Sommaire

1 Contexte et objectif de l'étude 3

2 Schéma directeur des eaux pluviales 5

3 Étude des inondations sur le site du géant casino 7

3.1 Étude hydrologique 7

3.1.1 Bassin versant 7
3.1.2 Pluie de référence 7
3.1.3 Estimation des débits de pointe par modélisation pluie-débit 8

3.2 Modélisation hydraulique 11

3.2.1 Modèle hydraulique mise en œuvre 11
3.2.2 Données d'entrée 12
3.2.3 Structure du modèle hydraulique 12
3.2.4 Cartographie résultante 13
3.2.5 Analyse des écoulements 14

4 Étude des aménagements de protection contre les inondations 15

4.1 Réflexion sur les Aménagements de protection 15

4.2 Aménagements proposés 16

4.2.1 Ouvrages de collecte et d'évacuation à surface libre 16
4.2.2 Ouvrages couverts 17

4.3 Modélisation des aménagements 18

4.4 Modélisation du bassin Zone Est 22

4.4.1 Analyse de l'hydrogramme de crue 22
4.4.2 Modélisation de la situation avec bassin 23

SAFEGE
Ingénieurs Conseils

Numéro du projet :

Intitulé du projet :

Intitulé du document :

Version	**Rédacteur** NOM / Prénom	**Vérificateur** NOM / Prénom	**Date d'envoi** JJ/MM/AA	**COMMENTAIRES** Documents de référence / Description des modifications essentielles
				Version initiale

1 CONTEXTE ET OBJECTIF DE L'ÉTUDE

Le projet concerne le Géant Casino Barnéoud de Plan de Campagne situé sur la commune des Pennes-Mirabeau.

Figure 1 : Localisation du projet

Un événement pluvieux important s'est abattu sur le secteur de Plan de Campagne le vendredi 26 octobre 2012 inondant une partie de la zone commerciale. Lors de cet événement, les eaux ont inondé une partie du centre commercial (environ 5 cm). Les eaux seraient rentrées par l'entrée 2, située sur le parking de la façade sud. Les hauteurs d'eau sur se secteur ont été de l'ordre d'une vingtaine de centimètre.

Façade sud de Géant Casino

Inondation du parking – 26 octobre 2012

5 annexe 1 – Arrêté du 11 avril 2011 24

Dans le cadre de leur projet de réaménagement du site, le groupe Casino et Barneoud Financière ont souhaité étudier les possibilités d'aménagements destinés à protéger le site contre les inondations et leurs potentiels impacts sur le projet de réaménagement du site.

Dans ce but, la présente étude comprend les points suivants :

- Synthèse du schéma directeur des eaux pluviales afin de tenir compte des aménagements prévus sur la zone,
- Étude des inondations du site de Géant Cassino pour une pluie de période de retour 100 ans,
- Étude des aménagements de protection du site.

2 SCHÉMA DIRECTEUR DES EAUX PLUVIALES

La Communauté d'Agglomération du Pays d'Aix en Provence, en charge de la compétence des zones d'activités, a fait réaliser en 2004 un schéma directeur d'assainissement pluvial sur la zone commerciale de Plan de Campagne par le bureau d'étude IPSEAU.

Cette étude a permis d'identifier, entre autres, des débordements importants au niveau de la RD6 et de la route passant devant le Géant Casino.

Débordements observés en situation actuelle pour une pluie de période de retour 10 ans

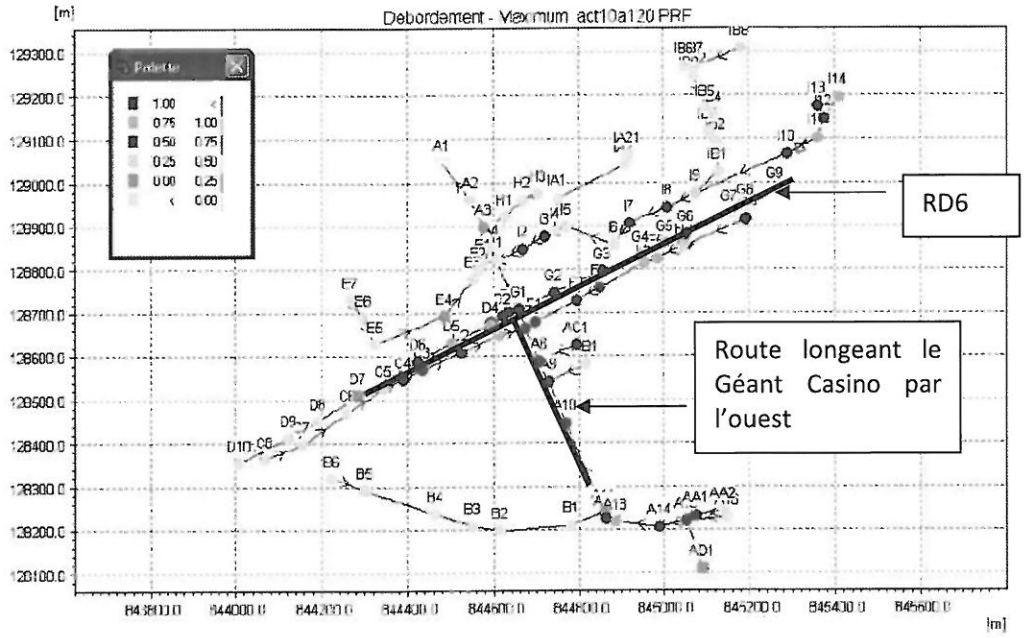


Figure 2 : Extrait du schéma directeur de Plan de Campagne – IPSEAU 2003

En conséquence, les travaux suivants ont été proposés :

- **Phase 1** : Réaménagement du bassin de Baume-Baragne et renforcement de l'évacuation vers ce bassin par la création d'un canal béton.
- **Phase 2** : Création du collecteur Ouest permettant de décharger le collecteur principal. Ce collecteur interceptera tous les réseaux actuels de la partie Ouest de la zone commerciale, qui rejoignaient actuellement le collecteur principal.
- **Phase 3 A** : Création d'un bassin de rétention (bassin Nord-Est) pour les bassins versants ruraux à l'amont d'Avant-Cap.
- **Phase 3 B** : Création d'un nouveau collecteur sur le parking d'Avant-Cap permettant de bypasser l'actuel bassin de rétention situé sous ce parking.
- **Phase 4 :** Création d'une extension au nouveau collecteur Ouest permettant de renforcer les réseaux devant le Cinéma Pathé et création d'une rétention pour

la zone à l'Est de l'autoroute permettant de limiter les inondations devant le Cinéma Pathé. La rétention projetée présentera un volume utile de 20 000 m3 afin d'assurer un degré de protection cinquantennal.

- **Phase 5** : Suppression des débordements sur la RD6 à l'Est du collecteur principal par la création d'un bassin de rétention des eaux pluviales enterré de 4 500 m3 sur l'antenne F.

On peut noter que ces aménagements :

- ont été dimensionnés pour une pluie de période de retour cinquantennale.
- participent à diminuer les débordements sur les réseaux proches de Géant Casino, ceci en cohérence avec le diagnostic réalisé.
- ont été autorisés par un arrêté préfectoral en date du 11 avril 2011 (cf annexe 1). La phase 1 a d'ores et déjà été réalisée.

La phase 2 a fait l'objet d'une décision communautaire en date du 18 juillet 2013. Les dernières acquisitions foncières sont en cours et la CPA prévoit l'achèvement des travaux pour la fin 2017.

3 ÉTUDE DES INONDATIONS SUR LE SITE DU GÉANT CASINO

Une modélisation hydraulique a été réalisée afin de préciser les aléas sur le secteur d'étude et de comprendre le processus d'inondation du site.

3.1 ÉTUDE HYDROLOGIQUE

3.1.1 BASSIN VERSANT

Les caractéristiques du bassin versant au droit du projet sont mentionnées dans le tableau suivant :

Superficie (km²)	4.05 km²
Coefficient de ruissellement	73 %

Tableau 1: Estimation des coefficients de Montana à la station d'Aix en Provence

Le découpage du bassin versant s'est basé sur les visites de terrain et sur les documents suivants :

- Le plan du réseau d'assainissement pluvial (Source : Ville des Pennes Mirabeau) ;
- Les données topographiques Lidar (Source : Département 13).

