



OC'VIA CONSTRUCTION – 6 200 Route de Générac CS 58240 30900 NIMES
Tél : 04 13 64 03 90

**AGENCE REGIONALE DE SANTE
LANGUEDOC ROUSSILLON
Délégation Territoriale du Gard**
Ingénieur du Génie Sanitaire
Pôle Santé-Environnement
6 rue du Mail – CS 21001
30906 Nîmes Cedex 2

A L'ATTENTION de M. MARZIN

LETTRÉ RECOMMANDEE AVEC ACCUSE DE RECEPTION

N Réf :_CNM/GCDP/JTIS/IYUS/10.13/2018

Date : 20 novembre 2013

Objet : Projet d'exploitation d'une carrière de matériaux alluvionnaires à Aubord présenté par la société OC'VIA CONSTRUCTION – Avis de l'Agence Régionale de Santé dans le cadre de sa contribution à l'avis de l'autorité environnementale – Avis du 18 octobre 2013

Eléments joints au courrier :

Avis de l'ARS du 18 octobre 2013 / Etude d'Avant-Projet du bassin écrêteur de crue n°13MHY003 de SAFEGE – Indice C – version de septembre 2013 / Etude de danger n°13MHY003 – Indice C – version d'octobre 2013

Monsieur,

En réponse à votre avis du 18 octobre 2013 formulé dans le cadre de votre contribution à l'avis de l'autorité environnementale, veuillez trouver ci-joint les compléments d'information sur les modalités de mise en œuvre des mesures préventives, liées au fonctionnement du bassin écrêteur de crues (by-pass des premières eaux et vidange du bassin) °.

Restant à votre entière disposition pour tout complément d'information que vous jugeriez utile, nous vous prions d'agréer, Monsieur, l'expression de nos sentiments respectueux.

Pour le GIE Oc'Via Construction
L'administrateur d'Oc'Via Construction
M. François-Xavier DE MALHERBE

MAÎTRE D'OUVRAGE



**REPONSE A L'AVIS DE L'AGENCE REGIONALE DE SANTE LANGUEDOC-ROUSSILLON EN DATE DU 18
OCTOBRE 2013 FORMULE DANS LE CADRE DE SA CONTRIBUTION A L'AVIS DE L'AUTORITE
ENVIRONNEMENTALE**

Le 20 novembre 2013

ETABLI PAR

GIE CONSTRUCTEUR



ATDX



SARL au capital de 38 600 €
B.P. 33 – 30132 CAISSARGUES
Tél. : 04.66.38.61.58 – Fax : 04.66.38.61.59
atdx@atdx.fr

SAFEGE



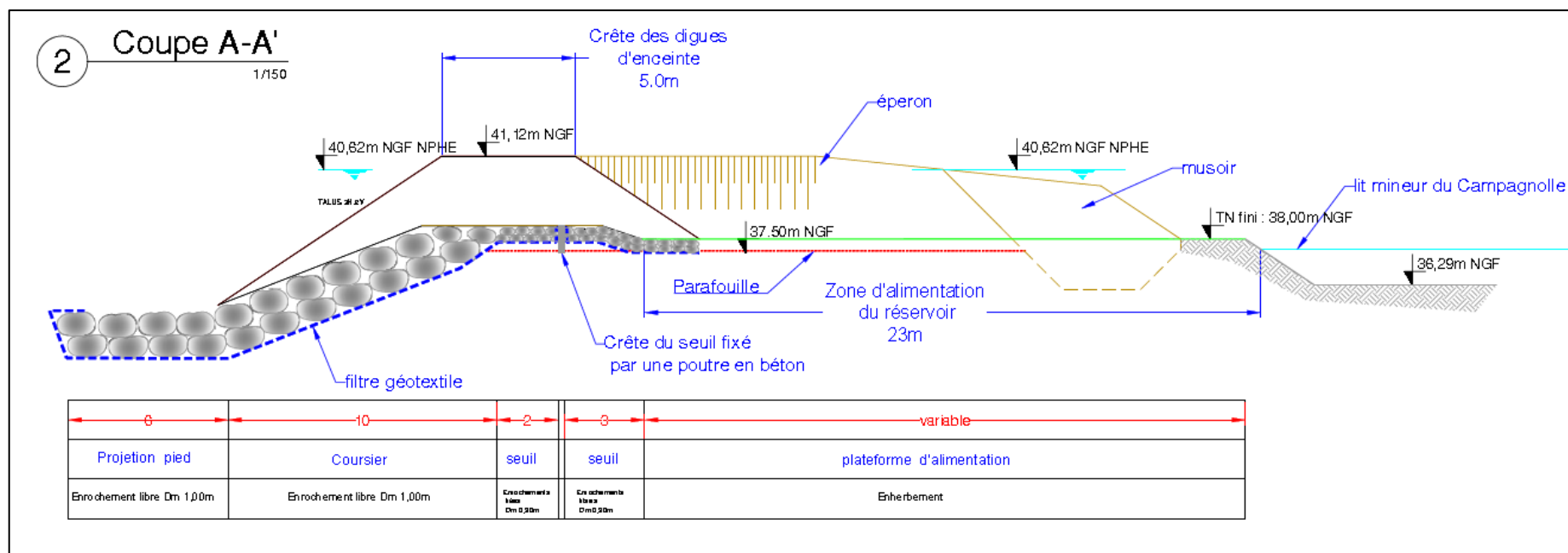
Sommaire

1	MESURES PREVENTIVES POUR EVITER DE DIRIGER LES PREMIERES EAUX DE CRUE DU GRAND CAMPAGNOLLE DANS LE BASSIN ECRETEUR D'AUBORD NORD.....	3
2	MOYENS MIS EN ŒUVRE POUR LA VIDANGE RAPIDE DES VOLUMES STOCKES DU BASSIN	4
3	CONCLUSION.....	5
4	ANNEXES	7

1 Mesures préventives pour éviter de diriger les premières eaux de crue du Grand Campagnolle dans le bassin écrêteur d'Aubord nord

L'alimentation du bassin écrêteur de crue d'Aubord nord s'effectue au moyen d'un seuil déversant qui a été dimensionné par le bureau d'étude spécialisé SAFEGE. Les éléments repris ci-dessous sont extraits de cette étude d'avant-projet, jointe à la présente réponse et figurant en annexe 30 du DDAE.

Le seuil déversant sera placé à la cote 38,5 mNGF et présentera une longueur déversante de 15 m.



La coupe présentée ci-dessus illustre bien le fait que le seuil est placé 2,20 m au-dessus du lit du Grand Campagnolle (cote du lit à 36,30 m NGF) et par conséquent, lors du démarrage de la crue, les premières eaux qui arrivent dans le Grand Campagnolle continuent à s'écouler dans le lit mineur de ce dernier. De même, les crues fréquentes ne rentrent pas dans le bassin. Le bassin ne fonctionne qu'à partir de crue d'occurrence décennale (probabilité d'apparition tous les 10 ans).

Le seuil est aménagé de façon à assurer sa durabilité et sa résistance aux crues (mise en place d'enrochement de protection libres ou maçonnés, crête du seuil calée par une poutre en béton). Le seuil est associé à des aménagements de protection : zone d'alimentation et de tranquillisation placée devant le seuil pour ralentir les débits des eaux rentrant dans le bassin et associée à une protection enrochée.

2 Moyens mis en œuvre pour la vidange rapide des volumes stockés du bassin

Les organes de vidange du bassin ont été dimensionnés par le bureau d'étude SAFEGE, les éléments présentés ci-après sont issus de l'étude d'avant-projet jointe en annexe 2 (cf. Chapitre 8 p 35 et suivantes).

Afin d'effectuer une vidange rapide du bassin mais également d'assurer l'absence d'impact sur le régime hydraulique du cours d'eau, le bassin sera équipé de deux vidanges :

- Une vidange « haute » principale constituée d'une conduite de 1,5 m de diamètre reliée à un chenal rejoignant le Campagnolle permettant d'évacuer un débit de 2,3 m³/s,
- Une vidange « basse » constituée d'une conduite de 300 mm de diamètre permettant d'achever la vidange du bassin afin d'éviter des infiltrations dans la nappe phréatique et de libérer le volume dédié au laminage.

Les deux vidanges évacuent au maximum 2,7 m³/s (après établissement du niveau maximum de remplissage du bassin c'est-à-dire pour une crue de probabilité de retour de 10 000 ans).

Pour ce remplissage maximum, grâce à ces ouvrages de restitution, le bassin se vidangera en 90 h soit en moins de 4 jours. Dans les faits, le temps de vidange sera plus rapide, la crue 10000 ans étant rarissime. Les ouvrages de vidange fonctionnent en permanence et de façon autonome ce qui garantit leur efficacité. Un programme de surveillance et d'entretien sera mis en place par le gestionnaire du bassin, en l'occurrence la mairie d'Aubord (cf. Etude de danger jointe en annexe à la présente réponse et figurant en annexe 22 du DDAE).

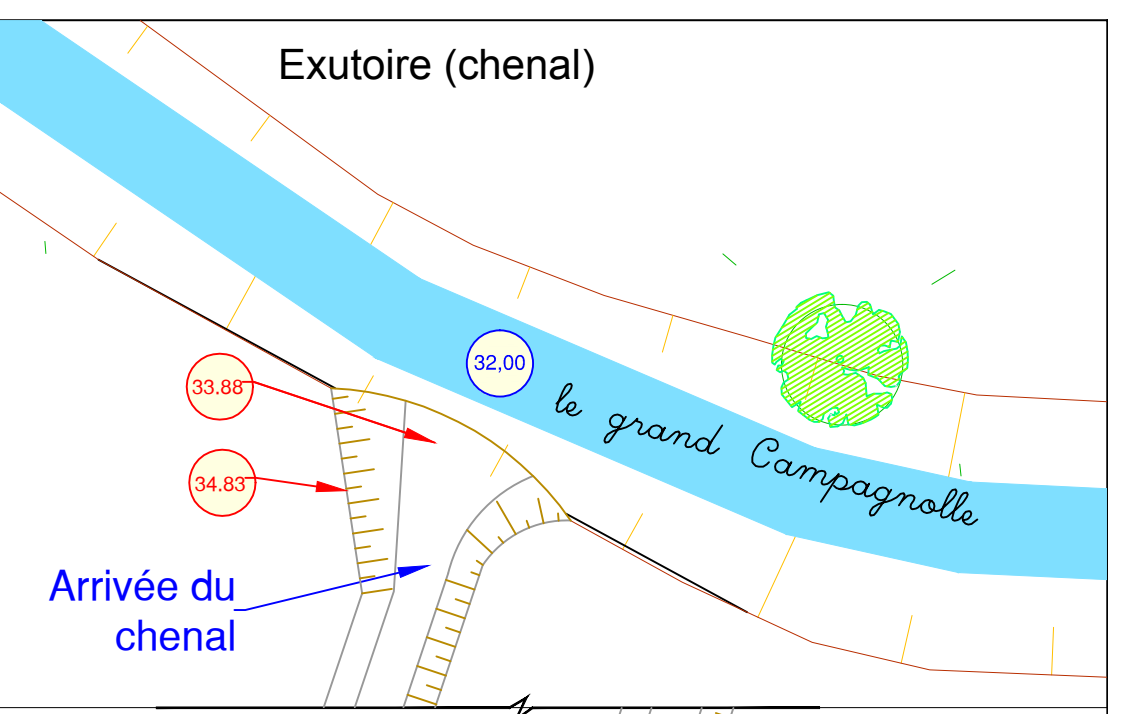
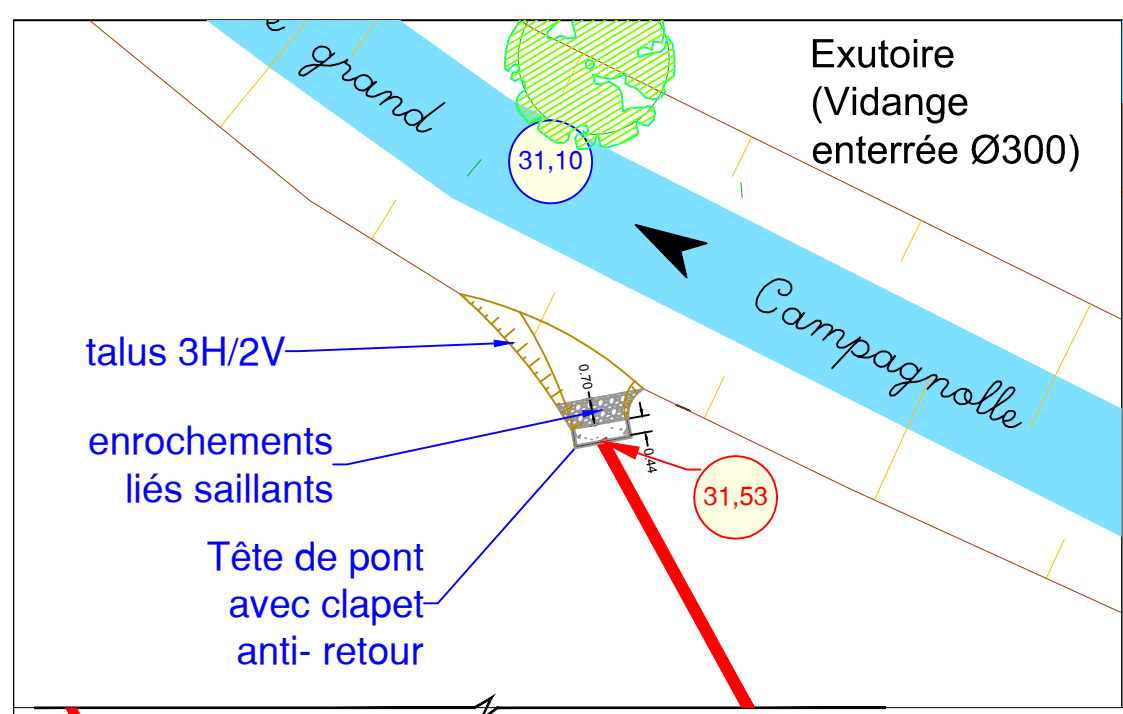
3 Conclusion

Pendant l'exploitation de l'emprunt d'Aubord Nord qui rentre dans le cadre de législation des ICPE (Installation Classée Pour l'Environnement), aucune connexion avec le Grand Campagnolle n'est possible (seuil et vidange inexistants).

Les premières eaux ne pourront pas rentrer dans la zone d'extraction. Après l'extraction des matériaux, la digue sera construite et les canalisations de vidange mises en place, le seuil sera réalisé ensuite permettant la mise en fonctionnement du bassin (cf. annexe 4 : Plan de définition du projet – Variante 4 – Application des ouvrages hydrauliques)

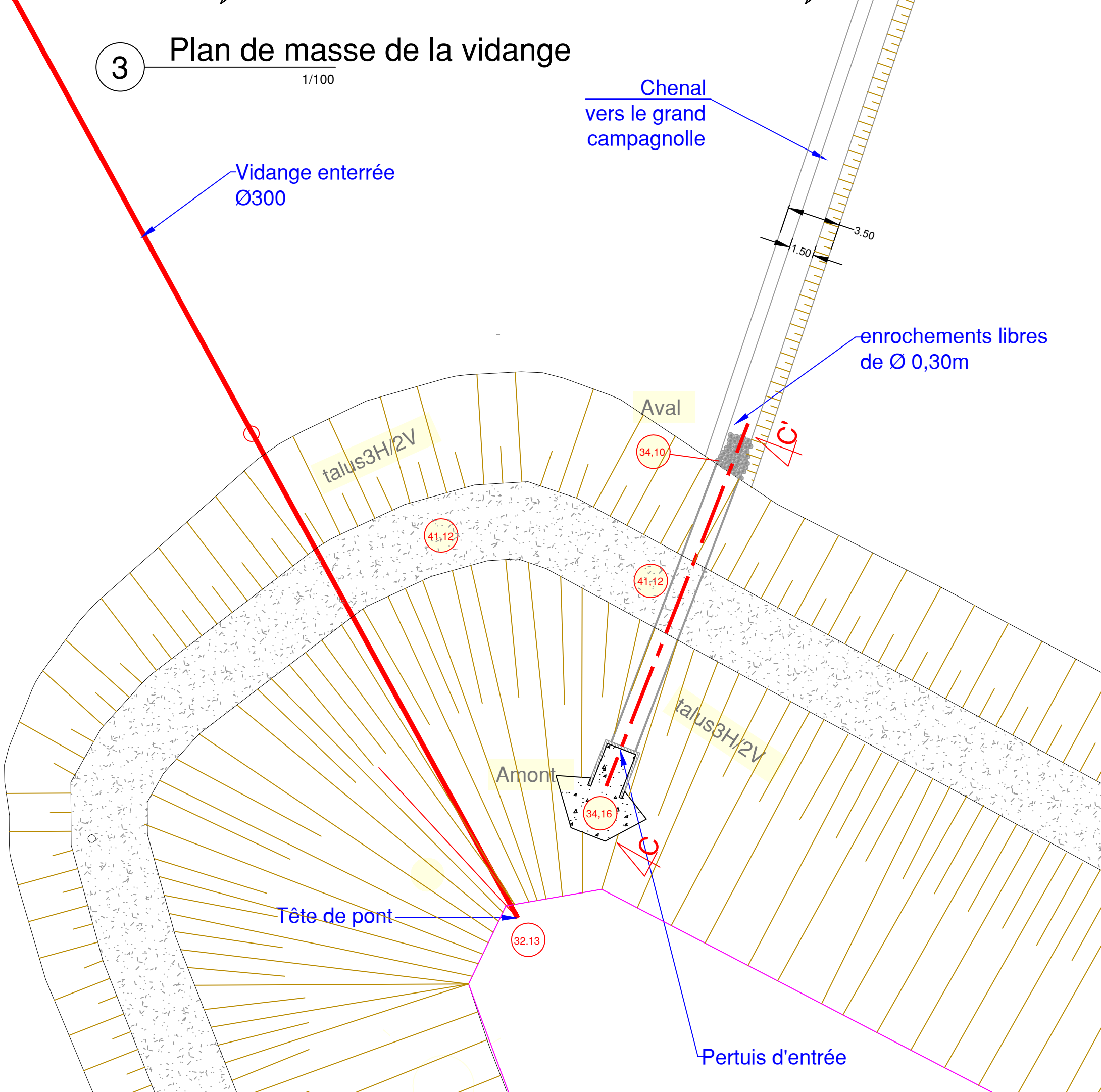
L'exploitation du bassin rentre dans le cadre de législation au titre de la Loi sur l'Eau. Elle est soumise à une procédure d'autorisation au titre de la Loi sur l'Eau en cours d'instruction en parallèle à la demande d'autorisation au titre des ICPE.

La réalisation des ouvrages hydrauliques permettant la réaffectation de la zone d'emprunt en bassin écrêteur et la gestion et l'entretien du bassin seront réglementés par un arrêté d'autorisation spécifique qui viendra en cohérence avec l'arrêté d'autorisation d'exploiter une zone d'emprunt au titre des ICPE.



3 Plan de masse de la vidange

1/100



Maître d'Ouvrage

Maître d'Ouvre

Création d'un bassin d'écrêtement-Commune d'Aubord			
Indice	Date	Etabli par	Approuvé par
6			
5			
4			
3			
2			
1	Jun 2013	IM	SBP

Plan de masse projeté

Phase	Emetteur	Numéro	Indice
A V P	S A F E G E	P 0 0 0 3	1

Première Diffusion

Observations / Modifications

4 Annexes

Annexe 1 : Avis de l'ARS du 18 octobre 2013

Annexe 2 : Etude Avant-Projet d'un bassin écrêteur de crue sur le Grand Campagnolle (Aubord-Nord) – Version n°13MHY003- Indice C – septembre 2013

Annexe 3 : Etude de danger pour la création d'un bassin écrêteur de crue sur le Grand Campagnolle – Aubord Nord –Version n°13MHY003 – Indice C – octobre 2013

Annexe 4 : Plan de définition du projet – Variante 4 – Application des ouvrages hydrauliques

Annexe 1 : Avis de l'ARS du 18 octobre 2013

Pôle Santé-environnement

Affaire suivie par : Isabelle LORANDI

Courriel : isabelle.lorandi@ars.sante.fr

Téléphone : 04 66 76 80 47

Fax : 04 66 76 80 09

Réf. : votre courrier du 20/09/2013

N:\CPE\carOCVIA Aubord.docx

PJ : 0

Objet : Commune de AUBORD
Carrière société OC'VIA Construction

Monsieur le Préfet de la région Languedoc-
Roussillon
Direction régionale de l'environnement, de
l'aménagement et du logement
Unité territoriale Gard-Lozère
Subdivision carrières, mines, sous-sol
362, rue Georges Besse
30035 NIMES CEDEX 01

A l'attention de Monsieur Michel JOURNOUD

Nîmes, le 18 octobre 2013

En application de l'article R. 122-7 du code de l'environnement, vous avez consulté mes services sur le dossier cité en objet afin de contribuer à l'avis de l'autorité environnementale.

En application de l'article R. 512-21 du code de l'environnement, l'avis émis par mes services sera transmis au Préfet lors de la consultation réalisée dans le cadre de l'instruction de la demande d'autorisation d'exploiter.

L'examen de « l'étude des effets sur la santé » présentée dans ce dossier est réalisé par mes services sur la base des référentiels suivants :

- le guide méthodologique pour l'évaluation des risques sanitaires de l'INERIS (2003) ;
- le « guide pour l'analyse du volet sanitaire des études d'impact » de l'InVS diffusé par la circulaire DGS/VS3/2000 n° 61 du 3 février 2000 ;
- le minimum exigible pour l'analyse des effets sur la santé dans une étude d'impact, fixé par la circulaire DGS/2001/185 du 11 avril 2001 ;
- les modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact diffusées par la circulaire DGS/SD7B/2006/234 du 30 mai 2006.

L'analyse de ce dossier, présenté sous la responsabilité du pétitionnaire, amène mes services à formuler les avis suivants, en l'état actuel des connaissances, et sous réserve de la validité des calculs conduisant aux résultats présentés.

Ce projet concerne la création d'une carrière d'alluvions, située aux lieux-dits « la Garrigue » et « le Campagnol » à AUBORD. Cette carrière, dont l'exploitation est prévue sur un à deux ans, sera dédiée à l'approvisionnement en matériaux du chantier ferroviaire de la ligne de contournement Nîmes Montpellier. En fin d'exploitation, elle sera réaménagée en bassin d'écrêtement des crues du ruisseau du Campagnolle pour le village d'Aubord.

Après examen du dossier, en ce qui concerne mes domaines de compétence, je vous fais part des remarques suivantes :

Contribution à l'avis de l'autorité environnementale - Observations sur l'étude d'impact

Les données présentées dans le dossier indiquent que le projet s'inscrit dans une zone :

- relativement éloignée des habitations (zones urbanisées d'Aubord à 700 m, mas isolé le plus proche à 400 m) ;

- située à l'extérieur de tout périmètre de protection de captage public d'eau de consommation humaine, mais à l'amont du champ captant du Rouvier ; ce dernier n'a pas fait l'objet d'un périmètre de protection éloignée (DUP du 19/09/2011), mais le projet se situerait dans l'aire d'alimentation en cours de définition pour ce captage.

L'analyse des effets sur la santé, présentée dans un chapitre individualisé, est réalisée de manière qualitative. Elle conclut à la compatibilité du projet avec les usages de l'environnement dans la zone d'étude, compte-tenu de l'éloignement de la carrière et de ses conditions d'exploitation qui limiteront les émissions de poussières notamment.

L'analyse de l'impact des émissions sonores fait l'objet d'une étude acoustique, basée sur des mesures de l'état sonore initial et sur une simulation de la propagation du bruit généré par la carrière pour deux configurations d'exploitation pénalisantes, et conclut au respect de la réglementation.

L'analyse de l'impact sur la ressource en eau fait l'objet d'une étude hydrogéologique qui définit la côte de fond à retenir pour que l'extraction soit réalisée hors d'eau et les mesures de précaution à mettre en œuvre pour préserver la ressource en eau souterraine et en particulier le champ captant du Rouvier : ces mesures concernent la phase d'exploitation de la carrière, mais aussi la phase de gestion du bassin écrêteur de crues. Pour cette seconde phase, l'étude préconise le by-pass des premières eaux les plus chargées, ainsi que la vidange rapide des volumes stockés pour limiter l'infiltration des substances indésirables vers la nappe. Le dossier ne donne toutefois aucune précision sur les modalités techniques de mise en œuvre de ces préconisations.

En conclusion, compte tenu de la nature du projet, l'analyse des effets sur la santé semble adaptée et proportionnée. Toutefois, le dossier aurait pu détailler les modalités de mise en œuvre des préconisations de l'hydrogéologue.

Avis sur la demande d'autorisation d'exploiter

Afin de préserver la qualité de l'eau du champ captant du Rouvier, mais également des éventuels forages privés utilisés pour l'alimentation en eau de certains mas isolés et qui seraient situés à l'aval du projet (mas du Bosquet ?), il conviendra de respecter scrupuleusement l'ensemble des préconisations faites dans l'étude hydrogéologique, en particulier le plan de surveillance de la piézométrie et de la qualité des eaux souterraines. Dans l'hypothèse où un impact serait détecté, des mesures correctives devront être immédiatement prises.

Compte tenu de mes observations sur l'étude d'impact, des compléments d'information sur les modalités techniques et pratiques de mise en œuvre des mesures préventives liées au fonctionnement du bassin écrêteur de crues devront être apportés à mes services.

