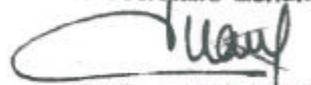


COMMUNE DE
CAGNES-SUR-MER

Pour le Préfet
Le Secrétaire Général


Philippe PIRAUX

31 OCT. 2001

PLAN DE PREVENTION DES RISQUES
NATURELS PREVISIBLES D'INONDATION

RAPPORT DE PRÉSENTATION

LE MALVAN-LA CAGNE-LE VALLON DES VAUX

Septembre 2001

PRESCRIPTION DU PPR conformément à la loi n° 95.101 du 2 février 1995 : 28 février 2000

DELIBERATION DU CONSEIL MUNICIPAL DU 12 juin 2001

ENQUETE DU 17 avril au 17 mai 2001

APPROBATION DU PPR : 31 OCT. 2001



DIRECTION DEPARTEMENTALE
DE L'EQUIPEMENT
SERVICE AMENAGEMENT
URBANISME OPERATIONNEL



SAFEGE CETIIS

Ingénieurs Conseils

Aix Métropole
881 D - 38 av. H. Malcorida
13100 AIX-EN-PROVENCE

1. OBJET DU PLAN DE PRÉVENTION DES RISQUES	1
2. LES ENJEUX DU P.P.R.	2
Les enjeux au niveau national	2
Les enjeux au niveau local	2
3. LA MÉTHODOLOGIE.....	4
4. LES DONNÉES DE BASE.....	6
Les bassins versants	6
Le régime pluviométrique	6
Etablissement des ondes de crue	8
La méthode employée	8
Détermination des temps de concentration	9
Détermination des débits de pointe	10
Le relief des différents thalwegs	14
Les aspects géomorphologiques	15
5. L'ÉTUDE HYDRAULIQUE ET CARTOGRAPHIQUE	17
Les modélisations hydrauliques	17
Mode opératoire	17
Les résultats obtenus	18
Analyse globale	19
6. LE ZONAGE DU RISQUE D'INONDATION.....	21
7. LA VULNÉRABILITÉ ET LES ENJEUX	22
8. LES MESURES RÉGLEMENTAIRES.....	23
9. PROPOSITIONS D' ACTIONS.....	25
Propositions pour la vallée du Malvan	25
Propositions pour la vallée de la Cagne	27
Propositions pour le vallon des Vaux	28
10. CONCLUSIONS.....	29

1. Objet du Plan de Prévention des Risques

Le plan de prévention des risques naturels prévisibles a été institué par la loi n°95-101 du 2 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement. Il est dorénavant le seul document réglementaire spécifique aux risques.

Le PPR n'a pas pour ambition d'apporter une solution à tous les problèmes opposés par les risques naturels. Il permet de délimiter les zones concernées par les risques et d'y définir ou d'y prescrire des mesures de prévention, de protection et de sauvegarde.

Ce document synthétise les investigations réalisées et les conclusions qui en ont découlé lors des études hydrauliques ayant conduit à l'élaboration de la cartographie des risques.

2. Les enjeux du P.P.R.

Les enjeux au niveau national

Depuis 1992, l'Etat a redéfini très profondément sa politique sur la gestion de l'eau. Une gestion équilibrée de la ressource, une volonté très affirmée de réduire la vulnérabilité des zones inondables associée à une politique d'incitation à la restauration des cours d'eau font partie des grands principes qui ont guidé cette réforme.

En matière de prévention des inondations et de gestion des zones inondables, l'Etat a défini sa politique dans la circulaire interministérielle du 24 janvier 1994. Cette circulaire est articulée autour des principes suivants :

- ✍ Interdire les implantations humaines dans les zones les plus dangereuses et les limiter dans les autres zones inondables ;
- ✍ Contrôler strictement l'extension de l'urbanisation dans les zones d'expansion de crue ;
- ✍ Éviter tout endiguement ou remblaiement nouveau qui ne serait justifié par la protection des lieux fortement urbanisés.

L'outil de cette politique, les plans de prévention des risques naturels prévisibles, a été institué par l'article 6 de la loi du 2 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement.

Ces plans (P.P.R.), une fois réalisés et approuvés, valent servitude d'utilité publique et sont opposable au tiers.

Le décret n°95-1089 du 5 octobre 1995 en précise les modalités d'application et un guide méthodologique daté de mars 1996 rédigé par les ministères de l'environnement et de l'équipement définit les modalités de leur mise en œuvre.

Les enjeux au niveau local

Devant la croissance des phénomènes hydrologiques aux conséquences catastrophiques sur les milieux urbanisés, le Ministère de l'environnement a entrepris une campagne de pré-diagnostic des villes les plus exposées aux risques d'inondation liés aux crues torrentielles et au ruissellement pluvial par la réalisation en 1994 et 1995 d'un atlas départemental des zones inondables.

Ces études de pré-diagnostic ont fait ressortir la nécessité d'établir des Plans de Prévention des Risques naturels prévisibles (PPR) liés aux inondations pour les villes les plus sensibles, dont fait partie la commune de Cagnes-sur-Mer.

La commune de Cagnes-sur-Mer est soumise aux risques d'inondation du bassin versant du Malvan, de la Cagne et du vallon des Vaux (dont fait partie le vallon de la Campanette).

On a pu mesurer les conséquences provoquées par les inondations au cours de plusieurs événements dont le plus récent est la crue de 1990. Cette crue a en effet provoqué la mort d'une personne.

C'est dans ce contexte que l'arrêté préfectoral en date du 28 février 2000 prescrit la réalisation d'un Plan de Prévention des Risques d'inondation sur la commune de Cagnes-sur-Mer.

3. La méthodologie

A partir des trois principes énoncés dans la circulaire ministérielle du 24 janvier 1994 citée au paragraphe 2.1 et en agissant sur les zones exposées aux inondations comme sur celles non exposées (mais qui peuvent accroître le risque), les Plans de Prévention des Risques naturels prévisibles (P.P.R.) visent les objectifs suivants :

- Améliorer la sécurité des personnes exposées à un risque d'inondation ;
- Maintenir le libre écoulement et la capacité d'expansion des crues en préservant les milieux naturels ;
- Limiter les dommages aux biens et aux activités soumis au risque.

La mise en œuvre des objectifs du P.P.R. se traduit par :

- La délimitation des zones exposées au risque d'inondation ;
- La délimitation des zones indirectement exposées aux inondations mais sur lesquelles des constructions, ouvrages, aménagements ou exploitations pourraient aggraver les risques ou en provoquer de nouveaux ;
- L'application sur ces zones de mesures d'interdiction ou de prescriptions vis à vis des constructions, ouvrages, aménagements ou exploitations susceptibles de s'y développer (ces prescriptions concernent aussi bien les conditions de réalisation que d'utilisation ou d'exploitation) ;
- La définition des mesures de prévention, de protection et de sauvegarde des zones exposées au risque ;
- La définition des mesures de prévention liées relatives à l'aménagement, l'utilisation ou l'exploitation des constructions, ouvrages, espaces mis en cultures ou plantés (existants à la date d'approbation du plan).

La crue de référence préconisée par les textes est soit la crue centennale (crue définie par approche hydrologique) soit la plus forte crue observée (si celle-ci a une fréquence d'apparition supérieure à 100 ans).

La crue centennale est considérée comme le phénomène minimum servant de référence pour la définition du risque car elle se caractérise à la fois par :

- Des facteurs aggravants multiples (embâcles, ruissellements anormaux) ;
- Des difficultés pour la gestion de crise (communications coupées ...) ;
- Des risques pour la sécurité des personnes (courants, durée de submersion ...) ;
- Des dommages importants aux biens et aux activités.

A ce jour, aucune des crues observées sur le Malvan, la Cagne et le vallon des Vaux n'a une fréquence supérieure à la crue centennale. La délimitation des risques d'inondation sur chaque vallée étudiée a donc été établie à partir d'une crue centennale, définie à partir d'une étude hydrologique.

CARTE GÉNÉRALE DE LOCALISATION DES COURS D'EAU ET DES ZONES CARACTÉRISTIQUES DE LA COMMUNE



4. Les données de base

Les bassins versants

Les terrains concernés par le présent Plan de Prévention des Risques d'Inondation font partie des vallées aval du Malvan, de la Cagne et du vallon des Vaux.

Le Malvan draine un bassin versant de 25 km² environ. Il représente le principal affluent de la Cagne.

Le parcours du Malvan a une direction Nord Ouest – Sud Est en amont jusqu'au Nord de la commune de Saint-Paul, puis une direction Nord – Sud jusqu'au hameau de la Grange Rimade, et enfin une direction Nord Ouest – Sud Est jusqu'à l'embouchure avec la mer. La Cagne draine un bassin versant de 68 km² environ (sans son principal affluent de rive droite : le Malvan), avec une altitude moyenne de 619.45 m (NGF) et une pente moyenne de 19cm/m.

Son parcours a une direction Ouest-Est en amont jusqu'au Massif du Mouton d'Anou puis une direction Nord-Sud jusqu'à son embouchure avec la mer à Cagnes-sur-mer.

