de période de retour T (en m<sup>3</sup>/s) ;
- S = Superficie du bassin versant (en km<sup>2</sup>) ;
- $P_T$  = pluie journalière de période de retour T (en mm) ;
- $P_0$  = seuil probabiliste de ruissellement.

Cette formule permet de tirer la notion de débit réduit, égal au débit  $Q_T$  divisé par la superficie  $S^{0,75}$  et multiplié par 12. Ce débit réduit est homogène à une pluie en mm et comme cela est exposé en annexe 1, pour des bassins homogènes vis-à-vis de la géologie, de la couverture végétale et de la pluviométrie, les débits caractéristiques se confondent en termes de débits réduits.

Trois méthodes ont ainsi été mises en œuvre pour l'analyse pluviométrique et hydrologique :

- Ajustement de débits réduits ( $Q_{re} = 12Q/S^{0,75}$ ) à partir des données aux stations hydrométriques (débits instantanés maximaux annuels) ;
- Mise en œuvre de la méthode SPEED avec ajustement au préalable des pluies journalières maximales annuelles ;
- Détermination des courbes IDF au droit de la zone d'étude à partir des IDF disponibles.

Ces différentes méthodes sont explicitées ci-après, les résultats obtenus sur Boulari sont comparés dans la partie 4.5.

## 4.2. Ajustement de débits réduits ( $Q_{re} = 12Q/S^{0,75}$ )

Les données utilisées sont celles des quatre stations hydrométriques précédemment citées (La Coulée, Namie, La Couvelée et Dumbéa Nord) qui nous ont été fournies par la DAVAR, dont les périodes d'exploitation sont rappelées ci-dessous :

Station hydrométrique	Période d'exploitation
La Coulée	1992 – 2003
Namie	1997 – 2003

La Couvelée	1967 – 2003
Dumbea Nord	1963 - 2003

Afin d'augmenter l'échantillon de valeurs notamment pour les stations de la Coulée et Namie, toutes les valeurs de débit supérieures à un certain seuil ont été prises en compte dans l'ajustement de Gumbel.

Le graphe ainsi obtenu est fourni sur la figure 4, représentant les droites d'ajustement tracées (en trait plein) pour trois stations (il est difficile de tracer un ajustement sur Namie compte tenu du faible nombre de valeurs élevées).

Pour extraire les valeurs correspondant à différentes périodes de retour, il convient de décaler les droites d'ajustement de  $-\ln$  (nombres années/nombre valeurs).

Cette opération permet de constater que les trois droites obtenues (en pointillés) sont non confondues mais proches, ce qui traduit l'homogénéité du débit réduit sur ce secteur. On peut ainsi retenir une droite "moyenne" et en déduire les valeurs caractéristiques locales du débit réduit pour les périodes de retour 10 et 100 ans :

$Q_{re} 10 = 240 \text{ mm}$ $Q_{re} 100 = 630 \text{ mm}$
---

Ces valeurs sont bien évidemment des estimations moyennes et approximatives mais permettront de donner un ordre de grandeur des débits de crue des bassins versants à partir de leur superficie et de la valeur du débit réduit.

### 4.3. Mise en œuvre de la méthode SPEED

#### 4.3.1. Estimation de la pluviométrie sur la zone d'étude

La pluviométrie exceptionnelle sur le secteur d'étude a fait l'objet d'une analyse préalable.

Pour cela, nous avons exploité les données de précipitations journalières maximales annuelles des postes de Boulari, Nouméa, Plum et la Coulée.

Les ajustements graphiques obtenus sont présentés sur les figures 5 à 8. Les valeurs qui peuvent être extraites de ces ajustements sont récapitulées ci-dessous, de même que les valeurs de pluviométrie extraites du poste de la Montagne des Sources (cf. annexe 2) et celles de pluviométrie moyenne annuelle fournie par Météo France :

Poste pluviométrique	Pluie journalière décennale (mm)	Pluie journalière centennale (mm)	Pluie moyenne annuelle (mm)
Boulari	280	490	1380
Nouméa	160	245	1058
Plum	235	560	1547
La Coulée	340	570	-

Montagne Sources	des	471	715	≈ 3 000
---------------------	-----	-----	-----	---------



Les valeurs de cumul pluviométrique annuel montrent bien l'hétérogénéité des précipitations entre les différents secteurs géographiques :

- Nouméa,
- Boulari et Plum,
- Montagne des Sources.

Ce résultat se retrouve également dans l'estimation des pluies exceptionnelles. Les pluies journalières centennales à Boulari, Plum et la Coulée correspondant à la partie basse de notre zone d'étude, sont relativement homogènes.

Elles sont comprises entre les pluies plus faibles de Nouméa et celles plus fortes de la Montagne des Sources.

On remarque également sur les figures précitées que janvier 1988 (Anne) et avril 1992 sont les événements les plus forts sur Boulari, Plum et la Coulée (avril 1992 est de loin l'événement le plus fort sur Plum et la Coulée).

Les bassins versants étudiés étant situés à la fois sur la zone "basse" décrite en pluviométrie par les postes de Boulari, Plum et la Coulée et sur une zone plus haute en altimétrie correspondant au Mont Dore, le comité de pilotage de l'étude a donc retenu sur la zone étudiée une pluviométrie correspondant à la moyenne entre le poste de la Montagne des Sources et la moyenne des trois postes de la partie basse :

- **pluie journalière décennale : 380 mm ;**
- **pluie journalière centennale : 630 mm.**

#### 4.3.2. Mise en œuvre de la méthode SPEED

Une fois l'analyse pluviométrique effectuée, il s'agit ici de chercher à estimer le paramètre  $P_0$  intervenant dans la formule :  $Q_T = \frac{S^{0,75}}{12}(P_T - P_0)$ .

L'analyse des débits réduits d'une part (cf. partie 4.2) et de la pluviométrie d'autre part (cf. partie 4.3.1) nous permet de constater que les valeurs obtenues sont proches, du moins pour un événement centennal, mais que les valeurs de pluies ne sont pas nécessairement supérieures à celles des débits réduits, en particulier dans le cas d'une fréquence centennale. Ceci peut s'expliquer de plusieurs façons :

- soit la pluviométrie exceptionnelle est sous estimée ou les valeurs de débit sont surestimées ;
- soit les stations hydrométriques ne sont pas représentatives de la zone d'étude, ce qui peut être le cas pour la Couvelée et Dumbea Nord situées plus au Nord ;
- soit la valeur du  $P_0$  est localement faible, ce qui implique que la quasi-totalité de la pluie ruisselle pour donner un débit.