Pour le Directeur Général
et par délégation
L'Ingénieur du génie sanitaire


Michel Marzi

**Annexe 2 : Etude Avant-Projet d'un bassin écrêteur de crue sur le
Grand Campagnolle (Aubord-Nord) – Version n°13MHY003- Indice C
– septembre 2013**

Étude Avant-Projet d'un bassin écrêteur de crue sur le Grand Campagnolle (Aubord Nord)

Étude avant-projet d'un bassin écrêteur de crue sur le Grand Campagnolle (Aubord Nord)

Suivi des vérifications du rapport :

	N° DE VERSION	ÉTABLI PAR :	VÉRIFIÉ PAR :	APPROUVÉ PAR :	COMMENTAIRES :
	2	Florent Montarros	St. Bernard-Peyre		
	3	Florent Montarros	St. Bernard-Peyre		Plans à jour

SOMMAIRE

1	Contexte	6
2	Méthodologie	8
3	Les débordements du Campagnolle à Aubord	9
4	Bases hydrologiques	11
4.1	Caractéristiques des bassins versants	11
4.2	Pluies théoriques	11
4.3	Débits de crue retenus pour le PPRI	12
4.4	Construction des hydrogrammes de crue de dimensionnement du bassin	13
4.5	Bassin versant à l'aval	14
5	Alimentation du bassin en eau	15
5.1	Principes	15
5.2	Loi hauteur-débit du déversoir	18
5.3	Loi hauteur – volume du bassin	19
5.4	Déroulement d'une crue	19
5.5	Dimensionnement retenu	22
5.5.1	Occurrence de crue ciblée	22
5.5.2	Optimisation de l'alimentation en eau de la retenue	22
5.5.2.1	Pour des pluies d'occurrence 40 ans	22
5.5.2.2	Pour des pluies d'occurrence 20 ans	23
5.5.2.3	Dimensionnement retenu	23
5.5.3	Efficacité du bassin de rétention	24
5.6	Protection du parement aval et de la crête	25
5.7	Fonctionnement hydrogéomorphologique de la rivière soumis au prélèvement	26
6	Déversoir de trop-plein	30
7	Synthèse des niveaux	34
8	Vidange du bassin	35
9	Chiffrage	40

FIGURES

Figure 1 : carte présentant le projet de contournement Nîmes Montpellier (Source: http://contournement-nimes-montpellier.com/254-cartographie.php).....	6
Figure 2 Carte de l'aléa inondation centennale de la commune d'Aubord (source : Schéma d'aménagement hydraulique et de protection des zones habitées contre les inondations / Carte des Aléas d'Aubord / Septembre 2011 / BRLi)	7
Figure 3 Localisation des débuts des débordements du Grand Campagnolle à Aubord (points rouges)	9
Figure 4 Ligne d'eau sur le gué de la rue du Stade pour 35 m ³ /s ; résultats HEC-RAS10	
Figure 5 Plan du bassin écrêteur de crues	15
Figure 6 Principe d'alimentation en eau du bassin d'écrêtement	16
Figure 7 : loi hauteur volume du bassin écrêteur	19
Figure -8 Exemple de résultats du calcul de l'écrêtement dans le bassin.....	20
Figure 9 : Courbe QDF (Débit durée fréquence) du Petit et du Grand Campagnolle ...	21
Figure 10 Effet du bassin de rétention sur les débits de pointes pour différentes crues. Les durées sont en heures.	24
Figure 11 : Performances du bassin écrêteur à Aubord	25
Figure 12 Profil en long du déversoir d'alimentation	26
Figure 13 : Profil en travers de la section de contrôle (et conditions d'écoulement en crue centennale) et projection du déversoir d'alimentation et de l'exhaussement maximal du radier provoqué par la défluence de 50% du débit	28
Figure 14 : Analyse de rentabilité de la solution EVC vs solution rehausse de digue .	31
Figure 15 : Schéma du remplissage du bassin avec ou sans déversoir de trop plein .	33
Figure 16 Schéma de principe de fonctionnement du bassin	34
Figure 17 Tracé du chenal de vidange	36
Figure 18 : Loi de vidange de la retenue.....	38
Figure 19 Schéma de principe de la vidange.....	38
Figure 20 Effet de la vidange lors d'une crue décamillénale	39

TABLEAUX

Tableau 1 Caractéristiques des Bassins versants du Petit et Grand Campagnolle.....	11
Tableau 2 Cumul des pluies de bassins théoriques en mm.....	12
Tableau 3 Débits de pointe des bassins versants.....	12
Tableau 4 Valeurs des coefficients de ruissellement des bassins versants	14
Tableau 5 Caractéristiques du bassin versant entre la confluence des Grand et Petit Camapagnolle et la RD135 à Aubord	14
Tableau 6 Débit maximal à Aubord en fonction des caractéristiques du déversoir pour une crue d'occurrence 40 ans maximisant les débits à Aubord	22
Tableau 7 Débit maximal à Aubord en fonction des caractéristiques du déversoir pour une crue d'occurrence 20 ans maximisant les débits à Aubord	23
Tableau 8 Temps caractéristiques de vidange.....	37
Tableau 9 Chiffrage des ouvrages d'alimentation et de vidange.....	41

1 CONTEXTE

La commune d'Aubord est soumise à un aléa inondation élevé à cause de cours d'eau la traversant, le Rieu et le Grand Campagnolle.

Le projet Contournement Nîmes Montpellier (projet *CNM*), élaboré par Réseau Ferré de France (RFF), est un projet d'agrandissement du réseau de trains à grande vitesse dont le tracé est indiqué sur la carte suivante.

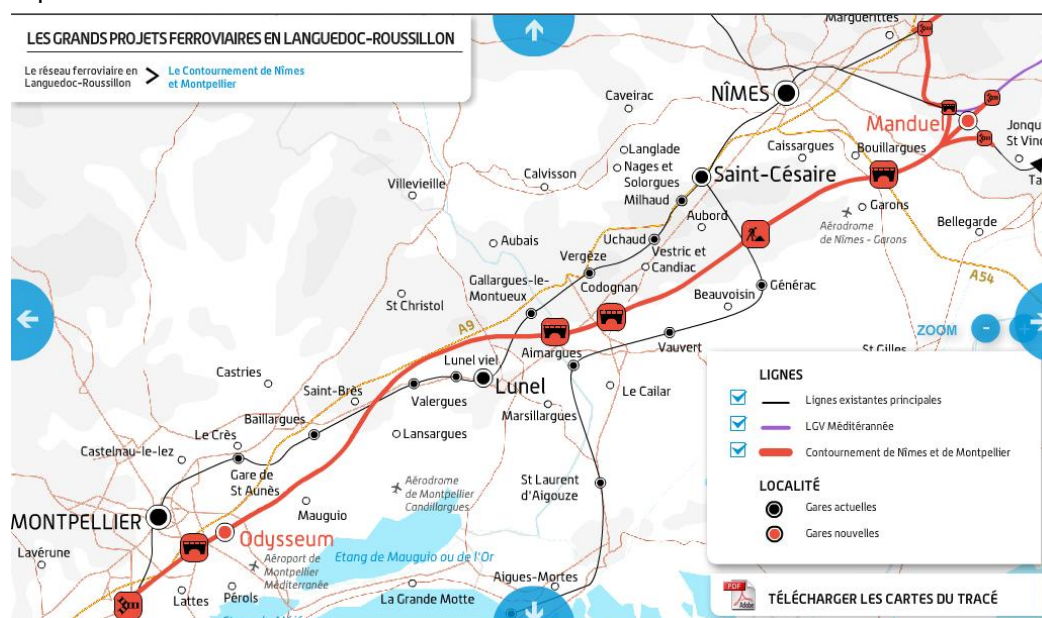


Figure 1 : carte présentant le projet de contournement Nîmes Montpellier (Source: <http://contournement-nimes-montpellier.com/254-cartographie.php>)

Comme le tracé du CNM traverse les cours d'eau en amont de villes sensibles aux inondations (dont Aubord), RFF a mis en place, en collaboration avec les services de l'Etat, un comité d'experts en hydrologie et hydraulique. Les questions liées au risque inondation sont donc discutées et traitées en considérant les attentes des communes concernées.

Dans ce contexte, il est prévu d'aménager des zones d'extraction de matériaux en bassin écrêteur de crues. Étant donné que ces bassins sont creusés pour la réalisation du projet, l'aménagement en bassin de rétention des eaux ne requiert que des dépenses modestes comparativement aux pertes financières qu'il permet de réduire.

L'objet de ce rapport est de dimensionner, au niveau Avant-Projet, un bassin d'écrêtement des crues du *Grand Campagnolle*, en amont d'Aubord.

La carte ci-dessous représente les aléas inondations de la commune d'Aubord pour la crue centennale avec le positionnement du bassin d'écrêtement des crues. L'ampleur des zones inondations donne une idée des enjeux sur le secteur¹.

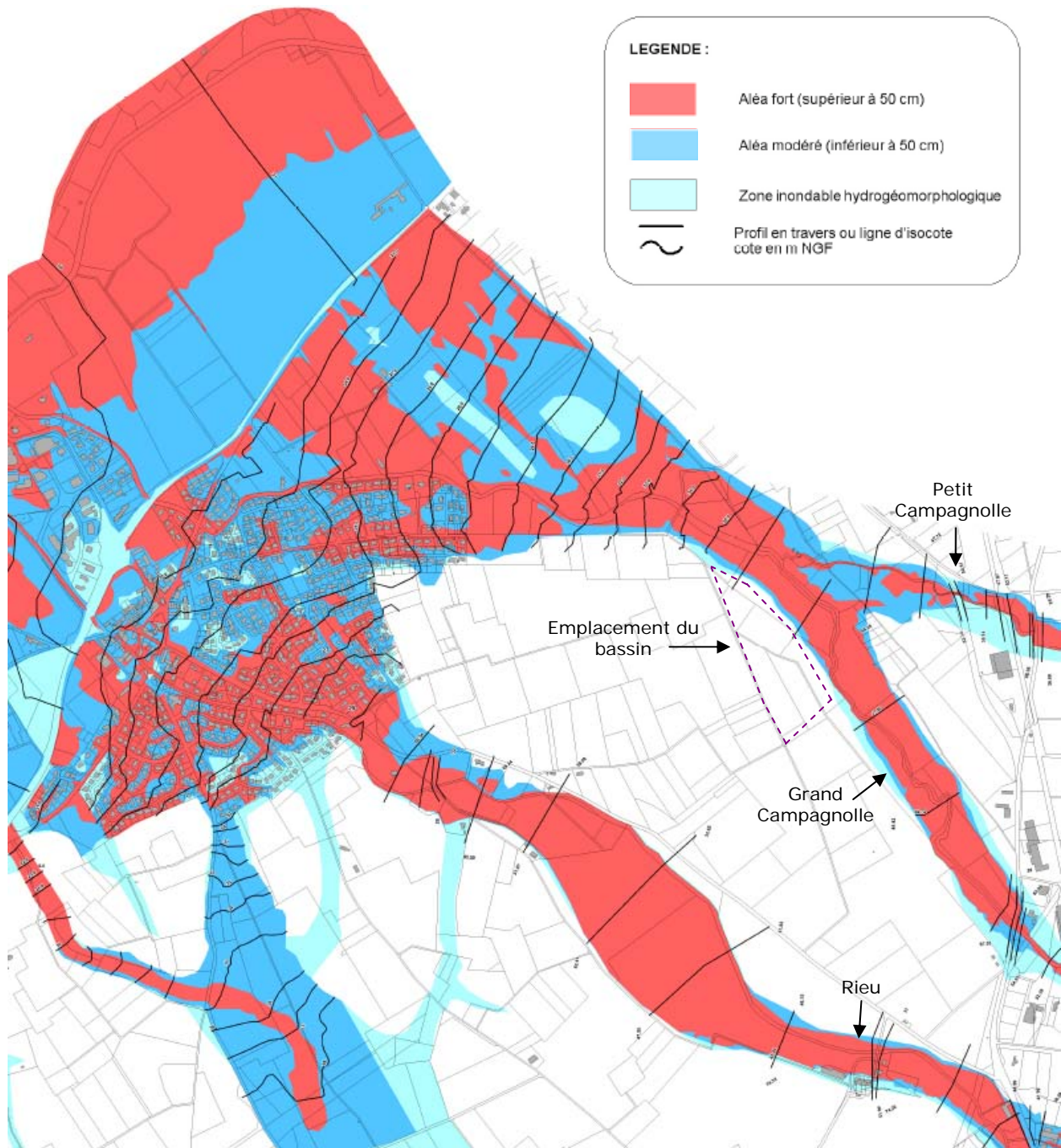


Figure 2 Carte de l'aléa inondation centennale de la commune d'Aubord (source : Schéma d'aménagement hydraulique et de protection des zones habitées contre les inondations / Carte des Aléas d'Aubord / Septembre 2011 / BRLi)

¹ Attention, il s'agit d'une carte des aléas pour la crue centennale. Le bassin n'aura pas d'effet sur une crue de cette ampleur. La carte est uniquement donnée afin de sensibiliser aux risques existants.

2 MÉTHODOLOGIE

La forme et le volume général du bassin sont déjà prédéfinis d'après les besoins en matériau pour le projet et les possibilités d'extraction. Les caractéristiques de l'alimentation en eau du bassin (niveau et occurrence de début d'alimentation, débit de remplissage et de vidange) font l'objet du présent AVP. Ce dimensionnement doit être fait de façon à optimiser le volume du bassin en regard de la période de retour des événements ciblés.

Le bassin est situé en parallèle au cours d'eau.

Les éléments de dimensionnement de l'alimentation du bassin (à volume constant) sont :

- Le seuil d'alimentation du bassin détermine la crue de déclenchement du bassin pour lequel il commencera à produire son effet
- Le débit d'alimentation du bassin (largeur du seuil) détermine la vitesse de remplissage du bassin et doit être cohérent avec les débits en jeu

Une alimentation basse permettrait d'avoir une action sur les crues fréquentes.

Par ailleurs, l'impact du bassin ne peut être chiffré et compris qu'en analysant le devenir des débits à l'aval. Les choix techniques effectués et les dépenses chiffrées doivent être comparés aux bénéfices qu'apporte le bassin. Il est donc important de comprendre quels sont les enjeux à l'aval, à partir de quelle crue les inondations débutent (crues de premiers dommages), etc... Il convient aussi d'analyser le problème dans son ensemble, en retenant que le bassin écrête les crues du Grand Campagnolle, mais pas celles du Petit Campagnolle et du Rieu. Pour des crues importantes, le débit du Petit Campagnolle est tel que, pour diminuer assez peu les inondations à Aubord, il faut effectuer des dépenses très importantes sur le bassin écrêteur de crue : le dimensionnement du bassin n'est alors pas optimal d'un point de vue économique.

Afin de prendre en compte ces différents aspects, l'étude va s'articuler selon les axes suivants :

1. détermination des secteurs sensibles à Aubord et des débits des premiers débordements ;
2. hydrologie retenue pour le Petit et le Grand Campagnolles ;
3. description des principes de fonctionnement du bassin ;
4. explication du déroulement d'une crue et des principes de dimensionnement du bassin ;
5. déduction des dimensions retenues pour le bassin avec les résultats associés en termes d'impact sur Aubord.

3 LES DÉBORDEMENTS DU CAMPAGNOLLE À AUBORD

Il existe 2 endroits de référence favorisant les débordements à Aubord pour le Grand Campagnolle :

- le passage à gué de la Rue du Stade ;
- l'avenue des Cévennes.

Dans les deux cas, les débordements se dirigent d'abord vers les zones urbanisées (en rive gauche pour la Rue du Stade ; pour l'avenue des Cévennes, les deux rives sont urbanisées).

Ces 2 points privilégiés de débordements sont positionnés en rouge ci-dessous :



Figure 3 Localisation des débuts des débordements du Grand Campagnolle à Aubord (points rouges)

La rue du stade est un passage à gué avec une buse de 600 mm de diamètre pour les débits courants. Ce passage à gué constitue une section critique (au sens hydraulique) lors des crues.

L'avenue des Cévennes est un pont avec une section très proche de la section du lit. La pente du lit est faible à l'amont et à l'aval (au sens où les régimes d'écoulements y sont

fluviaux). La capacité du pont à surface libre a donc été déterminée d'après la section du pont, la pente à l'aval (inférieure à la pente à l'amont) et le coefficient de Strickler de l'aval, évalué à $35 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$: **le pont de l'avenue des Cévennes déborde pour des débits supérieurs à $28 \text{ m}^3/\text{s}$.**

Pour déterminer la capacité du gué de la rue du stade avant débordements, nous avons effectué modélisation numérique 1D avec le logiciel HEC-RAS allant de 100 m à l'amont du gué jusqu'au pont de l'avenue des Cévennes. Le coefficient de Strickler retenu est de $35 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$. La modélisation montre que, avant débordements au niveau du gué :

- le gué constitue bien une section critique (le remous causé par le pont de l'avenue des Cévennes n'influence pas les niveaux d'eau sur le pont) ;
- **les débordements sur le gué de la rue du Stade surviennent pour les supérieurs à $35 \text{ m}^3/\text{s}$.**

A titre d'illustration, une vue des résultats du modèle HEC-RAS est donnée ci-dessous.

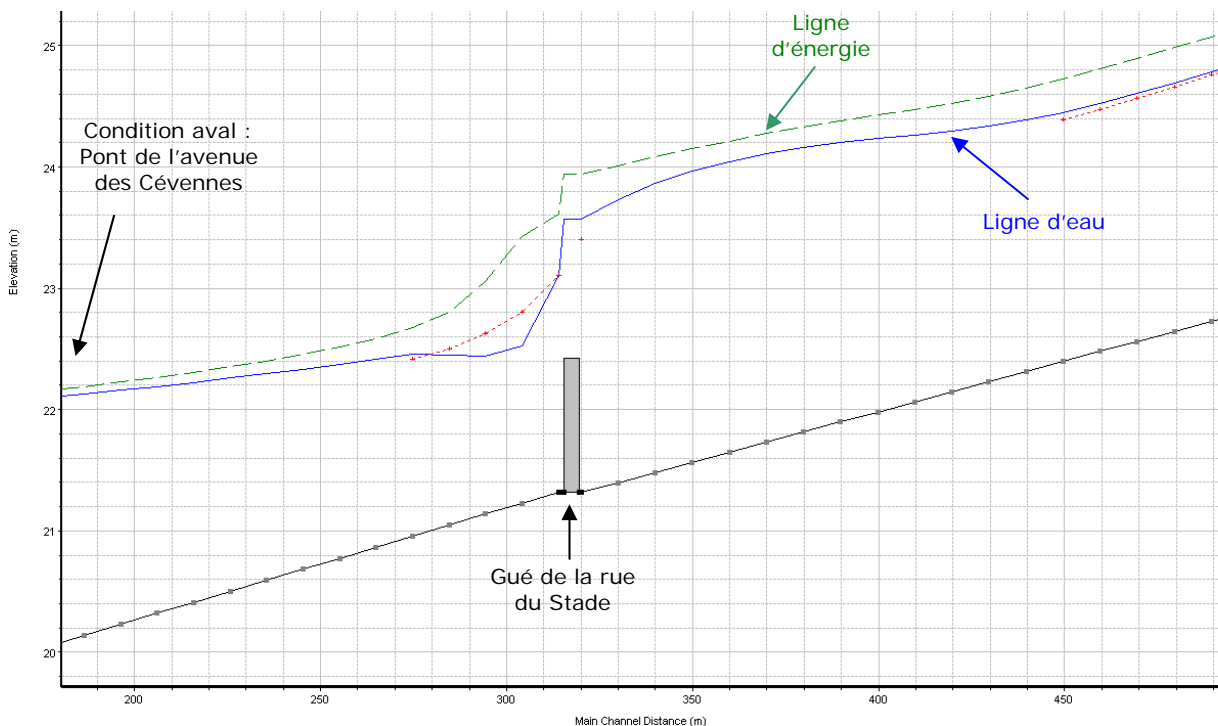


Figure 4 Ligne d'eau sur le gué de la rue du Stade pour $35 \text{ m}^3/\text{s}$; résultats HEC-RAS

On retiendra que **les débordements à Aubord débutent pour des débits de $28 \text{ m}^3/\text{s}$.**

Cependant, au vu des témoignages des services techniques de la commune, la crue de premier débordement ne correspond pas à la crue de premiers dommages. En effet, il semble que les rues permettent le transit d'un flux sans que les biens bâtis soient inondés.

La crue de premiers dommages est considérée à environ $40 \text{ m}^3/\text{s}$ à Aubord.

4 BASES HYDROLOGIQUES

4.1 CARACTÉRISTIQUES DES BASSINS VERSANTS

Avant de parvenir à Aubord, le Grand Campagnolle conflue avec le Petit Campagnolle. La prise d'alimentation du bassin d'écrêtement des crues est positionnée sur le Grand Campagnolle, en amont de la confluence. La restitution au cours d'eau est faite au droit de la confluence. Les caractéristiques des bassins versants sont les suivantes¹:

Désignation	Surface	Périmètre	Linéaire	Pente
	km ²	km	km	
Le Grand Campagnolle à la voie ferrée LGV (juste avant le bassin)	14.63	8.4	6.5	0.5 %
Le Petit Campagnolle à la voie ferrée LGV	3.61	7.6	3.7	0.8 %
Surface du bassin intermédiaire entre la voie LGV et Aubord, avant l'avenue Cézanne	3.4	8.5	2	1 %

Tableau 1 Caractéristiques des Bassins versants du Petit et Grand Campagnolle

4.2 PLUIES THÉORIQUES

Les pluies de bassin théoriques sont issues de l'étude hydraulique préalable au PPRi (BRLi pour la DDTM, 2010) pour la zone Moyen Vistre Aval Sud couvrant les bassins du Rieu et du Campagnolle.

Remarque : Ces pluies ont été construites selon les étapes suivantes :

- Statistiques sur les pluies maximales journalières aux postes Météo France du bassin du Vistre (ajustement par la loi GEV),
- Application du coefficient de Weiss de 1.14 pour passer des quantiles de pluies journalières aux quantiles de pluies maximales en 24 heures,
- Utilisation de la loi de Montana établie pour la station de Nîmes-Courbessac pour l'estimation des quantiles de pluies horaires,
- Spatialisation par la méthode des polygones de Thiessen,

¹ Pour les bassins avant la LGV, la source est le Schéma d'aménagements hydraulique et de protection des zones habitées contre les inondations – Communes d'Aubord et de Générac, Phase 2 , BRLi. Sinon, la surface restante a été analysée d'après les données d'entrées.

- Application du coefficient d'abattement spatial de la formule régionale suivante : $K = 1 / (1 + 0.02 * S^{0.5} / ((1/T)^{0.07} * d^{0.33}))$ avec S la superficie du BV en km², d la durée de la pluie en h et T la période de retour en ans (source : Neppel, 2003),
- Construction d'un hyétogramme pour une durée de pluie totale égale à 3 fois le temps de concentration (Kirpich) et discrétisée selon la méthode SCS (cf. 1.3.1).

Le tableau ci-après synthétise les caractéristiques des pluies de bassins réelles et théoriques de durée 1, 2, 3, 6, 12 et 24 heures.

Type de pluie					
	t=1h	t=3h	t=6h	t=12h	t=24h
T = 2 ans	23	40	49	59	71
T = 5 ans	24	73	85	99	115
T = 10 ans	30	96	112	130	150
T = 20 ans	36	125	145	167	194
T = 40 ans	44	161	186	214	247
T = 100 ans	56	223	257	296	340

Tableau 2 Cumul des pluies de bassins théoriques en mm

Différentes durées de pluie (avec les cumuls correspondants) seront étudiées afin d'analyser le comportement du bassin et du Grand Campagnolle en fonction de la durée et de l'intensité de la pluie.

4.3 DÉBITS DE CRUE RETENUS POUR LE PPRI

Dans le Schéma d'aménagements hydraulique et de protection des zones habitées contre les inondations – Communes d'Aubord et de Générac, Phase 2, BRLi, les débits de pointe retenus sont les suivants :

Désignation \ Occurrence de la crue	2 ans	5 ans	10 ans	20 ans	40 ans	100 ans
Le Grand Campagnolle à la voie ferrée LGV (juste avant le bassin)	10.1	15.8	20.1	39.4	68.6	127.5
Le Petit Campagnolle à la voie ferrée LGV	4.2	6.5	8.3	16.4	28.1	50.5

Tableau 3 Débits de pointe des bassins versants

Ces débits de pointe ont été calculés par application de la méthode du SCS (Soil Conservative Service).

4.4 CONSTRUCTION DES HYDROGRAMMES DE CRUE DE DIMENSIONNEMENT DU BASSIN

Il est important de considérer plusieurs formes de pluies (et donc d'hydrogrammes de crue) afin d'optimiser les paramètres d'alimentation du bassin de dissipation. Le dimensionnement de l'ouvrage est un consensus entre l'écrêtement de la crue et l'optimisation du volume de stockage au regard du volume de la crue. Par conséquent, selon le dimensionnement du bassin, ce ne sont pas les crues les plus intenses qui généreront à l'aval les débits les plus importants. L'analyse hydrologique pour qualifier les paramètres de crue dimensionnant est fondée sur la méthode rationnelle.

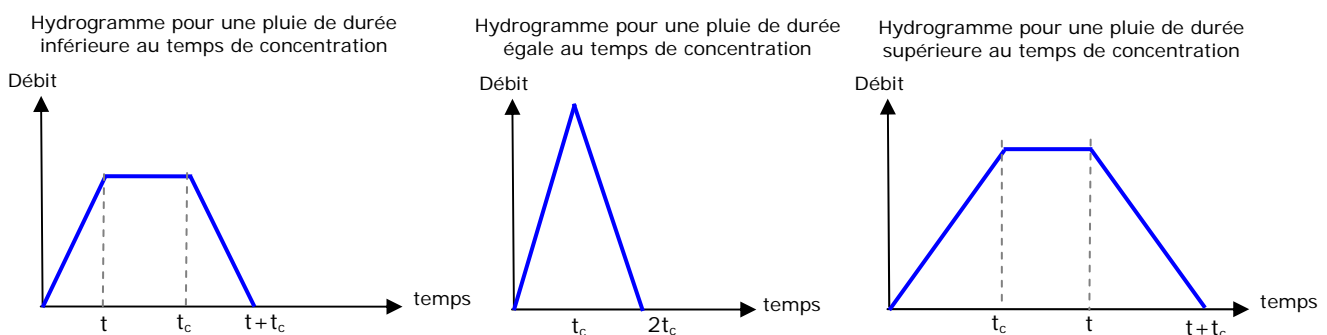
Les principes et hypothèses de la méthode rationnelle sont les suivants :

- Une pluie d'occurrence T engendre une crue d'occurrence T.
- Une partie de la pluie tombée ruisselle et crée un débit à l'exutoire du bassin versant étudié ; la fraction de la pluie qui ruisselle sur la pluie tombée est le coefficient de ruissellement. Ce coefficient dépend du bassin versant (couvert, géologie, topographie) et de l'occurrence de l'événement.
- Le temps maximal que met une goutte d'eau pour aller d'une partie du bassin versant à son exutoire est le *temps de concentration*. On suppose que si une pluie uniforme de durée t tombe sur un bassin versant de temps de concentration $t_c > t$, seule la part de pluie $P * t / t_c$ se retrouve au même moment à l'exutoire du bassin versant ;

Ces principes se traduisent par l'expression suivante du débit à l'exutoire d'un bassin versant de temps de concentration t_c , de surface A, de coefficient de ruissellement Cr, sur lequel tombe une pluie uniforme de cumul P pendant un temps t_{pluie} :

$$Q(t) = Cr P \frac{\min(t, t_c) A}{t_{pluie} t_c}$$

Graphiquement, l'hydrogramme peut prendre les formes suivantes (le débit sera maximal pour une pluie de durée égale au temps de concentration) :



Pour chaque bassin versant, le temps de concentration a été évalué en appliquant la formule de Kirpich¹ : $t_c = \left(\frac{0.87 L^3}{H} \right)^{0.385}$ avec L la longueur du bassin versant (en km) et H sa dénivelée (en m).

¹ Conformément au Schéma d'aménagements hydraulique et de protection des zones habitées contre les inondations – Communes d'Aubord et de Générac, Phase 2, BRLi

Les coefficients de ruissellement sont calculés de façon à conserver les débits de pointes donnés au chapitre 4.3. Les coefficients de ruissellement du bassin versant à l'aval de la LGV ont été supposés égaux à ceux du bassin versant du Petit Campagnolle, les deux bassins versants présentant des caractéristiques physiques similaires. On retiendra les valeurs suivantes de coefficient de ruissellement :

Occurrence	Grand Campagnolle	Petit Campagnolle
2	0.13	0.14
5	0.13	0.14
10	0.13	0.14
20	0.20	0.22
40	0.28	0.30
100	0.38	0.41

Tableau 4 Valeurs des coefficients de ruissellement des bassins versants

On dispose donc de tous les éléments pour construire les hydrogrammes de crue en fonction de la pluie tombée.

Par la suite, pour chaque scénario hydrologique étudié, **on supposera qu'une même pluie tombe uniformément sur tous les bassins versants** (cela revient à négliger l'abattement de la pluie et constitue une hypothèse conservatrice).

4.5 BASSIN VERSANT À L'AVAL

Entre la confluence du Petit et du Grand Campagnolle et la RD 135 à Aubord , on peut définir un bassin versant avec les caractéristiques suivantes :

	Surface en km ²	Longueur en km	Pente
Caractéristiques du bassin versant « Aval »	3.4	2	1 %

Tableau 5 Caractéristiques du bassin versant entre la confluence des Grand et Petit Campagnolle et la RD135 à Aubord

La contribution en débit de ce bassin versant n'est pas négligeable.