Le vallon des Vaux draine un bassin versant de 1234 ha environ, avec une altitude moyenne de 160 m (NGF) et une pente moyenne de 3.4 %.

Son parcours a une direction globale Nord-Sud jusqu'à son embouchure avec la mer.

Le régime pluviométrique

Le régime pluviométrique a été caractérisé par mise au point d'une formule de Montana, permettant d'évaluer l'intensité de pluie maximale en fonction de la durée de pluie et son occurrence d'apparition.

Les stations de mesures pluviométriques les plus proches du bassin versant ne comportent que des informations à pas de temps journalier (ce qui demeure insuffisant pour caractériser l'ensemble des types de pluies pouvant générer une crue).

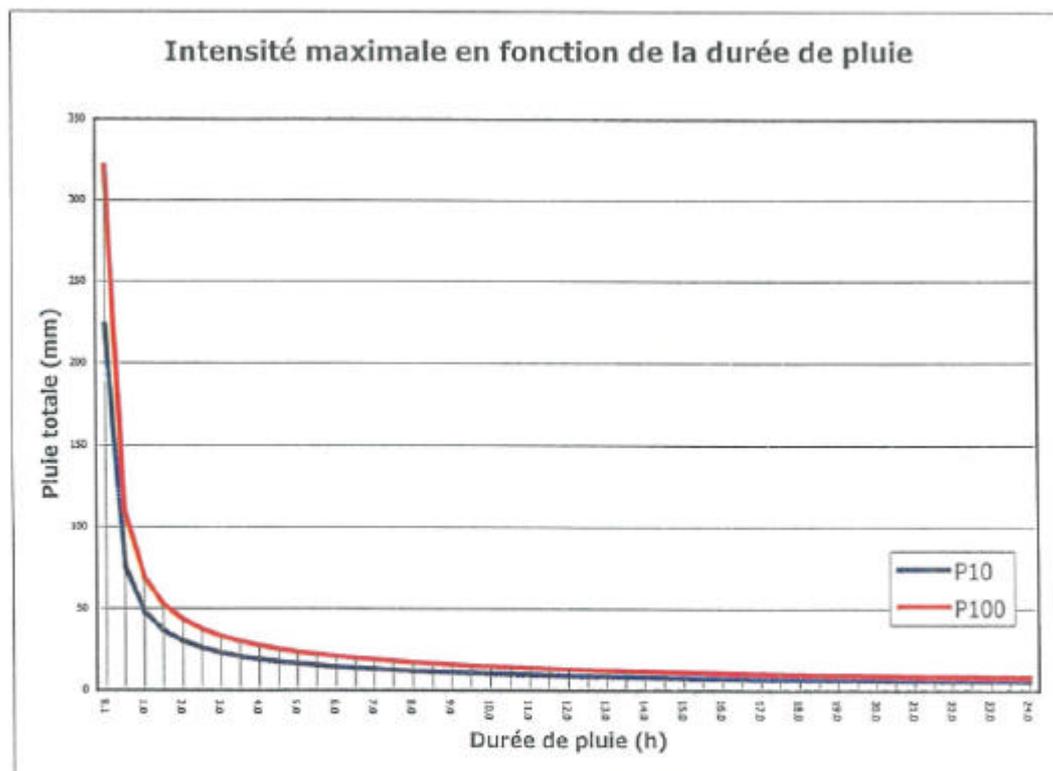
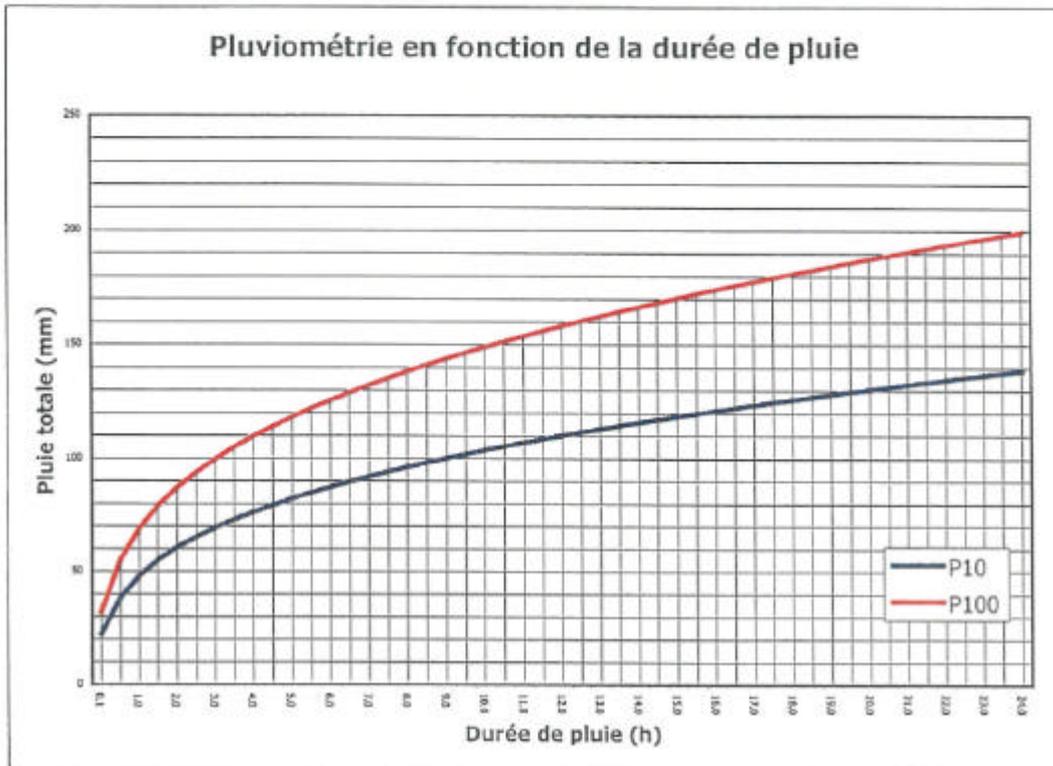
Seule la station pluviographique de l'aéroport de Nice-Cote d'Azur comporte un suivi de toutes les pluies au pas de temps de six minutes sur une période d'observation suffisante à un traitement statistique.

Nous avons extrait de l'étude refondatrice du Var (D.D.E. des Alpes Maritimes – 1998/99) la loi statistique permettant de calculer les hauteurs de pluie correspondant à différentes occurrences et à des durées variables. Compte tenu de la proximité du Var, il semble donc justifié de considérer que celle-ci est également représentative des bassins versants du Malvan, de la Cagne et du Défoussat.

Selon l'occurrence considérée, cette loi s'écrit :

- $P_{10} = 48.13 \times t^{1/3}$. (t en heures / P en millimètres)
- $P_{100} = 69.12 \times t^{1/3}$. (t en heures / P en millimètres)

Ces lois sont illustrées par les deux graphiques suivants :



Etablissement des ondes de crue

La méthode employée

Dans le cadre de l'étude hydrologique, la méthode employée pour la détermination des ondes de crue sur le bassin du vallon des Vaux se divise en quatre étapes :

1. Définition des débits de pointe aux points de rejet des bassins versants élémentaires, correspondant à la confluence des vallons affluents ou des zones latérales d'apports.
2. Définition des ondes de ruissellement correspondants à chaque bassin versant par estimation des temps de concentration de chaque bassin versant élémentaire.
3. Calcul du temps de translation entre deux points de calcul. Le routage des hydrogrammes amont est réalisé par une translation simple, qui s'appuie sur un coefficient de célérité et d'un coefficient de Strickler standard, dont l'ajustement est issu des relevés à la station de mesures de St Jeannet.
4. Calcul des hydrogrammes finaux, avec apports des points amont, décalés dans le temps par translation établie dans l'étape précédente.

En particulier, le calcul des décalages le long de chaque tronçon s'appuie donc sur :

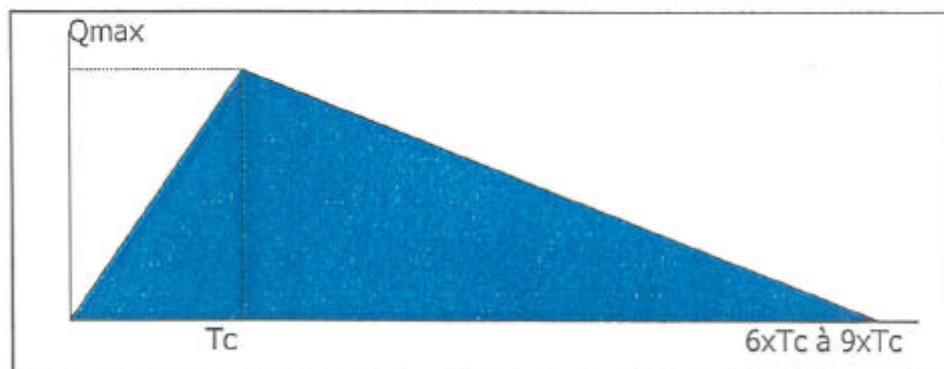
- une correction de la célérité basée sur un coefficient "a" : Célérité = 0.6 * Vmoy
- un coefficient de Strickler égal à 15,
- un rayon hydraulique Rh, égal à 0.7 mètre pour l'ensemble des biefs,
- les caractéristiques des biefs entre deux points de calcul (pente et longueur).