Ne disposant pas d'éléments supplémentaires pour juger de la pertinence des valeurs de précipitation et de débit, nous avons considéré que la valeur du  $P_0$  était vraisemblablement faible localement.

L'exploitation en parallèle (sur un graphe en exponentielle) des données pluviométriques et hydrométriques (sous forme de débit réduit en mm) sur une période commune d'observation nous permet de confirmer cette tendance sur la zone d'étude.

Le graphe de la figure 9 à la Coulée illustre en effet cette tendance, le poste de la Coulée étant à peu près représentatif de la pluviométrie moyenne retenue sur le secteur. La valeur de  $P_0$  qui peut être déduite est de l'ordre de 35 mm.

Une analyse similaire réalisée sur la station de Namie tend à confirmer cette valeur mais avec une période d'exploitation très courte.

Cette approche nous conduit ainsi à proposer la formule suivante :

$$Q_T = \frac{S^{0,75}}{12} (P_T - 35), \text{ soit } Q_{10} = \frac{S^{0,75}}{12} (380 - 35) \text{ et } Q_{100} = \frac{S^{0,75}}{12} (630 - 35).$$

Il ne s'agit bien évidemment que d'une estimation approchée du débit de pointe. Pour conforter ce résultat, il conviendrait de disposer de données hydrométriques supplémentaires à exploiter.

#### 4.4. Détermination des courbes IDF au droit de la zone d'étude

Cette dernière approche consiste à reconstituer des IDF au droit de la zone d'étude à partir des éléments disponibles :

- IDF au poste de la Montagne des Sources (poste DAVAR et poste Météo France) – source Météo France (cf. annexe 2),
- IDF au poste Météo de Nouméa – source Météo France (cf. annexe 3),
- IDF aux deux postes DAVAR de Namie – source DAVAR (cf. annexe 4),

dans l'optique de mettre en œuvre une méthode rationnelle.

Comme précédemment précisé dans l'analyse pluviométrique, les pluies sur la zone d'étude se situent en intensité entre celles de Nouméa et celles de la Montagne des Sources.

Les valeurs des précipitations pour différentes durées de 15 minutes à 24 heures et des périodes de retour 10 et 100 ans ont été extraites des tableaux des annexes 2 et 3 et une valeur moyenne a été calculée à partir des valeurs aux deux postes.

Ces données moyennes ont ensuite été exploitées pour déterminer les coefficients a et b de MONTANA intervenant dans la formulation :  $P = at^{1-b}$  où P : pluie en mm et t : durée d'averse en minutes (cf. annexe 5).



Les coefficients a et b correspondants et déterminés pour une durée de 15 à 90 minutes sont ainsi :

	T = 10 ans	T = 100 ans
a (mm/min)	6,577	8,912
b (mm/min)	0,425	0,410

Les valeurs de précipitation décennale et centennale ainsi obtenues pour des durées d'averse de 15 et 30 minutes ont été comparées aux valeurs issues des IDF de Namie 1 (poste intermédiaire sur le bassin versant de Namie) :

	P <sub>10</sub> (15 min)	P <sub>10</sub> (30 min)	P <sub>100</sub> (15 min)	P <sub>100</sub> (30 min)
IDF Namie 1 (DAVAR)	32,7 mm	52,2 mm	46,2 mm	75,0 mm
IDF reconstitué sur la zone d'étude	31,2 mm	46,4 mm	41,1 mm	66,4 mm

On constate que les valeurs estimées sont proches de celles fournies par les IDF de Namie (sachant que ce dernier poste dispose de peu d'années de mesures), surtout pour les durées courtes (15 minutes), qui correspondent par ailleurs globalement aux temps de concentration des bassins versants étudiés.

Une fois ces coefficients a et b déterminés, il est alors possible d'estimer un débit décennal ou centennal par application de la méthode rationnelle, à partir des caractéristiques du bassin versant (superficie, coefficient de ruissellement, temps de concentration).

## 4.5. Comparaison des différentes approches sur le secteur de Boulari et valeurs retenues sur les autres secteurs

### 4.5.1. Comparaison des différentes approches sur le secteur de Boulari

Afin de comparer les trois approches présentées, les débits associés à des événements pluviométriques de période de retour 10 ans et 100 ans sur les trois bassins versants du secteur de Boulari ont été estimés.

SECTEUR BOULARI	Superficie (ha)	Approche 1 Ajustement débit réduit	Approche 2 SPEED	Approche 3* Méthode rationnelle
BV1 (Ouest)	36	Q <sub>10</sub> = 9,3 m <sup>3</sup> /s	Q <sub>10</sub> = 13,4 m <sup>3</sup> /s	Q <sub>10</sub> = 14 m <sup>3</sup> /s
		Q <sub>100</sub> = 24,4 m <sup>3</sup> /s	Q <sub>100</sub> = 23,0 m <sup>3</sup> /s	Q <sub>100</sub> = 21,7 m <sup>3</sup> /s
BV2 (Centre)	12	Q <sub>10</sub> = 4,1 m <sup>3</sup> /s	Q <sub>10</sub> = 5,9 m <sup>3</sup> /s	Q <sub>10</sub> = 6 m <sup>3</sup> /s
		Q <sub>100</sub> = 10,7 m <sup>3</sup> /s	Q <sub>100</sub> = 10,1 m <sup>3</sup> /s	Q <sub>100</sub> = 9,2 m <sup>3</sup> /s
BV3 (Est)	20	Q <sub>10</sub> = 6 m <sup>3</sup> /s	Q <sub>10</sub> = 8,6 m <sup>3</sup> /s	Q <sub>10</sub> = 9,2 m <sup>3</sup> /s
		Q <sub>100</sub> = 15,7 m <sup>3</sup> /s	Q <sub>100</sub> = 14,8 m <sup>3</sup> /s	Q <sub>100</sub> = 14,2 m <sup>3</sup> /s

\* Temps de concentration estimés par la méthode de CAQUOT

\* Coefficients de ruissellement de 1 pour une période de retour 100 ans et 0,9 pour 10 ans

**Les valeurs obtenues sont homogènes, en particulier pour un épisode centennal,** bien que les trois approches ne soient pas extrêmement précises.

On peut donc légitimement retenir ici les valeurs intermédiaires (fournies ici par l'approche 2), en ayant toutefois conscience que ces valeurs demeurent bien évidemment des valeurs approchées :

SECTEUR BOULARI	Superficie (ha)	Q <sub>10</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>100</sub> (m <sup>3</sup> /s)
BV 1 (Ouest)	36	13,4	23,0
BV2 (Centre)	12	5,9	10,1
BV3 (Est)	20	8,6	14,8

Ces valeurs donnent des débits spécifiques de l'ordre de 37 à 49 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup> en crue décennale et 64 à 84 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup> en crue centennale, valeurs qui sont élevées mais globalement conformes aux valeurs couramment admises localement.