Pour le représenter, nous avons suivi les deux hypothèses suivantes :

- application du même coefficient de ruissellement que pour le Petit Campagnolle (les deux bassins versants ont des caractéristiques et des couverts semblables ;
- les débits du Petit et du Grand Campagnolles sont en retard, par rapport aux débits de ce bassin versant aval, du temps de concentration¹ de ce bassin aval (soit 40 minutes).

L'on peut ainsi construire l'hydrogramme de crue de ce bassin versant en fonction des puits et l'additionner, avec le décalage indiqué, aux hydrogrammes de crue des Petit et Grand Campagnolles.

¹ Cette durée a été jugée cohérente avec la faible pente du lit du Grand Campagnolle après la confluence avec le Petit Campagnolle.

5 ALIMENTATION DU BASSIN EN EAU

5.1 PRINCIPES

Le plan suivant montre le tracé prévu pour le bassin écrêteur de crue.

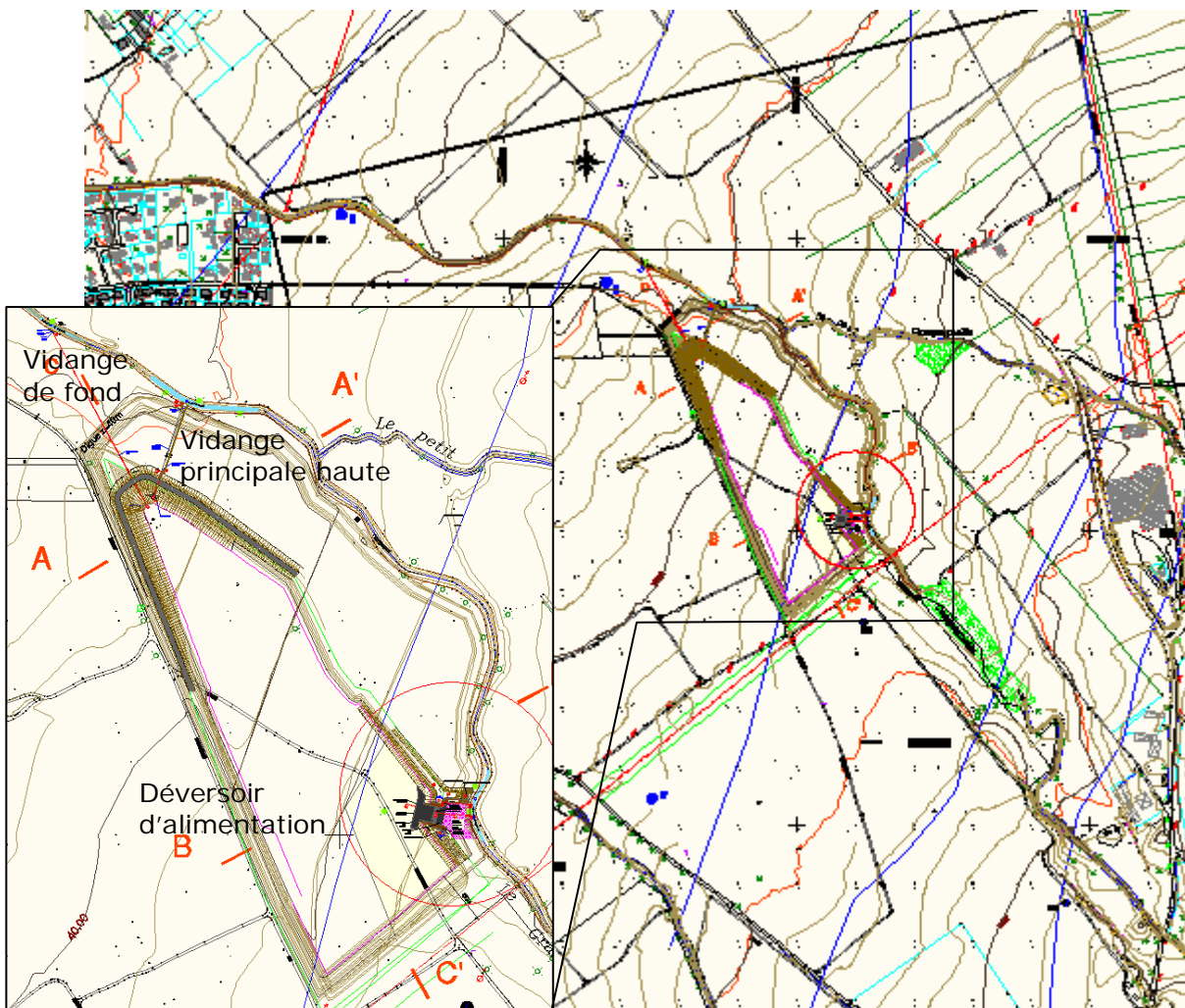


Figure 5 Plan du bassin écrêteur de crues

Dans le schéma de principe, le déversoir de trop plein est qualifié de facultatif. Nous verrons au chapitre 6 pourquoi nous proposons de supprimer cet organe hydraulique.

L'alimentation en eau du bassin doit être maîtrisée au mieux. Du fait de son positionnement en parallèle, le bassin ne peut être alimenté que par un seuil latéral en rive gauche du Grand Campagnolle. Calculer précisément le débit sur un seuil latéral requiert une étude dédiée et poussée (modèle physique) prenant en compte les caractéristiques de la rivière. Il est donc très important de le placer judicieusement afin de minimiser ces incertitudes. Pour réduire les incertitudes dans la répartition des écoulements d'une part, minimiser les interventions en berge et lit mineur d'autre part, le seuil d'alimentation est précédé d'un volume de tranquillisation marqué par un éperon.

Le bassin est positionné directement à l'aval de la LGV. Les écoulements ont un régime fluvial au niveau de l'ouvrage et sont critiques ou proches de la critique à son aval sur une centaine de mètres. Plus à l'aval, les écoulements accélèrent avant d'arriver à la confluence avec le Petit Campagnolle : les écoulements sont donc plus difficiles à appréhender et les incertitudes sur les calculs et sur les processus naturels (écoulements fortement perturbés) y sont plus marquées. Il est donc pertinent d'alimenter en eau le bassin par un seuil latéral proche de l'ouvrage de traversée de la LGV. Par ailleurs, cet emplacement est également adapté au tracé du lit mineur du Grand Campagnolle. En effet, l'alimentation est placée dans la continuité hydraulique d'un coude du lit mineur

Afin de bien maîtriser l'alimentation en eau du seuil, on choisit de créer une déflueuse en amont du seuil pour renforcer le régime fluvial et ainsi assurer une alimentation homogène du seuil. Le principe est schématisé ci-dessous :

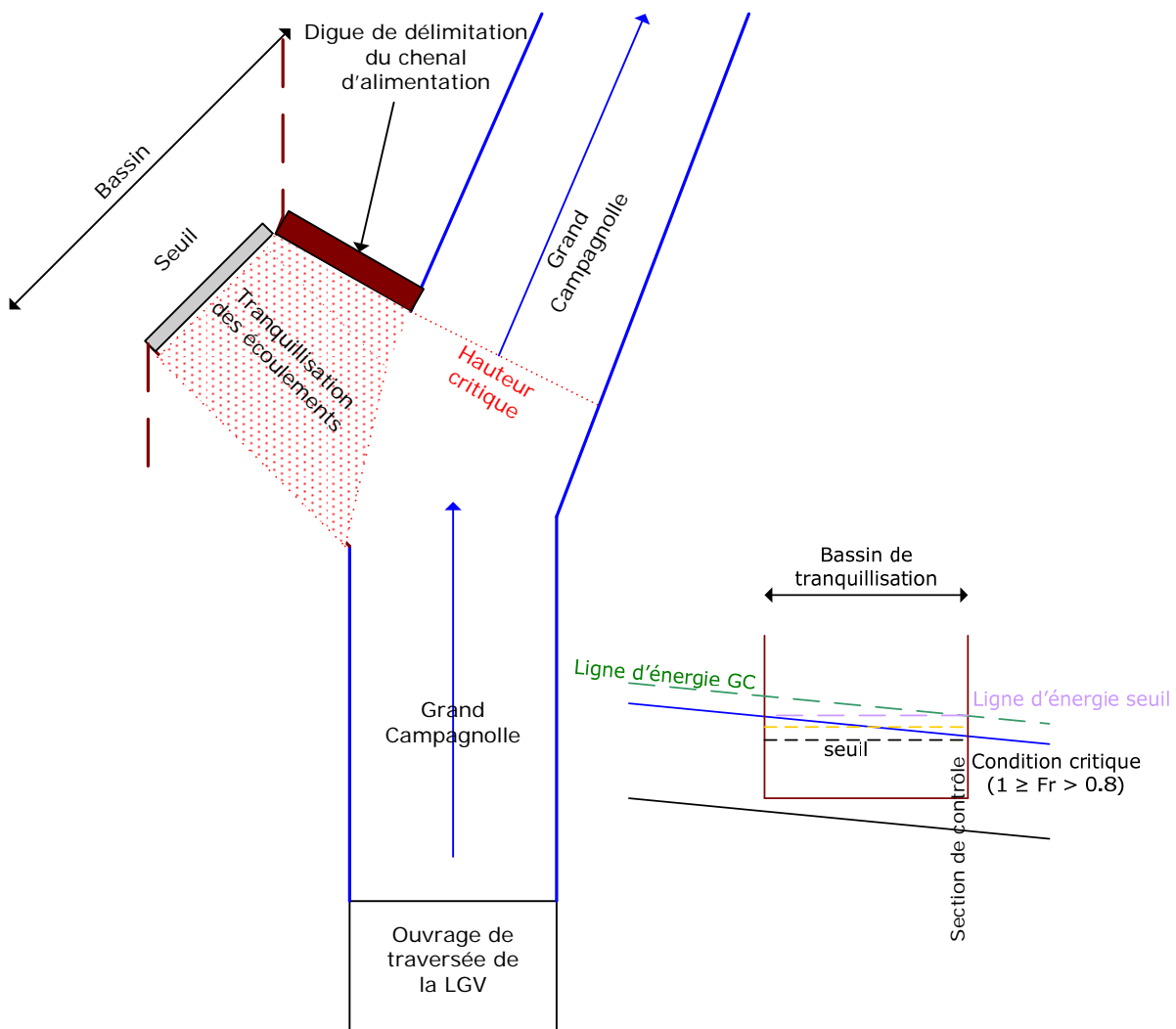


Figure 6 Principe d'alimentation en eau du bassin d'écrêtement

L'intérêt de ce bassin de tranquillisation est de limiter au maximum les incertitudes sur le débit transitant sur le seuil. Généralement, le comportement des seuils latéraux est connu lorsqu'une part réduite du débit du lit est prélevée (de l'ordre de 20 %). On verra par la suite qu'ici, le bassin n'a d'utilité que si l'on prélève presque la moitié du débit du lit mineur. Il est donc illusoire de dimensionner correctement un seuil latéral directement aligné sur le lit mineur naturel. L'ensemble de la structure – section de contrôle en lit mineur + bassin de tranquillisation + seuil d'alimentation - permet une maîtrise suffisante des conditions d'alimentation du seuil.

Important : La *digue de délimitation du chenal d'alimentation* empiète sur la zone inondable pour la crue centennale. Les écoulements étant critiques à cette section, cette digue n'a pas d'influence sur les écoulements à l'aval. Concernant l'influence à l'amont, le modèle numérique décrit dans l'*Etude hydraulique des franchissements du Rieu, du Grand et du Petit Campagnolle – Projet CNM*¹, a été réemployé en modifiant le profil en travers correspondant à l'emplacement de cette *digue de délimitation*. Aucune incidence sur la ligne d'eau à l'amont n'est à noter, que ce soit pour la crue décennale, la crue centennale, ou la crue extrême².

A l'aval du bassin de tranquillisation des écoulements, la hauteur est critique du fait de la pente du cours d'eau. Sur la longueur du bassin de tranquillisation, actuellement (sans défluence), le niveau d'eau varie de 10 cm (la ligne d'eau suit la pente du cours d'eau qui est de 1 %). **On retiendra donc que le niveau dans le lit du Grand Campagnolle correspond à la charge imposée par la section de contrôle (proche ou égale à la critique) et que le niveau d'eau dans le bassin de tranquillisation est imposée par la charge à la section de contrôle.**

D'après cette hypothèse, si l'on connaît le débit à l'amont, on peut déduire la répartition de débit entre le déversoir et le Grand Campagnolle. En effet :

- Le profil en travers du Grand Campagnolle est connu au niveau d'eau de la section critique à l'aval du bassin de tranquillisation : on connaît le débit qui y transite en fonction du niveau d'eau.
- Une fois les paramètres du déversoir fixés, on peut calculer facilement (nous verrons comment ensuite) le débit transitant sur le déversoir en fonction du niveau d'eau dans le bassin de tranquillisation, et donc en fonction du niveau d'eau à la section critique.
- On connaît donc, pour un niveau aval donné, la répartition de débit entre le déversoir et le Grand Campagnolle, ainsi que le débit total. Conséquemment, si l'on connaît le débit à l'amont, on connaît le débit total aval (par conservation du débit) et donc la répartition de débit entre le déversoir et le Grand Campagnolle.

¹ Document établi par Safège en 2013, référence 12MHY031

² Débits issus du PPRi 2012, rappelé dans l'*Etude hydraulique des franchissements du Rieu, du Grand et du Petit Campagnolle – Projet CNM*

5.2 LOI HAUTEUR-DÉBIT DU DÉVERSOIR

Le déversoir a un profil de seuil épais. Le débit transitant sur le seuil se calcule en appliquant la formule suivante¹ :

$$Q = B \left[0.43 + 0.06 \sin \left(\pi \left(\frac{H}{H+L} - 0.55 \right) \right) \right] \sqrt{2g} H^{1.5}$$

avec B la largeur du déversoir, H la charge par rapport à la crête du seuil, L la longueur de la crête du seuil, et g l'attraction gravitationnelle.

Remarque : Après que le bassin ait été rempli au niveau de la crête du déversoir, l'eau va continuer à y monter. Pendant cette phase de montée des eaux, le seuil d'alimentation deviendra progressivement ennoyé jusqu'à remplissage du bassin. A partir de ce moment, il n'y a plus d'écrêtement du débit (puisque le déversoir est totalement noyé, et ne soutire plus de débit dans le Grand Campagnolle). Par soucis de simplicité, on considèrera que le débit transitant sur le déversoir (et donc l'écrêtement) devient nul dès que le bassin est rempli jusqu'à la crête de déversement. On néglige donc le volume du bassin compris entre la crête du déversoir et le niveau permettant l'équilibre entre les débits transitant sur le déversoir d'alimentation et le déversoir de trop plein.

La vidange du bassin par l'orifice de vidange principale et la vidange de fond est négligée sur l'épisode de crue.

¹ Source : Traité de Génie Civil de l'École polytechnique fédérale de Lausanne Constructions Hydraulique, Volume 15, Écoulements Stationnaires, Hager et Schleiss

5.3 LOI HAUTEUR – VOLUME DU BASSIN

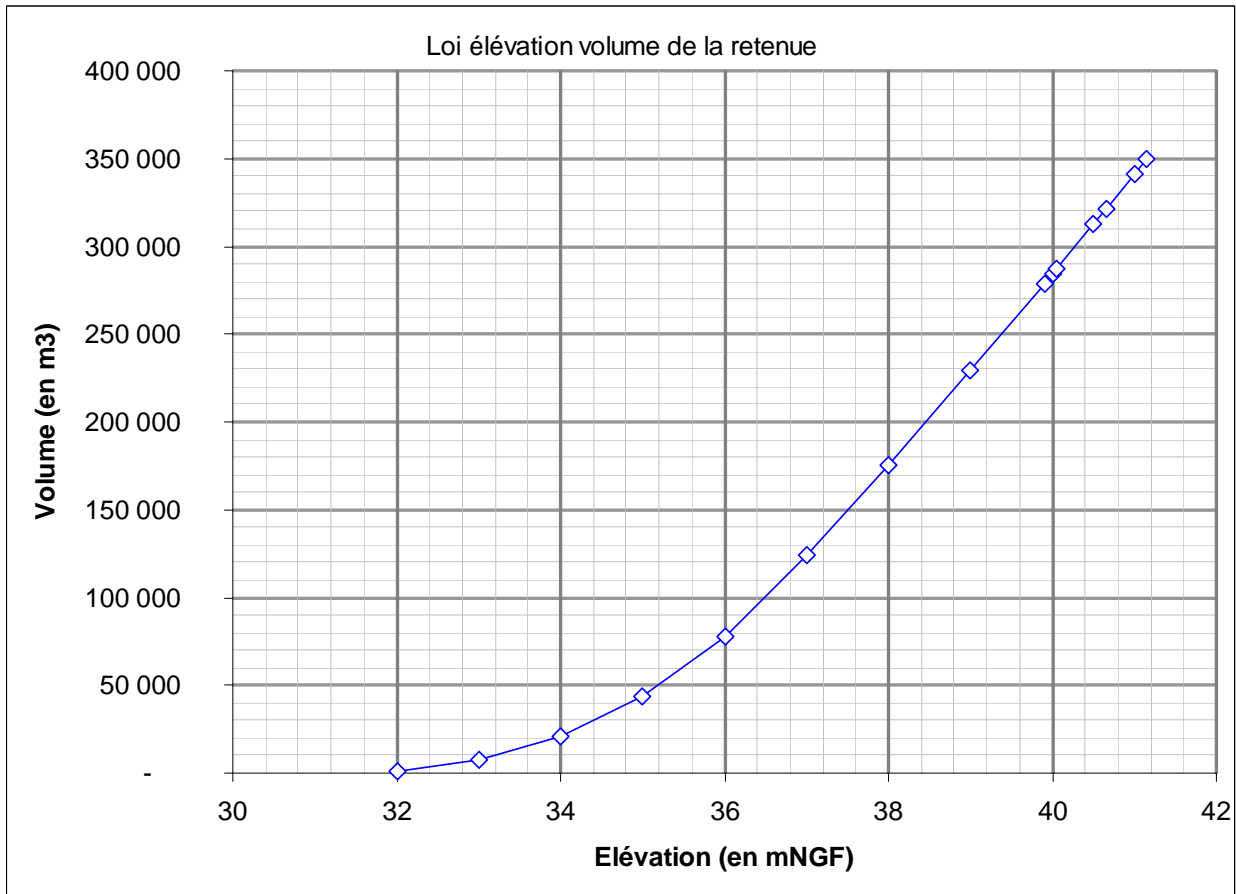


Figure 7 : loi hauteur volume du bassin écrêteur

5.4 DÉROULEMENT D'UNE CRUE

Le dimensionnement du déversoir (le choix du niveau et de la longueur de la crête déversante) s'est fait en analysant le débit maximal rejeté à l'aval pour plusieurs occurrences de pluie et également pour plusieurs durées de pluie (et donc plusieurs volumes de crue par occurrence d'évènements). Le calcul du débit maximal rejeté à l'aval consiste alors à effectuer les étapes suivantes :

1. En fonction de l'occurrence de la durée de l'évènement choisi, calcul de l'hydrogramme de crue du Grand Campagnol et des débits de pointe des autres bassins versants (Petit Campagnol, Grand Campagnol entre la LGV et l'avenue Cézanne) ;
2. L'hydrogramme de crue du Grand Campagnol est discrétisé en plusieurs pas de temps.
3. Calcul de la répartition des débits à chaque pas de temps successifs. A chaque pas de temps, le débit à l'amont du bassin est connu. On en déduit le débit et le volume déversé pendant cet intervalle de temps dans le bassin. On retient le volume d'eau dans le bassin pour le calcul au pas de temps suivant afin d'observer lorsqu'il est rempli (le débit déversant dans le bassin devient alors nul).

4. Une fois la répartition des débits calculés pour tous les pas de temps, on connaît les hydrogrammes du Grand Campagnolle et des deux autres bassins versants : on en déduit le débit maximum à Aubord et s'il y a ou non débordements. Cela permet de juger, en termes d'occurrence, la protection qu'assure le bassin.

A titre d'exemple, les courbes suivantes représentent la répartition des débits dans le Grand Campagnolle pour une pluie et un dimensionnement de déversoir donnés :

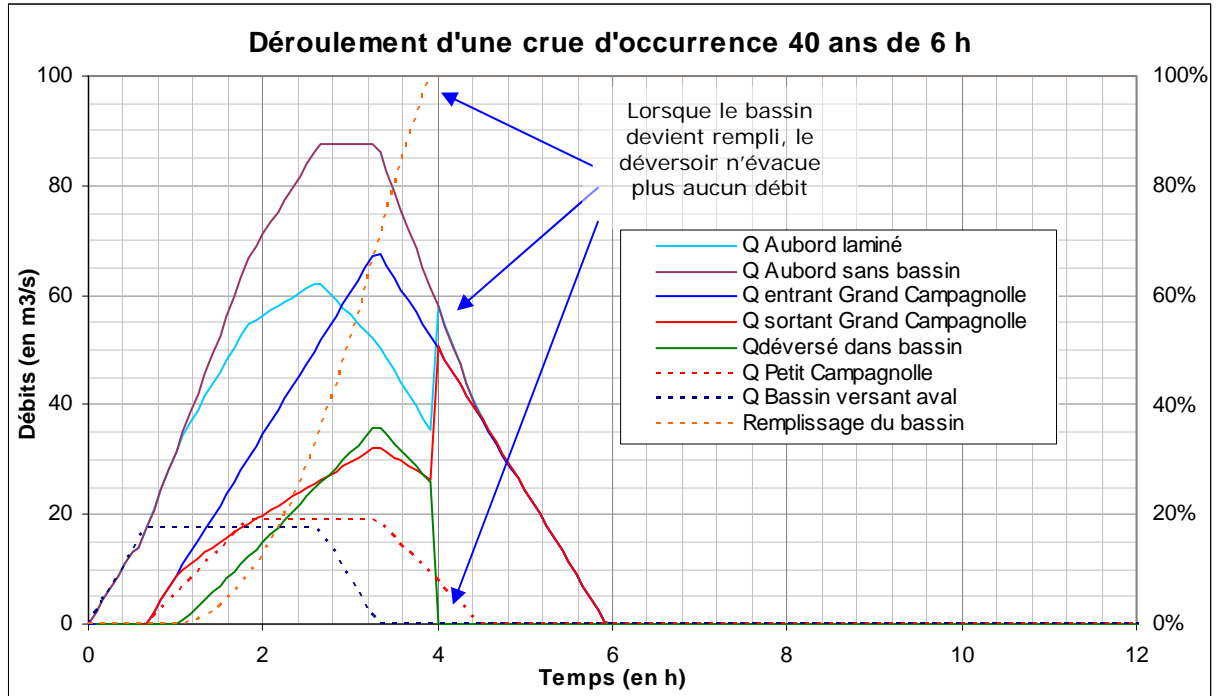


Figure -8 Exemple de résultats du calcul de l'écrêtement dans le bassin

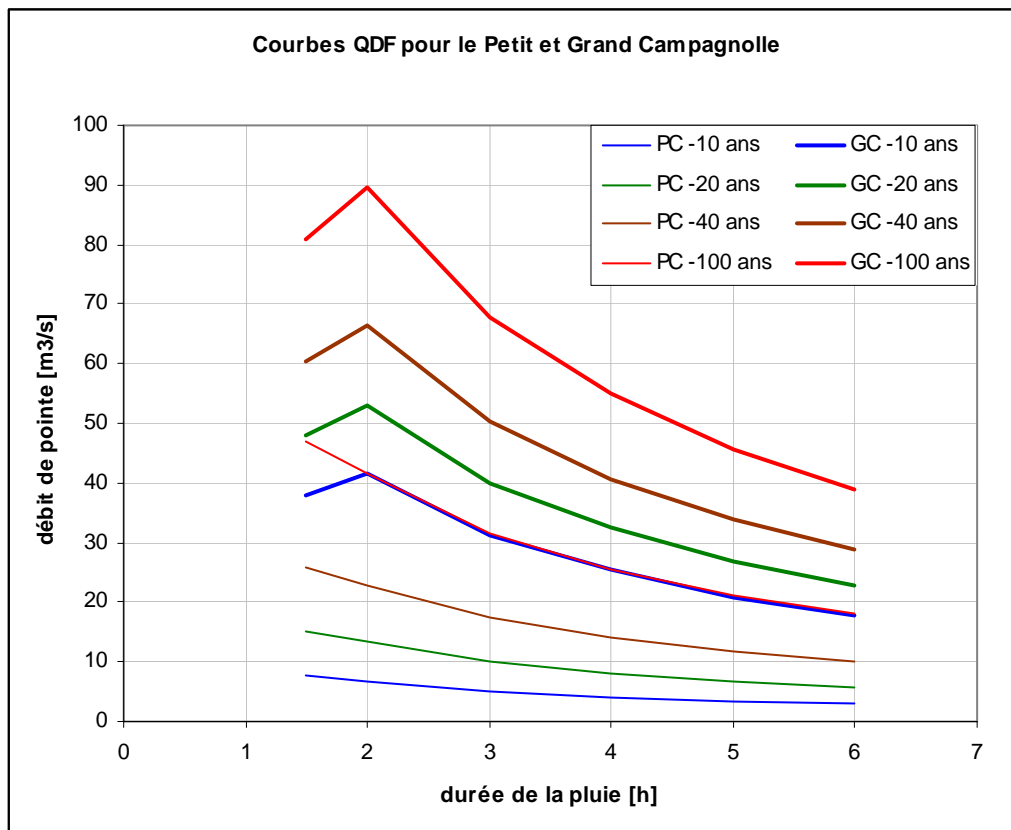


Figure 9 : Courbe QDF (Débit durée fréquence) du Petit et du Grand Campagnolle

La figure précédente illustre la variation du débit de pointe selon la durée et l'occurrence d'un événement. Le débit de pointe maximum (issu du PPRi en cours) est atteint pour la durée correspondant au temps de concentration du bassin versant.

5.5 DIMENSIONNEMENT RETENU

5.5.1 Occurrence de crue ciblée

Après concertation avec la commune, nous avons retenu de dimensionner l'alimentation en eau du bassin pour minimiser les débits de pointe des crues d'occurrence 40 ans (ce qui correspond à un événement semblable à la crue de 2005).

Les dommages des débordements fréquents (et d'ampleur modérée) sont jugés acceptables. Les conserver permet de ne pas masquer l'existence du risque inondation (qui pourrait être oublié si des débordements survenaient seulement tous les 20 ans). Les dommages des débordements pour une crue de type 2005 sont beaucoup plus coûteux. Optimiser l'écrêtement pour ce type de crue (d'occurrence 40 ans) permet de réduire sensiblement les débits de pointe, la durée et donc les volumes de débordement. Néanmoins, les volumes de débordement seront réduits dans la mesure où le volume du bassin le permet.

On optimise donc l'alimentation en eau du bassin de rétention pour une crue d'occurrence 40 ans.

Le débit de pointe d'occurrence 40 ans à Aubord sont de 87 m³/s sans bassin.

Les dommages sont jugés significatifs à partir de débits de l'ordre de 40 m³/s.