La vitesse moyenne de chaque bief est déterminée à partir de la formule de Manning-Strickler qui s'écrit :

$$V_{moy} = K \times Rh^{2/3} \times (pente)^{0,5}$$

Le décalage de chaque hydrogramme s'obtient alors en divisant la longueur de chacun des biefs par sa célérité respective. Un coefficient de décalage est calculé à partir du temps de décalage divisé par le pas de temps des hydrogrammes.

Chaque hydrogramme unitaire amont présente la forme suivante :



En particulier, la détermination des temps de concentration et des débits de pointe a été conduite selon plusieurs méthodes et prise en compte de la moyenne des résultats obtenus.

Détermination des temps de concentration

A partir des caractéristiques morphologiques de chaque bassin versant élémentaire, les temps de concentration ont été définis par application de plusieurs formules empiriques, afin de constituer une gamme de valeurs concordantes.

Le temps de concentration T_c d'un bassin versant est le temps mis par une goutte de pluie, depuis l'amont du bassin, pour atteindre l'exutoire. Il détermine la durée de l'épisode pluvieux générant le débit de pointe défini ci-dessous.

Les temps de concentration ont été déterminés à partir des caractéristiques des bassins versants élémentaires et des formules empiriques suivantes :

- PASSINI : $T_c = 6,48 \times (A/100) \times (L/1000)^{1/3} + (\text{pente})^{0,5}$
- GIANDOTI : $T_c = 60 \times (4 \times (A/100) + (1,5 \times (L/1000))) + (0,8 \times (\text{dénivelé}/2))^{0,5}$
- CAQUOT : $T_c = 0,28 \times L^{0,84} \times A^{0,507} \times \text{pente}^{-0,41} \times Q^{-0,287}$
- Dénivelé : $T_c = L^{1,15} + (60 \times (\text{Dénivelé})^{0,38})$

Les paramètres utilisés ci-dessus sont définis comme suit :

A	: surface du bassin versant en hectares ;
L	: longueur du plus long parcours de l'eau, en mètres ;
Q	: débit de pointe du modèle de CAQUOT (voir ci-dessous) ;
Pente	: pente moyenne du bassin en m/m ;
Dénivelé	: plus grande différence d'altitude du bassin en mètres.

On notera que la formule de CAQUOT s'utilise habituellement en milieu urbain, mais les coefficients retenus ici ont été adaptés de sorte que l'on puisse utiliser cette méthode dans le cadre de notre étude.

Afin de minimiser les erreurs et d'obtenir une estimation finale correcte, les temps de concentration retenus représentent une moyenne de l'ensemble des méthodes.

Les résultats obtenus pour chacun des bassins versants, sont synthétisés dans le tableau suivant :

	Tc
Le Malvan	3 h 00 min
La Cagne	4 h 00 min
Le vallon des Vaux	2 h 00 min

Détermination des débits de pointe

Pour chaque bassin versant, les débits de pointe pour les trois occurrences de pluie ont été définis par application de plusieurs formules empiriques (Caquot, Crupédix, Rationnelle, Socose). Ces méthodes appliquées usuellement en hydrologie s'appuient sur les caractéristiques morphologiques (surface totale, coefficient de ruissellement ...).

Elles s'écrivent :

- Caquot : $Q_{\text{pointe}} = K \times \text{pente}^{\alpha} \times C^{\beta} \times A^{\gamma} \times m$
avec K, α, β, γ : coefficients dépendants de la pluviométrie ;
 m : coefficient correctif de forme ;
 C : coefficient d'imperméabilisation.

- Crupédix : $Q_{\text{pointe}} = A^{0.8} \times (P_{10} / 80)^2$
avec P_{10} : pluie journalière décennale.

- Rationnelle : $Q_{\text{pointe}} = C \times i(D=Tc) \times A$

Les débits de pointe retenus pour les calculs des hydrogrammes sont ceux estimés par la moyenne des différentes méthodes.

A l'issue des différents calculs, nous avons obtenu les débits de pointe suivants :

	Occurrence 10 ans	Occurrence 100 ans
Le Malvan	37.1 m ³ /s	72.0 m ³ /s
La Cagne	52.2 m ³ /s	106.1 m ³ /s
Vallon des Vaux	15.3 m ³ /s	34.7 m ³ /s

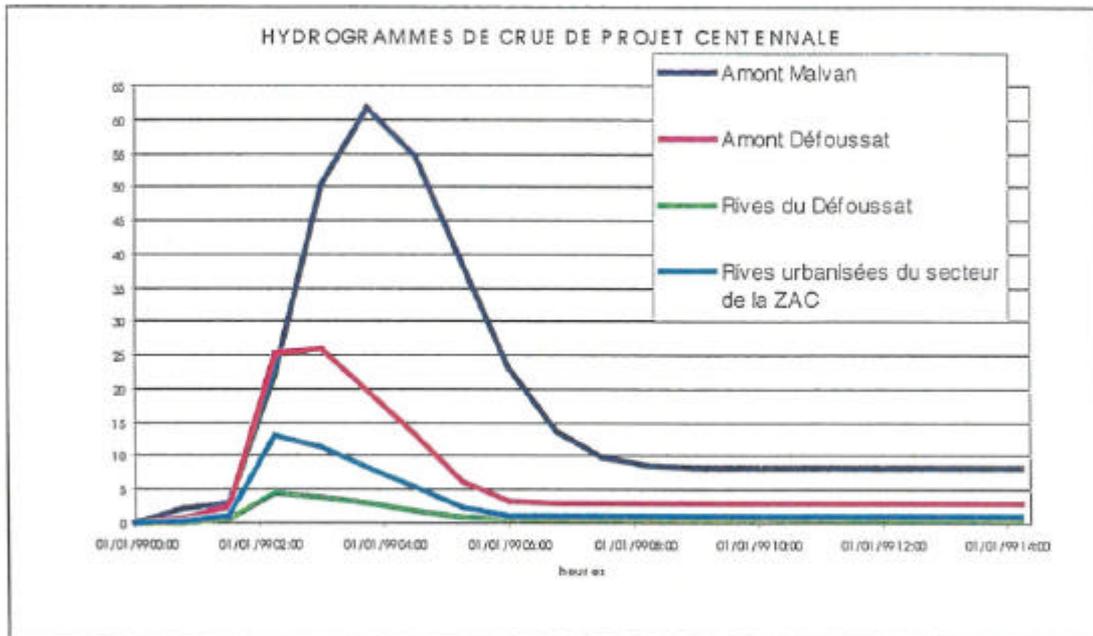
Les débits indiqués pour le Malvan et la Cagne correspondent à l'extrémité amont des zones où ont été réalisées les modélisations hydrauliques. Au cours de celles-ci, les calculs ont tenu compte des apports des affluents et des rejets pluviaux recensés.

Après confluence du Malvan et de la Cagne, le débit de pointe est égal à environ 178.0 m³/s.

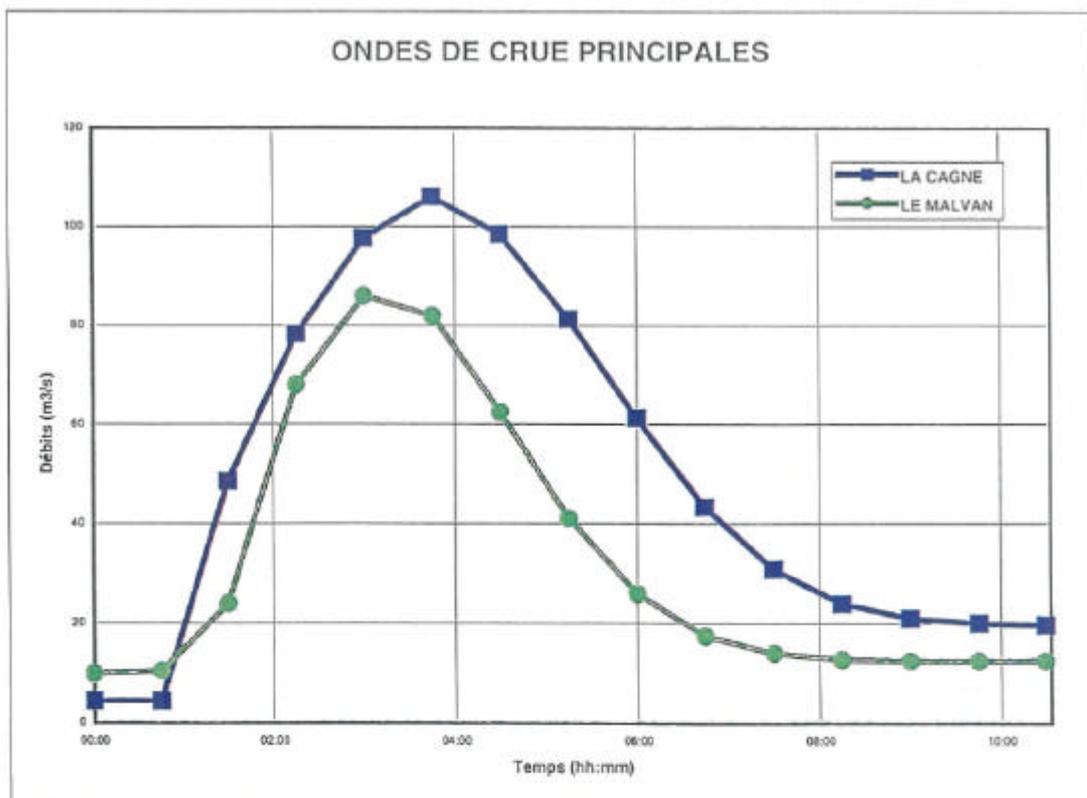
La marge d'incertitude globale pour l'estimation des débits de pointe est de l'ordre de 25 %; ce qui correspond à une bonne convergence des différentes valeurs obtenues compte tenu de la nature du bassin versant et des informations disponibles.