Les débits de crue caractéristiques ainsi reconstitués en différents points des bassins versants du secteur de Boulari sont fournis sur la figure 2.

#### 4.5.2. Valeurs retenues sur les autres secteurs

La méthodologie retenue sur Boulari a été appliquée sur les autres secteurs.

Les tableaux suivants fournissent les valeurs des débits décennaux Q<sub>10</sub> et centennaux Q<sub>100</sub> retenus (cf. localisation des bassins versants sur les plans 5, 9, 13 et 17) :

SECTEUR ROBINSON	Superficie (ha)	Q <sub>10</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>100</sub> (m <sup>3</sup> /s)
BV amont	107	30	52
BV1	108,5	31	53
BV amont + BV1 (confluence)	215,5	51	88
BV amont + BV1 à BV2	230,5	54	93
BV amont + BV1 à BV3	242	56	96
BV amont + BV1 à BV4	252,5	58	99
BV amont + BV1 à BV5	267,5	60	104
BV amont + BV1 à BV6	286,15	63	109
BV amont + BV1 à BV7	330,5	70	122
<b>BV total</b>	<b>367</b>	<b>76</b>	<b>131</b>
BVA	7,5	4	7
BVA à BVB	15	7	12
BVA à BVC	22,5	9,5	16

BVA à BVD	26,5	11	18
<b>BVA à BVE</b>	<b>34</b>	<b>13</b>	<b>22</b>

SECTEUR PLUM	Superficie (ha)	Q <sub>10</sub> (m³/s)	Q <sub>100</sub> (m³/s)
BV amont	347	73	126
BV amont + BV1	418	84	145
BV2	585	108	187
BV amont + BV1 + BV2	1003	162	280
BV amont + BV1 à BV3	1046	167	288
<b>BV total</b>	<b>1140</b>	<b>178</b>	<b>308</b>

SECTEUR VALLON DORE	Superficie (ha)	Q <sub>10</sub> (m³/s)	Q <sub>100</sub> (m³/s)
BVA	50,5	17	30
BVA à BVB	76,5	24	41
BVA à BVC	106	30	52
<b>BV total Nord</b>	<b>137</b>	<b>36</b>	<b>63</b>
BV1	56,5	19	32
BV1 à BV2	63	20	35
BV1 à BV3	81	25	42
<b>BV total Sud</b>	<b>100</b>	<b>29</b>	<b>49</b>

SECTEUR CORNICHE	Superficie (ha)	Q <sub>10</sub> (m³/s)	Q <sub>100</sub> (m³/s)
BV1	61,35	20	34
BV2	15,3	7	12
BV3	47,3	16	28
BV4	24,9	10	17
BV5	50,5	17	30
BV6	41,15	15	25
BV7a	6	3,5	6
BV7b	42,1	15	26
BV7c	54,1	18	31
BV8a	52,6	18	31
BV8b	67	21	37
BV9a	40	14	25
BV9b	58,9	19	33

BV10	27,5	11	19
BV11	42	15	26
BV12a	36,4	13	23
BV12b	43,7	15	27

## 4.6. Evénements pluviométriques réels

Pour exploiter les laisses de crue relevées sur l'ensemble de la zone d'étude, il est nécessaire de déterminer les débits de pointe associés aux événements pluviométriques correspondants.

Sur la zone d'étude, les informations que nous avons collectées sont relatives à plusieurs épisodes :

- Secteur de Boulari : 13 janvier 1988 (cyclone Anne) et 7 avril 1992 ;
- Secteur de Robinson : 13 janvier 1988 (cyclone Anne), 2 octobre 2001 et 14 mars 2003 (cyclone Erica) ;
- Secteur de Plum : 7 avril 1992 ;
- Secteur de Vallon Dore : 13 janvier 1988 (cyclone Anne), 7 avril 1992 et 2 octobre 2001 ;
- Secteur de Mont Dore Sud : 13 janvier 1988 (cyclone Anne), 2 octobre 2001 et 14 mars 2003 (cyclone Erica).

Les débits de pointe correspondant à ces épisodes peuvent être estimés de façon approchée par application de la méthode rationnelle. Les intensités pluviométriques et débits retenus pour ces épisodes sont précisés ci-après secteur par secteur, sachant que les valeurs fournies ont été affinées lors du calage des modèles.

### 4.6.1. Secteur de Boulari

Sur le secteur de Boulari, les hyétogrammes des épisodes du 13 janvier 1988 et du 7 avril 1992 ont été exploités. Pour ces deux épisodes, seuls sont disponibles les hyétogrammes aux postes DAVAR de Dumbea Nord et de la Montagne des Sources (cf. figures 10 et 11) avec un pas de temps de 15 minutes pour janvier 1988 et de 5 minutes pour avril 1992.

- Pour le 13 janvier 1988, l'intensité maximale relevée **sur 15 minutes** est de :
  - 22,9 mm sur Dumbea Nord, soit 92 mm/h ;
  - 34,2 mm sur la Montagne des Sources, soit 137 mm/h.

On peut par ailleurs supposer que l'intensité maximale atteinte sur une durée plus courte que 15 minutes (par exemple 5 à 10 minutes, ordre de grandeur du temps de concentration des bassins versants de Boulari) est plus forte, induisant ainsi un débit de pointe plus élevé sur ce type de bassin versant.

Ainsi, l'intensité maximale a été considérée par hypothèse voisine de 150 mm/h pour l'épisode du 13 janvier 1988, sur les bassins versants de la zone de Boulari dont les temps de concentration sont très courts.



- Pour le 7 avril 1992, l'intensité maximale relevée **sur 5 minutes** est de :

- 11 mm sur Dumbea Nord, soit 132 mm/h ;
- 16 mm sur la Montagne des Sources, soit 192 mm/h.

On peut retenir ici encore une valeur moyenne et proche de 150 mm/h sur les bassins versants étudiés.

- Ces intensités conduisent à retenir les valeurs approchées suivantes pour l'estimation des débits de pointe au droit des laisses de crue.