5.5.2 Optimisation de l'alimentation en eau de la retenue

5.5.2.1 Pour des pluies d'occurrence 40 ans

Différentes configurations de longueur et de niveau de crête de déversoir amont du bassin de rétention ont été testées. Pour chaque configuration, on étudie le déroulement de la crue pour des durées de pluie allant de 1 h à 24 h (cette plage de durée contient toujours la situation produisant le plus de débit à Aubord), et on en déduit les débits maximums atteignant Aubord pour une occurrence d'événement de 40 années et ces conditions d'alimentation du bassin. Le tableau suivant synthétise les résultats obtenus :

Crête seuil (en m NGF)/ Longueur déversante (en m)	38.2	38.4	38.5	38.6	38.7
10	76.68	68.1	69.23	70.69	71.94
15	84.82	74.8	67.75	67.29	68.83
20	86.93	81.5	76.68	70.14	66.71

Tableau 6 Débit maximal à Aubord en fonction des caractéristiques du déversoir pour une crue d'occurrence 40 ans maximisant les débits à Aubord

Tout l'enjeu du dimensionnement du seuil d'alimentation du bassin de rétention est de trouver l'équilibre permettant de déverser assez dans le bassin pour soutirer au Grand Campagnolle une quantité importante de débit sans pour autant excéder les capacités de rétention du bassin. Ainsi, si l'on place le seuil trop bas, le bassin se remplit trop vite pour permettre l'écrêtement de la pointe de crue. Si au contraire l'on place le seuil trop haut, même s'il reste de la capacité de stockage dans le bassin, le déversoir ne permet pas de soustraire davantage de débit au lit du Grand Campagnolle.

D'après les résultats obtenus, on déduit qu'une crête de seuil calée entre les niveaux 38.5 m NGF et 38.7 m NGF avec une longueur déversante comprise entre 15 m et 20 m permettent le meilleur écrêtement des crues d'occurrence 40 ans (en considérant toutes les durées de crue possibles).

Afin de retenir un dimensionnement du déversoir pertinent, étudions ces configurations intéressantes pour les crues plus fréquentes¹.

5.5.2.2 Pour des pluies d'occurrence 20 ans

Pour des pluies d'occurrence 20 ans et les configurations d'alimentation en eau du bassin considérées, les volumes de crue ne remplissent pas le bassin. Pour cette raison, plus le déversoir est bas et long, plus il est efficace, comme on peut le voir sur le tableau ci-après.

Crête seuil (en m NGF)/ Longueur déversante (en m)	38.5	38.6	38.7
15	40.14	41.36	42.53
20	39.03	40.28	41.53

Tableau 7 Débit maximal à Aubord en fonction des caractéristiques du déversoir pour une crue d'occurrence 20 ans maximisant les débits à Aubord

Remarque : dans la gamme de configurations considérées, le bassin permet d'écrêter environ la moitié des débits du Grand Campagnolle. La contribution des bassins versants autre que celui du Grand Campagnolle à l'amont de la LGV est donc très importante (environ deux tiers du débit total à Aubord). Voilà pourquoi le débit maximal à Aubord n'est pas plus sensible aux paramètres du déversoir.

5.5.2.3 Dimensionnement retenu

Après analyse du comportement du bassin pour différentes crues (occurrence et durées) et différentes configurations de déversement, on retient la géométrie de déversoir suivante :

- longueur déversante de 15 m ;
- crête de seuil au niveau 38.5 m NGF.

Ce seuil présente le meilleur compromis entre l'écrêtement des crues d'occurrence 20 ans et 40 ans. Par rapport à un seuil plus long ou plus haut, il permet un meilleur écrêtement des crues d'occurrence inférieures à 40 ans.

¹ Pour les crues plus rares, il n'y a pas d'écrêtement important du bassin car, pour les crues d'occurrence 40 ans, le bassin devient plein à la décrue ou après la pointe de crue du Petit Campagnolle. Pour les crues plus importantes, le bassin se remplit avant l'arrivée des pointes de crue et a donc uniquement un rôle de retardateur des premiers débordements.

5.5.3 Efficacité du bassin de rétention

Avec un seuil de 15 m de long calé à la cote 38.5 m NGF, le bassin réduit les débits de crue du Grand Campagnolle et donc à Aubord de la façon indiquée sur les graphes suivants :

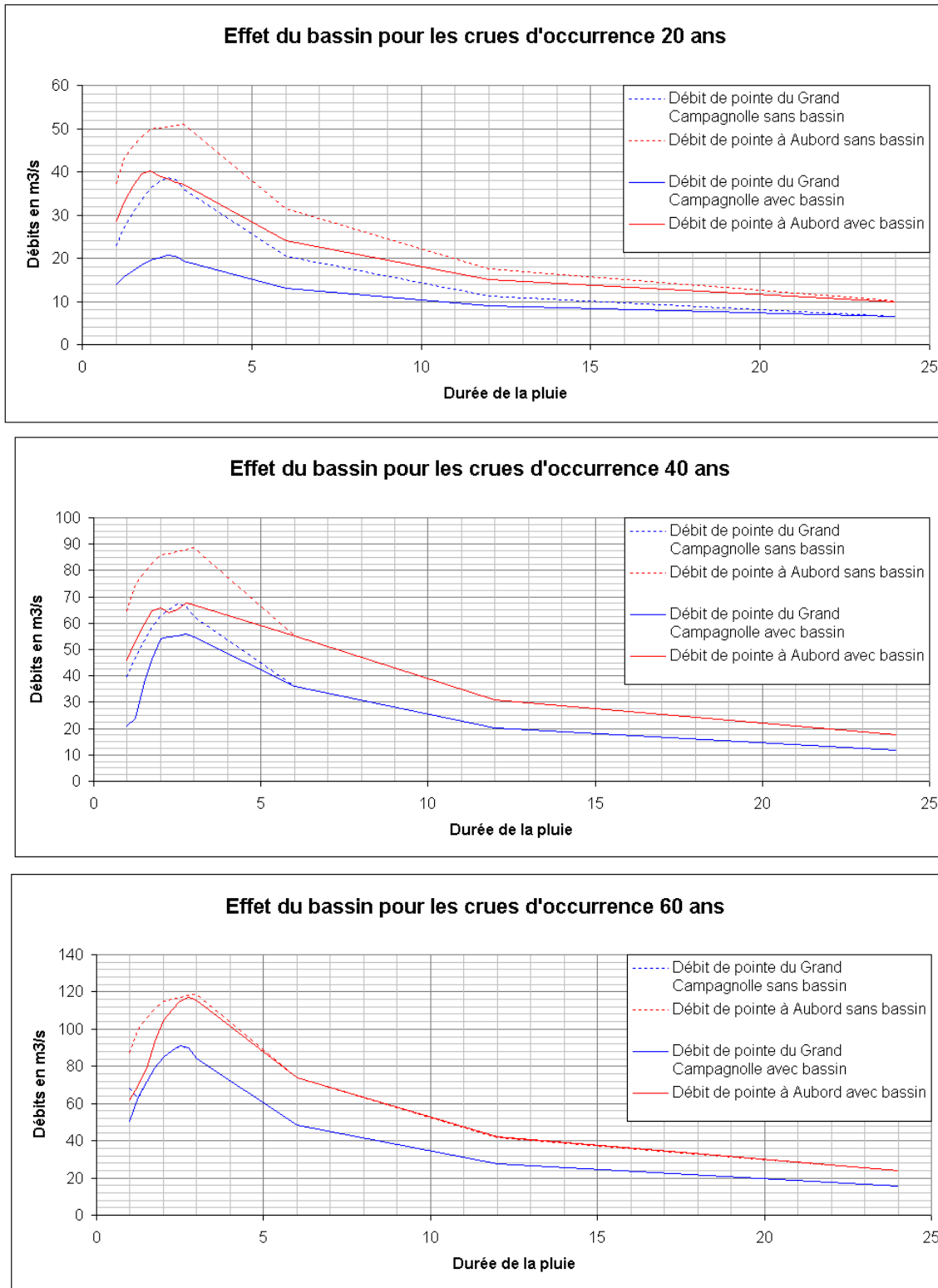


Figure 10 Effet du bassin de rétention sur les débits de pointes pour différentes crues. Les durées sont en heures.

En mesurant la performance du bassin en aval de la confluence (à l'entrée d'Aubord) et en comparant les débits de pointe maximum (PPRi en cours) aux débits de pointe du Grand (après laminage) + du Petit Campagnolle (non laminé), le bassin permet un écrêtement des crues de 30% pour une occurrence comprise entre 20 et 40 ans.

Par contre, pour les crues d'occurrence plus rares, le bassin est très peu efficace. Il s'avère utile uniquement pour les pluies de moins de 3 h.

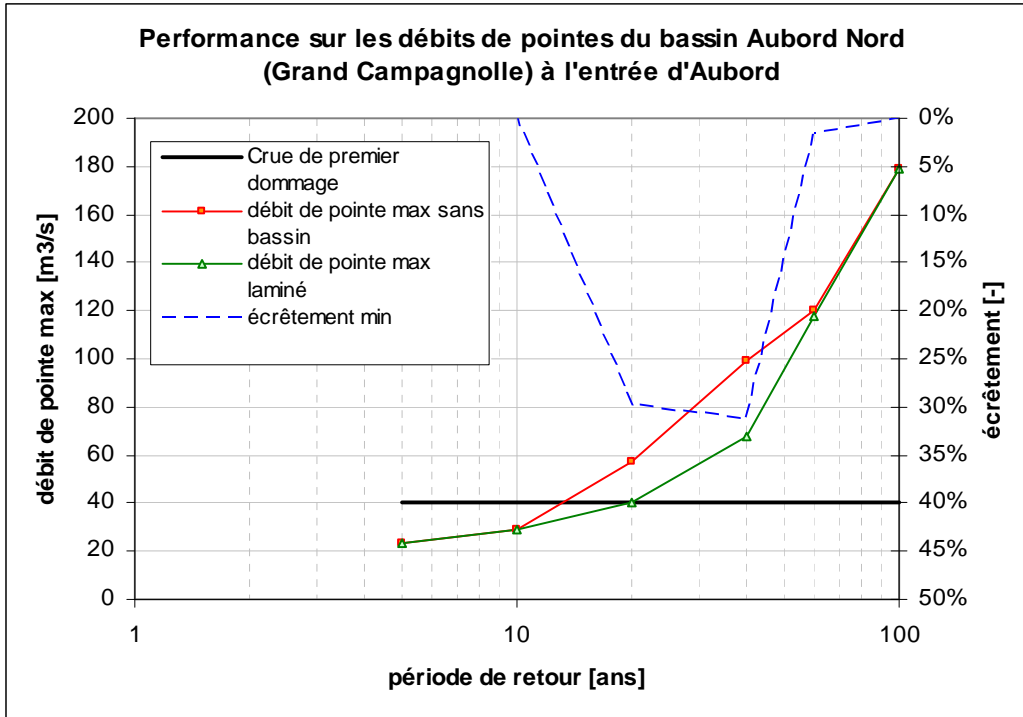


Figure 11 : Performances du bassin écreteur à Aubord

5.6 PROTECTION DU PAREMENT AVAL ET DE LA CRÊTE

Le débit maximal pouvant transiter sur le seuil avant remplissage du bassin survient pour la crue centennale¹ du Grand Campagnolle. Il s'agit des conditions hydrauliques les plus préjudiciables à la tenue du seuil. Pour des crues plus importantes, le bassin est rempli et donc le seuil est noyé : les débits y sont plus faibles. Afin de limiter les vitesses, une pente de parement aval de 3H/1V est à mettre en œuvre.

Dans ces circonstances, les vitesses maximales en crête du seuil sont de l'ordre de 3.5 m/s, tandis que les vitesses maximales en pied de parement aval peuvent aller jusqu'à 6 m/s. Dans ces conditions :

- la crête du seuil devra être protégée par des enrochements de diamètre moyen supérieur à 0.3 m ;
- le parement aval du déversoir devra être protégé par des enrochements de diamètre moyen d'au moins 1 m
- le pied du parement aval devra être protégé par des enrochements de diamètre moyen d'au moins 1 m disposés sur une longueur de 6 m ;

¹ Le bassin termine de se remplir juste avant l'arrivée de la pointe de crue. Le bassin ne permet donc pas d'écrêter le débit de pointe centennale du Grand Campagnolle.

- les côtés du déversoir pourront être protégés en enrochements maçonnés¹ ;
- le niveau du déversoir d'alimentation sera calé par une poutre en béton.

Le déversoir retenu est visible ci-dessous :

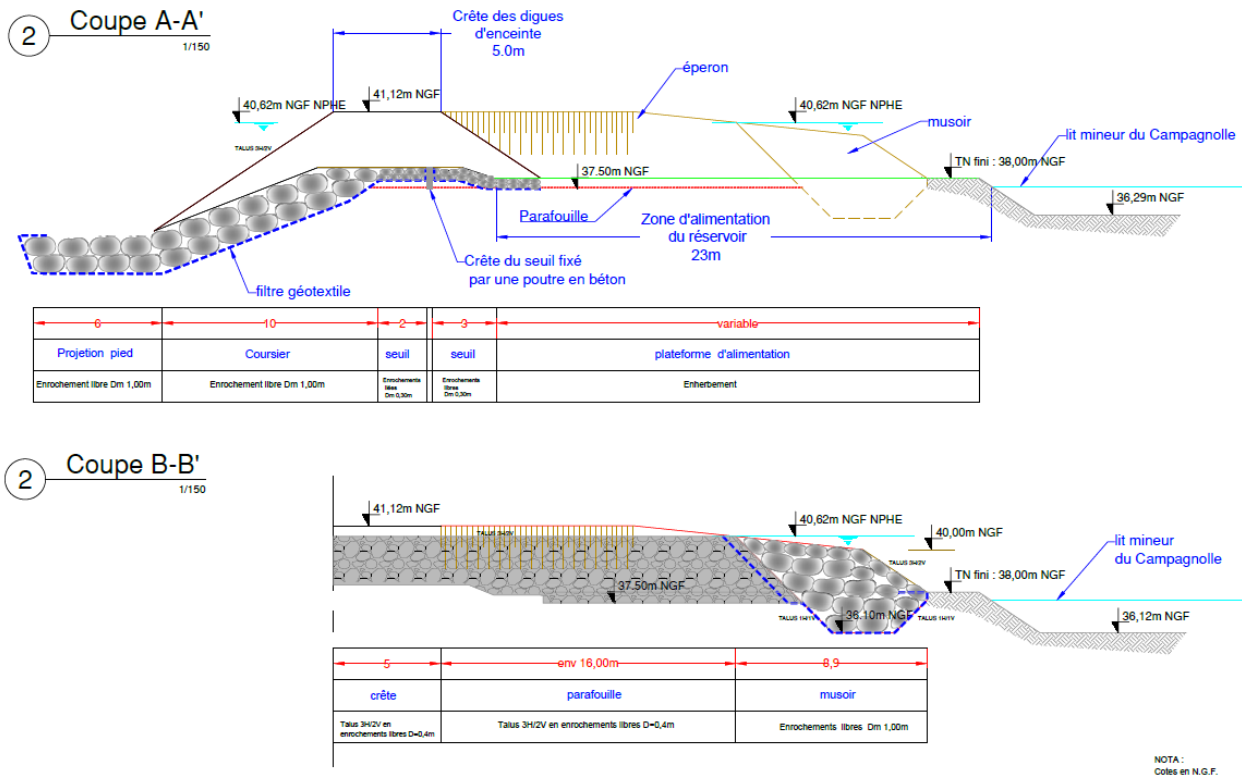


Figure 12 Profil en long du déversoir d'alimentation

Les vitesses maximales en pied *amont* sont de l'ordre de 2 m/s. Sur sol horizontal, un enherbement suffit pour protéger contre l'érosion.

5.7 FONCTIONNEMENT HYDROGÉOMORPHOLOGIQUE DE LA RIVIÈRE SOUMIS AU PRÉLÈVEMENT

Le fonctionnement hydrogéomorphologique du Grand Campagnolle est analysé qualitativement sous l'angle du risque de captation du cours d'eau par la retenue.

En théorie, ce risque n'est pas à négliger *a priori* dans la mesure où les débits déviés dans le bassin peuvent ponctuellement représenter de l'ordre de 50% des apports amont.

Le risque de captation du Grand Campagnolle par le bassin implique le processus suivant :

1. Le bassin est vide, ou au moins le déversement sur le seuil est dénoyé sur un laps de temps suffisamment long pour que les processus suivants se développent, ce qui permet la débitance maximale sur le seuil d'alimentation,
2. Le charriage est significatif,

¹ Des enrochements maçonnés n'offrent pas une protection suffisante pour le pied du parement. Ils sont par contre plus économiques que des bajoyers en béton pour les parois latérales déversoir, et suffisants en termes de sûreté de l'ouvrage.

3. La fosse de tranquillisation se comble partiellement de sédiments grossiers,
4. Les débits (l'hydraulicité) et par conséquent les capacités de transit sédimentaire en aval de l'éperon sont réduits par la perte des débits déviés dans le bassin,
5. Du fait de ce déficit de capacité de transport solide, un atterrissement de matériaux grossiers se forme dans le lit mineur, exhaussant ainsi le radier, diminuant alors la capacité hydraulique de la section de contrôle et aval,
6. Cette diminution de débitance de la section de contrôle se compense par une augmentation du débit dévié dans le bassin,
7. Le processus devient irréversible, peut provoquer alors un cas de surcharge sur le seuil (facteur aggravant) qui s'éventre et accueille alors le nouveau lit mineur dévié dans le bassin,
8. Le Grand Campagnolle a été capté par le bassin.

Il convient cependant de tenir compte des éléments suivants :

En cas de captation effective du lit mineur par le bassin, alors les 2 seuls exutoires du Grand Campagnolle sont :

- Passer par dessus les digues dimensionnées avec revanche pour rester non déversantes et qui impose l'envoie de l'alimentation une fois le bassin en eau
- Rompre l'obstacle naturel formé dans le lit mineur initial

Dans la mesure où l'obstacle naturel est largement surversant et non consolidé, il paraît plus réaliste que ce soit lui qui cède à l'écoulement, provoquant alors un retour à la situation initiale.

En cas de dépôt au droit et en aval de la section de contrôle, les sur-apports seront partiellement compensés selon 3 processus :

- La pente hydraulique augmentera dans les mêmes proportions que la réduction du débit (approche de Lane de telle sorte à conserver le transport solide et la granulométrie du matériel au transport), c'est à dire que la pente moyenne passera progressivement de 1% à 2%,
- Les apports du Petit Campagnolle permettront de maintenir une capacité de transit limitant l'extension du dépôt vers l'aval. En effet, à la confluence, les débordements en lit majeur sont massifs pour une crue morphogène (apex du cône de déjection situé au droit de la confluence).

→ Ces 2 points (augmentation progressive de la pente par un dépôt progressif et maintien des capacités de transport en aval constituant un point peu influencé) permettent d'estimer à moins de 1m (augmentation de la pente de 1% sur 77m) l'exhaussement maximal du lit mineur au droit de la section de contrôle.

De manière naturelle, l'éperon tenu par un musoir constituant un point dur en rive gauche, il est envisageable que le lit ne divague vers la rive droite, retardant le processus d'exhaussement.

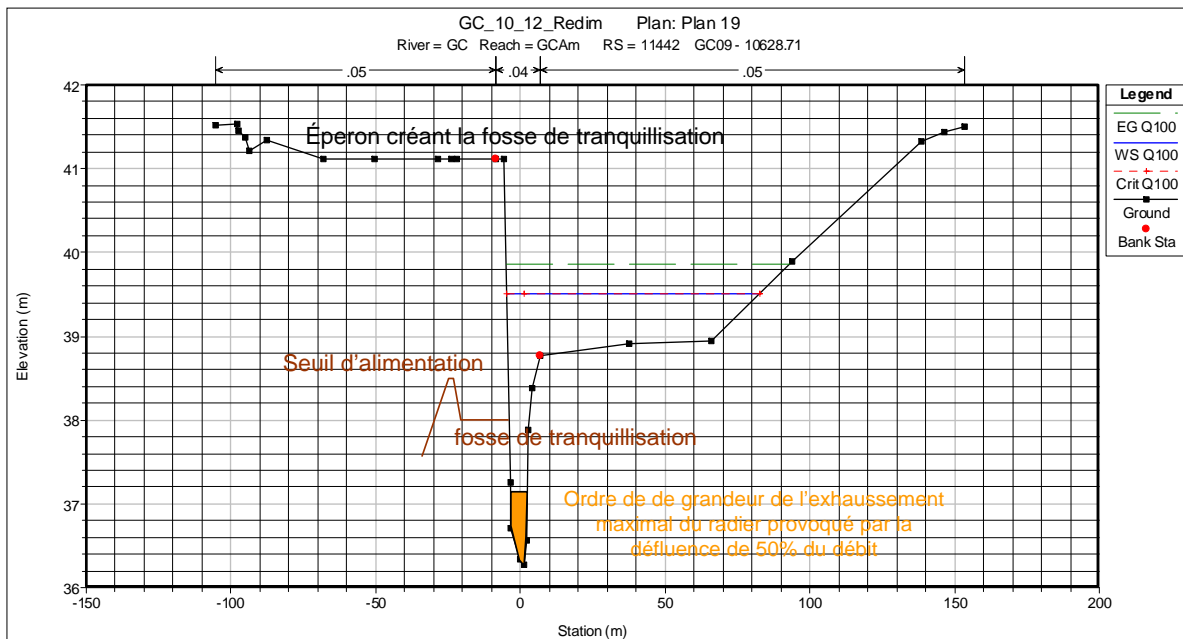


Figure 13 : Profil en travers de la section de contrôle (et conditions d'écoulement en crue centennale) et projection du déversoir d'alimentation et de l'exhaussement maximal du radier provoqué par la défluence de 50%

L'exhaussement envisageable du radier dans le lit mineur de moins de 1m comparé aux hauteurs d'eau en jeu (3m en crue majeure) et dimensions du lit mineur (2.5m de hauteur de berge) nous permettent d'identifier que la défluence de 50% du débit de pointe ne bouleverse pas la dynamique alluviale dans la mesure où le charriage reste confiné dans le lit mineur.

De plus, cet exhaussement en crue moyenne (T = 20- 40 ans) participe à la respiration du lit dans la mesure où :

- Les crues fréquentes (T = 5-15 ans) morphogènes ne sont pas impactées par le bassin. Les éventuels sédiments sont alors mobilisables comme en situation actuelle
- Les crues rares (T > 50 ans) morphogènes ne sont pas significativement impactées par le bassin. Les dépôts en terrasse sont mobilisables comme en situation actuelle (hors plate forme)

L'augmentation de la pente moyenne du tronçon entre la section de contrôle et la confluence du Grand et du Petit Campagnolle conduit à augmenter la puissance du cours d'eau en condition de plein bord. En condition de plein bord, sur le tronçon en question, la puissance spécifique doublerait par rapport à la situation actuelle ($\omega_{act} = 200 - 300 \text{ W/m}^2$). En situation actuelle, le tronçon est actif et le restera donc après aménagement¹.

Rappelons que l'ouvrage ne modifie le régime d'écoulement que pour des crues au moins décennales. Son incidence en régime d'étiage à hautes eaux est donc nulle. Son incidence sur le morphodynamisme reste limitée dans la mesure où si l'on considère que les crues morphogènes surviennent pour des événements d'occurrence inférieure à 5 à 20 ans, alors l'hydraulicité caractéristique des crues morphogènes, bien qu'atténuée, reste active sans décalage significatif du seuil de déclenchement de la dynamique alluviale.

En conclusion sur l'impact morphodynamique du bassin de rétention :

- Le risque de captation du Grand Campagnolle par le bassin ne constitue pas le scénario le plus probable par rapport au maintien de la situation actuelle. En cas de captation, le scénario est naturellement réversible,

¹ il est admis qu'un bief soit considéré comme actif si sa puissance spécifique dépasse 100 W/m²

- Le risque de créer un seuil constituant un obstacle piscicole n'est pas avéré,
- Le risque de favoriser un éventuel assec du cours d'eau n'est pas avéré,
- L'influence du projet sur la dynamique alluviale et l'éventuel méandrage reste suffisamment modeste pour ne pas provoquer de déséquilibre irréversible (pas de passage de seuil). La dynamique alluviale pourra être modifiée entre la section de contrôle et la confluence à cours terme par une augmentation de la pente, à long terme avec une divagation de moindre amplitude. En amont et en aval de ce bief, l'incidence sur la dynamique alluviale n'est pas significative,
- Le lit étant actif actuellement et après aménagement, la pauvreté de la diversité des faciès constaté avant aménagement ne sera vraisemblablement pas améliorée après aménagement de part la nature intrinsèque du substrat. Cependant, le projet va dans le sens d'une respiration du lit plus ample, donc théoriquement vers une diversité du substrat.

6 DÉVERSOIR DE TROP-PLEIN

Le remblai du bassin d'Aubord correspond à un *barrage en remblai de classe D*. A ce titre, la réglementation stipule qu'il doit être dimensionné pour résister à une crue d'occurrence 10 000 ans. Nous retiendrons donc, comme débit de dimensionnement, un débit de 320 m³/s dans le Grand Campagnolle, correspondant à 2.5 fois le débit centennal¹. Le bassin doit donc résister à ces conditions de crue du Grand Campagnolle.

Construire un déversoir de trop plein en sortie du bassin a pour effet de permettre, même après remplissage du bassin, le transit de débit par le bassin (qui est parallèle au lit du Grand Campagnolle). Cela diminue donc (par rapport à une situation sans déversoir aval) les hauteurs d'eau à l'entrée du bassin, et donc les hauteurs d'eau dans le bassin. Construire un déversoir de trop-plein sert donc à diminuer les hauteurs des remblais entourant le bassin, et n'est donc intéressant que si cela permet une économie.

Le remplissage du bassin de rétention et son fonctionnement avec ou sans déversoir de trop plein est schématisé page suivante.

Le dimensionnement de ce déversoir de trop-plein est expliqué en Annexe 0.

Un déversoir de trop-plein entre 10 et 100 m de long permettrait de diminuer le niveau des Plus Hautes Eaux (et donc la hauteur des digues) entre 40 cm et 1.6 m.

longueur de crête déversoir de sécurité	PHE dans le bassin	gain sur la PHE	débit déversé	
[m]	[mNGF]	[m]	[m ³ /s]	[m ³ /s/m]
0 - Solution sans EVC	40.62			
10	40.20	0.42	40	4
20	39.82	0.80	54	2.7
30	39.58	1.04	60	2
40	39.43	1.19	63	1.575
50	39.31	1.31	65	1.3
60	39.23	1.39	66	1.1
80	39.11	1.51	68	0.85
100	39.03	1.59	69	0.69

¹ Les données hydrologiques ne permettant pas une estimation fiable d'un débit d'une occurrence aussi rare, nous avons choisi de multiplier la crue centennale par un ratio usuel pour ce type d'approximation.

Le coût du déversoir est plus élevé que celui de rehausser les digues.

Une analyse de rentabilité sur base de prix d'ordre permet de donner les ordres de grandeur de surcoût d'un EVC par rapport à une rehausse de digue.

Les prix d'ordre pris en compte sont issus de notre retour d'expérience sur d'autres cas.

coût d'un déversoir de sécurité	unité	PU	qté	total
EVC				
chenal aval	k€/ml	1.5	100	150
coursier	k€/ml dev	6.5	var	
crête	k€/ml dev	3	var	
bajoyers	k€	12	2	24
bassin de dissipation	k€/m ³	0.22		
bassin de dissipation	m ³ / m ³ /s à dissiper	10		
bassin de dissipation	k€/m ³ /s à dissiper	2.2	var	
digue	k€/m ³ /m élévation	0.06	9 325 m ³ /m él.	var
linéaire de digue	m		600	
largeur en crête	m		5	
fruit parement	H:V		3	
longueur parement	m		10	

En augmentant la longueur de crête du déversoir de sécurité, le gain sur la ligne d'eau augmente aussi, mais moins rapidement.