Du fait de la configuration morphologique des différents bassins versants et des fortes pentes générales, il n'y a pas d'effet de stockage sensible pouvant conduire à un franc décalage des pointes de crue (donc un amortissement prononcé de l'onde de crue résultante à l'exutoire).

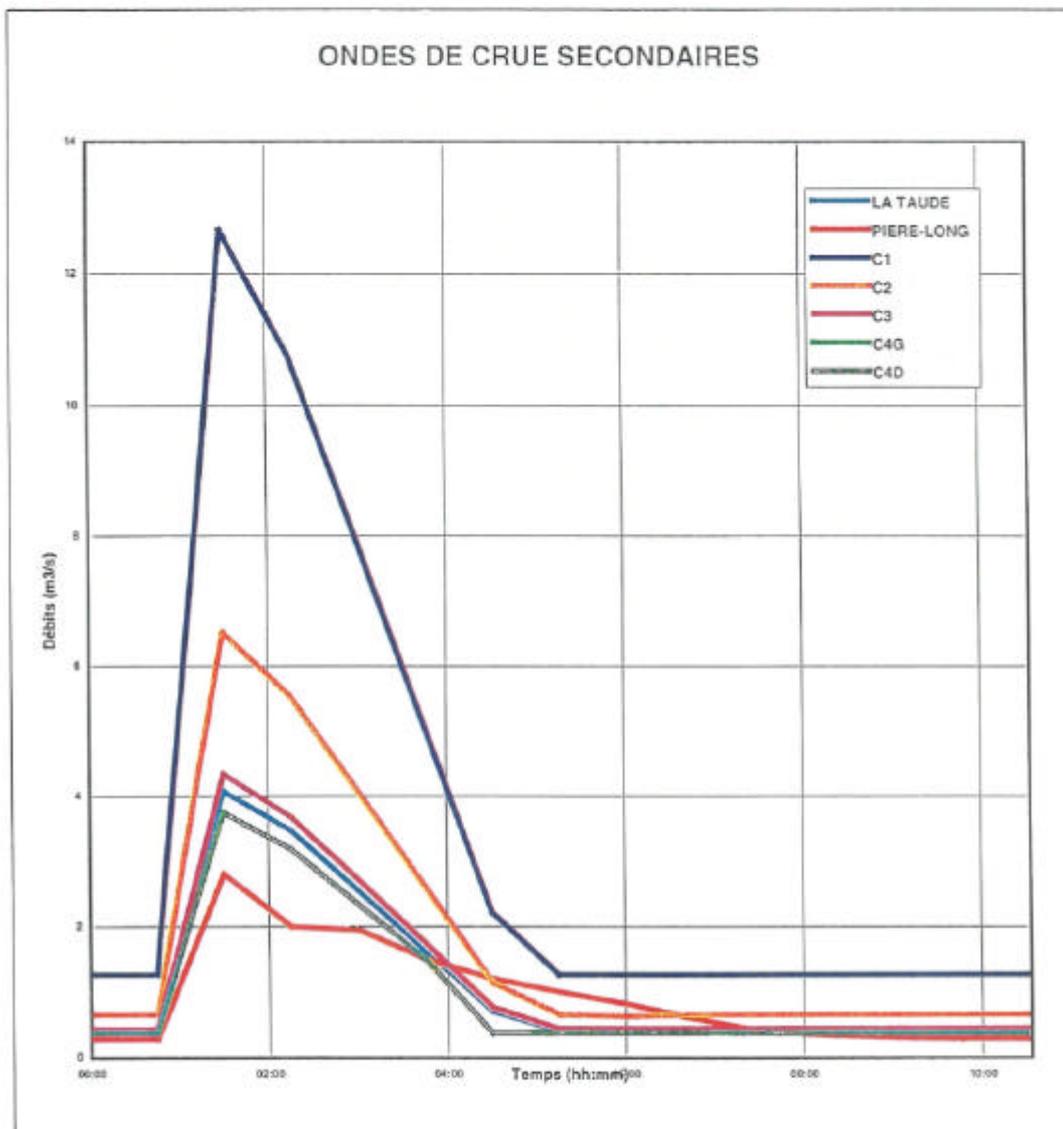
Sur le Malvan, les ondes de crues résultantes pour l'occurrence 100 ans sont présentées sur le schéma suivant :



Sur la Cagne, ces ondes de crue pour la même occurrence se présentent ainsi :



En ce qui concerne les apports intermédiaire dans la plaine de la Cagne sur le domaine étudié, on obtient :



Le relief des différents thalwegs

La définition du relief de chaque vallée (Malvan, cagne et vallon des Vaux) a été réalisée par photo-restitution à une échelle de 1/2000. Les cartes jointes dans les annexes graphiques ont été réalisées à partir des résultats de ce procédé. La précision altimétrique obtenue est estimée à environ 10 centimètres.

En sus des fonds de plan au 1/2000, la définition des sections d'écoulement s'est appuyé sur un ensemble d'environ 600 profils en travers et du relevé des ouvrages de franchissement de chaque vallon.

Tous ces éléments ont permis de constituer l'ossature principale du modèle hydraulique. Ils ont également fournis de précieux éléments d'explications en ce qui concerne les caractéristiques des zones inondables (: étendue intermédiaires entre profils de calcul, position des zones de vitesse homogène compte tenu des obstacles, localisation des courbes de même hauteur d'eau, influence des ouvrages ...).

Les aspects géomorphologiques

Chaque vallée a fait l'objet d'investigations en vue de les caractériser du point de vue de leur géomorphologie.

Les principales conclusions peuvent être résumées ainsi :

Le Malvan, au niveau de la plaine alluviale littorale, a un fonctionnement hydrodynamique quasi torrentiel, comme en témoignent la morphologie du cours d'eau, la granulométrie très grossière du matériel sédimentaire du fond du lit, les caractères des crues (soudaines et brutales).

Le Malvan connaît, dans ce secteur, une anthropisation qui se caractérise par des aménagements de berges sans réel plan de gestion. Ainsi, les berges sont facilement déstabilisées à chaque nouvelle crue et le cours d'eau donne une image peu esthétique, à laquelle s'ajoutent par endroits des décharges sauvages et des détritiques.

Il serait assez aisé de remédier à un certain nombre de ces problèmes. Mais il ne faut pas envisager des interventions ponctuelles, car ce secteur mérite une réflexion globale afin d'obtenir une unité de tous les aménagements.

La Cagne, au niveau de la plaine alluviale littorale, a un fonctionnement hydrodynamique quasi torrentiel, comme en témoigne la morphologie du cours d'eau, la granulométrie très grossière du matériel sédimentaire du fond du lit, les caractères des crues (soudaines et brutales).

Aux débordements de la Cagne, s'ajoutent les ruissellements en provenance des versants environnants. En effet, du fait des pentes élevées des versants (25 à 30%), de leur occupation du sol (serres, habitations), lors des fortes pluies, les ruissellements peuvent être très importants et créer de gros dégâts.

La Cagne connaît, dans ce secteur, une anthropisation qui se caractérise par des aménagements de berges sans réel plan de gestion. Ainsi, les berges sont facilement déstabilisées à chaque nouvelle crue et le cours d'eau donne une image peu esthétique, à laquelle s'ajoutent par endroits des décharges sauvages et des détritiques.

Il serait assez aisé de remédier à un certain nombre de ces problèmes. Mais il ne faut pas envisager des interventions ponctuelles, car ce secteur mérite une réflexion globale afin d'obtenir une unité de tous les aménagements.

Des actions régulières d'entretien et de valorisation des milieux fluviaux pourraient donner une meilleure image et une image plus naturelle au cours d'eau.

Les nouveaux aménagements ne porteront pas atteinte au cadre paysager des cours d'eau mais fourniront, au contraire, l'occasion de redécouvrir les attraits d'une rivière. Ils devront conduire à un équilibre entre la nature et les différentes formes urbaines, en préservant les lignes dominantes du paysage. Ils permettront également de confirmer la structure de l'ensemble du site.