Bassin versant concerné	Superficie au droit de la laisse de crue (ha)	Niveau de crue (année)	Débit de pointe de crue estimé (m <sup>3</sup> /s)
BV 1 (Ouest)	13,4	4,10 m NGNC (1988)	≈ 5,5
BV2 (Centre)	9,1	4,50 m NGNC (1992)	≈ 4
BV3 (Est)	11,7	9,45 m NGNC (1992)	≈ 5

#### 4.6.2. Secteur de Robinson

Sur le secteur de Robinson, l'épisode pluviométrique le plus significatif est celui du 2 octobre 2001, pour lequel nous disposons des enregistrements aux pluviomètres de Namie (Namie 1 chez Bigourd et Namie 3 Lavoix) et à la station hydrométrique (cf. localisation sur la figure 3).

Le débit de pointe estimé par la DAVAR à la station est de 71 m<sup>3</sup>/s (cf. figure 12).

Pour conforter cette estimation, nous avons regardé les intensités pluviométriques maximales mesurées aux deux pluviomètres sur 10 à 15 minutes (ordre de grandeur du temps de concentration estimé sur la partie amont du bassin versant). Les intensités mesurées à Bigourd et Lavoix pour les durées précitées sont très différentes du fait de leur localisation éloignée (75 à 100 mm/h sur Namie 3 et 160 mm/h sur Namie 1).

Au vue de ces valeurs, une intensité moyenne de 120 mm/h peut être retenue pour le bassin versant au droit de la station, ce qui conduit à un débit de l'ordre de 75 m<sup>3</sup>/s avec un coefficient de ruissellement de 1 (par application de la méthode rationnelle) et conforte la valeur de 71 m<sup>3</sup>/s issue de l'hydrogramme.

La valeur de débit de pointe de 71 m<sup>3</sup>/s a donc été retenue pour l'épisode d'octobre 2001 au droit de la station, et donc pour le calage ultérieur du modèle.

Cette valeur a ensuite été "extrapolée" à l'ensemble du bassin versant par application de la formulation classique de type Myer  $Q_2 = Q_1 \left( \frac{S_2}{S_1} \right)^{0,75}$  où  $Q_1$  et  $S_1$  sont respectivement le débit et la superficie au point 1, et  $Q_2$  et  $S_2$  sont le débit et la superficie au point 2. Le débit à l'aval a ainsi été évalué à 100 m<sup>3</sup>/s environ.

#### 4.6.3. Secteur de Plum

Les laisses de crue disponibles sur Plum sont relatives à l'épisode du 7 avril 1992.

Comme précisé précédemment, les hyétogrammes disponibles pour cet épisode sont ceux des postes DAVAR de Dumbea Nord et de la Montagne des Sources (cf. figure 11).

Pour une durée de 75 minutes (temps de concentration estimé sur le bassin versant de Plum au droit de la route du Sud), l'intensité maximale mesurée est de 104 mm/h au poste de la Montagne des Sources et 93 mm/h au poste de Dumbea, soit environ 100 mm/h. Cette intensité conduit à une valeur approchée de débit de 200 m<sup>3</sup>/s au droit de l'ouvrage de la route du Sud (coefficient de ruissellement retenu de 0,7 compte tenu du caractère très naturel de la quasi-totalité du bassin versant).

Cette valeur a été extrapolée à l'ensemble du bassin versant comme précédemment, soit un débit à l'aval voisin de 213 m<sup>3</sup>/s. C'est sur la base de ces débits de pointe que le modèle hydraulique a été calé.

#### 4.6.4. Secteur de Vallon Dore

- Sur la zone Nord, les informations recueillies concernent principalement la crue de janvier 1988 (cyclone Anne).

Comme précisé précédemment, les hyétogrammes disponibles pour cet épisode sont ceux des postes DAVAR de Dumbea Nord et de la Montagne des Sources (cf. figure 10).

Les intensités maximales sur 15 minutes sont de 92 mm/h pour Dumbea Nord et 137 mm/h pour la Montagne des Sources.

Le temps de concentration du bassin versant au droit de la route de la Corniche est par ailleurs de l'ordre de 10 à 15 minutes.

De même que sur Boulari, une intensité maximale voisine de 150 mm/h a donc été retenue sur ce secteur et pour cet épisode, conduisant à un débit de l'ordre de 45 m<sup>3</sup>/s (valeur qui peut paraître élevée en regard du débit centennal de ce bassin versant, mais une valeur plus faible retenue initialement ne permettait pas de retrouver les niveaux de crue relevés).

Le débit à l'aval du bassin versant pour cet épisode a ainsi été estimé à 55 m<sup>3</sup>/s environ.

- Pour la zone Sud, nous ne disposons que d'une seule laisse de crue, correspondant à l'épisode de 2001.

Sur la base du hyétogramme du poste Namie 1, l'intensité maximale a été estimée voisine de 170 mm/h sur 10 minutes, ce qui conduit à un débit de l'ordre de 30 m<sup>3</sup>/s au droit de la route de la Corniche.

#### 4.6.5. Secteur de Mont Dore Sud

Pour ce dernier secteur, les laisses de crue sont peu nombreuses et relatives à des épisodes différents.

Les temps de concentration de ces bassins versants étant très courts compte tenu de leur superficie limitée et de la forte pente, il est difficile d'évaluer les intensités maximales associées aux événements pluviométriques. Sur ce secteur, les niveaux de crue relevés ont donc été exploités pour l'analyse hydraulique mais il n'y a pas eu de véritable « calage » comme sur les zones modélisées.

## 5. ANALYSE HYDRAULIQUE

Cette partie présente la méthodologie mise en œuvre et les résultats obtenus secteur par secteur.

### 5.1. Méthodologie

Il s'agit ici, non pas de mettre en œuvre des modélisations fines des écoulements mais plutôt d'élaborer des outils de calcul permettant d'avoir une quantification approchée des écoulements (notamment en termes de niveaux, charges et vitesses).

En regard des objectifs poursuivis, il était en effet inutile de s'engager dans une représentation très détaillée des écoulements, qui aurait nécessité par ailleurs des acquisitions topographiques très lourdes et aurait conduit à une précision des résultats en inadéquation avec celle obtenue sur l'hydrologie.

**La méthodologie de calcul proposée est présentée ci-dessous et adaptée à la morphologie locale de chaque secteur.** Elle repose sur l'exploitation du régime permanent (débit constant) et, suivant les cas, sur :

- des calculs hydrauliques locaux ;
- des modélisations hydrauliques simplifiées.

**Dans les deux cas, et notamment dans celui des calculs hydrauliques locaux, la méthodologie employée ne permet pas d'avoir une très grande précision sur les grandeurs obtenues (niveaux et vitesses), mais reste en accord avec l'objectif recherché.**

Notons qu'en terme d'hypothèse une surcote marine exceptionnelle de 1,40 m NGNC a dans tous les cas été appliquée à l'aval pour les deux périodes de retour 10 et 100 ans (condition aval retenue par le comité de pilotage de l'étude).