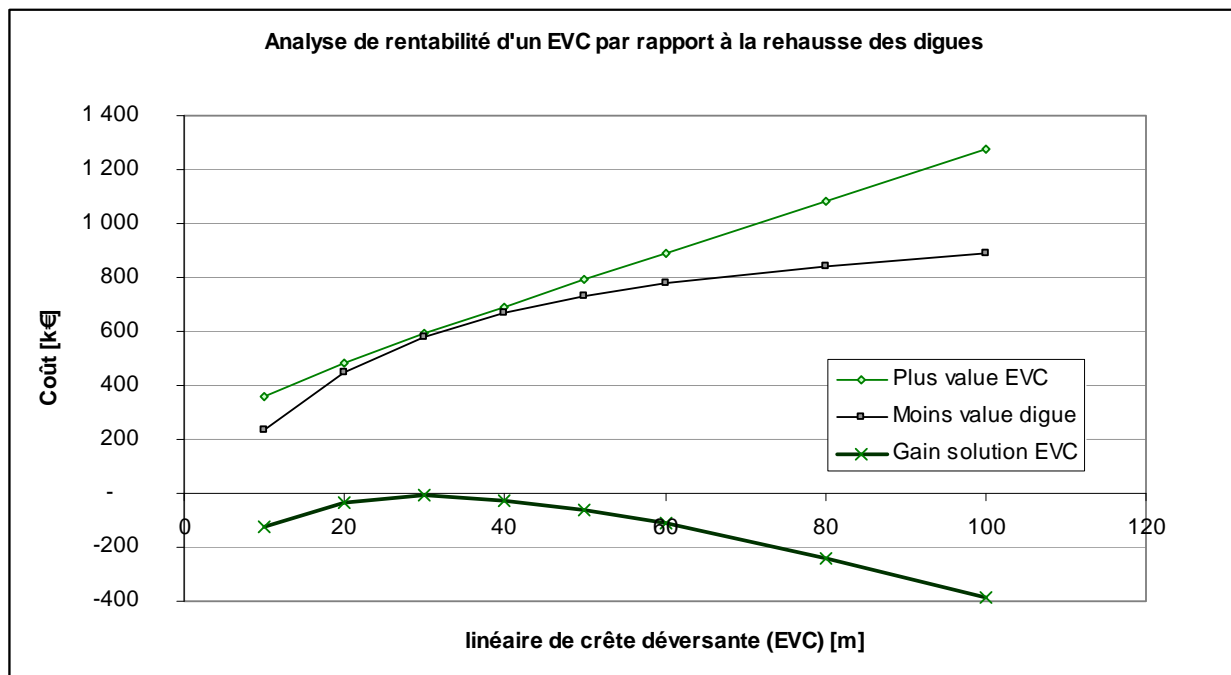


Figure 14 : Analyse de rentabilité de la solution EVC vs solution rehausse de digue

Construire un déversoir de trop-plein n'est donc pas la solution la plus économique. En termes de budget, l'optimal se situe pour une crête déversante de 20 à 50m.

Si l'aspect économique milite au profit d'une rehausse de digue plutôt que la mise place d'un EVC, ce critère n'est cependant pas discriminant.

D'autres critères sont favorables à la solution avec rehausse de digue, sans EVC :

critère	Solution sans EVC (digue haute)	Solution avec EVC
Robustesse vis à vis des risques techniques	Sensibilité à la hauteur d'eau dans le Grd Campagnolle. Prise en compte par une approche sécuritaire (sous estimation des débits déversés en rive droite) Charge sur la digue plus importante	Organe de sécurité apportant des singularités sur l'ouvrage (dissipation en pied, coursier, bajoyers, water-stop...)
	Chacune des solutions a son point fort et son point faible, ce critère n'est pas discriminant et déterminant dans le choix de la solution	
Coût	Solution la plus économique et coûts mieux maîtrisés	Il existe une configuration où le coût d'investissement est similaire à la solution sans EVC. Coûts d'entretien supplémentaires
	Critère favorable à la solution sans EVC, mais non discriminant	
Foncier	Pas d'implication	Requiert la maîtrise foncière du débouché vers le Grd Campagnolle. Surcoût associé Surinondation des terrains en aval
	Critère favorable à la solution sans EVC, mais non discriminant	

On choisit donc de ne pas construire de déversoir de trop-plein (EVC) dans le bassin de rétention. La crête des remblais est donc calée pour que le bassin ne surverse pas sans déversoir aval. Cette solution est à la fois plus économique et plus sûre.

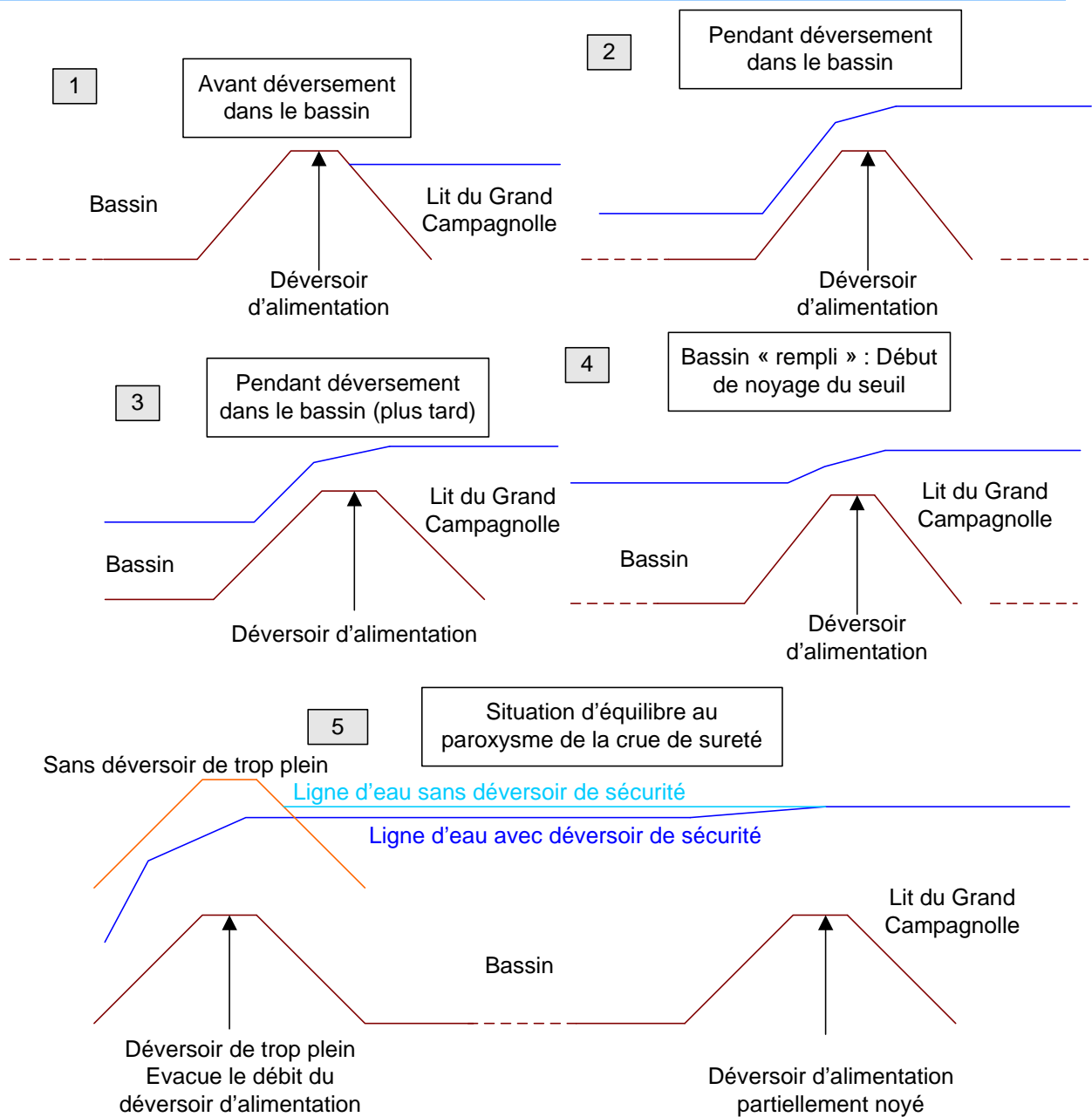


Figure 15 : Schéma du remplissage du bassin avec ou sans déversoir de trop plein

7 SYNTHÈSE DES NIVEAUX

On retiendra les niveaux suivants :

- Niveau des Plus Hautes Eaux : 40.62 m NGF (correspondant à une crue d'occurrence 10 000 ans) ;
- Sommet des crêtes de digue encadrant le bassin : 41.12 m NGF (soit 50 cm de revanche) ;
- Crête du déversoir d'alimentation du bassin de rétention : 38.5 m NGF.

On retiendra un déversoir d'alimentation de 15 m de longueur.

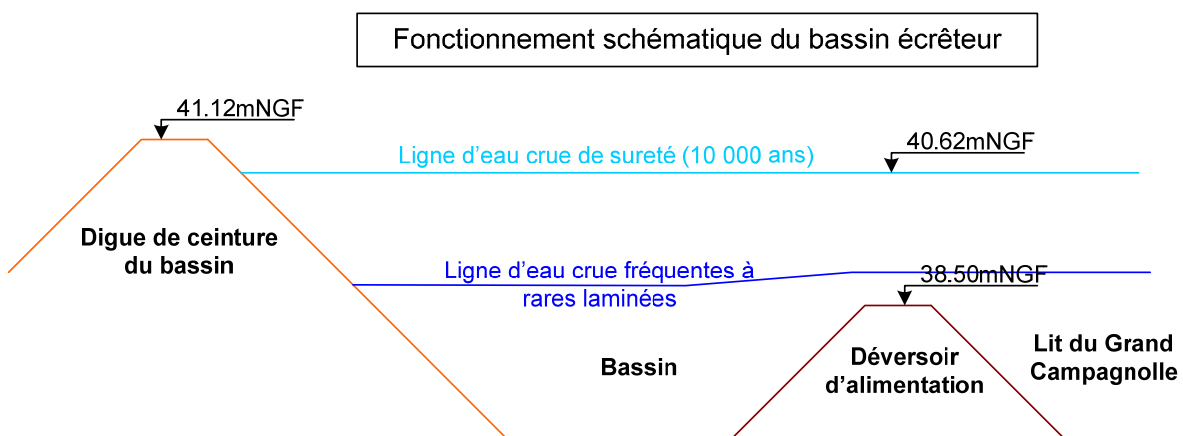


Figure 16 Schéma de principe de fonctionnement du bassin

La capacité utile au laminage du bassin est fixée à 205 000m³.

La capacité maximale (crue de sureté) est fixée à 320 000m³.

8 VIDANGE DU BASSIN

Au vu de la forme du bassin, réaliser une vidange en fond de retenue nécessite d'enterrer une conduite de diamètre important sur un long linéaire, puisqu'il faut pouvoir raccorder la vidange au lit du Campagnolle avec une pente de conduite suffisante.

Afin d'optimiser les coûts et la sûreté de l'ouvrage, il a été retenu de réaliser une double vidange.

La première vidange « haute » principale

Une première conduite visitable permet la vidange jusqu'au niveau bas des digues, et est reliée au Campagnolle par un chenal peu profond creusé dans le terrain naturel. Elle est localisée ci-dessous :

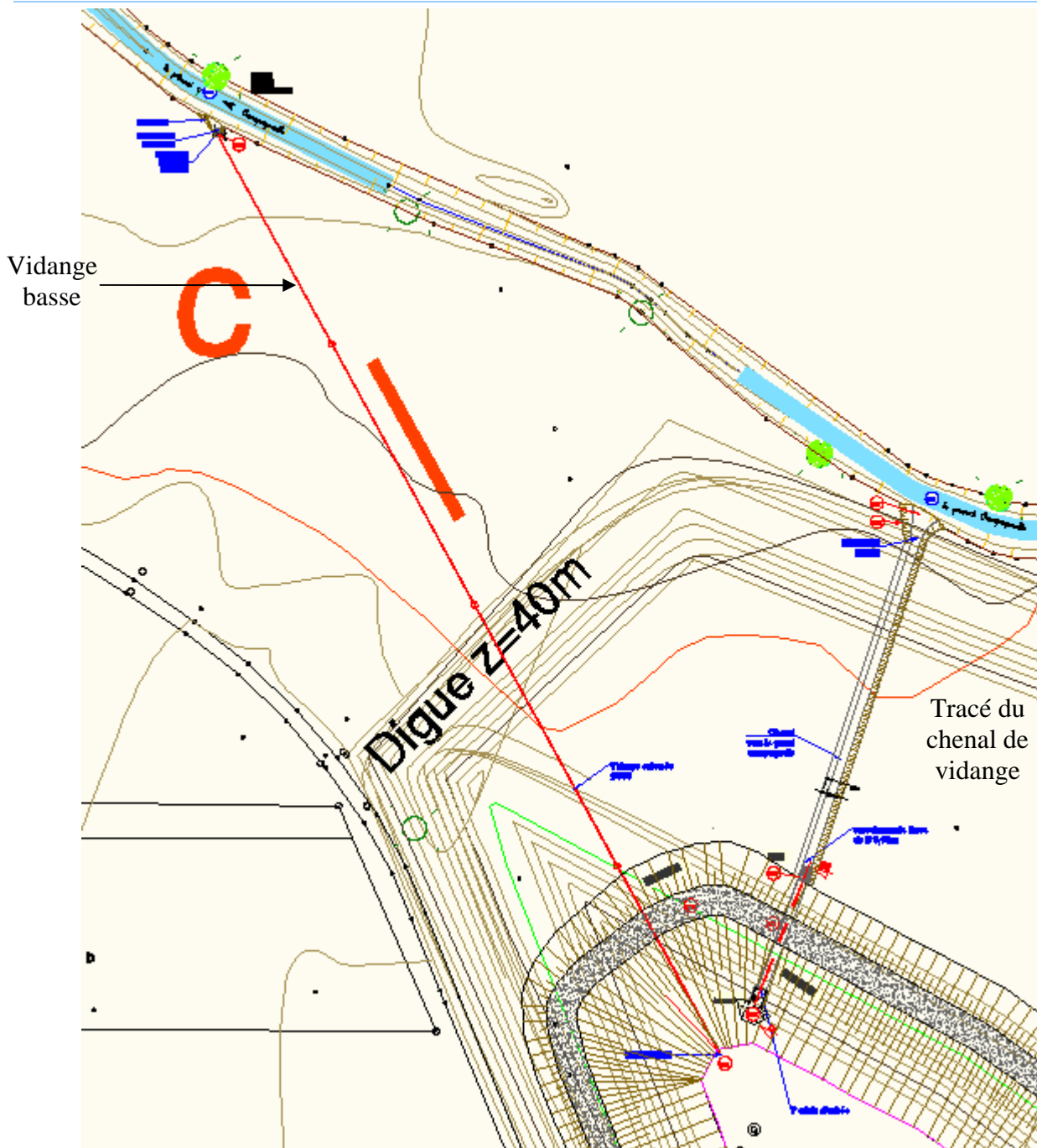


Figure 17 Tracé du chenal de vidange

Ce chenal a pour objectifs de contrôler les eaux de vidange mais permet également de baisser l'altitude de la sortie, et donc de l'amont de la vidange. Le volume vidangé est ainsi augmenté.

Il a été retenu de réaliser une conduite visitable de 1.5 m de diamètre et de 0.2 % de pente avec en amont un orifice de 60 cm d'ouverture. Nous proposons d'obturer cet orifice par une plaque amovible.

Cette solution présente les avantages suivants.

- L'orifice en entrée de conduite permet de limiter les débits (et donc les vitesses) en sortie d'ouvrage, tout en assurant une durée de vidange satisfaisante ;
- La conduite de 1.5 m de diamètre est visitable et peut donc être entretenue facilement (entre autre en enlevant la plaque amovible permettant un accès des 2 cotés). En outre, lorsque l'orifice entre en charge, les vitesses se dissipent dans

la conduite (ressaut hydraulique), ce qui fait qu'aucune protection lourde n'est nécessaire à l'aval pour lutter contre les survitesses ;

- La « galerie » fonctionne en surface libre. Il n'est donc pas nécessaire de placer de reniflard.
- Le sol devant l'entonnement doit être protégé par un tapis de béton de 20 cm d'épaisseur sur 3 m de long afin d'éviter l'érosion due à la mise en vitesse des écoulements à l'entonnement.

Les débits maximums dans la vidange seront de 2.3 m³/s.

Calée à la cote 34.16 m NGF en amont, cette conduite permet de vidanger le bassin jusqu'à un volume de 25 000 m³. Une fois cette vidange terminée, les digues ne sont plus sous pressions et le risque de rupture des digues en eau¹ est écarté.

Les vitesses dans le chenal aval sont de l'ordre de 1 m/s, et ne nécessitent pas la mise en place de protections particulières, exceptées à la sortie de la conduite, où des enrochements libres suffisent.

En crue débordante du Camagnolle, les apports du chenal confluent avec l'écoulement principal en lis majeur de manière diffuse. L'incidence sur l'érosion de berge en lit mineur n'est donc pas avérée, d'autant que cette vidange n'est activée qu'en cas de remplissage du bassin par l'amont, donc en crue au moins décennale (donc débordante).

La seconde vidange de fond « basse »

L'objet de cette seconde vidange est d'achever la vidange du bassin afin d'éviter des infiltrations d'eau dans la nappe phréatique et libérer le volume dédié au laminage. Pour cela, une conduite de 300 mm de diamètre est prévue à la cote 32.13 m NGF. Elle se jette 200 m en aval dans le Campagnolle, à la cote 31.53 m NGF, soit 0.4 m au-dessus du radier du lit mineur du Campagnolle. Des regards placés tous les 50 m permettront un hydrocurage de la conduite.

En sortie de la vidange basse, les vitesses peuvent atteindre jusqu'à 6 m/s (charge pleine). Il est nécessaire de poser des enrochements liés saillants et espacés avant la berge en sorties de conduite pour forcer un ressaut et ainsi limiter le risque d'érosion.

Cette seconde conduite permet de ne laisser dans le bassin que 2 000 m³ d'eau.

Les temps caractéristiques de vidange sont les suivants :

Charge hydrostatique sur les digues par rapport à la charge maximale (atteinte à la PHE)	0	1/3	1/2	2/3
Durée (en heures) pour atteindre se niveau de charge si la vidange commence au Niveau des Plus Hautes eaux	36	21	15	10

Tableau 8 Temps caractéristiques de vidange

Le bassin se vidange jusqu'à 2 000 m³ en 90 h.

Les 2 000 m³ de volume restant se vidange par évaporation.

¹ Le parement amont peut encore rompre car les pressions interstitielles ne sont pas encore dissipées. Cependant, aucune onde de rupture ne se propagerait en aval, il n'y a donc plus de risque pour la population.

L'évolution du débit et des niveaux d'eau en cours de vidange est donnée sur le graphe suivant :

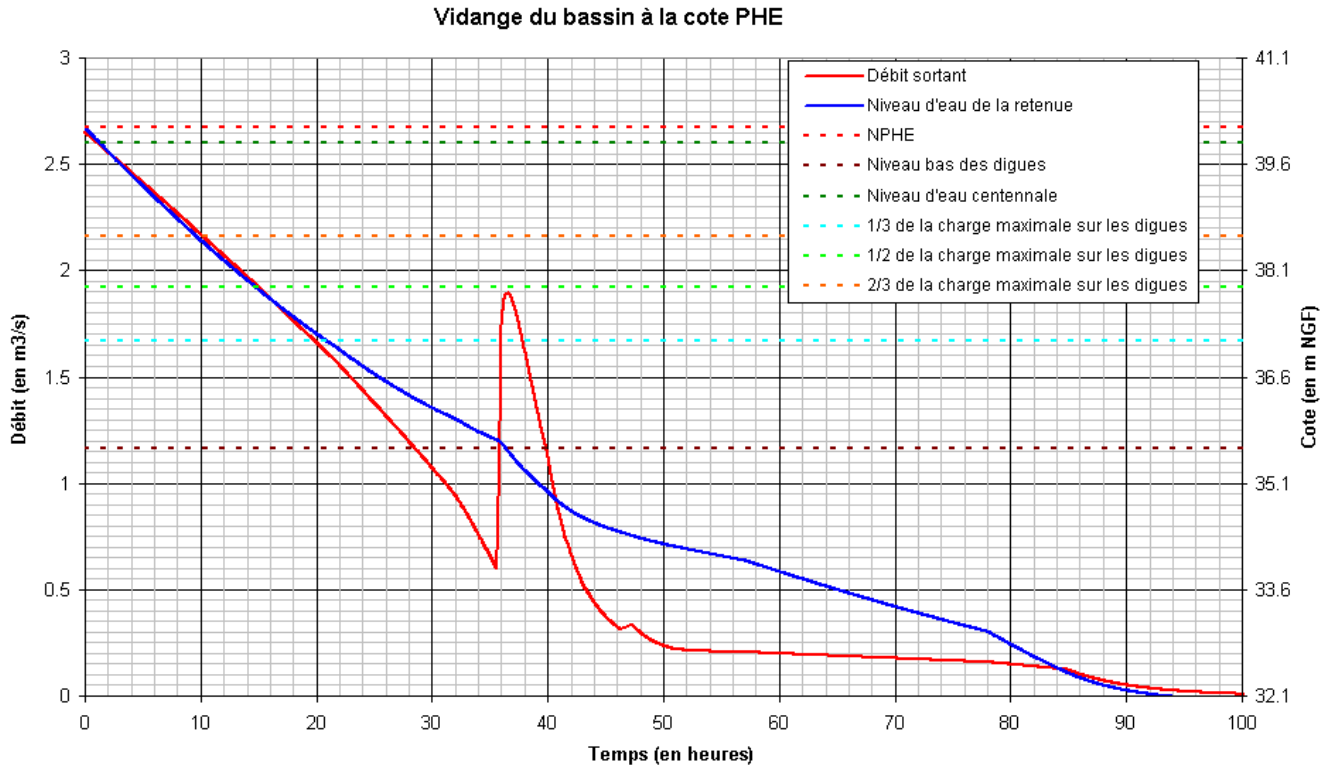


Figure 18 : Loi de vidange de la retenue

Les plans ci-dessous indiquent les cotes et dimensions importantes de la vidange.

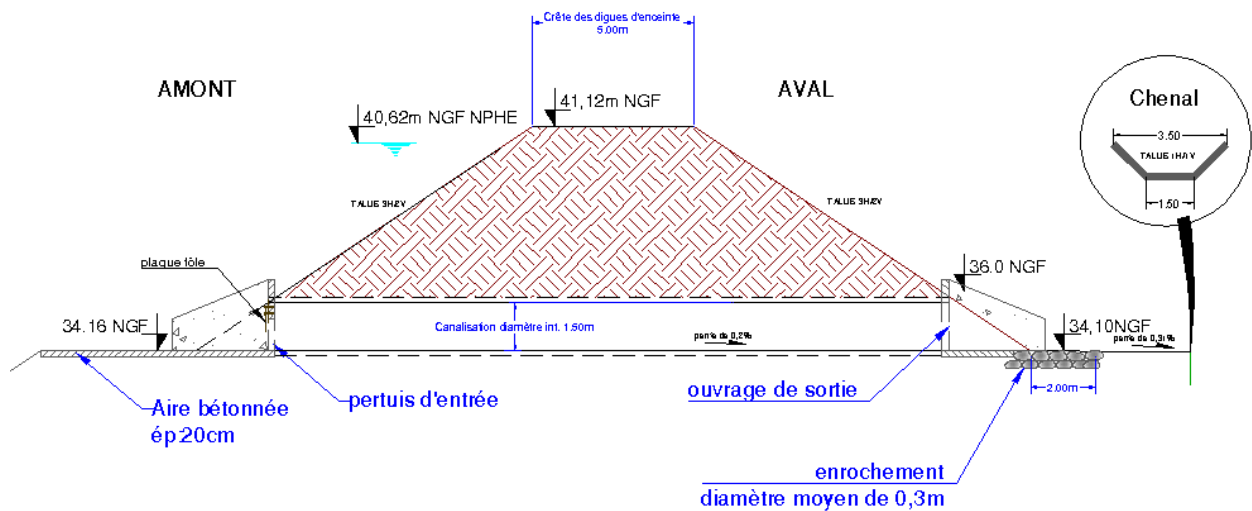


Figure 19 Schéma de principe de la vidange

Impacts des ouvrages de restitution sur le régime hydraulique

Les deux vidanges évacuent au maximum 2.7 m³/s (après établissement du niveau des PHE dans la retenue, c'est à dire pour une crue d'occurrence 10 000 ans). Les débits de vidanges restent bien inférieurs à la capacité du lit mineur en aval (il n'y a donc pas de risques de débordements) et aux débits de crues. Le graphique suivant montre la différence sur les débits que créent les vidanges. Elle n'est pas à l'échelle de la crue.

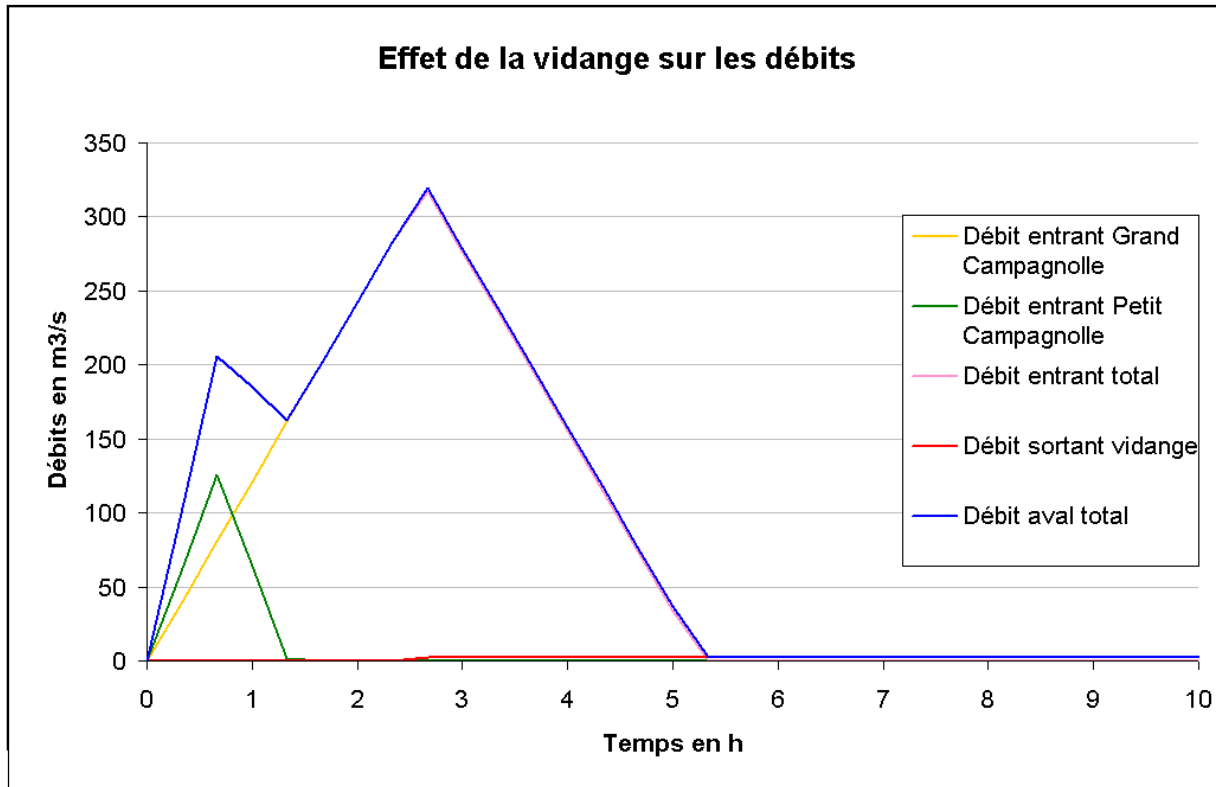


Figure 20 Effet de la vidange lors d'une crue décennale

Par rapport à l'état habituel du cours d'eau, un débit de 2.7 m³/s est inférieur à la crue annuelle du Campagnolle, le maintien de ce débit pendant une durée supérieure aux durées habituelles du crue n'a pas d'effet particulier sur le cours d'eau.