Des actions d'entretien, de restauration, de valorisation et des aménagements sont proposés, afin que la Cagne trouve un meilleur équilibre hydrodynamique et paysager :

- Laisser un espace de liberté au cours d'eau,
- Restituer les petits canaux de drainage dans la plaine et sur les versants afin d'orienter le ruissellement,
- Débroussaillage du lit mineur et des berges, nettoyage, plantation, techniques végétales de protection des berges concaves,
- Aménagement paysager, intégration du milieu fluvial à une zone de loisirs,
- Animation, liaison cours d'eau – usagers à développer.

Le vallon des Vaux a un fonctionnement hydrodynamique franchement torrentiel, comme en témoigne la morphologie du cours d'eau, la granulométrie très grossière du matériel sédimentaire du fond du lit, les caractères des crues (soudaines et brutales).

Aux débordements depuis chaque vallon, s'ajoutent les ruissellements en provenance des versants environnants. En effet, du fait des pentes élevées des versants (25 à 45%), de la faible couverture végétale, les ruissellements peuvent être très importants et créer de gros dégâts.

Le réseau hydrographique, dans la partie intermédiaire où l'urbanisation des fonds de vallon est encore parsemée, connaît une anthropisation qui se caractérise par des aménagements de berges sans réel plan de gestion et des ouvrages de franchissement réduit à la section courante du vallon. Ainsi, les berges sont facilement déstabilisées à chaque nouvelle crue et le cours d'eau donne une image peu esthétique, à laquelle s'ajoutent par endroits des décharges sauvages et des détritiques.

Compte tenu du naturel torrentiel de chaque vallon, il semble difficile d'envisager un quelconque aménagement en vue de restituer au vallon un aspect moins chahuté et améliorer leur intégration.

5. L'étude hydraulique et cartographique

Les modélisations hydrauliques

Les modélisations hydrauliques ont été réalisées avec le logiciel MIKE-11. Sa principale fonctionnalité consiste à simuler les différentes étapes de la propagation d'une crue dans une vallée, depuis la montée des eaux jusqu'à la décrue.

Comme indiqué en annexe, il est basé sur un module central dédié à la simulation des phénomènes hydrodynamiques. Des modules complémentaires permettent de traiter les problèmes de ruissellement, de transport de sédiments, de propagation de polluants, de qualité des eaux, de rupture d'ouvrage, de régulation hydraulique...

Mode opératoire

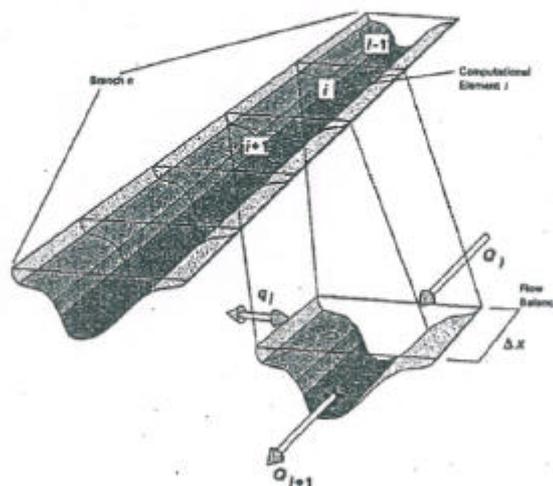
Le modèle s'organise autour des branches du réseau hydrographique aérien dans lesquels se jettent les apports des sous bassins élémentaires (apports latéraux ou vallons affluents).

Le modèle hydraulique s'organise autour d'un bief principal, constitué par le lit mineur, auquel sont reliés des biefs décrivant les lits majeurs, les zones de stockage, les ouvrages de franchissement, les ouvrages couverts et les rues sur les quartiers où ont lieu des inondations par suite de débordements.

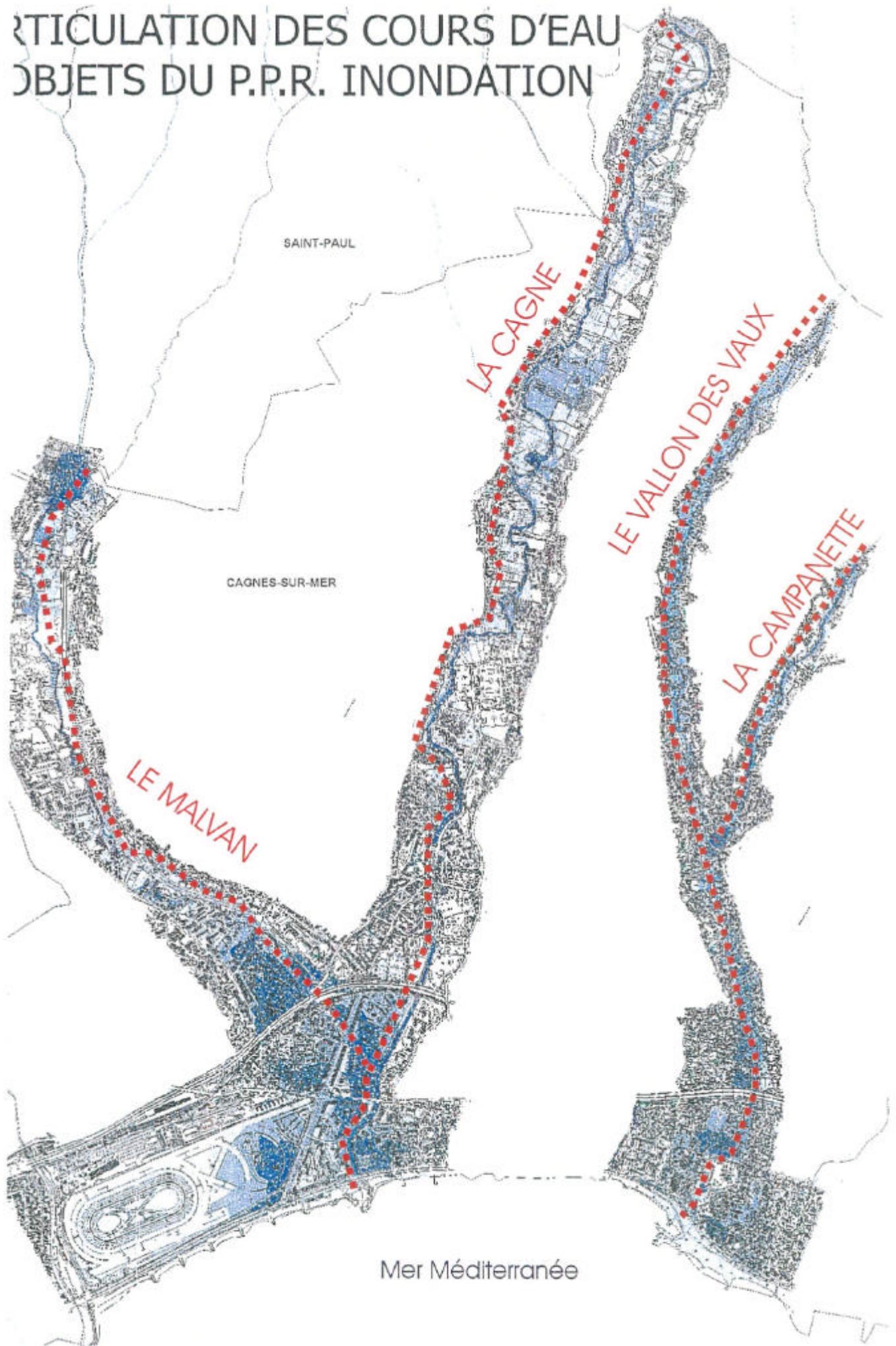
Cette organisation en plusieurs biefs permet de distinguer chaque composante de la plaine en fonction du rôle qu'elle joue dans la propagation de la crue et de ses caractéristiques (présence d'exutoire, relations avec des zones adjacentes ...).

En chaque section, le modèle hydraulique détermine le débit qui continue de transiter vers l'aval du bief et ceux qui se déversent sur les biefs adjacents (compte tenu de la topographie).

On peut illustrer cette méthode de modélisation par le schéma de principe suivant :



ARTICULATION DES COURS D'EAU OBJETS DU P.P.R. INONDATION



Sa mise en œuvre a été conduite en quatre temps :

1. Discrétisation de la topographie et création d'une base de données synthétisant les caractéristiques hydrauliques de chaque vallon ;
2. Calage des paramètres de modélisation (coefficients de frottement Strickler, pertes de charge...) en fonction des observations de terrain et des relevés topographiques disponibles ;
3. Modélisation de la propagation des ondes de crue ou des débits de pointe au sein des différentes vallées étudiées;
4. Validation des résultats et report cartographique.

Les résultats obtenus

Les principaux résultats hydrauliques consistent pour chaque profil en travers en une valeur de la cote maximale atteinte par la surface de l'eau et une valeur de vitesse globale d'écoulement.