3.1.2 PLUIE DE RÉFÉRENCE

3.1.2.1 Calcul des coefficients de Montana

Le calcul des coefficients de Montana a été réalisé à partir des cumuls statistiques Météo France (courbes IDF) estimés par la méthode GEV à la station d'Aix-en-Provence, sur la période 1979-2009, pour différentes occurrences de retour et durées de pluies.

Les résultats sont les suivants :

		2 ans		5 ans		10 ans	
tc en heures		GEV AIX		GEV AIX		GEV AIX	
de	à	a	b	a	b	a	b
0.1 H	1.0 H	32.32	0.58	40.61	0.47	53.09	0.44
1.0 H	96.0 H	28.67	0.72	38.17	0.73	51.47	0.76

		30 ans		50 ans		100 ans	
tc en heures		GEV AIX		GEV AIX		GEV AIX	
de	à	a	b	a	b	a	b
0.1 H	2.0 H	73.66	0.42	89.38	0.37	116.22	0.31
2.0 H	96.0 H	89.77	0.84	111.00	0.87	154.56	0.91

Tableau 2: Estimation des coefficients de Montana à la station d'Aix en Provence

Par la suite, la modélisation a été réalisée pour une pluie de période de retour centennale, conformément au PLU des Pennes-Mirabeau (cf § **Erreur ! Source du renvoi introuvable.Erreur ! Source du renvoi introuvable. Erreur ! Source du renvoi introuvable.**)

3.1.2.2 Construction des pluies double-triangle

Les pluies de projet statistiques ont été construites sur le modèle du double-triangle. Les durées intenses et totales ont été choisies proches des temps de concentration des sous-bassins versants.

Durée de la période intense	90 min
Durée totale de la pluie	4 h

Tableau 3: Estimation des coefficients de Montana à la station d'Aix en Provence

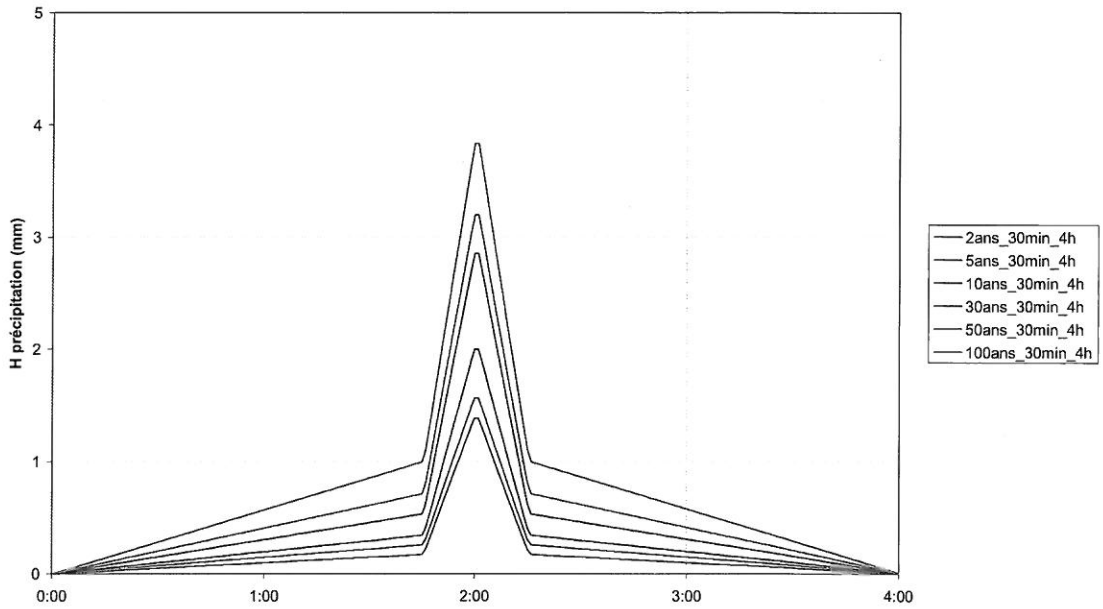


Figure 3: Pluies de projet statistiques

3.1.3 ESTIMATION DES DÉBITS DE POINTE PAR MODÉLISATION PLUIE-DÉBIT

La transformation des pluies de projet en débit de pointe est réalisée pour chaque bassin versant par la méthode de transformation pluie-débit dite du **réservoir linéaire** :

- Pour les bassins versants urbains **: la méthode du réservoir linéaire,** avec :
  - les pluies de projet double-triangle présentées au paragraphe précédent (90 minutes – 4 heures) ;
  - un temps de réponse calculé par la formule de Chocat ;

- un coefficient de ruissellement urbain ;

- Pour les bassins versants ruraux : la méthode du double réservoir linéaire, avec :
  - les pluies de projet double-triangle 30 minutes – heures;
  - un temps de réponse calculé par la formule de Chocat ;
  - un coefficient de ruissellement calculé par la méthode des experts[2]

Les méthodes du réservoir linéaire et du double réservoir linéaire permettent également d'estimer les débits de pointe générés en chaque sous-bassin versant par la pluie de septembre 1993.

La délimitation du bassin de la zone commerciale de plan de Campagne à été réalisé à l'aide des données topographiques disponible. Les caractéristiques du bassin versant sont les suivantes :

- Surface : 4 km²,
- Longueur : 2 800 m,
- Dénivelé : 55 m,
- Coefficient de ruissellement (pour une crue exceptionnelle) : 0.73.