#### 5.1.1. Calculs hydrauliques locaux

Dans les **secteurs caractérisés par l'absence de lit marqué** (comme les secteurs de Boulari et de Mont Dore Sud - Corniche), où une modélisation ne peut être représentative que si elle est fine et détaillée (ce qui nécessite l'utilisation de logiciels spécifiques), des **calculs hydrauliques locaux en régime uniforme sur des sections d'écoulement représentatives** de la zone étudiée ont été engagés (sections de contrôle notamment identifiées lors des enquêtes de terrain).

La topographie utilisée est celle levée pour l'étude et le fond de plan au 1/2000<sup>ème</sup> fourni par la Province Sud.

Les largeurs dynamiques d'écoulement et les coefficients de rugosité ont préalablement été ajustés sur la base des observations de terrain (prise en compte des principaux obstacles aux écoulements), de manière à retrouver les informations recueillies sur les niveaux de crue atteints.

Au droit des ouvrages hydrauliques (couvertures de cours d'eau, franchissements, ...), c'est le plus souvent une loi d'orifice associée à une loi de surverse sur la route (en régime noyé ou dénoyé suivant les cas) qui a été utilisée, permettant ainsi d'avoir la répartition des débits entre l'ouvrage et la partie superficielle (débordement sur le terrain naturel). Si cette approche peut reposer parfois sur un hypothèse simplificatrice (le fonctionnement de type orifice n'étant pas toujours totalement avéré en fonction des caractéristiques de l'ouvrage et de l'altimétrie de la chaussée), elle permet néanmoins d'accéder à des ordres de grandeur représentatifs et cohérents avec le niveau de précision recherché.

Des calculs de capacité des collecteurs et sections couvertes ont également été engagés (essentiellement sur Boulari où les sections couvertes sont nombreuses et participent donc largement à l'écoulement des crues).

Les niveaux ont ensuite été évalués au droit de chaque section de calcul pour les périodes de retour 10 et 100 ans.

En ce qui concerne les vitesses, deux zones ont été distinguées : zone de vitesse forte et zone de vitesse faible à modérée. La détermination de ces zones s'appuie sur :

- les enquêtes de terrain qui nous ont permis d'identifier les zones d'écoulement dynamique,
- des calculs de répartition des débits et vitesses sur les sections de calcul.

A partir de ces quantifications par section représentative et de la connaissance acquise des différentes zones (sur le terrain notamment), les résultats ont été extrapolés à l'ensemble des zones à enjeux étudiées.

### 5.1.2. Modélisations hydrauliques simplifiées

Dans les secteurs caractérisés par un **lit marqué donnant lieu à des débordements francs** (creek Namie, rivière de Plum et creeks du Vallon Dore), des **modélisations hydrauliques** unidimensionnelles **locales et simplifiées** (à l'aide du logiciel ECOPERM développé par SOGREAH) ont été mises en œuvre.

#### ↳ Construction des modèles locaux

Les modèles ont été construits sur la base de la topographie existante (fond de plan au 1/2000<sup>ème</sup> et plan topographique existant sur une zone du secteur de Vallon Dore), des profils en travers du lit mineur et du lit majeur levés dans le cadre de l'étude et représentatifs de tronçons homogènes de cours d'eau ainsi que du levé des ouvrages de franchissement.

#### ↳ Calage et exploitation des modèles

Sur la base des informations recueillies sur les niveaux atteints lors des crues antérieures, un profil en long des crues historiques a été réalisé.

Les modèles ont alors été calés sur ces niveaux de crue par ajustement des coefficients de rugosité et des largeurs dynamiques d'écoulement, estimés à partir des enquêtes de terrain.

Les modèles ont ensuite été exploités en régime permanent pour les crues caractéristiques de période de retour 10 et 100 ans et ont permis de préciser, en chaque profil de calcul :

- le niveau d'écoulement ;
- la charge ;
- la vitesse moyenne éventuellement détaillée par sous section ;
- la répartition des débits entre lits mineur et majeur.

Les pertes de charge au niveau des ouvrages hydrauliques ont été estimées hors modèle par la méthode de Bradley<sup>1</sup> (cf. descriptif en annexe 6), qui permet de prendre en compte les caractéristiques techniques de l'ouvrage (section, nombre d'appuis, ...) et les caractéristiques morphologiques de la vallée (répartition des débits notamment). Les valeurs ainsi obtenus ont ensuite été réinjectées dans les modèles.

### 5.1.3. Rendus cartographiques

#### ↳ Carte des zones inondables

---

<sup>1</sup> Hydraulics of Bridge Waterways – US Department of Transportation

A l'issue de l'analyse hydraulique, des cartographies de l'emprise des zones inondables ont été élaborées à partir de la topographie existante et levée pour l'étude, sur chaque secteur étudié et pour la période de retour 100 ans. Sur les cartographies figurent également l'emprise issue de l'analyse hydrogéomorphologique précédemment réalisée et les niveaux atteints sous forme d'isocotes. Cette dernière information permet de faciliter l'exploitation des résultats de l'étude.

Sur l'amont des bassins versants, le tracé des zones inondables a été limité aux secteurs affectés par un aléa inondation, sans prise en compte de ce qui relève du ruissellement. Cette limite amont résulte en particulier de la morphologie locale telle qu'appréciée lors des investigations de terrain.

Sur les zones très pentues les plus amont, situées dans l'emprise hydrogéomorphologique mais dépourvues d'enjeux et où aucune information précise n'est disponible (topographie, laisses de crue), l'emprise inondable a été appréciée essentiellement à partir des observations de terrain. L'absence d'information et la forte pente de ces secteurs ne nous a toutefois pas permis de déterminer les isocotes, ou avec une grande imprécision.

#### ↳ Carte des hauteurs d'eau en crue centennale

Pour la crue centennale, une carte des hauteurs d'eau a été établie sur les différents secteurs (la précision des cartographies dépendant bien évidemment de la précision de la topographie utilisée), avec indication des zones de vitesse d'écoulement forte ou faible à modérée, permettant ainsi de cerner les contraintes hydrauliques (hauteurs – vitesses) au droit des zones bâties ou susceptibles de s'urbaniser.

Les tranches de hauteurs d'eau représentées sont :

- hauteur d'eau inférieure à 0,5 m ;
- hauteur d'eau comprise entre 0,5 et 1 m ;
- hauteur d'eau comprise entre 1 et 1,5 m ;
- hauteur d'eau supérieure à 1,5 m.