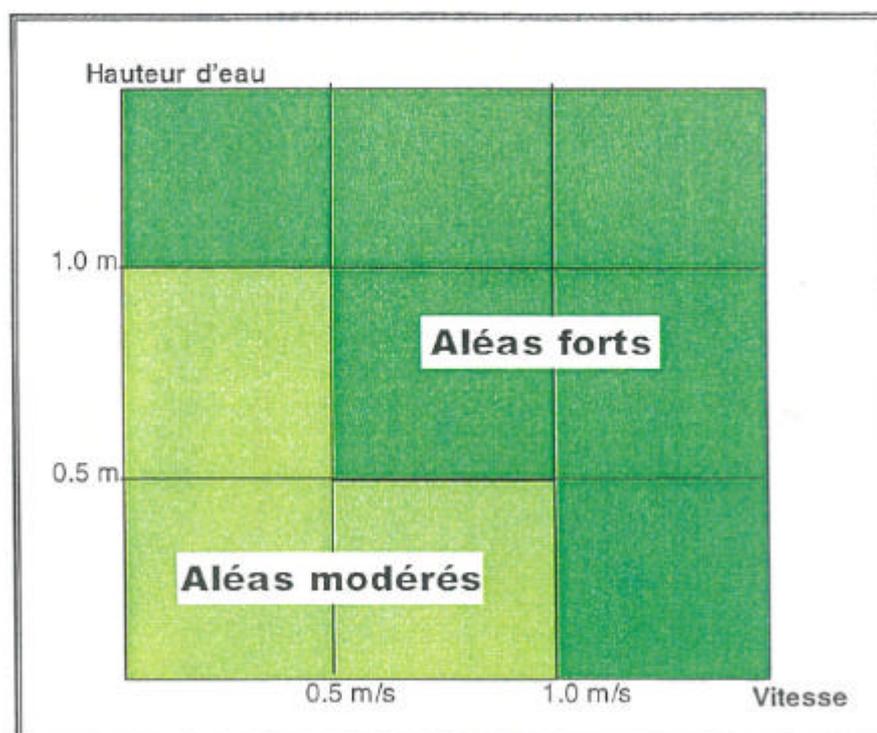
L'exploitation de ces résultats a été réalisé sous plusieurs formes :

- Une évaluation des causes de débordement notamment au regard des faibles capacités des ouvrages de franchissement existants ;
- La délimitation de l'étendue maximale de la zone inondable en cas d'orage de fréquence centennale ;
- La délimitation des zones de vitesse et de hauteur d'eau homogène afin de caractériser les écoulements au sein de la zone inondable ;
- L'évaluation des aléas (fonctions des hauteurs d'eau et des vitesses) conformément aux critères en vigueur dans le département des Alpes Maritimes.

Les résultats de ce traitement cartographique sont présentés sur les cartes objet des annexes graphiques.

- Une première série de cartes fait mention de la répartition des zones de hauteur de submersion homogène (trois classes), au sein de la zone inondable d'occurrence centennale.
- Une seconde série de cartes fait mention de la répartition des zones de vitesses d'écoulement homogènes (trois classes) au sein de la zone inondable d'occurrence centennale.
- Une troisième série de cartes de l'aléa présente le résultat de l'analyse croisée des gammes de hauteur d'eau et de vitesses d'écoulement, conformément aux règlements en vigueur dans le département des Alpes Maritimes.

Conformément aux règlements en vigueur dans le département des Alpes Maritimes, la cartographie des aléas se base sur les critères suivants :



Ce graphique montre que l'aléa d'inondation n'est pas le seul fait de la lame d'eau, mais également de la vitesse de l'onde de crue.

Analyse globale

D'une manière générale, les écoulements se traduisent par de nombreux débordements sur les lits majeurs. Ce fait est dû principalement à deux problématiques :

- L'incapacité du lit mineur à évacuer l'onde de crue centennale ;

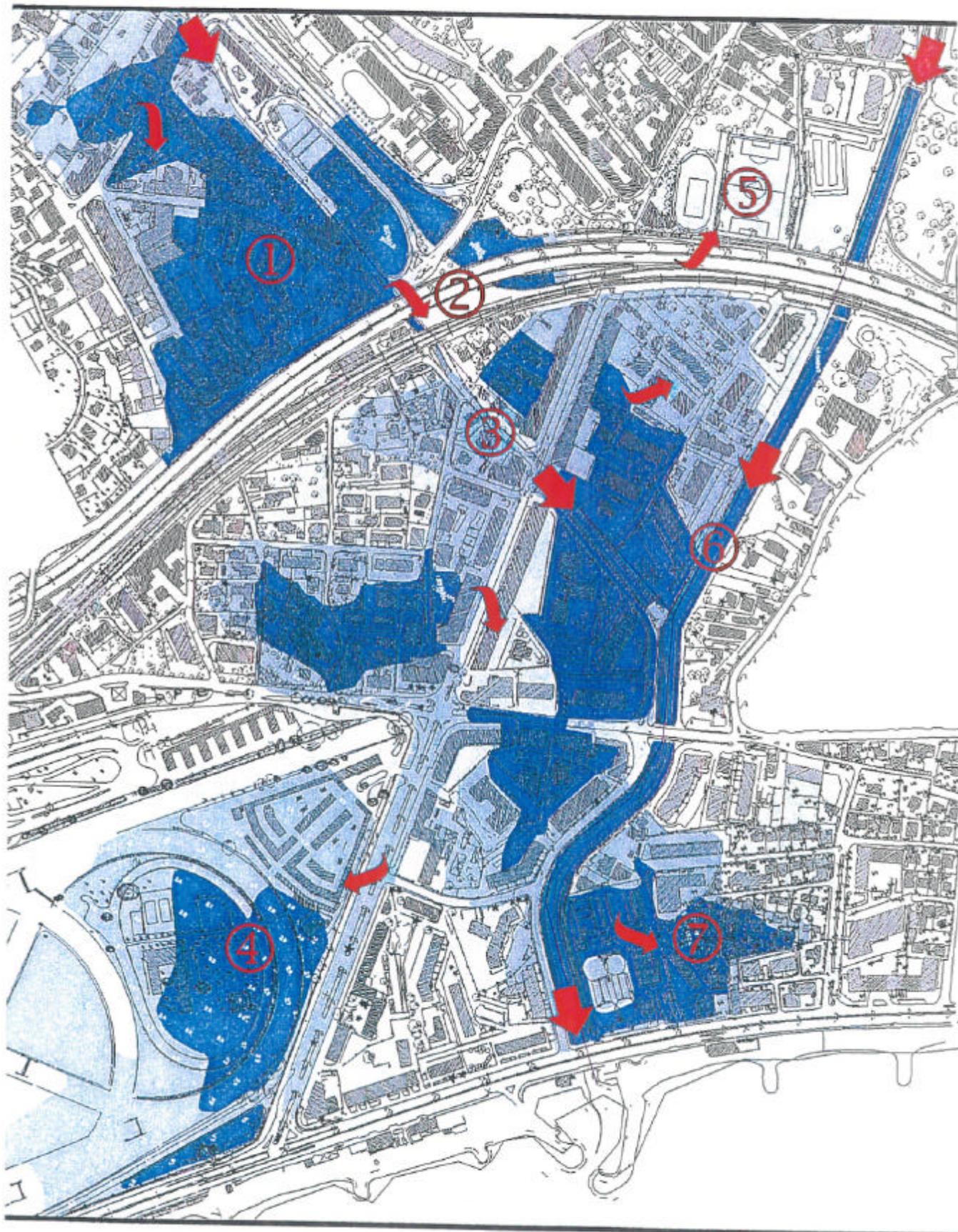
Cet état est général à l'ensemble des vallons où on obtient une zone inondable étendue du fait de l'étroitesse du lit.

- Les dimensions réduites des nombreux franchissements qui diminuent fortement la capacité du lit de chaque ruisseau et provoque des remous à leur amont immédiat.