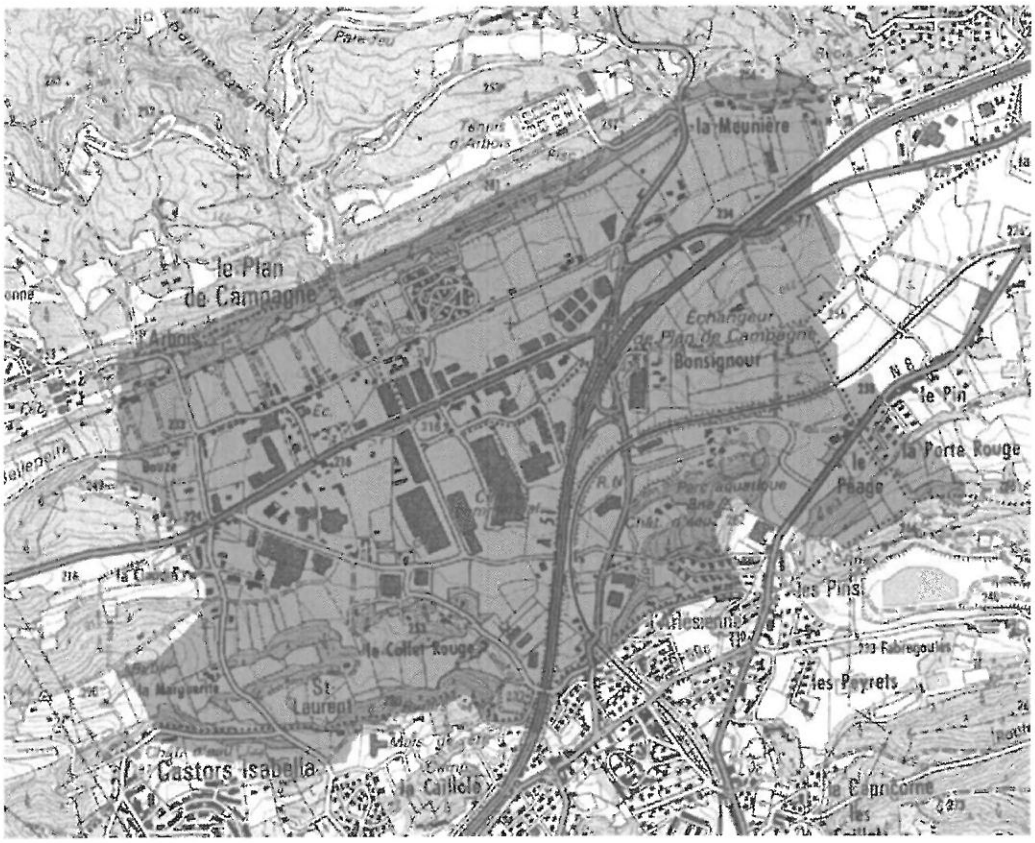


Figure 4: Localisation du bassin versant étudié

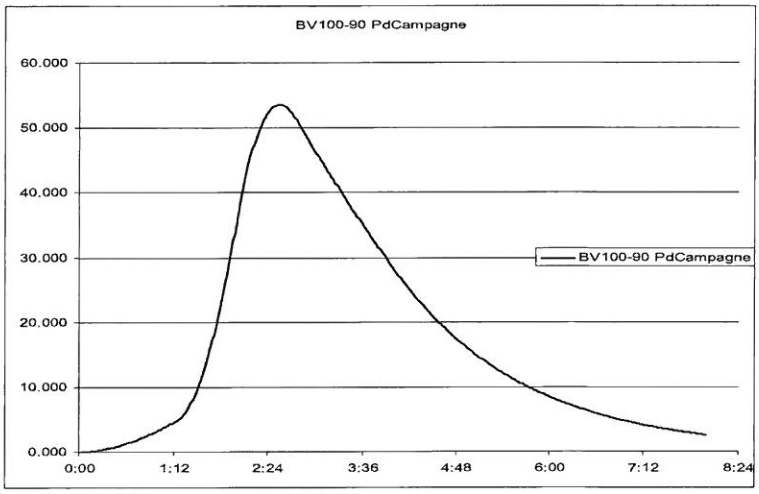


Figure 5: Hydrogramme centennal généré par le bassin versant étudié

Le bassin versant est découpé en cinq sous bassin versant. Pour chacun des sous bassin versant, un hydrogramme est défini en conservant le débit spécifique (m3/s/km²) déterminé par l'analyse précédente.

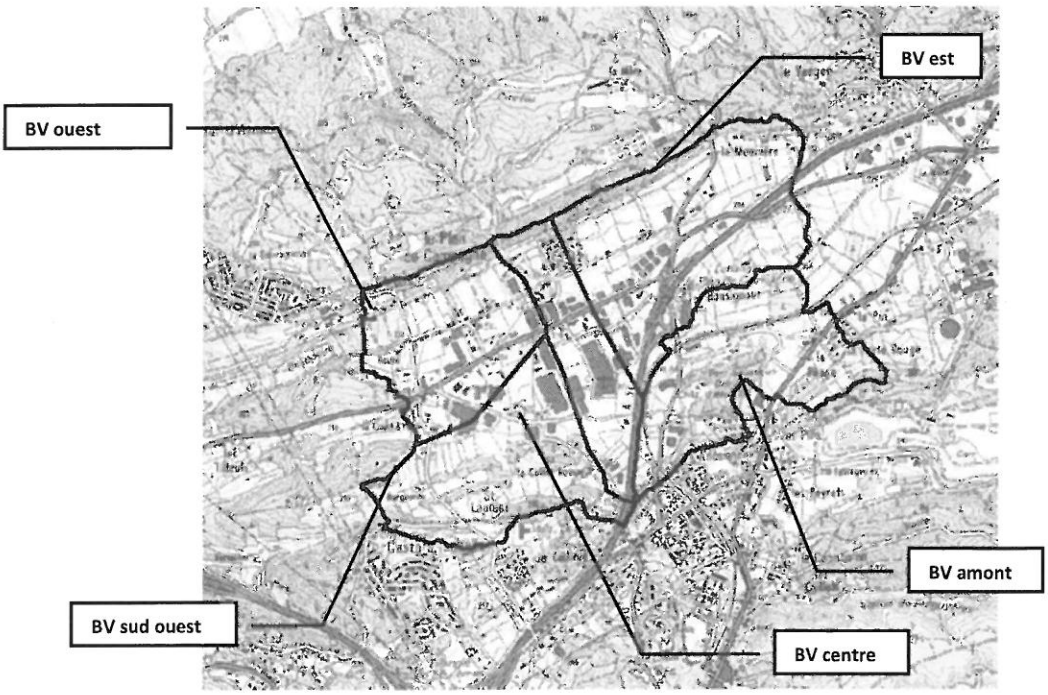


Figure 6: Découpage en sous bassin versant

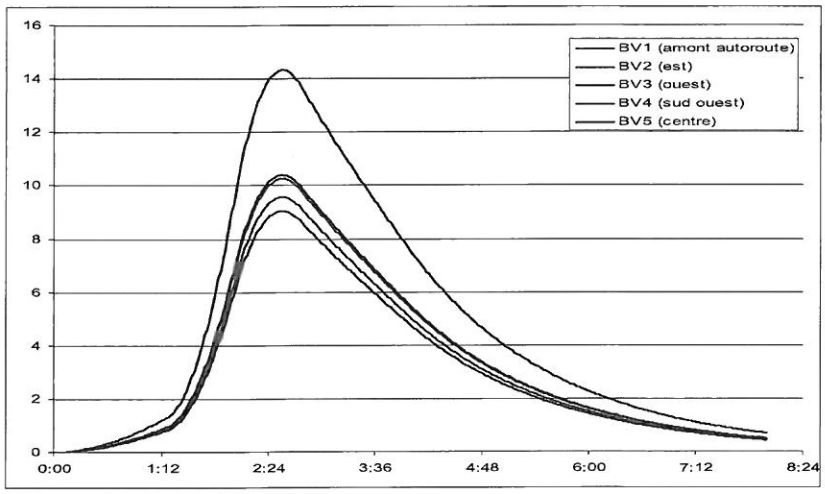


Figure 7: Hydrogrammes des sous bassins versant

A l'exutoire du bassin versant est, qui intéresse le site de Casino, les débit maximum estimé est de 10,2 m^3/s.

3.2 MODÉLISATION HYDRAULIQUE

3.2.1 MODÈLE HYDRAULIQUE MISE EN ŒUVRE

La modélisation a été réalisée à l'aide du logiciel de modélisation MIKE FLOOD. MIKE FLOOD est un outil de couplage 1D/2D de simulation des processus hydrodynamiques, sédimentaires et de qualité des eaux.

Le logiciel est basé sur le couplage dynamique de MIKE Urban pour la modélisation des réseaux urbains et de MIKE 21 pour les écoulements surfaciques. Il permet de prendre en compte les réseaux urbains dans l'étude des processus d'inondation par ruissellements.

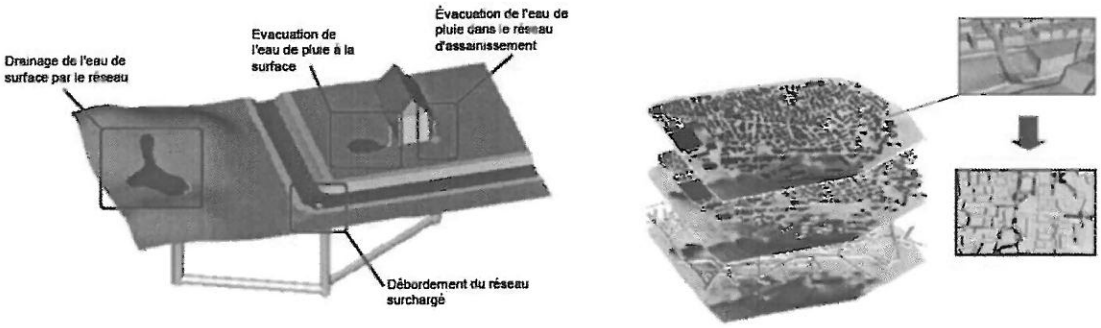


Figure 8: Principe de couplage Mikeflood

3.2.2 DONNÉES D'ENTRÉE

Les données d'entrée suivantes ont été utilisées pour la construction du modèle :

- Levés topographiques au droit du parcellaire Géant Casino,
- Données MNT Lidar départemental 5 m sur le reste du bassin versant étudié,
- Cotes amont aval et diamètre des conduites du réseau d'assainissement pluvial issues de l'étude IPSEAU de 2004.