La vidange du bassin n'a pas d'impact sur le régime hydraulique du cours d'eau.

9 CHIFFRAGE

Le tableau suivant indique le détail du chiffrage sans prendre en compte les coûts fonciers, d'études et de relevés géotechniques. Le **coût total** des ouvrages d'alimentation et de vidange, hors coût du remblai, est, en considérant 10 % d'imprévus et de 10 % d'autres coûts divers, de **267 000 € HT, soit 319 000 € TTC**.

	Quantités	UNITES	PRIX Unitaire	Montant €HT
TRAVAUX PREPARATOIRE ET INSTALLATION DE CHANTIER				
Installation et suivi de chantier	1	F	6 000 €	6 000 €
Déversoir d'alimentation				
F & P Enrochement diamètre moyen 0.3 m	150	m2	80 €	12 000 €
F & P Enrochement diamètre moyen 1 m	631	m2	140 €	88 317 €
Filtre Géotextile	781	m2	5 €	3 514 €
Poutre en béton	1	m3	650 €	878 €
Bajoyers en enrochement liaisonnés	13	m3	105 €	1 382 €
Total alimentation				106 090 €
Vidange "haute"				
Fourniture tuyau béton, diam. 150 cm, épaisseur 10 mm	23	ml	1 400 €	32 200 €
Lit de pose	52	m3	40 €	2 070 €
Pose	60	ml	130 €	7 800 €
Pertuis d'entrée (préfabriqué)	1		1 250 €	1 250 €
Enrochements en sortie (d50 30 cm)	7.2	m2	80 €	579 €
Bétonnage entonnement	3.4	m3	650 €	2 194 €
Total vidange "haute"				46 093 €
Vidange "basse"				
Tuyau diam 30 cm déton regards	160	ml	50 €	8 000 €
tampons	3		2 000 €	6 000 €
	3		250 €	750 €
Pertuis d'entrée	1		1 250 €	1 250 €
grillage avertisseur	160	ml	2 €	320 €
terrassement	468	m3	25 €	11 700 €
blindage	720	m ²	35 €	25 200 €
lit de pose	119	m3	40 €	4 760 €
remblai	343	m3	15 €	5 145 €
Total vidange "basse"				63 125 €
Chenal d'évacuation				
Terrassement sans évacuation	468	m3	10 €	4 680 €
Talutage	360	m2	6 €	2 162 €
Total Chenal				6 842 €
Total sans option				222 149 €
Aléa 10% et divers 10%				44 429.88
TOTAL arrondi €HT				267 000.00
TVA 19,6%				52 332.00
TOTAL €TTC				319 332.00

Tableau 9 Chiffrage des ouvrages d'alimentation et de vidange

Déversoir de trop-plein et évacuateur de crue

Sans déversoir de trop-plein (ou déversoir aval ou déversoir de sécurité), le bassin se remplit jusqu'à ce qu'il y ait équilibre entre le niveau d'énergie dans le bassin et à l'amont du bassin. Ajouter un déversoir aval permet de décharger du lit du Grand Campagnolle une partie du débit, et donc de baisser le niveau d'énergie à l'amont du bassin et dans le bassin. L'intérêt d'un tel ouvrage est de baisser le niveau des plus hautes eaux et donc la crête des digues.

L'objet de ce chapitre est de quantifier l'effet de différents déversoirs de trop-plein pour savoir si un tel ouvrage permet de réduire le coût des digues par rapport au coût d'un évacuateur de crue : le but est d'aboutir au dimensionnement de déversoir de trop-plein le plus économique (on conserve, dans les diverses solutions étudiées, des critères de sécurité équivalents).

Par évacuateur de crue, nous intégrons :

- Le seuil de trop-plein assurant la surverse
- Le coursier assurant le transit des flux sur le parement aval de la digue
- Le bassin dissipation en aval du coursier
- Le canal d'amenée des flux au lit mineur du Campagnolle

Le remblai du bassin d'Aubord correspond à un *barrage en remblai de classe D*. A ce titre, la réglementation stipule qu'il doit être dimensionné pour résister à une crue d'occurrence 10 000 ans. Nous retiendrons donc, comme débit de dimensionnement, un débit de 320 m³/s dans le Grand Campagnolle, correspondant à 2.5 fois le débit centennal¹.

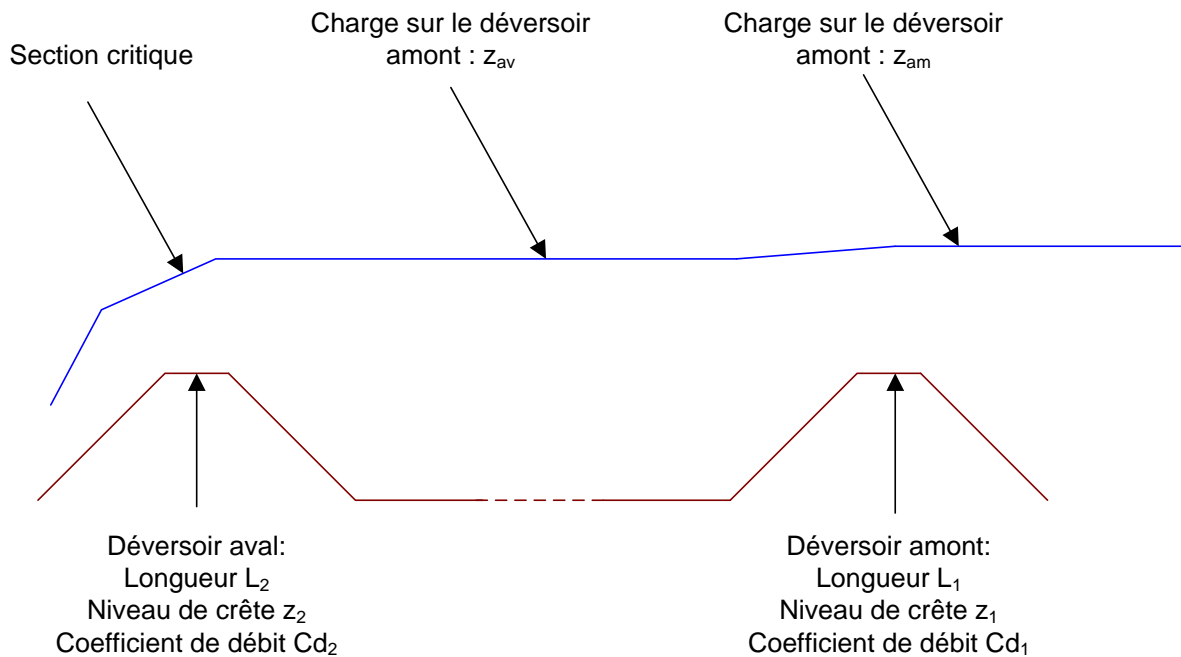
Les niveaux d'eau et d'énergie à l'amont du déversoir d'alimentation en eau du bassin sont calculés suivant les mêmes hypothèses qu'au §5.1.

Le déversoir aval est calé à la même cote que le déversoir amont pour :

- disposer du maximum de volume utile dans le bassin (le déversoir aval doit pour cela être au moins au dessus du déversoir amont) ;
- évacuer le débit en surplus le plus tôt possible (le déversoir aval doit pour cela être au moins en dessous du déversoir amont).

¹ Les données hydrologiques ne permettant pas une estimation fiable d'un débit d'une occurrence aussi rare, nous avons choisi de multiplier la crue centennale par un ratio usuel pour ce type d'approximation.

Lorsque le bassin atteint sa capacité utile maximale, il y a équilibre entre les débits amont et aval, ce qui se traduit par les égalités suivantes, avec les notations indiquées sur le graphe ci-dessous :



$$Q_{am} = L_{d1} C_{d1} (z_{am} - z_1)^{3/2} \sqrt{1 - \left(\frac{z_{av} - z_1}{z_{am} - z_1} \right)^2}$$

$$Q_{av} = L_{d2} C_{d2} (z_{av} - z_2)^{3/2}$$

$$\left(\frac{L_{d2}}{L_{d1}} \right)^2 \frac{1}{z_{am} - z_1} (z_{av} - z_2)^3 + (z_{av} - z_1)^2 = (z_{am} - z_1)^2$$

Donc, si l'on connaît le niveau d'énergie amont, on est capable de déduire le niveau d'énergie en amont du déversoir aval et ainsi le débit transitant par le bassin. Le débit restant dans le lit du Grand Campagnolles après le bassin se déduit également du niveau d'énergie amont. On est donc capable d'évaluer, pour la crue d'occurrence 10 000 ans, le niveau dans le bassin en fonction de la configuration de déversoir aval retenue.

Ces calculs aboutissent aux conclusions suivantes :

- un déversoir aval de 20 m de long permet de diminuer les NPHE de 16 cm ;
- un déversoir aval de 10 m de long permet de diminuer les NPHE de 10 cm.

Annexe 3 : Etude de danger pour la création d'un bassin écrêteur de crue sur le Grand Campagnolle – Aubord Nord –Version complétée n°13MHY003 – Indice C – octobre 2013

Création d'un bassin écrêteur de crue sur le Grand Campagnolle – Aubord Nord



SOMMAIRE

0	Résumé non technique	8
0.1	Objectifs des aménagements	8
0.2	Amenagements prévus	8
0.3	Limites des aménagements	11
1	Renseignements administratifs	13
1.1	Contexte de l'étude	13
1.2	Classement de l'aménagement	14
1.3	Objectifs	14
1.4	Identification et intervenants	15
1.4.1	Propriétaires et gestionnaires des ouvrages	15
1.4.1.1	Propriétaires des ouvrages	15
1.4.1.2	Propriétaires des terrains d'assises	15
1.4.1.3	Gestionnaires des ouvrages	15
1.4.2	Propriétaires et gestionnaires des réseaux	15
1.4.3	Renseignements relatifs au projet	16
2	Objet de l'étude	17
2.1	Contexte de l'étude de dangers	17
2.1.1	Généralités	17
2.1.2	Articulation avec le plan de prévention des Risques	17
2.1.3	Articulation avec les PLU d'Aubord	17
2.1.4	Articulations avec le PCS	17
2.2	Contexte du projet	18
2.3	Méthode	18
2.4	Hypothèses principales	18
2.4.1	Systèmes étudiés	18
2.4.2	Limites géographiques du système	19
3	Analyse fonctionnelle de l'ouvrage et de son environnement	20
3.1	Description de l'ouvrage prévu	21
3.1.1	Description des travaux	21
3.1.1.1	Les digues	22
3.1.1.2	Le déversoir d'alimentation	23
3.1.1.3	La vidange	24
3.1.2	Principes de protection	25
3.1.3	Environnement de l'ouvrage	26
3.1.3.1	Surface protégée des inondations par les aménagements proposés	26
3.1.3.2	Enjeux humains	27
3.1.3.3	Sismicité	28
3.1.4	Interaction de l'ouvrage avec l'environnement	29
3.1.4.1	Fonction principale du système	29
3.1.4.2	Fonctions de contraintes	29
3.1.5	Analyse ou décomposition structurelle	29

3.2	Conclusion sur l'analyse fonctionnelle.....	31
4	Présentation de la politique de prévention des accidents majeurs et du système de gestion de la Sécurité (SGS).....	32
4.1	Gestion de crise : PCS d'Aubord.....	32
4.2	Exploitation, entretien et surveillance de l'ouvrage.....	34
4.2.1	Exploitation et entretien de l'ouvrage.....	34
4.2.2	Instrumentation et surveillance de l'ouvrage.....	34
4.2.2.1	Instrumentation de l'ouvrage.....	34
4.2.2.2	Surveillance visuelle en crue.....	34
4.2.2.3	Contrôle de la végétation.....	34
4.2.3	Organisation des visites techniques.....	35
4.2.3.1	Généralités.....	35
A-	Le gestionnaire.....	35
B-	Les visites.....	35
4.2.3.2	Déroulement des visites.....	36
A-	Les visites consécutives à une crue ou un événement majeur ou visites de surveillance Post-crue (VSPC).....	36
B-	Les visites de surveillance programmée (VSP).....	36
C-	Les visites techniques approfondies.....	36
4.2.3.3	Examen technique dans le cadre d'une revue de sûreté.....	36
4.2.3.4	L'entretien, la surveillance et le suivi de l'ouvrage.....	37
5	Identification et caractérisation des potentiels de dangers.....	38
5.1	Dangers internes au système.....	38
5.1.1	Phénomènes de rupture de digue probable.....	38
5.1.2	Dysfonctionnement d'organes internes.....	39
5.2	Danger de provenance externe au système.....	40
5.2.1	Survenance d'un débit dépassant le débit de projet.....	40
5.2.2	Embâcles.....	40
5.2.3	Dépôt solide.....	41
5.2.4	Malveillance et riverains.....	41
5.2.5	Faune - Flore.....	41
6	Caractérisation des aléas naturels.....	42
6.1	Séisme.....	42
6.2	Précipitations et phénomènes de crue.....	42
6.2.1	Pluviométrie.....	42
6.2.2	Hydrométrie.....	43
6.2.3	Évaluation théorique des débits.....	43
6.2.4	Transport solide et zones d'érosion.....	44
6.2.5	Hydrogéomorphologie.....	44
7	Etude accidentologique et retour d'expérience.....	46
7.1	Historique des travaux.....	46
7.2	historiques des crues.....	46
7.3	Incidents spécifiques.....	47
8	Identification et caractérisation des risques en termes de probabilité d'occurrence, d'effets, et de gravité des conséquences.....	48
8.1	Description et principes de la méthodologie utilisée.....	48
8.2	Analyse des modes de défaillance et leurs effets (AMDE).....	48
8.2.1	Principe et démarche générale.....	49
8.2.2	Résultats de l'AMDE.....	49
8.2.3	Conclusion sur l'AMDE.....	49
8.3	Arbre d'événements.....	50
8.3.1	Principe et démarche générale.....	50



8.3.2	Construction des arbres d'évènements	51
8.3.2.1	Évènements initiateurs	51
8.3.2.2	Probabilités attribuées aux crues	51
8.3.2.3	Probabilités attribuées aux dysfonctionnements	51
8.3.2.4	Arbres d'évènements	53
8.3.3	Analyse et localisations des potentiels de dangers	53
8.3.4	Gravité des défaillances	54
8.3.5	Criticité des scénarios de défaillance	54
8.3.6	Scénario de défaillance étudié sous modélisation numérique	55
8.3.7	Analyse des résultats des modélisations hydrauliques de défaillance de composants	56
8.3.7.1	Description de l'outil numérique : modélisation de la crue centennale	56
8.3.7.2	Résultats de la modélisation de rupture de la vidange pour une crue centennale	59
9	Etude de réduction des risques.....	65
10	Annexes.....	66
10.1	Annexe 1 – Probabilité de survenance des défaillances	66
10.2	Annexe 2 – Consignes écrites	69
10.2.1	Choix opérationnel concernant la 1 ^{ière} mise en eau.....	69
10.2.2	Choix opérationnel sur la mise en sécurité des personnes en cas de menace de ruine	69
10.2.3	Mesure de surveillance	70
10.2.4	Gestion de crise (période de crue) et 1 ^{ière} mise en eau.....	71

FIGURES

Figure 1 Plan de masse et coupe du déversoir d'alimentation.....	9
Figure 2 Plan de masse et coupe de la vidange « haute ».....	10
Figure 3 : Emprise d'influence de l'écrêtement	11
Figure 4 : carte présentant le projet de contournement Nîmes Montpellier (Source: http://contournement-nimes-montpellier.com/254-cartographie.php).....	13
Figure 5 Classe des aménagements	14
Figure 6 Emprise du modèle numérique hydraulique.....	19
Figure 7 Vue en plan du bassin de rétention.....	21
Figure 8 Coupes-types de digues.....	22
Figure 9 Plan de masse et coupe du déversoir d'alimentation.....	23
Figure 10 Plan de masse du système de vidange	24
Figure 11 Coupe du système de vidange haute principale.....	25
Figure 12 : Emprise d'influence de l'écrêtement.....	26
Figure 13 Établissements recevant du public dans la zone d'influence du bassin (source image satellite : GoodleMap).....	27
Figure 14 Carte d'aléas sismique de la France et des DOM (source Plan Seisme)	28
Figure 15 Organisation adoptée en cas de crises	33
Figure 16 Arbres dans le lit mineur favorisant les embâcles à l'amont de l'emplacement prévu pour le déversoir.....	40
Figure 17 : Extrait de la carte de l'état major (1820 – 1866) (source : Géoportail) ..	44
Figure 18 Hydrogéomorphologie à Aubord	45
Figure 19 Exemple simple d'arbre d'évènements.....	50
Figure 20 Probabilités attribuées aux crues	51
Figure 21 Écoulements en cas de ruptures des digues côté ouest	54
Figure 22 Hydrogramme de la rupture de la vidange pour la crue centennale.....	55
Figure 23 Modélisation de la crue centennale sans brèches.....	57
Figure 24 Aléas inondations du PPRi en cours de validation	58
Figure 25 Modélisation de la brèche : à gauche : sans brèche ; à droite : brèche à moitié formée ; en haut : fond topographique ; en bas : avec eau.....	59
Figure 26 Hauteurs d'eau maximales avec rupture de la vidange pour la crue centennale	60
Figure 27 Impacts de la rupture sur les hauteurs par rapport à la crue centennale...	61

.....

Figure 28 Vitesses maximales avec rupture de la vidange pour la crue centennale...62

Figure 29 Impacts de la rupture sur les vitesses pour la crue centennale.....63

TABLEAUX

Tableau 1 Fonctions de contraintes	29
Tableau 2 Analyse fonctionnelle du bassin	30
Tableau 3 Cumul des pluies de bassins théoriques en mm.....	43
Tableau 4 Débits de pointe des bassins versants.....	43
Tableau 5 Historique des crues à Aubord	46
Tableau 6 Probabilités de défaillance des digues en fonction de la crue	52
Tableau 7 Synthèse des probabilités des défaillances possibles	53
Tableau 8 Classement des types de retour suivant la criticité, la probabilité et les enjeux impactés.....	54

0 RÉSUMÉ NON TECHNIQUE

0.1 OBJECTIFS DES AMÉNAGEMENTS

L'aménagement est un bassin qui écrête les crues du Grand Campagnolle.

Il a pour objectifs :

- de réduire les inondations à Aubord pour les crues d'occurrence comprises entre 20 et 40 ans. Son effet permet par exemple de ramener l'intensité d'inondations d'occurrence 40 ans (par exemple crue de septembre 2005) à celle d'une crue équivalente sans bassin avec une occurrence de 20 ans ;
- de ne pas rompre pour des crues d'occurrences inférieures à 10 000 ans.

0.2 AMENAGEMENTS PRÉVUS

Le bassin en parallèle reçoit les eaux du Grand Campagnolle via un *déversoir d'alimentation*. Le bassin est en partie enterré, en partie ceinturé de digues. Les digues sont dimensionnées pour être insubmersible lors d'une crue d'occurrence 10 000 ans, avec une revanche de 50 cm.

Après les crues, le bassin se vide dans le Grand Campagnolle par deux vidanges (la vidange « haute » permettant une vidange rapide de la majeure partie du volume, et ainsi une diminution des sollicitations sur les digues ; la vidange « basse » servant à vidanger le volume restant du bassin afin d'éviter les infiltrations dans la nappe phréatique).

Les plans de masse et coupe des ouvrages sont donnés ci-dessous :

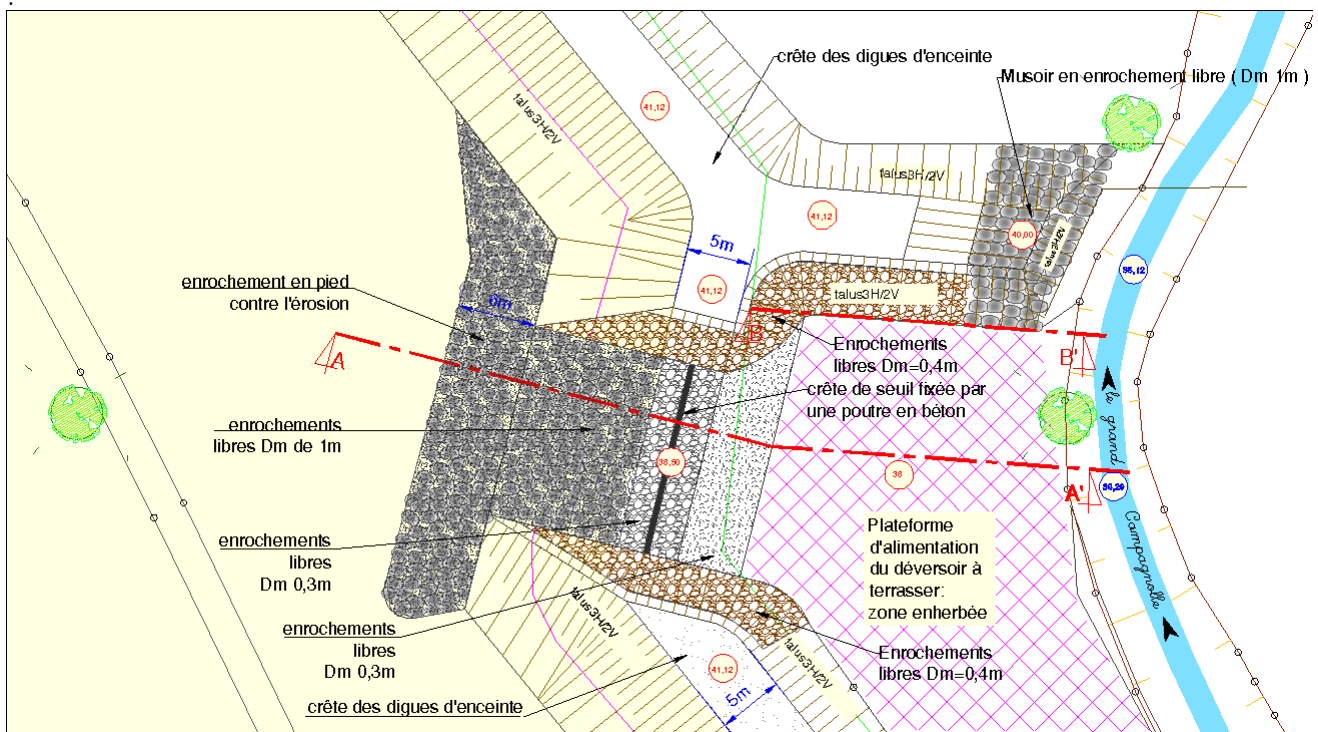
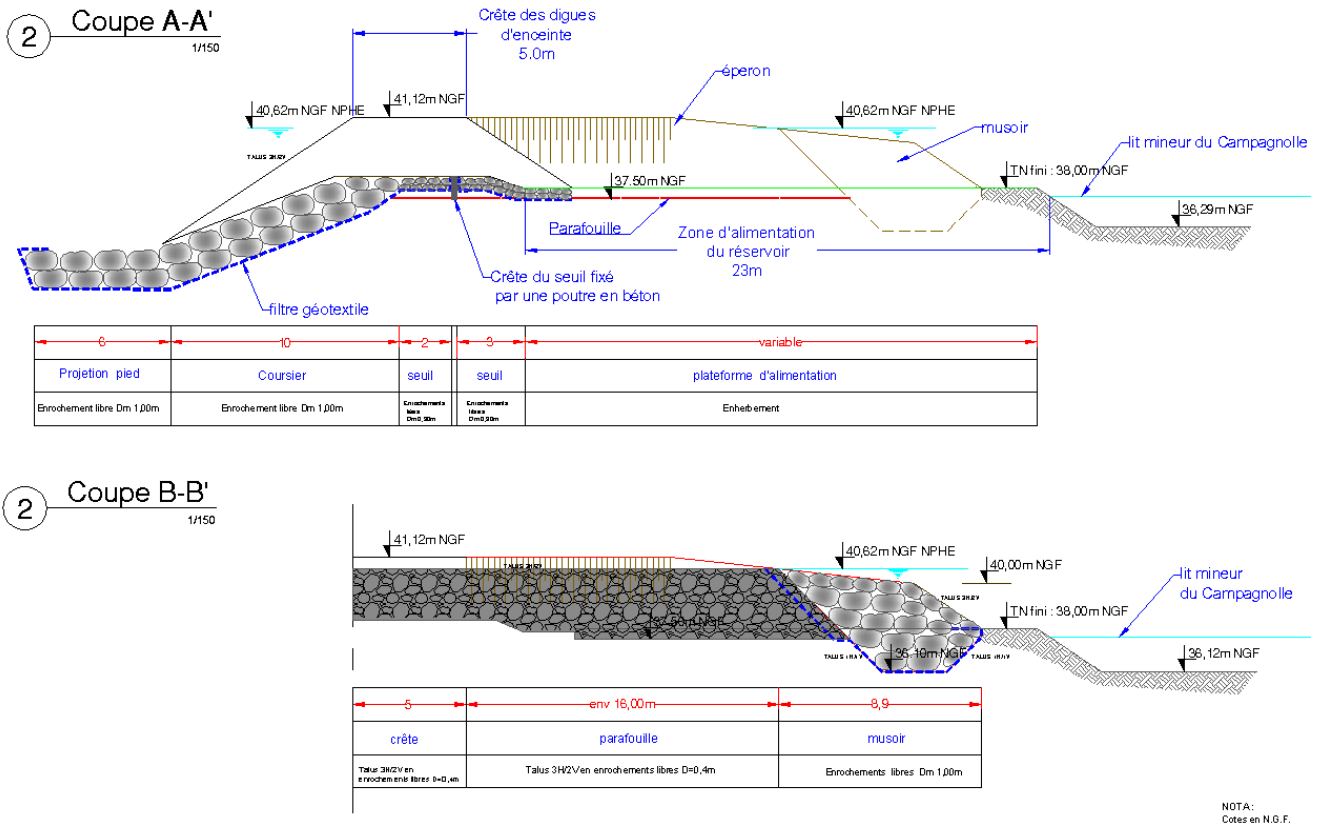


Figure 1 Plan de masse et coupe du déversoir d'alimentation

0.3 LIMITES DES AMÉNAGEMENTS

Les aménagements ont une influence sur la zone suivante (Note, les aléas donnés à titre indicatif sont ceux du PPRi établi avec BRLi en cours de correction/validation):

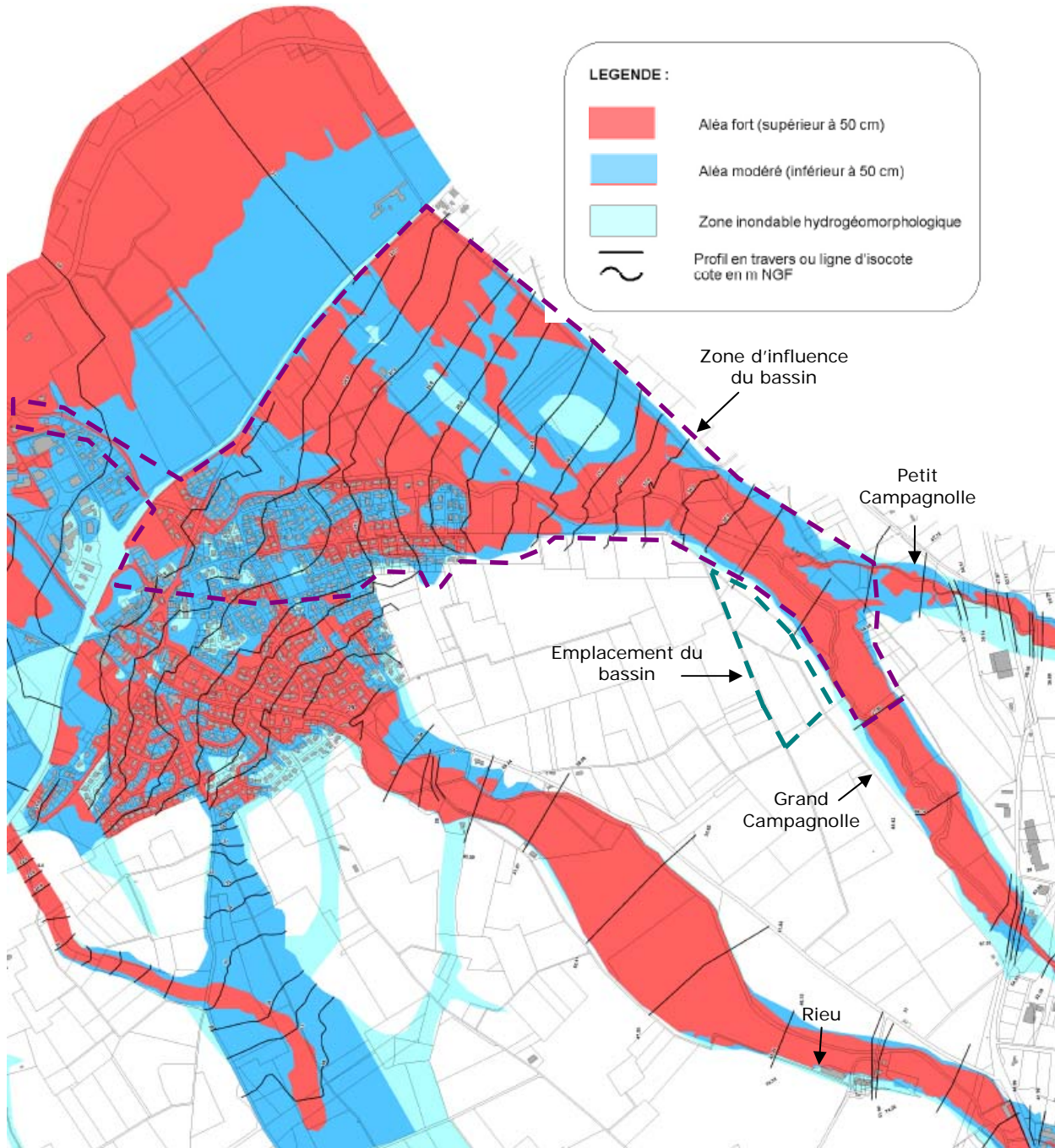


Figure 3 : Emprise d'influence de l'écrêtement

Les différentes sources possibles de défaillance des aménagements, c'est-à-dire de non conformité des aménagements aux objectifs, a été évaluée. En outre, le comportement des aménagements en cas de dépassement des crues de dimensionnement a aussi été évaluée afin d'appréhender, dans la mesure du possible, quels risques résiduels subsistent après création de ces aménagements.