**Compte tenu de la précision de la méthode (cf. paragraphe 5.1) et de la topographie disponible, l'élaboration des cartes de hauteurs d'eau avec un pas de 0,5 m s'est révélée délicate. Ces plans, qui ont néanmoins été établis à la demande de la DEPS, sont donc à considérer avec précaution, en particulier sur le secteur de la Corniche et sur les zones très amont où le semis de points du 1/2000<sup>ème</sup> est nettement moins précis que sur les autres secteurs (sans doute à cause de la topographie plus marquée et l'absence de zones urbanisées sur les parties amont).**

#### ↳ Carte des aléas

In fine, des cartes d'aléas ont été établies à partir de la grille suivante, fournie par la DEPS et croisant les paramètres hauteur d'eau et vitesse moyenne d'écoulement :

Vitesse \ Hauteur	Faible à modérée	Forte à très forte
$H \leq 0,5 \text{ m}$	Moyen	Fort
$0,5 \text{ m} < H \leq 1 \text{ m}$	Moyen	Fort
$1 \text{ m} < H \leq 1,5 \text{ m}$	Fort	Très fort
$H \geq 1,5 \text{ m}$	Très fort	Très fort

Une zone d'aléa faible a également été reportée, correspondant à la zone située entre l'emprise inondable de la crue centennale et l'enveloppe inondable issue des études précédentes<sup>2</sup>.

Une zone de protection des thalwegs et cours d'eau a également été tracée sur toute l'emprise hydrogéomorphologique à la demande de la DEPS ; elle correspond à une largeur de 6 m de part et d'autre des berges.

## 5.2. Secteur de Boulari

Sur ce secteur, la méthodologie s'appuie sur des calculs hydrauliques locaux. Il s'agit de calculs en régime uniforme sur des sections d'écoulement représentatives, associés à des calculs de capacité sur les sections couvertes (représentées sur le plan 1 et la figure 2) et des calculs locaux de surélévation et/ou de répartition des débits au droit de chaque ouvrage hydraulique (cf. méthodologie présentée paragraphe 5.1.1).

Les caractéristiques des ouvrages pris en compte sont indiqués sur la plan 1. Les singularités identifiées sur le terrain et intégrées à la cartographie des zones inondables sont précisées sur le plan 2.

Les coefficients de rugosité et largeurs dynamiques d'écoulement ont été ajustés grâce aux quelques informations de crue relevées lors des enquêtes de terrain (cf. localisation sur le plan 1).

Les coefficients de Strickler retenus sont de l'ordre de 10 en lit majeur avec des largeurs dynamiques d'écoulement réduites pour tenir compte de l'encombrement des terrains (habitations, murets, végétation, ...).

### 5.2.1. Crue décennale

Les niveaux d'écoulement atteints et l'emprise correspondant à cette crue sont reportés sur le plan 2 (bleu foncé).

<sup>2</sup> Cartes d'inondabilité potentielles sur la commune du Mont Dore établies par la DAVAR – Carex Environnement/Ministère de l'Equipement/Hydrex – Juin 2003



De façon globale, les débordements sont assez limités en crue décennale, ce qui confirme les informations recueillies sur le terrain ou auprès de la commune, hormis en amont de la route principale où certains ouvrages de traversée sont insuffisants (cette situation étant en partie due à la surcote marine exceptionnelle prise en compte qui induit un niveau aval haut). Les ouvrages concernés sont :

- l'ouvrage sous l'ancienne route (cadre 2 m x 1,3 m) sur le BV1 (Ouest), à proximité du collège qui entraîne une surverse sur l'ancienne voirie uniquement ;
- les ouvrages sous la route principale ( $\varnothing$  1000 mm et cadre 1,6 m x 1 m) sur le BV3 (Est), dans une moindre mesure.

La route principale n'est toutefois pas submergée pour une telle crue.

Quelques habitations sont a priori susceptibles d'être inondées. Soulignons cependant que les nombreux murs ou clôtures entourant les parcelles n'ont pu tous être pris en compte dans les calculs. Il se peut donc que certaines habitations soient théoriquement inondables compte tenu des niveaux d'écoulement et de l'altimétrie du terrain naturel, mais en réalité protégées par un ouvrage particulier (dont on ne peut confirmer par ailleurs la stabilité), qui peut jouer un rôle prépondérant sur une crue moyenne comme la crue décennale (hauteurs d'eau faibles).

### 5.2.2. Crue centennale

Les niveaux d'écoulement atteints et l'emprise de cette crue sont reportés sur le plan 2 (bleu foncé + bleu clair).

L'emprise inondable est bien évidemment plus importante qu'en crue décennale.

Les ouvrages hydrauliques sous la route principale sont tous insuffisants, y compris l'ouvrage sous la nouvelle route à proximité du collège (cadre 2,5 m x 1,8 m) et l'ouvrage du BV2 (Centre) situé sous la route principale et les remblais à proximité de la mairie (cadre 1,55 m x 1,25 m).

L'insuffisance des ouvrages entraîne une submersion de la chaussée de la route principale, même dans le cas de l'ouvrage du BV2 (Centre) où l'altimétrie de la route est particulièrement élevée (plus de 1,5 m par rapport au terrain naturel). Sur cet ouvrage, la submersion de la chaussée de la route entraîne la submersion d'une partie des terrains situés en aval (écoulement "en nappe" avec une lame d'eau inférieure à 10 cm).

Il conviendrait dans tous les cas de prévoir le redimensionnement de ces ouvrages dans le cadre du projet d'aménagement de ZAC de la commune qui prévoit notamment des remblais en aval des zones identifiées de surverse sur la voirie, ou a minima de ne pas implanter d'enjeux dans ces secteurs.

Une carte des hauteurs d'eau, avec indication des zones de vitesses, a également été établie pour la crue centennale (cf. plan 3), ainsi qu'une carte des aléas (cf. plan 4). Globalement les hauteurs d'eau sont inférieures à 1 m, avec des poches de hauteurs d'eau plus élevées en amont des ouvrages de la route principale (cas des BV2 et BV3).

### 5.3. Secteur de Robinson

Sur Creek Namie, la méthodologie s'appuie sur une modélisation hydraulique et comprend donc les étapes classiques suivantes :

- construction du modèle ;
- calage du modèle ;
- exploitation du modèle.

Sur les sous-bassins versants d'apport de Creek Namie et sur le bassin versant voisin situé à l'Est, la méthodologie s'appuie sur des calculs hydrauliques locaux, comme sur Boulari. Les laisses de crue disponibles sur ces secteurs ont permis d'ajuster les coefficients de Strickler et les largeurs dynamiques d'écoulement.