3.2.3 STRUCTURE DU MODÈLE HYDRAULIQUE

3.2.3.1 Maillage

Les caractéristiques du maillage sont détaillées dans le tableau ci-dessous :

Superficie (ha)	390
Nombre de mailles	125 000
Taille des mailles	- 5 m dans les axes d'écoulement - 10 m ailleurs

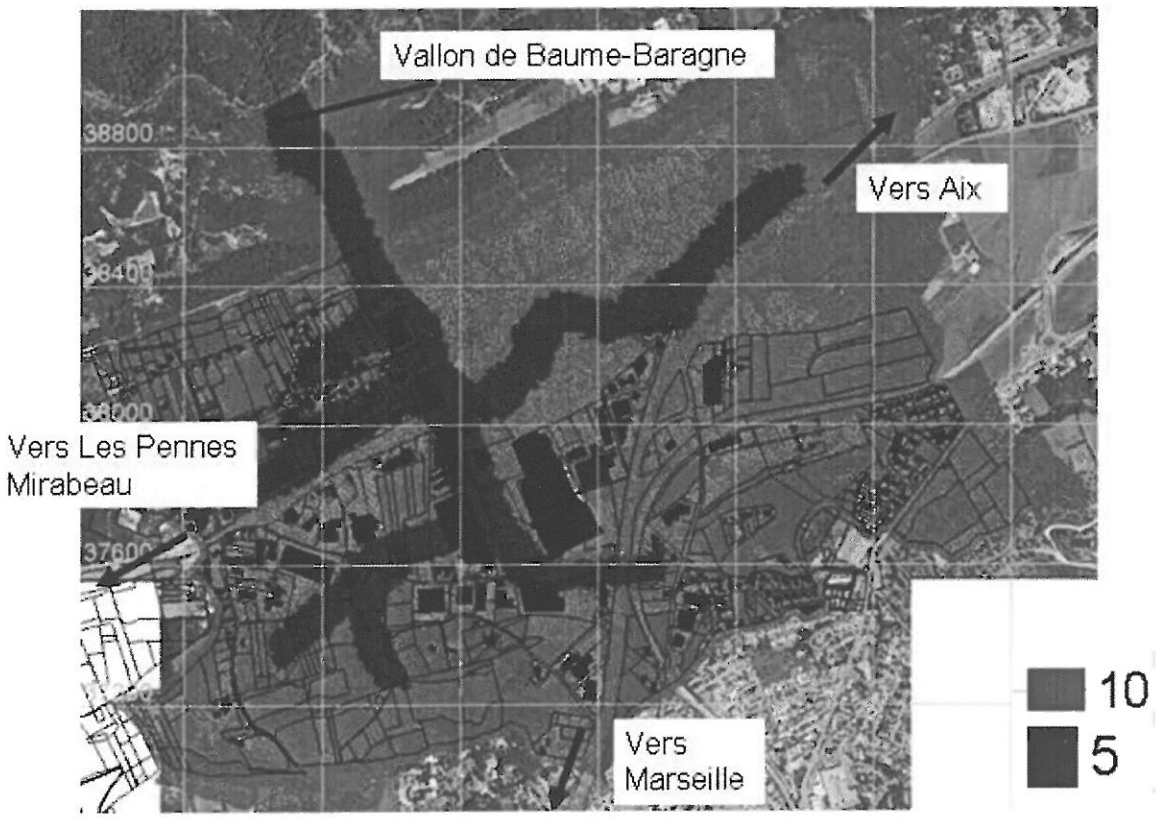


Figure 9 : Vue 2D du maillage de Plan de Campagne et densité des mailles

Le maillage a été interpolé sur la base des données topographiques détaillées au §3.2.2. La vue 3D du maillage interpolé est présentée sur la figure ci-dessous :

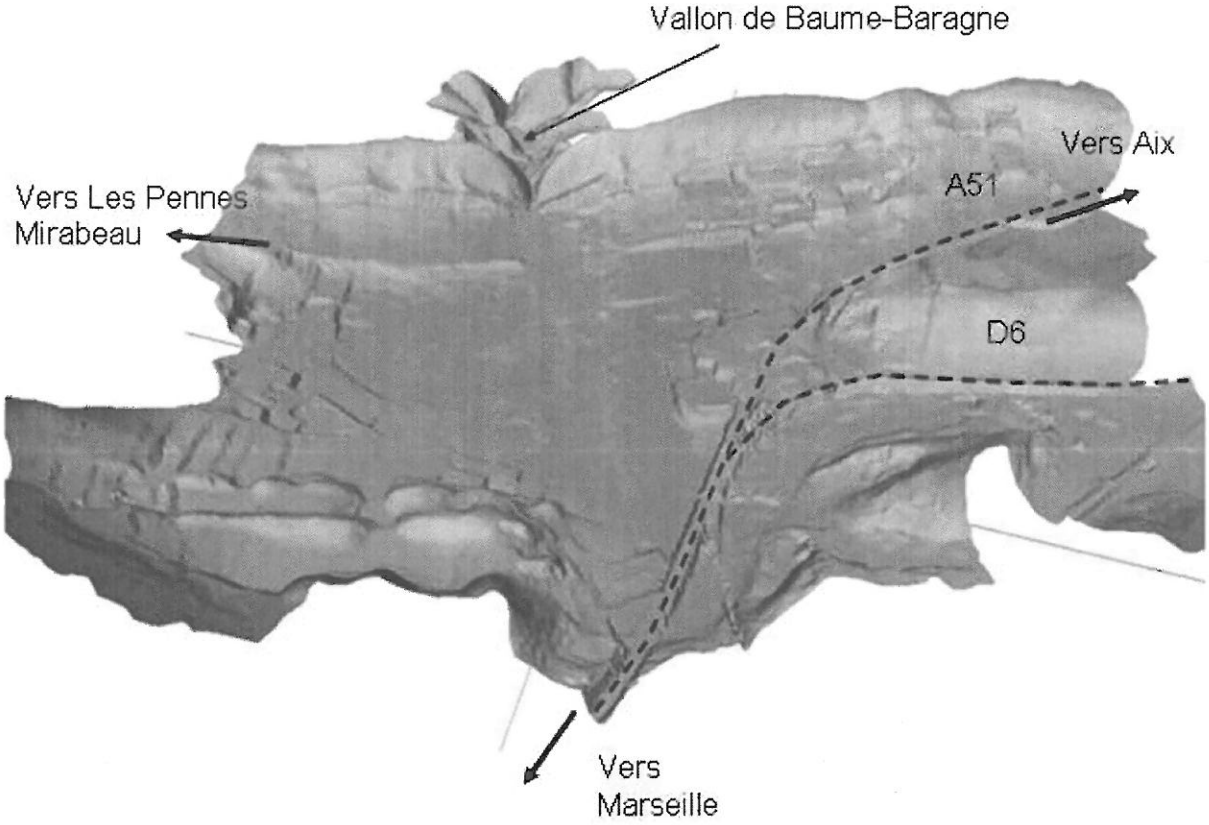


Figure 10 : Vue 3D du maillage de Plan de Campagne

3.2.4 CARTOGRAPHIE RÉSULTANTE

La cartographie suivante présente les résultats de l'étude inondabilité en termes de d'aléa, par croisement hauteur/vitesse pour la pluie de période de retour 100 ans.

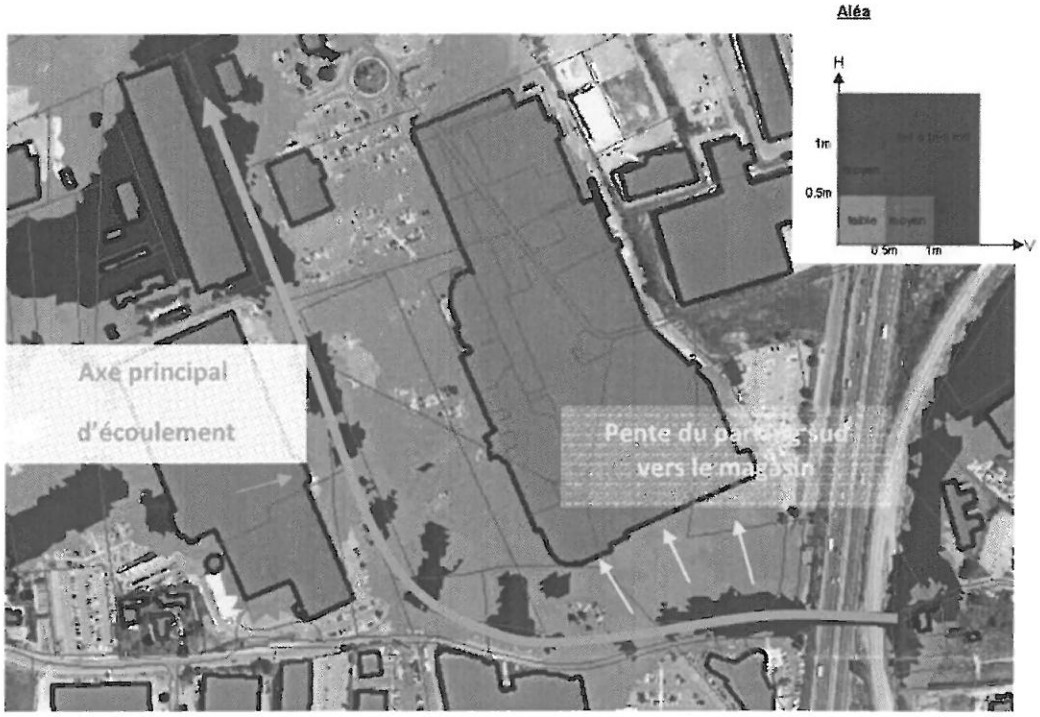


Figure 11 : Aléa sur le secteur de Plan de Campagne

3.2.5 ANALYSE DES ÉCOULEMENTS

L'analyse des résultats de la modélisation montre les points suivants :