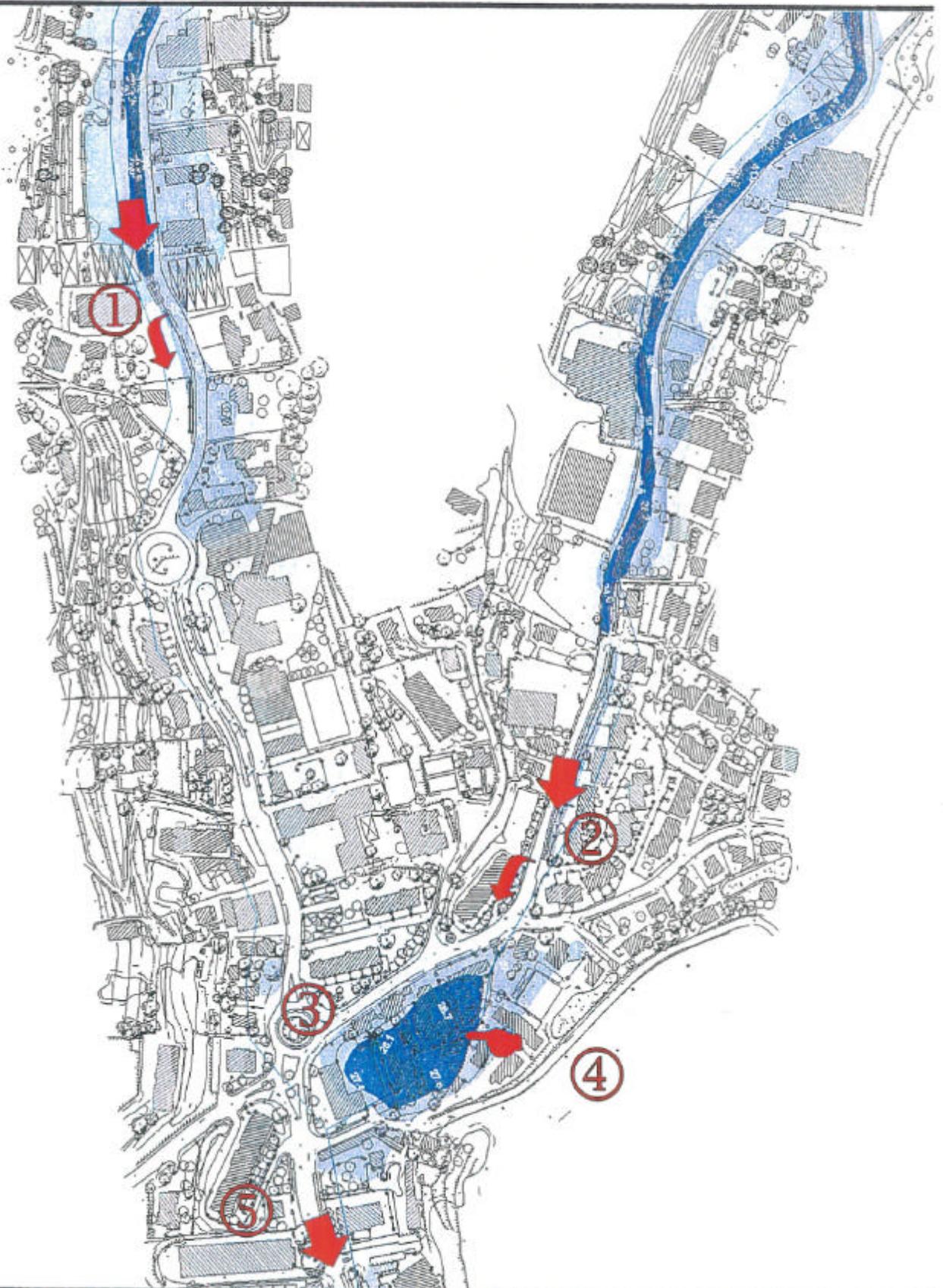
Les vitesses d'écoulement sont importantes sur l'ensemble des zones d'écoulement prises en compte dans les calculs, car les pentes d'écoulement sont fortes (de 1 à 5 %).

En particulier, deux secteurs sont remarquables soit du fait des phénomènes mis à jour soit de la complexité des écoulements en cas de crue.

Détail de l'inondation à la confluence du Malvan et de la Cagne



Détail de l'inondation à la confluence du Vallon des Vaux et du Vallon de la Campanette



Le premier secteur correspond à la zone de confluence du Malvan et de la Cagne.

Le second secteur correspond à la confluence du vallon des Vaux et du vallon de la Campanette (ou vallon des Tenchuras).

Les points à relever sont synthétisés sur les deux planches graphiques des pages suivantes.

Les débordements du Malvan sur le quartier de la gare SNCF (point 1) inondent une vaste étendue et circulent le long des voies vers l'aval. La majeure partie des volumes débordés transitent par un passage souterrain sous l'autoroute (point 2) et se répandent sur les quartiers situés à proximité. Une partie de ces écoulements se déversent sur le site de l'Hippodrome (point 4). Enfin, u fait de l'existence de deux passages souterrains, les niveaux d'eau atteints conduisent à une légère inondation (point 5) au nord de l'autoroute sur la vallée de la Cagne.

Sur la Cagne et avant confluence avec le Malvan, le lit mineur permet le passage de la crue centennale sans débordement (point 6). Les seuls débordements mis à jour ont lieu au droit de la station d'épuration (point 7) par suite d'un niveau bas de la berge et de l'influence du pont sous la route du littoral, en aval.

Sur le vallon des Vaux, les ouvrages couverts ne permettent la prise en charge que d'une partie du débit de la crue centennale (points 1 et 2). Près d'un tiers des débits de crue surverse sur la chaussée et s'écoule vers l'aval en suivant les pentes.

A la confluence des deux vallons (point 3), une inondation importante a lieu par suite de la dénivelée entre la chaussée et les terrains limitrophes (points 4).

En aval, la majorité des débits ayant surversés circulent en priorité sur la chaussée du chemin du Val Fleuri (point 5) et inondent latéralement les propriétés voisines.

6. Le zonage du risque d'inondation

On distingue deux types de Risque d'Inondation : Le Risque fort et le Risque modéré.

Le Risque d'Inondation est déterminé par croisement de la délimitation des Aléas d'Inondation et des considérations hydrodynamiques jouant un rôle important dans la propagation de la crue (zones d'expansion, secteurs enclavés, secteurs sensibles aux débordements directs ...).

En absence de tels éléments dans les zones d'Aléas Modérés pouvant influencer sur la vulnérabilité des personnes et des biens inondés, la délimitation des Risques d'Inondation sur les trois vallées coïncide donc avec celle des Aléas d'Inondation.

La transcription de ce zonage du risque d'inondation (ou « cartographie réglementaire ») fait l'objet des trois plans détaillés (pièces n° : 2A, 2B et 2C) joints au présent dossier.

7. La vulnérabilité et les enjeux

Les bâtiments et principales zones sensibles aux inondations ont fait l'objet d'un recensement sur chacune des trois vallées étudiées.

Les résultats de ce recensement sont présentés dans les annexes graphiques jointes au présent rapport de présentation.

8. Les mesures réglementaires

Les plans de zonage du risque (ou « cartographie réglementaire ») du P.P.R. visent à prévenir le risque d'inondation en réglementant l'occupation et l'utilisation des sols.

Les plans cartographiques joints au présent dossier, délimitent les zones dans lesquelles sont définies les interdictions, les prescriptions réglementaires homogènes, ou les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde.

Les zones sont délimitées en fonction des objectifs du P.P.R. et des mesures applicables compte tenu de la nature et de l'intensité du risque encouru ou induit.

Le règlement s'appliquant à cette cartographie est joint au présent dossier et présente les prescriptions applicables aux zones à risque fort (zones rouge) et à risque modéré (zones bleues).

Les enjeux principaux qui ont guidé sa rédaction sont la simplicité et la clarté d'application, tout en préservant les objectifs principaux d'un plan de prévention des risques naturels prévisibles contre les inondations :

- Améliorer la sécurité des personnes exposées ;
- Maintenir le libre écoulement et la capacité d'expansion des crues ;
- Limiter les dommages aux biens et aux activités soumises au risque ;

Au même titre, il doit permettre un usage adapté des sols, fondement d'un aménagement du territoire et d'un développement local cohérent.

Ainsi, le règlement est divisé en quatre titres :

Titre 1 : Portée du règlement P.P.R.

Cette partie définit le territoire d'application du P.P.R. ; les catégories de zone dont il est fait application et rappelle qu'il crée une servitude d'utilité publique.

Titre 2 : Définition des cotes de référence et d'implantation

Ce titre précise la définition des différentes cotes altimétriques utilisées.

Afin de faciliter l'utilisation du règlement, il fait essentiellement référence à la cote d'implantation, représentant une cote physique concrète pour l'utilisateur.

Elle est déduite de la cote de référence exprimée en mètres NGF de la cue de projet indiquée sur la carte réglementaire augmentée d'une revanche pour les effets de vague de 0.20 mètres, notamment dans les vallons où des effets ponctuels amplificateurs sont fréquents de par la topographie et les vitesses d'écoulement.

Titre 3 : Mesures d'interdiction et prescriptions

Ce titre définit les interdictions et les prescriptions applicables dans les zones définies par le plan de zonage réglementaire.

L'ensemble des mesures retenues sont issues de recommandations édictées dans le guide méthodologique pour l'élaboration des plans de prévention des risques naturels prévisibles (P.P.R.I.) établi en mars 1996 par le Ministère de l'Environnement et le Ministère de l'Équipement.

Une attention particulière a été portée afin de permettre l'installation, le développement d'activités ou d'autres types d'utilisation des sols compatibles avec les niveaux de risques rencontrés tout en préservant les objectifs du P.P.R.

Sont ainsi visés dans les zones de risque fort, les équipements de plein air ne nécessitant pas d'investissements lourds et les exploitations agricoles ; ce type d'installation permettant d'assurer une gestion de ces espaces dans le temps.

Les mesures édictées visent également, quelque soit la zone, à améliorer la situation du site par rapport au risque et dans les zones d'aléa modéré, à permettre un développement modéré de l'urbanisation existante tout en limitant l'incidence d'une crue sur les biens et la sécurité des personnes.

Titre 4 : Mesures de prévention, de protection et de sauvegarde

Les obligations sont limitées à des travaux dont l'effet assurera la pérennité des mesures édictées par le P.P.R. ou l'amélioration des conditions de mise en sécurité des personnes.

Le délai normal de réalisation de ces obligations est de 5 ans, conformément au décret 95-1085 du 5 octobre 1995.

Toutefois, pour les mesures concernant les travaux relatifs à la protection des dépôts d'objets ou de produits polluants, d'un coût relativement faible, le délai a été ramené à 2 ans.