#### 5.3.1. Construction du modèle

Le modèle sur Creek Namie a été construit sur la base des profils en travers des lits mineur et majeur du cours d'eau et des caractéristiques des ouvrages levés pour l'étude, ainsi que du fond de plan au 1/2000<sup>ème</sup>.

Le modèle s'étend sur 3 km depuis le secteur de Morc. Galinie à l'amont jusqu'à la mer en aval.

Le "bras secondaire" a également été modélisé depuis les Hauts de Robinson jusqu'à la confluence, dans la zone de Camara.

Les coefficients de rugosité (Strickler) ont été appréciés sur la base des enquêtes de terrain et ajustés lors de la phase de calage. Les valeurs retenues sont en moyenne de 12 pour le lit majeur, 20 pour le lit mineur sur sa partie naturelle et 70 sur sa partie bétonnée.

Comme précédemment précisé dans la méthodologie, les pertes de charge aux ouvrages ont fait systématiquement l'objet d'un calcul hors modèle par la méthode de Bradley.

#### 5.3.2. Calage du modèle

Le modèle a été calé sur la crue de 2001 pour laquelle de nombreuses laisses de crue sont disponibles.

La ligne d'eau calculée par le modèle à partir des débits estimés dans le paragraphe 4.6.2 est reportée sur les figures 13a et 13b où est également repérée la position des différents ouvrages hydrauliques O1 à O5 (cf. tableau 1 avec les cotes calculées/cotes observées).

On constate au vu du graphique que la ligne d'eau calculée est proche des laisses de crue relevées où passe dans un "fuseau" entre valeurs basses et valeurs hautes (secteur de la route du Sud).

On peut donc considérer que le calage du modèle est satisfaisant.

### 5.3.3. Exploitation du modèle et élaboration des cartes

- Une fois calé, le modèle a été exploité pour les crues de fréquence décennale et centennale.

Les cotes d'écoulement décennales et centennales ainsi obtenues sont reportées sur le tableau 2. L'emprise inondable associée à la crue centennale est représentée sur le plan 6 (l'emprise obtenue par la méthode hydrogéomorphologique issue des études antérieures a également été reportée).

Les hauteurs d'eau et les zones de vitesse forte sont fournies sur le plan 7, la ligne d'eau centennale est reportée sur les figures 13a et 13b.

L'emprise inondable est assez réduite sur l'amont, avec des hauteurs de submersion relativement faibles (inférieures à 1 m, voire inférieures à 0,5 m sur le "bras secondaire").

Sur la partie médiane (de la station hydrométrique à la route du Sud), l'emprise inondable s'élargit, avec des hauteurs d'eau plus importantes (nombreuses poches à plus de 1 m, voire localement plus de 1,5 m).

Les apports des sous-bassins versants, où les hauteurs d'eau sont relativement faibles, viennent également alimenter la zone inondable, conduisant ainsi à des hauteurs de submersion globalement supérieures à 1 m sur la partie aval

La lame d'eau sur la route du Sud, dont l'altimétrie est plus élevée, est inférieure à 1 m.

En termes de vitesses d'écoulement, il faut noter la zone d'écoulement préférentielle le long de la rue Boewa globalement parallèle au lit mineur en rive droite et venant alimenter la partie Sud-Ouest de ce secteur.

Sur le bassin versant voisin à l'Est, l'emprise inondable est réduite, notamment du fait des remblais existants en amont de la route du Sud en rive droite et en aval en rive gauche (centre culturel).

Les hauteurs d'eau sont importantes en amont du franchissement de la route du Sud (supérieures à 1,5 m). La route reste insubmersible.

- In fine, une carte des aléas a été élaborée sur l'ensemble du secteur (cf. plan 8).

## 5.4. Secteur de Plum

Sur ce secteur, la rivière de Plum a été modélisée sur sa partie aval, sur un linéaire de 1 km environ.

### 5.4.1. Construction du modèle

Le modèle de la rivière de Plum a été construit sur la base des profils en travers des lits mineur et majeur du cours d'eau et des caractéristiques de l'ouvrage de la route du Sud levés pour l'étude, ainsi que du fond de plan au 1/2000<sup>ème</sup>.

Les coefficients de rugosité ont été appréciés lors des enquêtes de terrain et ajustés lors du calage du modèle. Les coefficients retenus in fine sont de l'ordre de 15 en lit majeur et 30 en lit mineur.

L'exhaussement généré par l'ouvrage de la route de la Corniche a été évalué hors modèle par la méthode de Bradley.

### 5.4.2. Calage du modèle

Le modèle a été calé sur la crue de 1992 pour laquelle nous disposons de plusieurs laisses de crue.

La ligne d'eau issue du modèle est fournie sur la figure 14 (ligne d'eau obtenue à partir des débits estimés dans le paragraphe 4.6.3).

La bonne cohérence entre les laisses de crue et la ligne d'eau modélisée permet de valider le calage du modèle (cf. tableau 3).

### 5.4.3. Exploitation du modèle et élaboration des cartes

Le modèle a ensuite été exploité pour les crues de fréquence décennale et centennale. Les résultats obtenus sont fournis sur el tableau 4, sur les plans 10 (emprise inondable et isocotes) et 11 (hauteurs d'eau et zones de vitesses) ainsi que sur la figure 14 (ligne d'eau).

Sur le secteur étudié, la zone inondable est très étendue en rive gauche (largeur de 500 à 600 m) et beaucoup plus réduite en rive droite (20 à 100 m).

Les hauteurs d'eau sont globalement importantes sur toute la partie située en amont de la route du Sud (supérieures à 1 m, voire localement supérieures à 1,5 m).

Elles diminuent vers l'aval (inférieures à 0,5 m sur une frange de 50 à 100 m en bord de mer).

Les vitesses sont globalement fortes sur toute la zone étudiée du fait d'une coupure probable du méandre situé en amont, hormis sur les secteurs les plus éloignés du lit mineur.

On peut noter l'existence d'une zone de vitesse faible à modérée en rive gauche de l'ouvrage de franchissement. Celle-ci est liée à la reconcentration des écoulements sous l'ouvrage qui crée un phénomène local de survitesse, induisant a contrario un "délestage" du secteur situé immédiatement en rive gauche, ce phénomène étant par ailleurs renforcé par l'altimétrie plus élevée de la route aux abords de l'ouvrage.

La carte des aléas établie est fournie sur le plan 12.