- Les ruissellements du bassin versant est passent sous le passage routier de l'A7 puis sont diffusés par le rond-point se situant juste à l'aval. Ils rejoignent le nord du bassin versant en s'écoulant :
  - Principalement sur le chemin des Rigons. On note donc sur cet axe des aléas importants.
  - En partie sur le site du Géant Casino Barnéoud.
- La pente du parking sur la façade sud du Géant Casino est dirigée vers le bâtiment, ce qui amène les ruissellements jusqu'à celui-ci. En résulte l'inondation d'une grande partie du bâtiment par une faible hauteur d'eau (5 à 10 cm).

4 ÉTUDE DES AMÉNAGEMENTS DE PROTECTION CONTRE LES INONDATIONS

4.1 RÉFLEXION SUR LES AMÉNAGEMENTS DE PROTECTION

L'analyse du processus d'inondation du site montre que les ruissellements à l'origine de l'inondation du site sont concentrés en un point : le passage sous l'A7. La canalisation des ruissellements à ce niveau nécessiterait de réaménager ce passage routier. Celui-ci fait l'objet d'un projet de réaménagement de la part de la CPA mais l'horizon de réalisation de ce projet n'est pas fixé. Cette solution a donc été écartée.

A l'aval direct de ce passage le rond-point qui diffuse les ruissellements qui suivant ensuite principalement le chemin des Rigons. Il n'est donc plus possible d'envisager la réalisation d'un ouvrage permettant de récupérer ponctuellement les ruissellements. Ces constats nous ont amené à proposer le principe de fonctionnement suivant :

- Aménagement d'un ouvrage longeant le chemin des Rigons par le nord et l'ouest afin de capter les ruissellements et d'évacuer les ruissellements vers le nord
- Connexion au Collecteur Ouest prévu par la CPA pour l'assainissement du secteur.

Nota : ce principe d'aménagement a été établi en concertation avec la CPA.

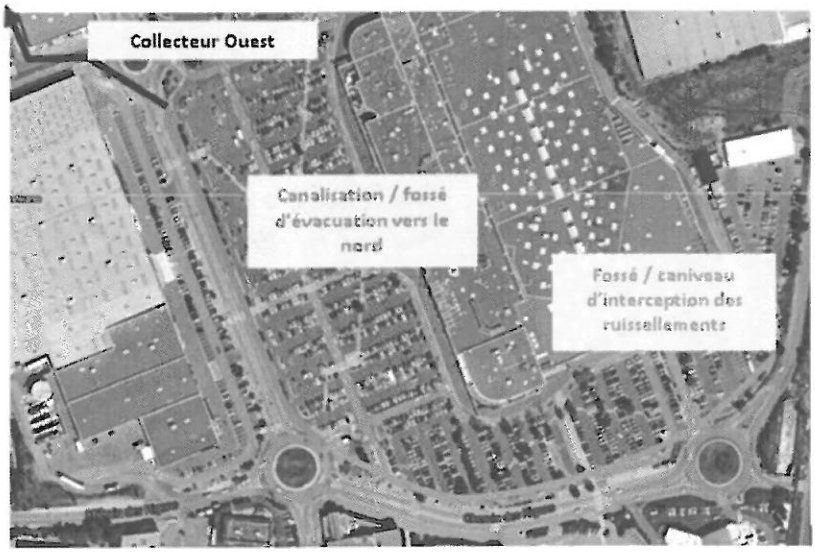


Figure 12 : principe fonctionnements des aménagements proposés

4.2 AMÉNAGEMENTS PROPOSÉS

Deux types d'ouvrages peuvent être envisagés pour ces aménagements :

4.2.1 OUVRAGES DE COLLECTE ET D'ÉVACUATION À SURFACE LIBRE

Ces ouvrages, du fait qu'ils soient à ciel ouvert, permettent de récupérer simplement des ruissellements en surface et de les évacuer. En fonction de la place disponible ils peuvent prendre la forme :

- d'une noue lorsque la place disponible est importante,
- d'un fossé en béton lorsque la place disponible est limitée.

Les ouvrages correspondants ci-dessous ont été dimensionnés pour capter et évacuer le débit arrivant sur le site, soit 10 m^3/s.

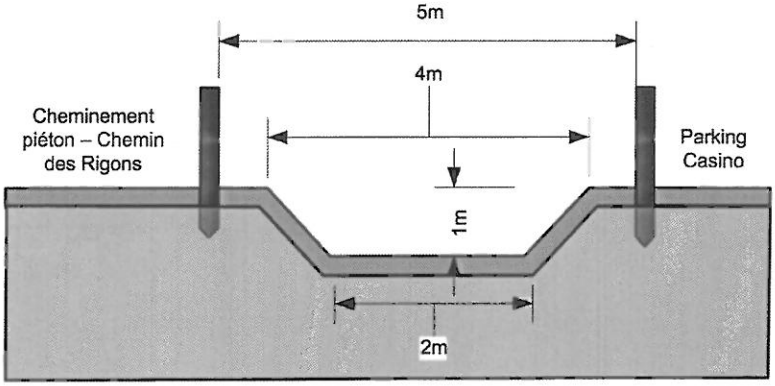


Figure 13 : profil en travers d'un fossé béton dimensionné pour 10 m3/s (pente 0,5%)

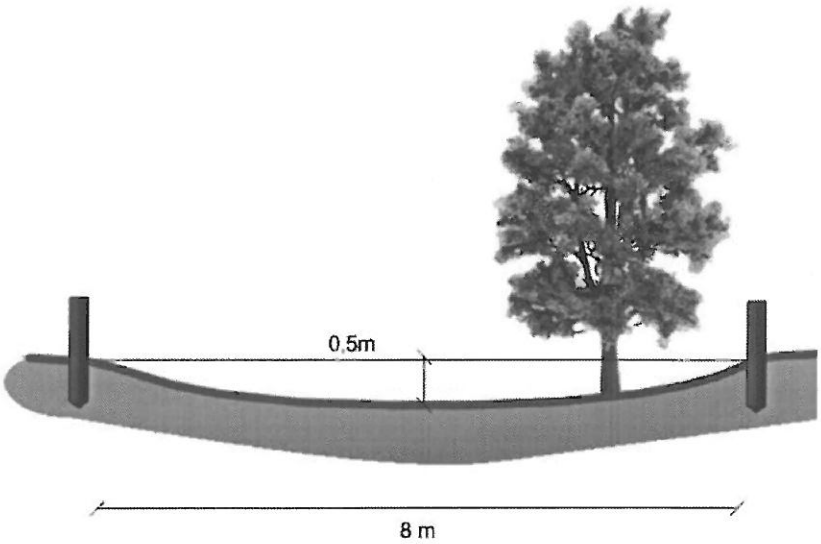


Figure 14 : profil en travers d'une noue dimensionnée pour 10 m^3/s (pente 0,5%)

4.2.2 OUVRAGES COUVERTS

Lorsque la place disponible est limitée et que l'intégration paysagère de l'ouvrage est importante, il est possible d'imaginer l'aménagement d'un cadre semi-couvert doté d'une grille avaloir à l'amont qui permet l'engouffrement de débits importants.

Cet aménagement doit être réalisé en cohérence avec la voirie et aux bordures de trottoir de manière à canaliser les ruissellements vers la grille avaloir.