Par ailleurs, compte tenu de l'importance que revêt, dans les secteurs particulièrement urbanisés, l'instauration d'un plan d'alerte et de secours, le délai est fixé à 3 ans.

Les recommandations quant à elles visent essentiellement à améliorer la protection des ouvrages.

9. Propositions d'actions

Au delà de la problématique spécifique du Plan de Prévention des Risques d'Inondation, nous avons synthétisé l'ensemble des conclusions obtenues à l'issue des études hydrauliques afin de proposer des axes de réflexion aux gestionnaires des trois cours d'eau.

Propositions pour la vallée du Malvan

Le Malvan, sur le territoire de la commune de Cagnes sur Mer, se distingue par une succession de passages couverts pour lesquels les risques d'embâcles peuvent conduire à des inondations importantes.

Plusieurs actions de prévention et d'entretien peuvent être envisagés :

- Débroussaillage du lit mineur et des berges, nettoyage, plantation, techniques végétales de protection des berges concaves,
- Organisation d'une structure (observatoire) de gestion du cours d'eau chargée de surveiller et rétablir les dysfonctionnement constatés.

Plusieurs actions de valorisation doivent également permettre de redécouvrir les attraits de la rivière. Ils devront conduire à un équilibre entre la nature et les différentes formes urbaines, en préservant les lignes dominantes du paysage. Ils permettront également de confirmer la structure de l'ensemble du site.

- Restituer les petits canaux de drainage dans la plaine et sur les versants afin d'orienter le ruissellement,
- Aménagement paysager, intégration du milieu fluvial à une zone de loisirs,
- Animation, liaison cours d'eau – usagers,
- Suppression de tous les rejets directs dans la rivière des eaux usées de quelque nature que ce soit,

Concernant la protection des personnes et des infrastructures sensibles vis à vis des débordements du Malvan, le SIEVI a prévu l'aménagement du Malvan en amont de la Route de France.

Ces aménagements concernent le Malvan entre la limite Sud de la commune de Saint Paul de Vence et la route de France de Cagnes sur Mer, ainsi que le Défoussat aval sur une centaine de mètres de longueur en amont de la confluence avec le Malvan sur les communes de la Colle sur Loup et de Saint Paul.

Ce programme vise à :

- Assurer la sécurité des biens et des personnes face aux crues,
- Améliorer de façon significative la qualité des eaux,
- Conserver, améliorer ou valoriser selon le cas, l'environnement des cours d'eau et garantir la survie des équilibres naturels existants,
- Mettre en place et développer l'entretien et la surveillance des ouvrages et de leurs abords,
- Protéger des inondations des terrains représentant un enjeu économique pour la ville de Cagnes sur Mer et les communes du bassin du Malvan.

Les principes retenus dans ce programme sont :

- Le dimensionnement de l'ouvrage pour l'écoulement sans débordement d'un débit au moins égal à celui de la crue de fréquence centennale ;
- La réalisation d'un ouvrage qui esthétiquement s'insère de façon harmonieuse dans l'environnement, associé au traitement soigné des abords ;
- La modification si nécessaire du lit mineur pour limiter le nombre de courbes afin de faciliter l'écoulement.

Le linéaire de rivière objet du présent programme ainsi que les principes d'aménagement figurent sur la page suivante.

Les travaux projetés artificialisent fortement le site. Ils seront accompagnés par un traitement végétal des berges (plantations arbustives, lierres sur les murs d'enrochements).

La dynamique des inondations telle quelle a été caractérisée lors des calculs a montré que les ouvrages de franchissement de la pénétrante étaient incapable d'évacuer les débits estimé centennaux.

Aussi, il convient d'aménager le Malvan dans sa partie aval.

Deux options d'aménagement peuvent être envisagées ; toutes les deux basées sur une mise en charge du cours d'eau et un recalibrage du Malvan (section en U).

1. **Réalisation d'une série de trois murs de mise en charge** du Malvan pour accélérer les écoulements dans les ouvrages et permettre le passage du débit centennale. Cette mise en vitesse peut être favorisée par aménagement du parement amont des ouvrages et création d'un entonnement augmentant les coefficients d'entonnement et les pertes de charges singulières.
2. **Variante de la première option avec création d'un ouvrage cadre « de décharge »** (2x2m) le long de la pénétrante. Cette démarche a comme conséquence de limiter le débit ($\sim 10 \text{ m}^3/\text{s}$) transitant dans le Malvan et d'abaisser la ligne de mise en charge pour la première traversée de la Pénétrante.

Pour les deux options, un prolongement de l'ouvrage couvert de traversée du quartier de la gare, est prévu pour prendre en compte le projet de connexion routière entre la départementale 2085 et le rond point de l'Autoroute.

Propositions pour la vallée de la Cagne

La vallée de la Cagne comprend une forte densité d'habitations et d'infrastructures sensibles aux inondations.

La situation mise en lumière à l'issue des simulations hydrauliques montre qu'il est urgent de mettre en œuvre des aménagements limitant les débordements sur les secteurs les plus vulnérables. Ces derniers se situent principalement en aval de l'entonnement de la couverture de la Cagne. En effet, à partir de ce point et jusqu'au rejet en mer, on conjugue à la fois la présence de berges surélevées et d'infrastructures sensibles aux inondations.

Les actions les plus intéressantes peuvent être regroupées en deux types :

- Mettre en place des bassins de laminage sur la partie haute du Val de Cagne au droit des secteurs encore non urbanisés ;

Les bassins de laminage représentent la technique la plus appropriée pour permettre le contrôle des inondations sans nécessiter d'importants moyens de surveillance ou une technicité particulière. En effet, ils comportent principalement des dispositifs « rustiques » pour la régulation des débits transitant vers l'aval d'où un faible coût d'installation et peu d'entretien.

- Conforter le tronçon amont de la Cagne à l'occasion d'un aménagement paysager ;

Basé sur une conservation des sections d'écoulement, l'aménagement paysager aura plusieurs conséquences dont le confortement des berges soumises à des vitesses importantes (cet aspect est corroboré par les observations lors de la crue de 1990) et la réconciliation des riverains avec la rivière (cela se tra-

duit par une prise de conscience et un intérêt retrouvé pour la qualité du milieu).

La mise en place de ces aménagements permettra par ailleurs d'annuler les débordements au droit de la station d'épuration située au droit du pont de franchissement de la Route Nationale 7 (débordements dûs essentiellement à l'insuffisante capacité du pont existant).

Entre le débouché de la couverture et l'exutoire en mer, le lit de la Cagne se présente sous la forme d'un cuvelage bétonné de dimensions importantes. Aucun aménagement particulier n'est à prévoir compte tenu de la capacité suffisante des sections à faire transiter le débit actuel de la crue centennale.

Il sera également nécessaire d'étudier des solutions de protection sur les différents émissaires et ruisseaux qui alimentent la plaine, à l'occasion d'études détaillées particulières. Une part non négligeable des inondations en point bas est le fait de ces ruisseaux et émissaires pluviaux qui présentent des sections insuffisantes pour la collecte des ruissellements en cas d'orage centennal.

Propositions pour le vallon des Vaux

Sur le vallon des Vaux, la situation mise en lumière à l'issue des simulations hydrauliques montre qu'il est urgent de mettre en œuvre des aménagements limitant les débordements sur les secteurs les plus vulnérables. Ces derniers se situent principalement en aval de la confluence des deux vallons.

En effet, à partir de ce point et jusqu'au rejet en mer, les ouvrages souterrains ne permettent pas la prise en charge de l'ensemble des débits de crue et les débordements ne peuvent que s'écouler le long des voies de circulation.

Les actions les plus intéressantes peuvent être regroupées en deux types :

- Mettre en place des bassins de laminage sur la partie haute de chaque vallon en amont des secteurs urbanisés ;

Les bassins de laminage représentent la technique la plus appropriée pour permettre le contrôle des inondations sans nécessiter d'importants moyens de surveillance ou une technicité particulière. En effet, ils comportent principalement des dispositifs « rustiques » pour la régulation des débits transitant vers l'aval d'où un faible coût d'installation et peu d'entretien.

- Dégager les sections de chaque ruisseau, voire les remplacer par un cuvelage en béton pour maximiser la capacité hydraulique ;
- Remplacer les ouvrages de franchissement par de simples passerelles offrant le minimum de « prise » aux écoulements de crue ;

Il demeurera néanmoins le problème du réseau pluvial aval qui ne peut prendre en charge que des débits d'occurrence décennale. Il ne semble pas envisageable d'y prévoir un quelconque aménagement, au vu des investissements financiers nécessaires.

10. Conclusions

Le présent rapport de présentation a permis de synthétiser les principales caractéristiques des bassins versants du Malvan, de la Cagne et du vallon des Vaux au regard de leurs état actuel, de leur comportement hydrodynamique et des contraintes inhérentes au passage des crues d'occurrence centennale.

Les éléments cartographiques mis au point illustrent de manière détaillée les contraintes en termes d'aléas d'inondation et permettent d'aboutir à une définition précise des risques d'inondation.