## 5.5. Secteur de Vallon Dore

Un modèle hydraulique a été mis en œuvre sur chacun des secteurs (zone Nord et zone Sud).

### 5.5.1. Construction des modèles

De même que pour les secteurs précédents, ces modèles ont été construits sur la base de la topographie levée pour l'étude et du fond de plan au 1/2000<sup>ème</sup>. En outre, les levés topographiques réalisés par le cabinet TOPO-VRD lors de l'étude A2EP ont été exploités.

Ils s'étendent sur un linéaire de :

- 1,5 km pour la zone Nord ;
- 1,5 km pour la zone Sud.

La limite aval des modèles est une limite d'étude.

Les coefficients de rugosité retenus après calage sont de l'ordre de 7 à 10 en lit majeur et 17 à 20 en lit mineur.

Les ouvrages hydrauliques ont fait l'objet de calculs de perte de charge hors modèle, comme sur les autres secteurs modélisés.

### 5.5.2. Calage des modèles

- Le modèle de la zone Nord a été calé sur la crue de janvier 1988. Le profil en long de la ligne d'eau calculée par le modèle est fourni sur la figure 15a (cf. tableau 5).

On constate la bonne cohérence de la ligne d'eau issue du modèle avec les laisses de crue relevées, ce qui permet de valider le calage du modèle.

- Sur la zone Sud, nous ne disposons que d'une seule laisse de crue correspondant à l'épisode d'octobre 2001 (cf. ligne d'eau calculée pour cette crue sur la figure 15b et tableau 5).

Le calage a donc essentiellement été réalisé à partir des éléments des enquêtes de terrain.

### 5.5.3. Exploitation des modèles et élaboration des cartes

Les résultats obtenus pour les crues de fréquence décennale et centennale sont reportés sur les tableaux 6 et 7, sur les plans 14 (emprise inondable et isocotes) et 15 (hauteurs d'eau et zones de vitesses) ainsi que sur les figures 15a et 15b (lignes d'eau).

Sur le secteur de la zone Nord, les hauteurs d'eau ont été cartographiées sur la base de la topographie levée par le cabinet Topo VRD lors de l'étude A2EP, en complément des éléments topographiques utilisés sur les autres secteurs (profils en travers, fond de plan au 1/2000<sup>ème</sup>).

L'emprise inondable est réduite sur l'amont (vallons encaissés) et plus étendue sur l'aval, soit à partir de l'amont de la route de la Corniche pour la zone Nord et de la Promenade du Vallon Dore sur la zone Sud.

- Sur la zone Nord, les hauteurs d'eau sont plutôt faibles sur l'amont (souvent inférieures à 1 m, voire à 0,5 m) ; elles sont plus importantes en amont de la route de la Corniche (supérieures à 1,5 m) du fait de l'exhaussement de la ligne d'eau générée par l'ouvrage de franchissement (cf. figure 15a).

En terme de vitesse d'écoulement, les zones de vitesses les plus fortes sont centrées sur le lit mineur sur l'amont puis s'élargissent.

Sur la zone aval, les vitesses sont plus modérées (zone de mangrove).

- Sur la zone Sud, les hauteurs d'eau sont inférieures à 1 m sur l'amont et la partie médiane, hormis en amont des ouvrages de franchissement :
  - de la route de la Corniche (la voirie reste insubmersible en crue centennale) ;
  - de la Promenade du Vallon Dore (la voirie est submersible, avec une lame d'eau de 0,5 à 1 m au droit de l'ouvrage).

Ces ouvrages entraînent en effet une surélévation de la ligne d'eau (cf. figure 15b).

En aval de la Promenade du Vallon Dore, les hauteurs d'eau sont plus importantes (globalement supérieures à 1 m) ; ce secteur correspond à une zone de mangrove.

- Les aléas cartographiés sur ces deux secteurs sont fournis sur le plan 16.

## 5.6. Secteur de la Corniche

Ce secteur a fait l'objet de calculs hydrauliques locaux, comme celui de Boulari car les zones étudiées correspondent davantage à des talwegs sans lit marqué (ou des fossés) qu'à de véritables cours d'eau.

Il s'agit de calculs en régime uniforme sur des sections d'écoulement représentatives, associées à des calculs locaux de surélévation au droit de chaque ouvrage hydraulique.

Peu d'informations de crue sont disponibles. Elles nous ont toutefois permis de confirmer localement les rugosités et les largeurs dynamiques d'écoulement retenues (coefficients de Strickler de l'ordre de 8 à 10 en lit majeur, 12 à 14 en lit mineur, celui-ci étant souvent encombré et étroit).

Les résultats obtenus pour un épisode pluviométrique centennal sont cartographiés sur les plans 18 (emprise inondable et isocotes) et 19 (hauteurs d'eau et zones de vitesses).

Les cotes d'écoulement obtenues pour les crues décennale et centennale sont reportées dans le tableau 8. Les aléas sont fournis sur le plan 20.

Globalement, sur ce secteur, les emprises inondables associées à chaque talweg ou creek sont relativement réduites, surtout sur l'amont (amont de la route de la Corniche).

Les hauteurs d'eau sont inférieures à 1 m pour l'épisode centennal, hormis au niveau des fonds de vallon.

Sur l'aval, les emprises inondables s'élargissent mais les hauteurs d'eau sont faibles (inférieures à 0,5 m).

Les différents ouvrages de la route principale sont souvent de faible gabarit ( $\varnothing$  800 mm,  $\varnothing$  1000 mm) et génèrent des surélévations importantes de la ligne d'eau en amont, entraînant une surverse sur la voirie (lame d'eau inférieure à 0,5 m en général).

Les vitesses d'écoulement sont globalement fortes sur ces secteurs.

FIGURES
---------



PLANS
-------

TABLEAUX
----------

ANNEXES
---------

## ANNEXE 1

### METHODE SPEED

## ANNEXE 2

### DUREE DE RETOUR DES PRECIPITATIONS AUX POSTES DE LA MONTAGNE DES SOURCES (SOURCE METEO FRANCE)

## ANNEXE 3

### DUREE DE RETOUR DES PRECIPITATIONS A NOUMEA (SOURCE METEO FRANCE)

## ANNEXE 4

### DUREE DE RETOUR DES PRECIPITATIONS AUX POSTES DE NAMIE (SOURCE DAVAR)

## ANNEXE 5

### DETERMINATION DES COEFFICIENTS $a$ ET $b$ DE MONTANA AU DROIT DE LA ZONE D'ETUDE



## ANNEXE 6

### DESCRIPTIF DE LA METHODE DE BRADLEY