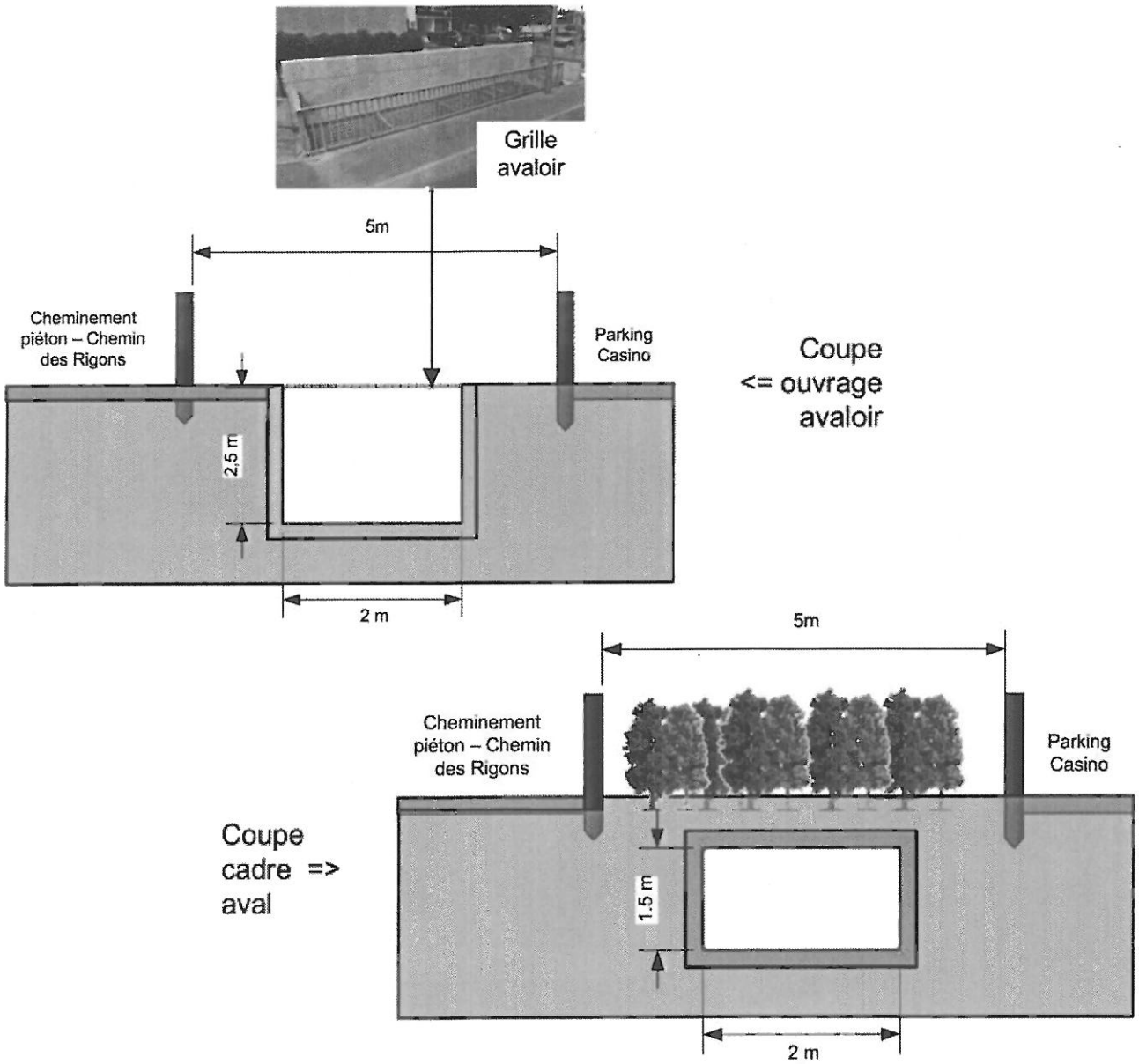


Figure 15 : coupes du cadre semi couvert

En amont et en aval, il est possible d'aménager un dispositif d'engouffrement latéral dans le trottoir. Ce dispositif, connecté au cadre principal, permet d'évacuer des ruissellements importants sur la chaussée.

Dans le cas où cette solution est retenue, ce cadre doit être prolongé jusqu'à sa connexion au cadre de la CPA.

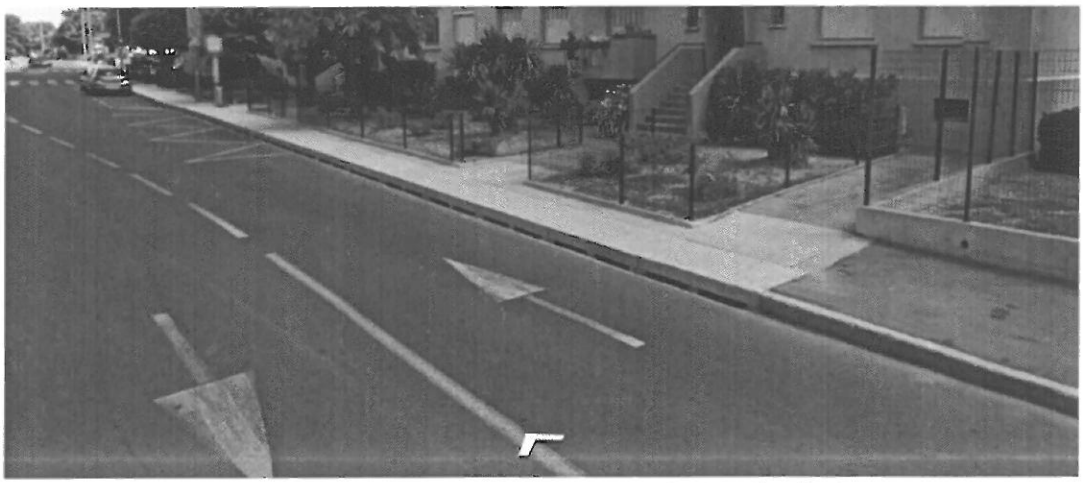


Figure 16 : dispositif d'engouffrement latéral intégré au trottoir

Le profil en long de ce cadre est le suivant :

- cote TN de 217,0 m NGF au niveau de l'entrée sud du parking Casino,
- fil d'eau à 2,5 m sous le TN
- pente globale de 0,6% sur 450 m pour arrivée à 211,8 m au niveau du fil d'eau du cadre CPA.

Le cadre CPA n'étant pas prévu pour évacuer l'ensemble du débit arrivant depuis le Chemin des Rigons pour une pluie centennale, des grilles d'évacuation des eaux devront être prévues en surface sur le même principe que les grilles avaloirs en amont afin d'évacuer en surface le débit excédentaire.

Étant donné le contexte contraint en matière de foncier, la solution des ouvrages couverts a été retenue.

4.3 MODÉLISATION DES AMÉNAGEMENTS

Les aménagements proposés ont été modélisés afin de caractériser leur impact sur les aléas sur site et des environs.

Afin de représenter de façon fine les aménagements hydrauliques, le maillage initial a été repris et affiné dans les secteurs à aménager. Les caractéristiques du nouveau maillage sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Superficie (ha)	390
Nombre de mailles	143 000
Taille des mailles	- 50 cm dans l'axe des aménagements hydrauliques - 5 m dans les axes d'écoulement - 10 m ailleurs

Le cadre couvert a été modélisé sous la forme d'un fossé afin de simuler le fonctionnement des grilles avaloirs permettant d'évacuer les débits excédentaires en surface.

L'adaptation du maillage à la représentation des aménagements hydrauliques est présentée sur la figure ci-dessous :

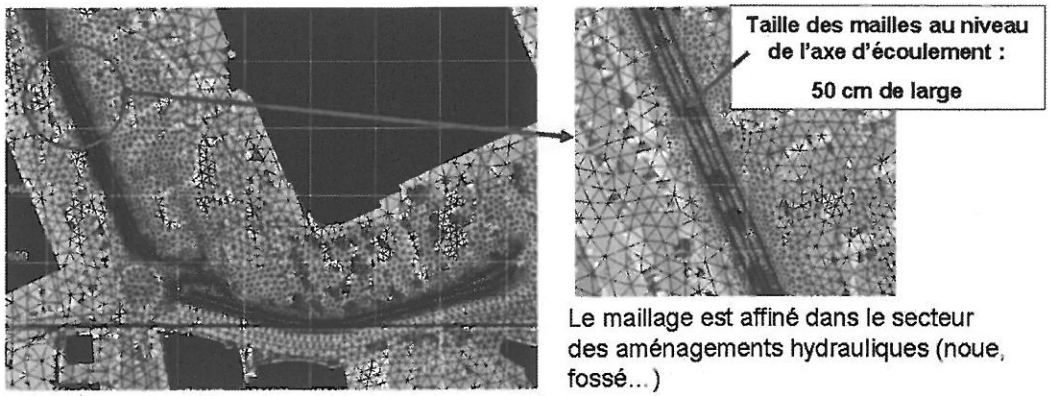


Figure 17 : Adaptation du maillage à la représentation des aménagements hydrauliques

Les résultats de la modélisation des aménagements sont présentés ci-après :

Figure 18 : la carte présente les aléas suite aux travaux aménagements et à l'aménagement du cadre CPA. On note que les aménagements proposés permettent de protéger les bâtiments et parking du Casino des aléas.