Les aménagements étant neuf, le risque de rupture sur l'ensemble est faible, avec une occurrence de 1 000 ans. La partie structurelle la plus sensible est celle de la vidange haute, car la singularité créée par la conduite à l'endroit où la digue est la plus haute augmente nécessairement les risques de défaillance, malgré les précautions constructives prises.

L'aménagement ne réduit pas les inondations à Aubord pour la crue centennale (il retarde juste la vitesse de montée des premiers débordements). L'aménagement ne change pas la fréquence des premiers débordements, jugés peu dangereux par la commune (ces débordements entretiennent également la mémoire du risque).

Une défaillance ne peut survenir que pendant ou après une crue. En cas de rupture, l'onde est maximale quand le volume et la hauteur dans le bassin sont maximaux, c'est-à-dire à la pointe de crue.

Pour une rupture lors du pic de la crue centennale, l'impact sur les zones inondées est le suivant :

- en termes de hauteurs d'eau, les niveaux sont augmentés au maximum de 35 cm.
- en termes de vitesses, les impacts maximums se situent sur les voiries (Chemin du Mas), avec une augmentation due à la rupture de 1 m/s.

170 bâtiments sont concernés par l'aggravation du risque inondation en cas de rupture.

1 RENSEIGNEMENTS ADMINISTRATIFS

1.1 CONTEXTE DE L'ÉTUDE

La commune d'Aubord est soumise à un aléa inondation élevé à cause de cours d'eau la traversant, le Rieu et le Grand Campagnolle.

Le projet Contournement Nîmes Montpellier (projet *CNM*), élaboré par Réseau Ferré de France (RFF), est un projet d'agrandissement du réseau de trains à grande vitesse dont le tracé est indiqué sur la carte suivante.

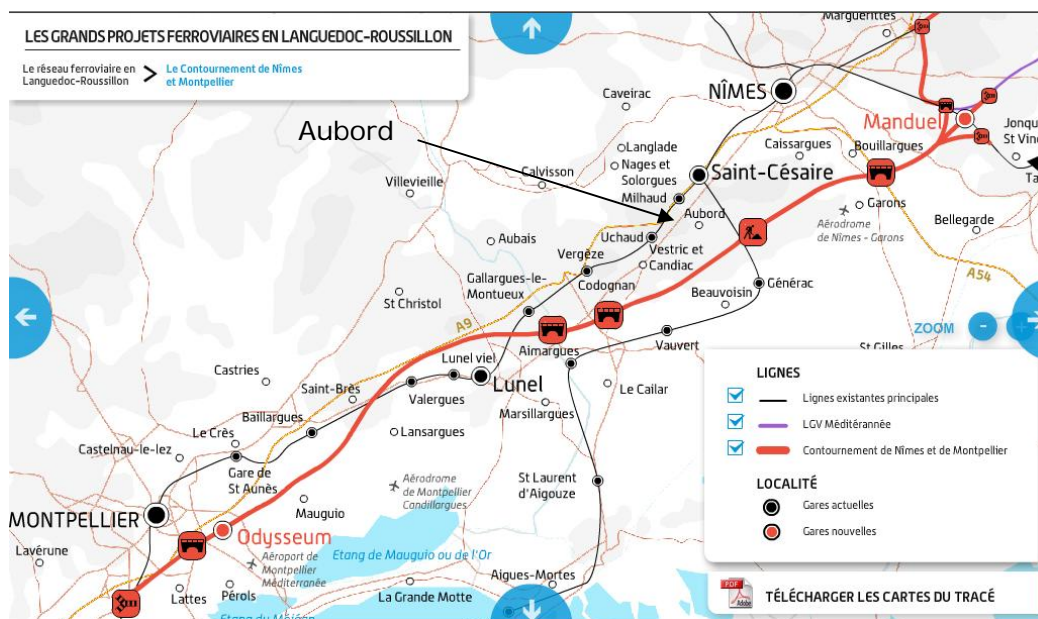


Figure 4 : carte présentant le projet de contournement Nîmes Montpellier (Source: <http://contournement-nimes-montpellier.com/254-cartographie.php>)

Dans le cadre des travaux du CNM, réalisés par OC’VIA Construction, il est prévu de prélever des matériaux pour constituer le remblai de la ligne LGV en rive gauche du Grand Campagnolle, en amont d’Aubord, et de réaménager cette carrière en bassin d’écêtement des crues afin de diminuer les inondations à Aubord.



A retenir ...

C'est le bassin d'écrêtement des crues, avec les digues qui le ceinturent, qui font l'objet de cette étude de dangers. L'environnement de l'ouvrage construit intégrera la réalisation du projet CNM telle que prévu en Juillet 2013.

1.2 CLASSEMENT DE L'AMÉNAGEMENT

Avec un volume avec remplissage jusqu'aux PHE de 320 000 m³ et une hauteur maximale sur fondation à l'axe de la digue de 5.4 m, le barrage est de classe D ($h^2 \cdot V^{0.5} = 17$).

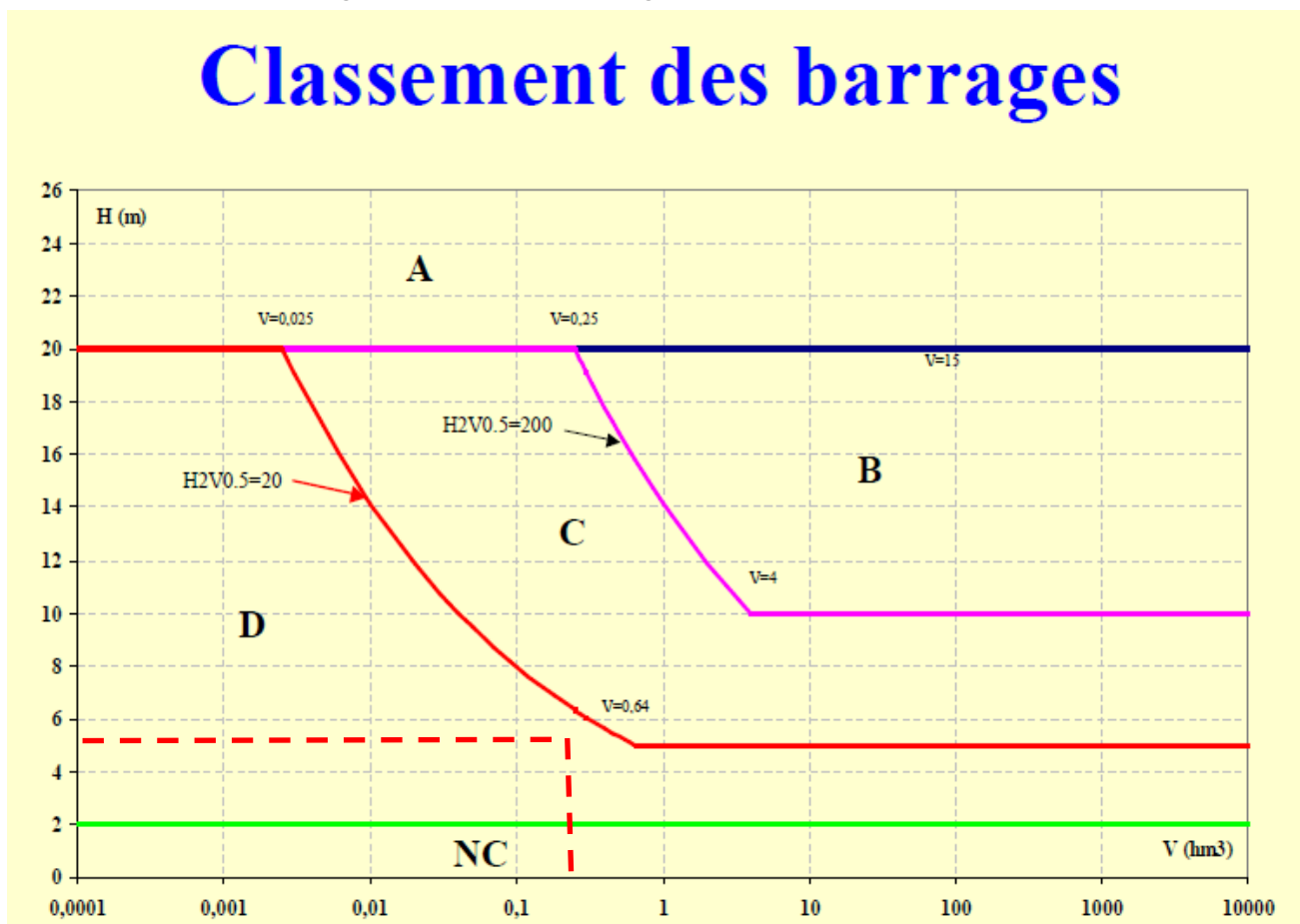


Figure 5 Classe des aménagements

1.3 OBJECTIFS

Le bassin a été dimensionné pour **réduire les inondations** à Aubord pour les **crues d'occurrences comprises entre 20 et 40 ans**.

Les digues de ceinture du bassin, le déversoir et la vidange ont été dimensionnées pour **résister à une crue d'occurrence 10 000 ans**.

1.4 IDENTIFICATION ET INTERVENANTS

Nota : Le gestionnaire est en charge de l'entretien et de la surveillance de l'ouvrage.

1.4.1 Propriétaires et gestionnaires des ouvrages

1.4.1.1 Propriétaires des ouvrages



Mairie d'Aubord, 1 place de la Mairie, 30 620 Aubord

L'ouvrage est construit et financé par Ocvia dans le cadre de la mise en œuvre du Contournement Nîmes –Montpellier (CNM). La zone d'emprunt de matériau est aménagée en bassin écrêteur de crue puis est rétrocédé à la Commune.

1.4.1.2 Propriétaires des terrains d'assises

idem

1.4.1.3 Gestionnaires des ouvrages

idem

1.4.2 Propriétaires et gestionnaires des réseaux

Il n'y a pas de réseaux électriques HT/MT ou téléphoniques enterrés sous le bassin.

1.4.3 Renseignements relatifs au projet

Les principaux intervenants travaillant sur les aspects hydrauliques et constructifs du bassin écreteur de crue sont :

Maître d'ouvrage



Oc'Via Construction
6200 route de Générac – CS 58 240 –
30 942 Nimes Cedex

Concepteur des organes hydrauliques (et rédacteur de l'étude de dangers)



Agence Aix en Provence
30, Avenue Henri Malacrida
13100, Aix-en-Provence
Rédigé par :
Stéphane BERNARD-PEYRE
Florent MONTARROS

Maître d'œuvre



ATDx SARL
Adresse : BP 33 - 30132 CAISSARGUES
Tél : 04 66 38 61 58
Fax: 04 66 38 61 59

2 OBJET DE L'ÉTUDE

2.1 CONTEXTE DE L'ÉTUDE DE DANGERS

2.1.1 Généralités

L'étude de dangers concerne les aménagements relatifs au bassin d'écrêtement des crues, c'est-à-dire ses digues, son déversoir d'alimentation et son dispositif de vidange. Ce bassin est directement connecté au cours d'eau *Grand Campagnolle*. Son fonctionnement et son efficacité en termes d'écrêtement de crue sont également à mettre en parallèle avec le Petit Campagnolle.

La présente étude de dangers devra être réactualisée au moins tous les dix ans, conformément à l'article R.244-217.

2.1.2 Articulation avec le plan de prévention des Risques

Actuellement, le Plan de Prévention contre le Risque inondation (PPRi) est en cours de correction / validation. Le PPRi a été fait en situation actuelle, sans ligne LGV ni bassin d'écrêtement. Néanmoins, la ligne LGV et le bassin d'écrêtement n'ont aucun effet sur les inondations à Aubord pour la crue centennale : il ne sera donc pas nécessaire de revoir le PPRi suite à ces aménagements.

Note : ces aménagements (bassin et ligne LGV) ont été dimensionnés sur la base des hypothèses hydrologiques du PPRi en cours de correction / validation. Ils ont été pensés de façon à minimiser les impacts sur les inondations. Les hypothèses hydrologiques du PPRi en cours de révision en 2013 sont plus sévères en termes de dimensionnement que celles du PPRi en vigueur.

2.1.3 Articulation avec les PLU d'Aubord

Le projet CNM et le projet du bassin d'écrêtement font actuellement l'objet de révision du PLU d'Aubord.

2.1.4 Articulations avec le PCS

Le bassin écrêteur de crue diminue la gravité des inondations et non leurs fréquences. En termes de sécurité pour les personnes, le PCS ne doit pas être modifié dans le sens d'une diminution des mesures prévues. En effet, le bassin n'affecte qu'une plage de crues restreintes, et, en situation d'alerte et de crise, pour le Campagnolle, on ne peut pas anticiper la gravité de la crue et l'effet du bassin sur celle-ci, il faut donc prendre les mêmes mesures que s'il n'y avait pas de bassin.

Le bassin a pour principal intérêt de réduire modestement les risques pour les personnes et les biens dans une gamme de crue de premiers dommages, et ne doit pas occasionner de diminution de la vigilance par rapport au risque inondation.

2.2 CONTEXTE DU PROJET

Le bassin d'écrêtement prévu est en réalité l'aménagement d'une carrière d'extraction de matériaux pour la réalisation du remblai du projet CNM. Le volume du bassin est limité en surface par les possibilités d'acquisition foncière, et en profondeur par le niveau de la nappe phréatique (il ne doit pas y avoir de communication entre les eaux du bassin et la nappe phréatique). Il s'agit d'un bassin en parallèle du Grand Campagnolle, alimenté juste en amont de sa confluence avec le Petit Campagnolle. Avec ces contraintes, l'alimentation en eau du bassin a été optimisée de façon à réduire les inondations pour des crues d'occurrence comprises entre 20 et 40 ans. Ce dimensionnement permet :

- de ne pas changer la fréquence des premiers débordements sans dangers (la mémoire du risque est donc entretenu) ;
- de réduire significativement les inondations pour une large plage d'événement, comme celui de septembre 2005 qui est resté dans les mémoires.

OC'VIA construction assurera le creusement et l'aménagement de la carrière en bassin de rétention, et remettra l'ouvrage achevé à la commune d'Aubord qui en assurera le suivi et l'entretien.

2.3 MÉTHODE

L'étude de dangers consiste à réunir tous les renseignements connus sur les aménagements, leur environnement et leur histoire ; à décomposer les aménagements en éléments simples afin d'analyser distinctement toutes les possibilités de défaillances des aménagements ; à évaluer les conséquences des défaillances jugées les plus critiques ; à mettre en exergue les dangers qu'impliquent ces aménagements, dans l'optique de retenir des mesures pour réduire ces dangers.

Il convient donc de définir le cadre de cette étude et d'en spécifier chaque hypothèse.

2.4 HYPOTHÈSES PRINCIPALES

Les hypothèses établies ici fixent le cadre de l'étude : elles sont à garder à l'esprit durant la lecture de la suite de ce document.

2.4.1 Systèmes étudiés

Les systèmes étudiés sont les suivants :

- **Digue** de ceinture du bassin, empêchant tout débordement du bassin pour une crue d'occurrence 10 000 ans (avec 50 cm de revanche), et également une digue de même type favorisant l'alimentation en eau du bassin via son déversoir ;
- **Déversoir d'alimentation** du bassin, permettant de dévier une partie des débits du Grand Campagnolle dans le bassin et donc de réduire les débits et les inondations à Aubord pour des crues d'occurrences comprises entre 20 et 40 ans ;
- La **vidange** du bassin qui permet l'évacuation des eaux du bassin après décrue.
- **Évacuateur de crue** : Le bassin étant en parallèle du cours d'eau, il n'y a pas d'autre apport que ceux provenant du déversoir d'alimentation. Le projet a été conçu sans

déversoir de sécurité mais en intégrant les PHE extrêmes dans le bassin au dimensionnement des digues et en considérant un équilibre entre la charge dans le cours d'eau (en situation extrême) et les niveaux dans le bassin.

2.4.2 Limites géographiques du système

L'emprise géographique de l'étude est donnée ci-dessous : elle correspond à l'emprise inondée pour la crue centennale (pour le Grand Campagnolle) élargie aux limites des données topographiques disponibles.

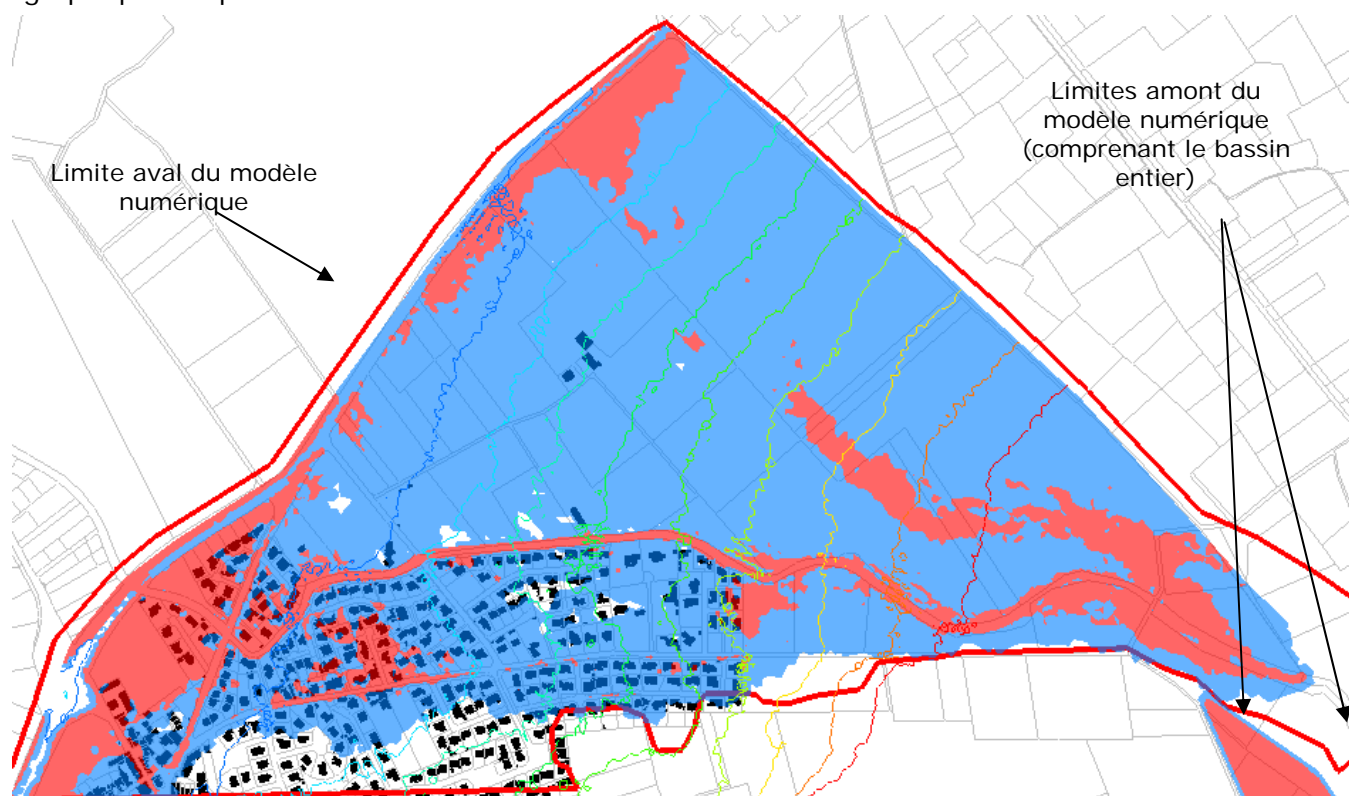


Figure 6 Emprise du modèle numérique hydraulique

3 ANALYSE FONCTIONNELLE DE L'OUVRAGE ET DE SON ENVIRONNEMENT

Rappels terminologiques :

Sont réunis dans ce paragraphe les définitions des termes techniques fondamentaux pour la compréhension de la présente étude.

- **Système** : ensemble d'éléments discrets en interaction, organisés pour accomplir une mission donnée pendant un temps donné dans un environnement donné. Le système est décomposé en systèmes élémentaires, eux-mêmes décomposés en sous-systèmes qui sont décomposés à leur tour en entités.
- **Dispositif** : un dispositif est un système ou l'un de ses composants.
- **Défaillance** : la défaillance est l'interruption de l'aptitude d'un dispositif à accomplir sa mission. Cette défaillance peut être due à celle d'un simple composant que l'on qualifie alors de névralgique (par rapport à la défaillance d'un composant sans conséquence sur la mission du système).

Une défaillance se caractérise par :

- Sa cause : explication physique de l'origine de la défaillance ;
 - Son mode : manifestation de la défaillance ;
 - Son effet : incidence de la défaillance sur les composants du système ; il se mesure par un niveau de gravité.
- **Incident** : événement ou chaîne d'événements non intentionnels et fortuits provoquant l'altération ou la cessation de l'aptitude d'un système à remplir sa mission. L'incident est la matérialisation du risque.
 - **Risque** (ou danger) : tendance d'un système ou de son environnement à engendrer un ou plusieurs incidents. Les caractéristiques principales généralement retenues pour cette grandeur sont : la probabilité d'occurrence et la gravité (relative au montant de la perte générée).
 - **Sûreté de fonctionnement** : aptitude d'une entité à satisfaire une mission donnée dans des conditions données pendant une durée donnée. Cette notion est caractérisée par deux concepts principaux :
 - Prévention : action ayant pour objet de réduire la probabilité d'occurrence d'un danger, c'est-à-dire réduire le risque ;
 - Protection : action visant à réduire la gravité d'un danger.

L'ensemble des actions de prévention et de protection constitue le domaine de sécurité d'un système.

3.1 DESCRIPTION DE L'OUVRAGE PRÉVU

3.1.1 Description des travaux

Une vue en plan des aménagements prévus est donnée ci-dessous :

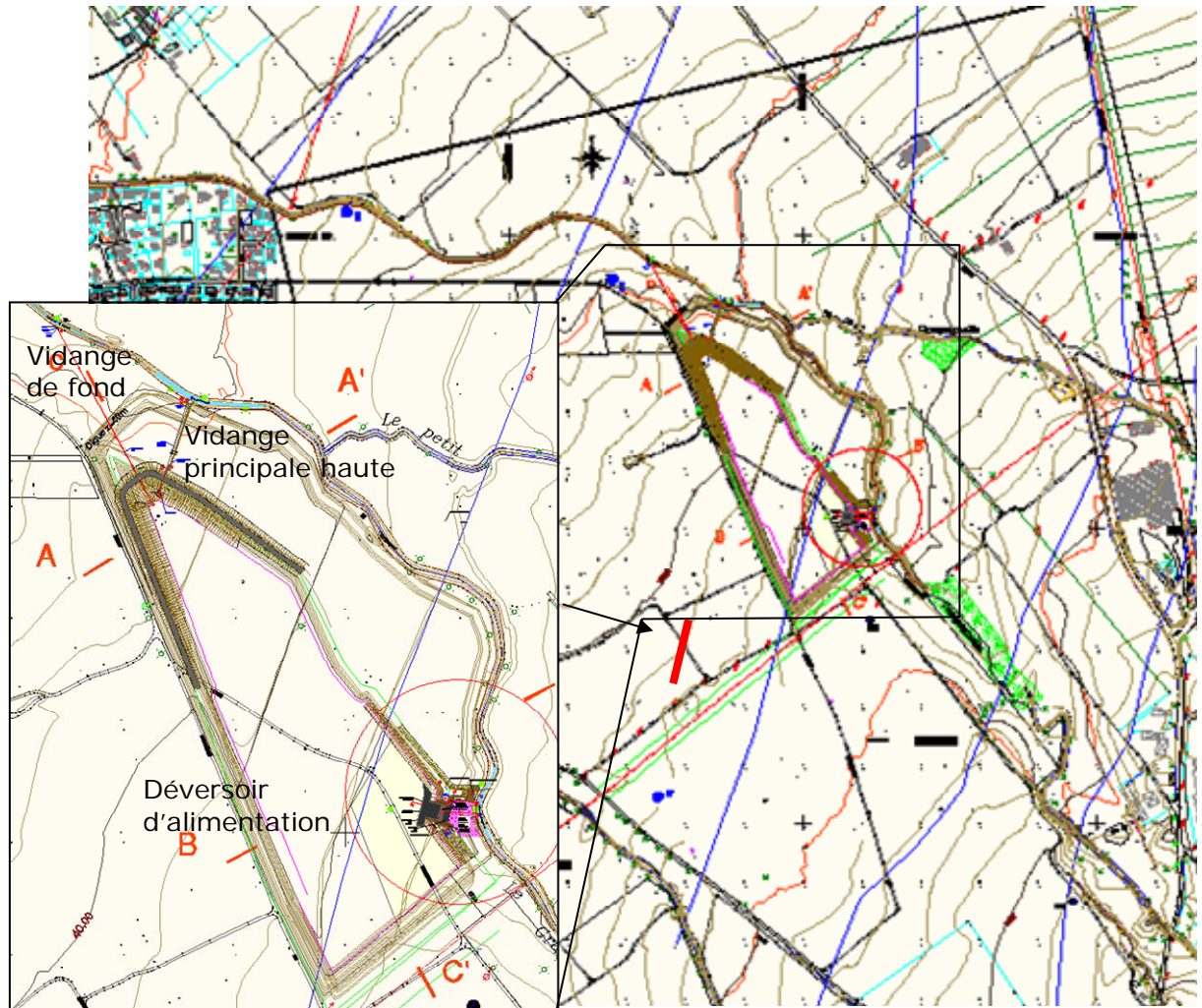


Figure 7 Vue en plan du bassin de rétention

On peut décomposer l'aménagement en 3 éléments :

- la digue en terre;
- le déversoir d'alimentation en eau du bassin ;
- la vidange « haute » principale permettant la vidange jusqu'au pied des digues;
- la vidange « basse » de fond permettant la vidange jusqu'au fond du bassin.