- Figure 19: comparaison des aléas en situation actuelle / situation projet mais sans raccordement au cadre CPA. Le cadre à aménager est connecté dans ce cas au réseau existant (DN1500). Cette comparaison permet de vérifier que les aménagements n'aggravent pas l'aléa sur l'environnement du site, même dans la période transitoire d'une durée d'un an entre la fin de l'aménagement des ouvrages de protection et la mise en service du Collecteur Ouest.

  On peut noter une légère augmentation de l'aléa sur la parcelle au niveau de l'arrivée du cadre. Cette augmentation de l'aléa est localisée au niveau de la grille avaloir qui permet d'évacuer en surface le débit ne pouvant être évacué par le réseau pluvial actuel. Elle est principalement due à un artefact de modélisation.

  Dans la pratique, l'aménagement de cette grille et de son environnement immédiat (2-3 m autour de la grille) devra être conçu de manière à ne pas générer de vitesse importante au delà de cet environnement. On pourra par exemple prévoir d'intégrer la grille dans un espace vert qui servira de diffuseur aux débits sortant de la grille.

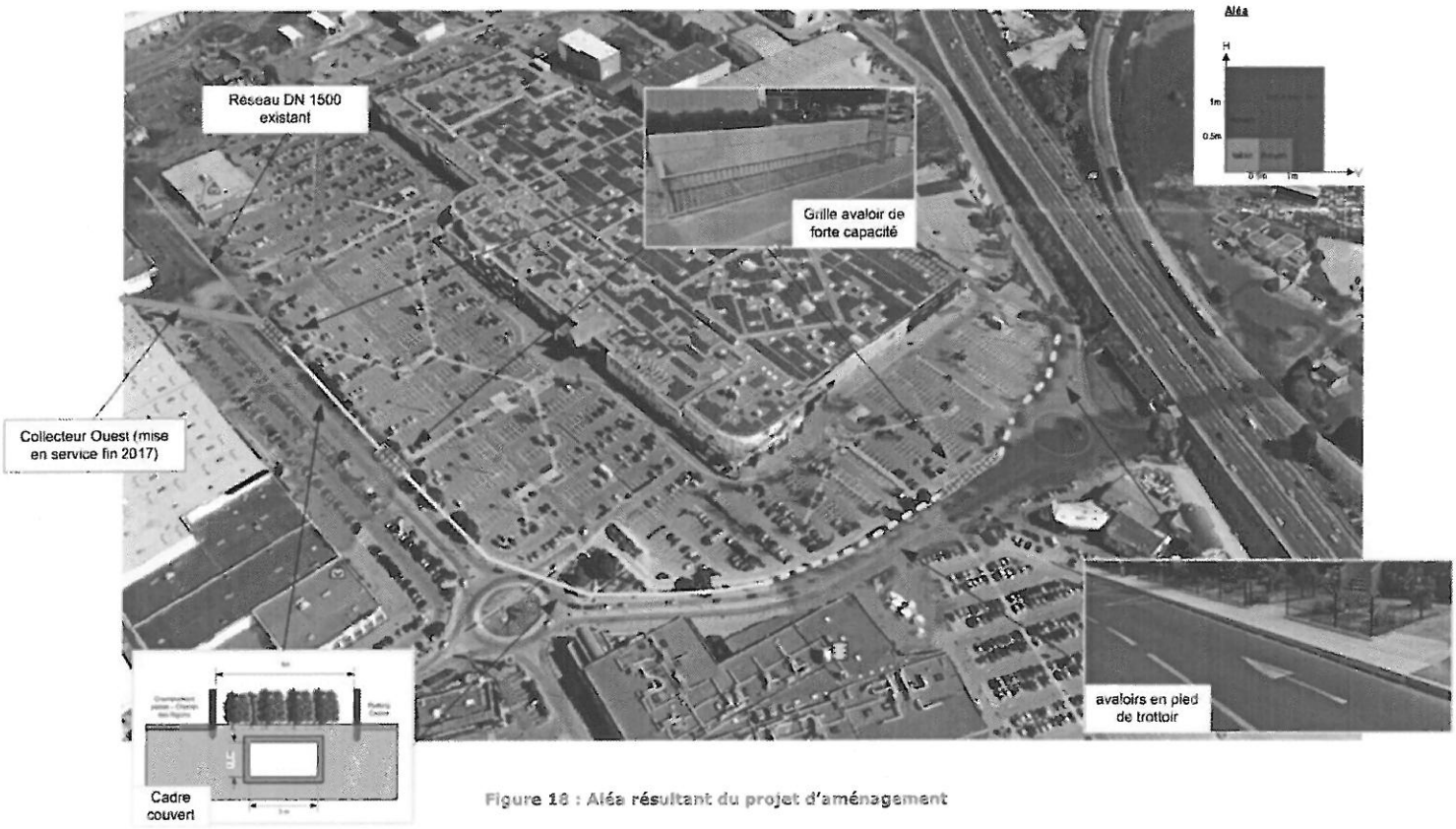


Figure 18 : Aléa résultant du projet d'aménagement

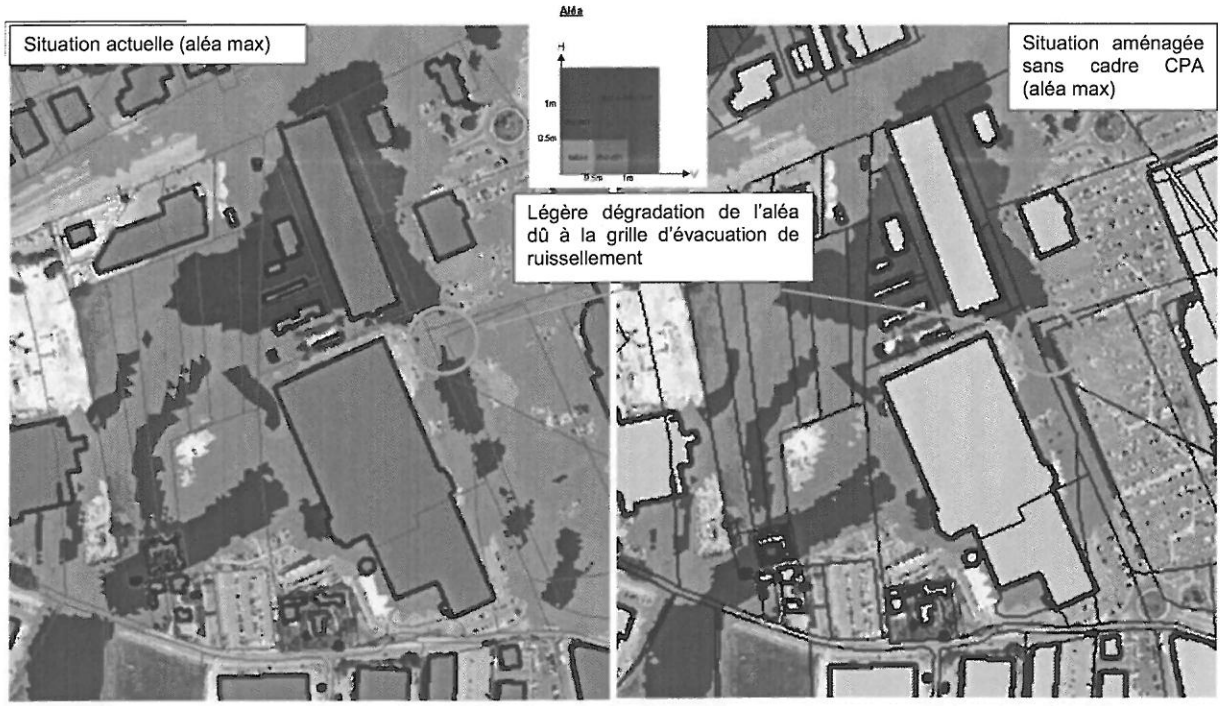


Figure 19 : Comparaison de l'aléa situation actuelle / situation aménagée sans cadre CPA

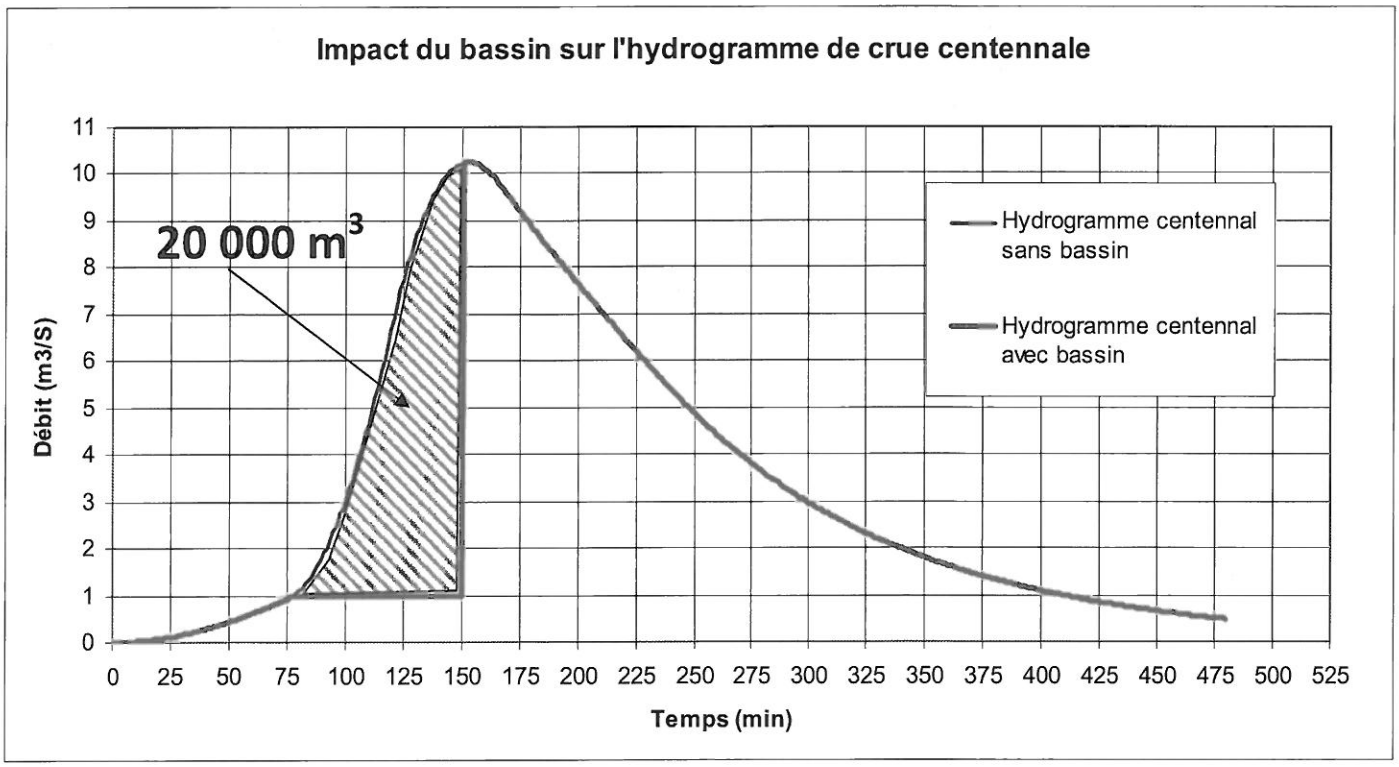
4.4 MODÉLISATION DU BASSIN ZONE EST

Le schéma directeur pluvial prévoit la création d'une rétention pour la zone à l'Est de l'autoroute permettant de limiter les inondations devant le Cinéma Pathé. L'occurrence de protection retenue est cinquantennal, soit 20 000 m^3 de rétention pour un débit de fuite de 1 m^3/s.

4.4.1 ANALYSE DE L'HYDROGRAMME DE CRUE

L'analyse de l'hydrogramme de crue centennal sur le bassin versant de la zone permet de déterminer l'impact du bassin de rétention sur la crue centennale :

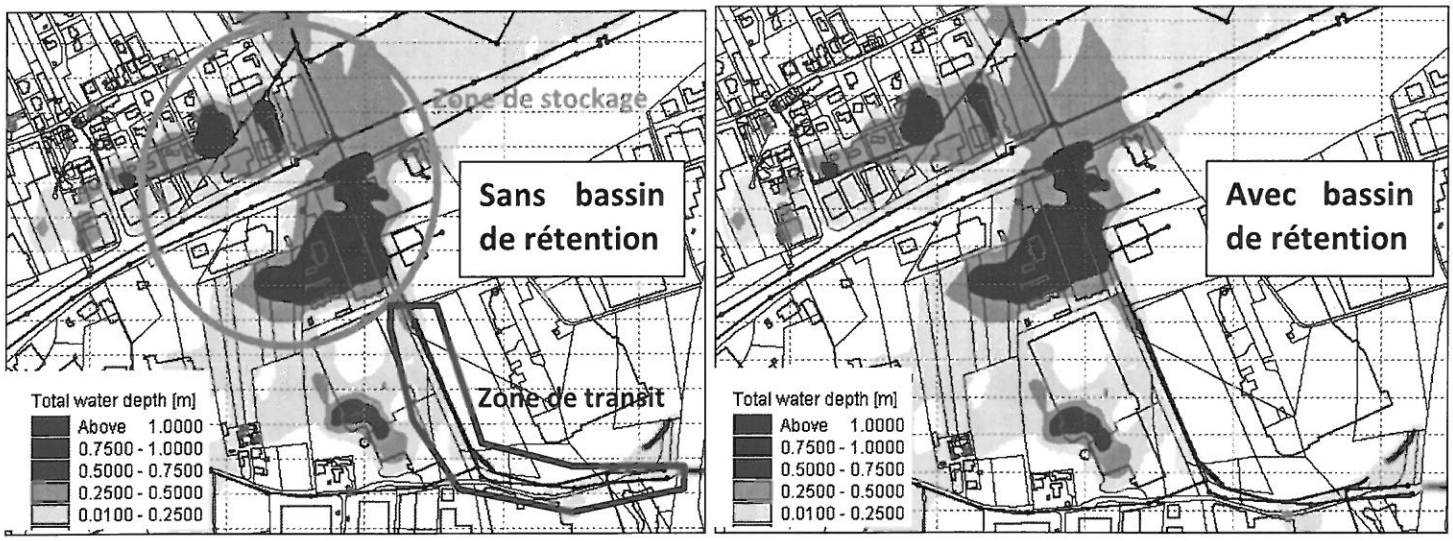
- tant que le débit du bassin versant est inférieur au débit de fuite (1m^3/s) le bassin est transparent et Q entrée = Q sortie ;
- lorsque le débit sur le bassin versant devient supérieur à 1 m^3/s le bassin commence à se remplir et le débit en sortie du bassin est égal à 1 m^3/s ;
- lorsque le volume stocké atteint 20 000 m^3, le bassin de rétention est plein, déverse et devient transparent, comme le montre la figure ci-dessous :



Le bassin de rétention atteint sa capacité de stockage maximum avant la pointe de crue de l'hydrogramme centennal, ce qui signifie que **le bassin n'écrête pas la crue centennale. On peut donc s'attendre à un impact très faible du bassin sur l'emprise de zone inondable sur le secteur modélisé.**

4.4.2 MODÉLISATION DE LA SITUATION AVEC BASSIN

Une nouvelle simulation a été lancée en intégrant le bassin de la zone est. L'impact sur le secteur de Géant Casino est faible, en termes de hauteurs et de vitesses (et donc en terme d'aléa), comme le montre les figures ci-dessous :



Dans les zones de transit (noue, fossé..ect) l'impact est nul puisque le débit de pointe est semblable à la situation sans bassin de rétention. Dans les zones de stockage l'impact du bassin de rétention sur la crue centennale est positif (du fait de la réduction de volume de 20 000 m^3 sur l'hydrogramme de crue), mais faible (- de 5 cm sur les hauteurs d'eau, - de 0.1 m/s sur les vitesses d'écoulement).

L'impact du bassin de rétention est sur la carte d'aléa en crue centennale est négligeable.