Les travaux commenceront par l'extraction de matériaux prévue pour la Ligne à Grande Vitesse du Contournement Nîmes Montpellier. Le fond du bassin est situé 1 m au dessus du niveau décennal de la nappe.

3.1.1.1 Les digues

Des digues sont construites autour des excavations pour homogénéiser le niveau maximum du bassin et ainsi augmenter son volume. **Ces digues sont créées dans les règles de l'art.** Les matériaux du site ou ceux obtenus par ailleurs dans le cadre du projet CNM seront réutilisés (après éventuels traitements) pour construire ces digues. Les volumes de matériaux manipulés dans le cadre du projet CNM sont suffisamment importants pour permettre la construction des digues

Ci-dessous est donnée la coupe-type des digues :

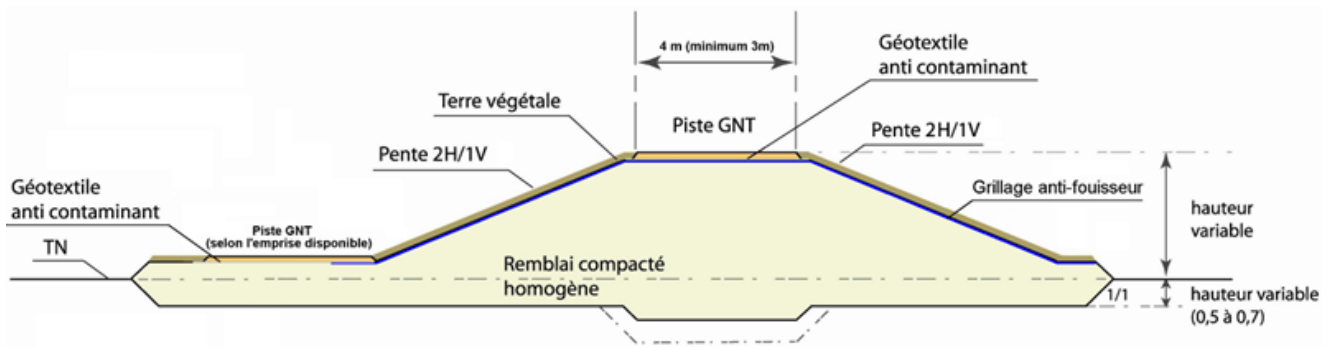


Figure 8 Coupes-types de digues

La crête de digue est accessible par une rampe. Le faible linéaire de digue ne nécessite pas l'entretien d'une voie carrossable en crête de digue, car le suivi et l'entretien de la digue peuvent être effectués sans. L'aval des digues est accessible par voie carrossable.

3.1.1.3 La vidange

La vidange est également réalisée dans les règles de l'art. Elle est constituée de 2 éléments séparés permettant une vidange gravitaire :

- Une vidange principale dite « haute » au tiers de la hauteur du bassin et au pied des digues
- Une vidange secondaire dite « basse » en fond de bassin + 1m permettant la vidange de la partie excavée.

La vidange principale est constituée d'un pertuis d'entrée régulant les débits, et d'une galerie plus large visitable suffisamment grande pour que les vitesses y soient modérées (entre 1 et 2 m/s) et avec un écoulement à surface libre. Ce dispositif permet de dissiper l'énergie et les pressions dans la galerie ; les écoulements sont ainsi nettement ralentis en sortie de vidange, limitant les risques d'érosion. A l'aval, les écoulements sont acheminés via un chenal jusqu'au Grand Campagnolle. La sortie de la galerie est hors zone inondable (crue centennale) du Campagnolle, il n'est donc pas utile de placer un clapet anti-retour dans la galerie.

La vidange secondaire est constituée d'une canalisation Ø300 se rejetant directement dans le Campagnolle. Elle est équipée d'un clapet anti-retour côté aval. Des regards placés tous les 50 m permettront d'hydro-curer la conduite.

Les vues en plan et en coupe de la vidange principale sont données ci-dessous :

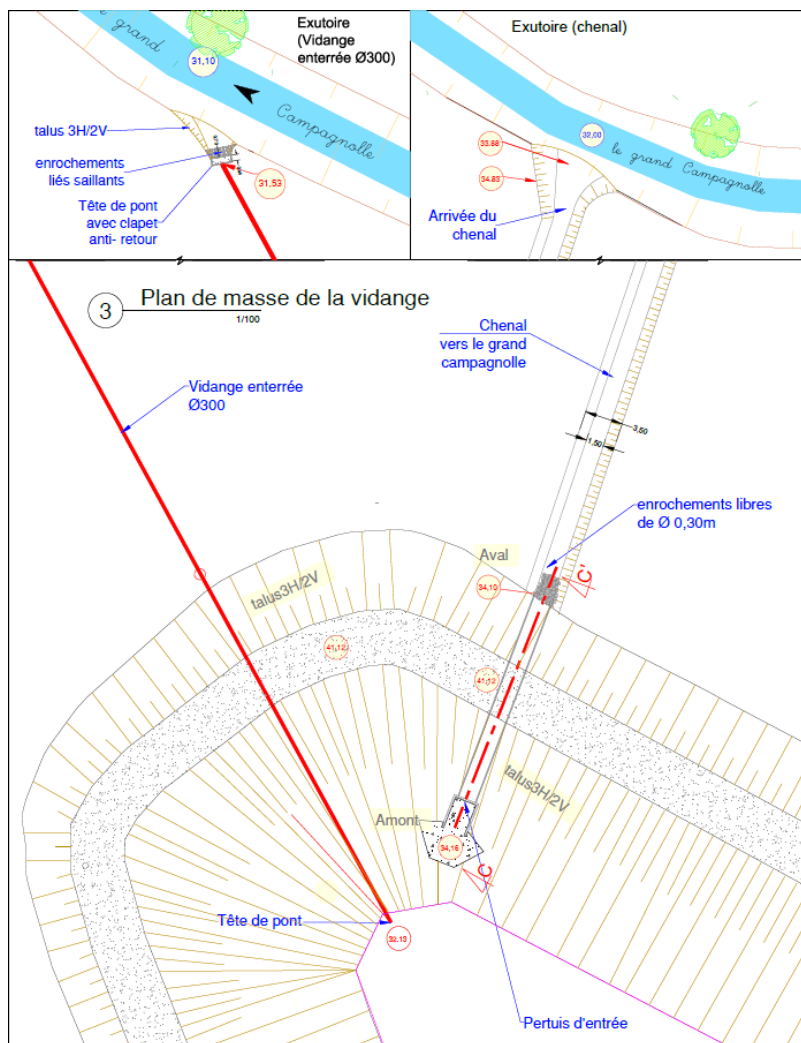


Figure 10 Plan de masse du système de vidange

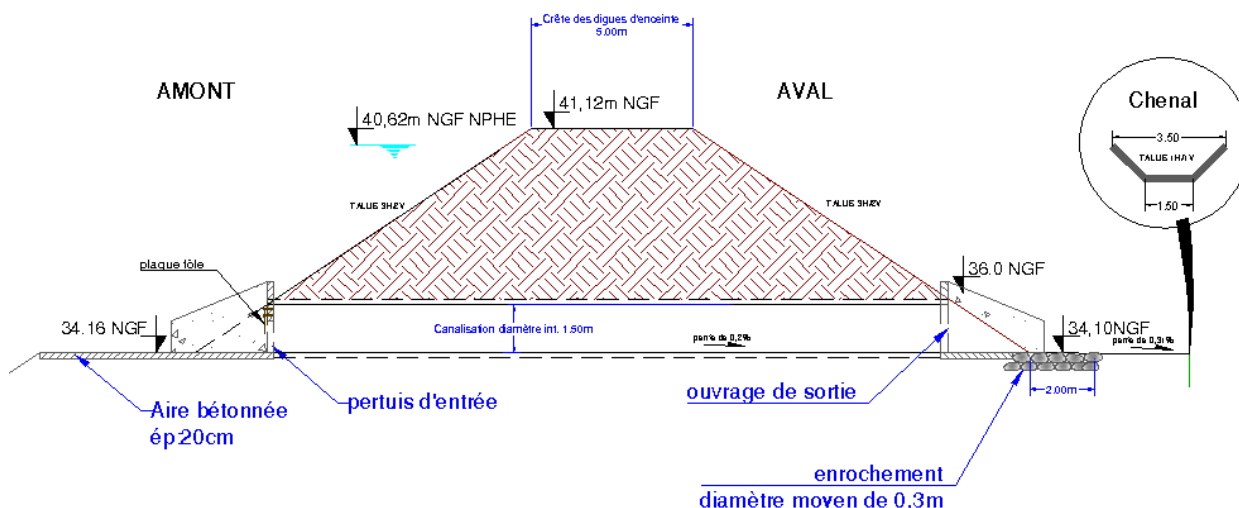


Figure 11 Coupe du système de vidange haute principale

3.1.2 Principes de protection

Le volume du bassin de rétention a été déterminé en fonction des besoins en matériau et des possibilités foncières. Le déversoir alimentant le bassin en eau a été dimensionné de façon à répondre, dans la mesure du possible, aux attentes de la commune en termes de protection contre les inondations, en exploitant au mieux le volume de stockage disponible.

Grossièrement, le bassin a pour effet de ramener l'intensité des inondations des crues d'occurrence 40 ans à celle de crues actuellement d'occurrence 20 ans. Pour les crues vicennales, le bassin n'écrête que légèrement les crues : des débordements modestes surviennent quand même à Aubord. Ces débordements sont sans gravités et permettent d'entretenir la mémoire du risque chez les riverains. Pour les crues plus rares (> à 40ans), l'utilité du bassin diminue : l'écrêtement de la pointe de crue est moins significatif, voire insignifiante pour la crue centennale (le commencement des débordements est néanmoins retardé par le bassin).

Les digues autour du bassin ont pour fonction de retenir l'eau à l'intérieur. Comme elles sont assimilables à un barrage, elles sont dimensionnées pour ne pas rompre pour une crue décennale.



A retenir ...

On distingue donc deux grands principes de protection.

- Le bassin n'est utile que pour certaines gammes de crues (20 – 40 ans). La survenance de débits dépassant les capacités du bassin est tout à fait possible, et donc admissible. Les risques de dysfonctionnement de l'écrêtement du bassin sont admissibles de la même façon, sous réserve de respecter le second principe de protection.
- Les digues du bassin sont là pour retenir l'eau dans le bassin. En cas de rupture, les conséquences devraient être plus graves qu'un dysfonctionnement de la fonction écrêtement. Il s'agit du risque le plus important à appréhender, et c'est pourquoi ces digues sont dimensionnées pour des conditions d'une extrême rareté.

3.1.3 Environnement de l'ouvrage

3.1.3.1 Surface protégée des inondations par les aménagements proposés

La surface globale sur laquelle le bassin agit est donnée ci-après (les zones inondées correspondent à la crue centennale). Le bassin d'écrêtement réduit ou retarde les inondations sur ces secteurs.

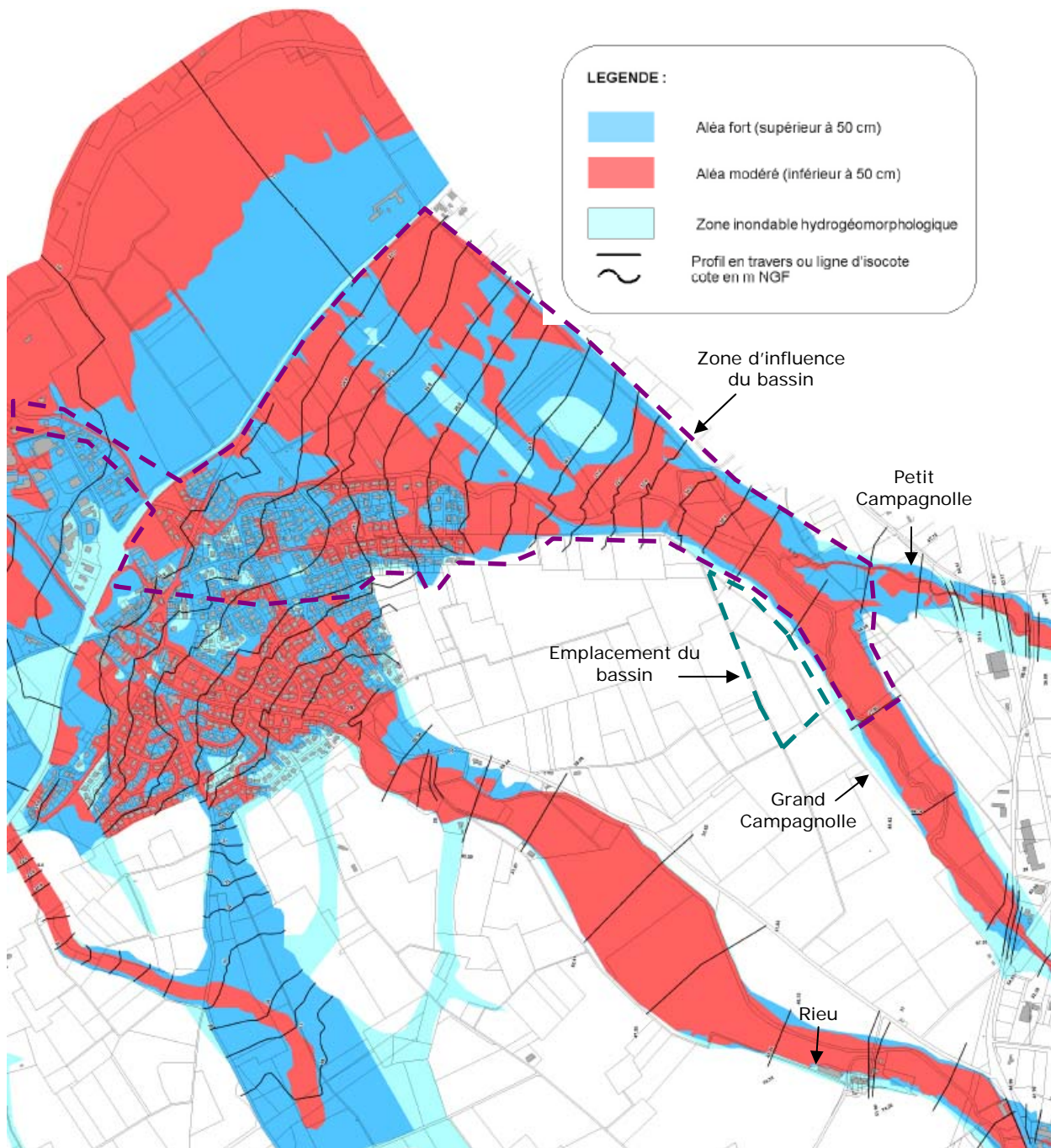


Figure 12 : Emprise d'influence de l'écrêtement

Précision : l'aménagement du bassin et le projet CNM ne modifient pas les écoulements dans ce secteur une fois le bassin rempli. Ainsi, l'emprise d'influence de l'écoulement est bien la zone inondée pour la crue centennale définie par BRLi dans le PPRi en cours de correction/validation.

3.1.3.2 Enjeux humains

L'image suivante indique la localisation des établissements recevant du public dans la zone d'influence du bassin :



Figure 13 Établissements recevant du public dans la zone d'influence du bassin (source image satellite : GoodleMap)

En cas de rupture du barrage lors de la crue centennale, les inondations déjà causées sont aggravées sur 170 bâtiments. Aucun bâtiment supplémentaire n'est inondé du fait de la rupture lors de cette crue.

3.1.3.3 Sismicité

Les aménagements sont situés en zone 0, de "sismicité négligeable mais non nulle". La vérification de la tenue des digues existantes ainsi que le dimensionnement des digues construites devront intégrer ce facteur.

ZONE DE SISMICITÉ EN FRANCE MÉTROPOLITAINE

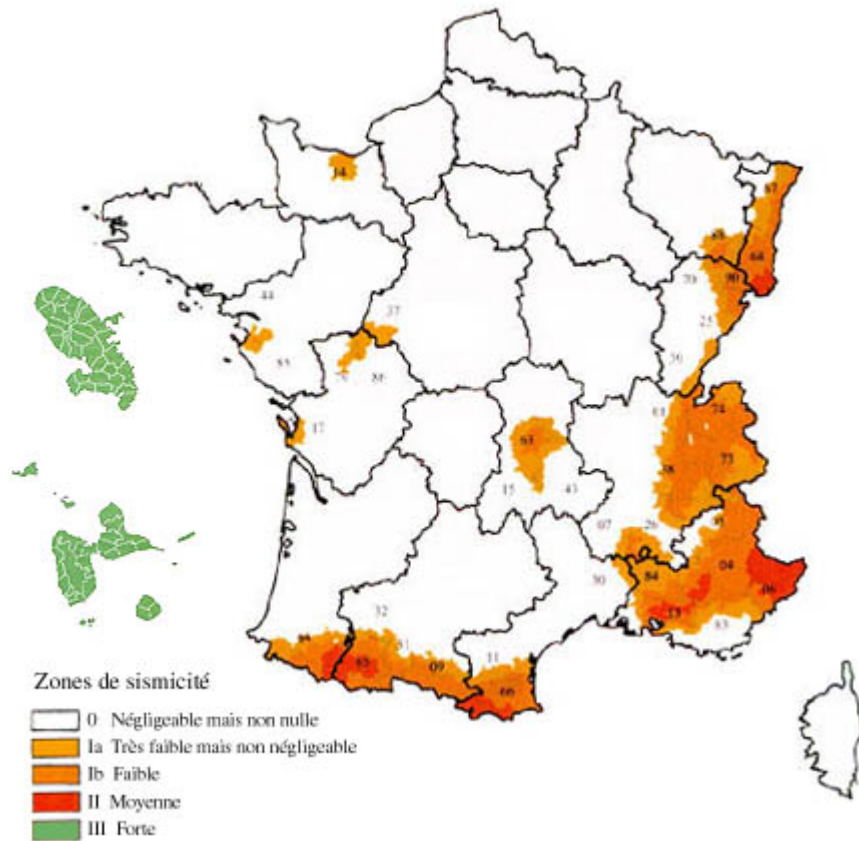


Figure 14 Carte d'aléas sismique de la France et des DOM (source Plan Seisme)

3.1.4 Interaction de l'ouvrage avec l'environnement

3.1.4.1 Fonction principale du système

D'après le chapitre 3.1.2, on retiendra comme fonction principale du système d'amener et de retenir les eaux du système du Grand Campagnolle pendant les crues, puis de se vidanger après décrue.

3.1.4.2 Fonctions de contraintes

Les fonctions de contrainte sont obtenues en examinant les interactions entre les milieux extérieurs et les ouvrages composant le système. L'ensemble des fonctions de contraintes identifiées dans cette étude est présenté ci-dessous.

L'identification des fonctions de contrainte permet notamment de faciliter la décomposition structurelle en composants et sous-composants du système.

Milieux extérieurs	Fonctions de contrainte
Environnement lié à l'eau	Résister aux sollicitations hydromécaniques (érosion des berges)
	Préserver les voies de retour des eaux vers le cours d'eau
	Ne pas aggraver la situation en aval par apports d'eau supplémentaires
Environnement à proximité de l'ouvrage	Résister aux actions de vandalisme
Météorologie	
<i>Soleil, température, vent :</i>	Résister à l'action du soleil (altération des matériaux)
	Résister aux déformations dues aux gradients thermiques
	Résister à l'action érosive du vent
<i>Précipitations :</i>	Résister à l'action érosive des précipitations
Événements extérieurs exceptionnels	
<i>Crues</i>	Protéger contre les chocs des corps flottants transportés lors des crues
	Amener l'eau et la retenir dans le bassin
	Résister aux sollicitations exceptionnelles provoquées par les crues
<i>Séismes</i>	Résister aux sollicitations exceptionnelles provoquées par les séismes

Tableau 1 Fonctions de contraintes

3.1.5 Analyse ou décomposition structurelle

L'analyse structurelle permet de lister tous les composants du système, de repérer leur position physique au sein de l'ouvrage et de déterminer les interactions avec les autres composants.

La décomposition est réalisée selon les niveaux suivants de granularité :

- **Granularité globale (Éléments)** comportant 1 système identifié : les digues, le déversoir, la vidange
- **Granularité intermédiaire (Composants)** qui distingue les sous-systèmes suivants : corps de digue, fondations, ...

Pour chaque sous-système, les différentes possibilités de défaillance sont évaluées, avec leur(s) cause(s) et leur(s) conséquence(s).

L'ensemble de ces informations est synthétisé dans le tableau suivant :

Eléments		Composants		Analyse du mode de défaillance			Concerné compte tenu des dispositions
Système	Fonction	Composant	Fonction	Défaillance	Cause	Effet sur l'ouvrage	
Digues	Contenir les eaux dans le bassin de rétention	Bêches	Assurer la protection contre les risques d'affouillement en pied du mur inférieur	Déchaussement	Afouillement	Brèche	OUI
		Crêtes de digues	Assurer une revanche de 50 cm minimum par rapport à la crue de projet	Rupture	Erosion	Brèche	OUI
		Corps de digue	Assurer la stabilité de la digue.	Rupture	Risque sismique	Brèche	OUI
			Résister aux agressions externes (chocs, embâcles,...)	Rupture	Erosion	Brèche	OUI
				Rupture	Glissement	Brèche	NON
		Noyau étanche (si nécessaire)	Assurer l'étanchéité de la digue	Percée	Mauvaise conception / fousseurs	Favorise fortement l'érosion, donc les brèches	NON
Grillage anti-fouisseur	Empêche le creusement de terriers dans le corps de digue	Coupure partielle	Usure	Favorise l'érosion, donc les brèches	OUI		
Déversoir	Amener l'eau du Grand Campagnolle en crue dans le bassin	Bêches	Assurer la protection contre les risques d'affouillement en pied du mur inférieur	Déchaussement	Afouillement	Brèche	OUI
		Crêtes de digues	Permettre le déversement	Obstruction	Action humaine	Limite la débitance de l'ouvrage	OUI
			Protéger le corps de digue	Rupture	Erosion	Brèche	OUI
		Corps de digue	Assurer la stabilité de la digue.	Rupture	Risque sismique	Brèche	OUI
			Résister aux agressions externes (chocs, embâcles,...)	Rupture	Erosion	Brèche	OUI
				Rupture	Glissement	Brèche	NON
Parement aval	Protéger le parement aval de l'érosion	Rupture	Défaillance grillage	Brèche	OUI		
Vidange "haute"	Evacuer les eaux du bassins après les crues	Conduite	Guider les eaux à travers le corps de digue	Obstruction	Envasement	Ecrêtement empêché, pressions prolongées sur les	OUI
		Pertuis d'entrée	Contrôler le débit de vidange	Obstruction	Embâcle		
		Fosse de dissipation en sortie	Réduire les vitesses des écoulements en sortie d'ouvrage	Rupture	Erosion régressive	Rupture de digue	OUI
Vidange "basse"	Evacuer les eaux du bassins après les crues	Conduite	Guider les eaux à travers le terrain naturel	Obstruction	Envasement	Vidange complète du bassin empêchée	Non

Tableau 2 Analyse fonctionnelle du bassin

Remarque : la vidange ne traverse pas le corps de digue mais les fondations et le terrain naturel en aval, elle ne peut donc pas causer de rupture.

3.2 CONCLUSION SUR L'ANALYSE FONCTIONNELLE

L'analyse fonctionnelle a permis l'obtention et la formalisation des informations concernant le fonctionnement du bassin d'écrêtement des crues du Grand Campagnolle.

Les acquis de cette analyse peuvent se résumer en :

- une description précise du système de protection contre les inondations, des ouvrages qui composent ces systèmes et des composants de ces ouvrages,
- une identification des liens entre ce système et les milieux extérieurs,
- une liste des fonctions globales du système et des fonctions de conception retenues de chaque ouvrage ainsi que de ses composants.

Ces informations obtenues par l'analyse fonctionnelle vont servir pour qualifier et quantifier la Sûreté de Fonctionnement du système via:

- une analyse des Modes de Défaillances et de leurs Effets (AMDE) ;
- un arbre d'Événements.

L'étude de la Sûreté de Fonctionnement fait l'objet du chapitre 8.

4 PRÉSENTATION DE LA POLITIQUE DE PRÉVENTION DES ACCIDENTS MAJEURS ET DU SYSTÈME DE GESTION DE LA SÉCURITÉ (SGS)

4.1 GESTION DE CRISE : PCS D'AUBORD

La commune d'Aubord dispose d'un PCS (Plan Communal de Sauvegarde) établi en 2005 par *BRL et Prédic*t et actualisé par la commune en 2008. L'organisation générale est donnée page suivante.

La vigilance au risque inondations est déclenchée d'après les informations de MétéoFrance. Les observations des niveaux du Campagnolle dans la commune peuvent également déclencher le Plan d'Intervention Gradué existant.

Le SPC peut alerter pour les inondations par le Vistre.

Le PCS contient la liste et les coordonnées téléphoniques des ERP (établissements recevant du public) et des habitations concernés, afin d'alerter les personnes et de sécuriser les ERP, notamment ceux recevant un public vulnérable (écoles et crèches). Les accès routiers dangereux pour la circulation sont bloqués. Les descriptifs de ces différentes procédures sont l'objet de la fiche n°4 du PCS. Les intervenants sont nommés avec leur coordonnées en fiche n°5.

Intégration du bassin de rétention au plan de gestion de crise :

Le bassin écrêteur de crue diminue la gravité des inondations et non leurs fréquences. En termes de sécurité pour les personnes, le PCS ne doit pas être modifié dans le sens d'une diminution des mesures prévues. En effet, le bassin n'affecte qu'une plage de crues restreintes, et, en situation d'alerte et de crise, pour le Campagnolle, on ne peut pas anticiper la gravité de la crue et l'effet du bassin sur celle-ci, il faut donc prendre les mêmes mesures que s'il n'y avait pas de bassin.

Le bassin a pour principal intérêt de réduire modestement les risques pour les personnes et les biens, et ne doit pas occasionner de diminution de la vigilance par rapport au risque inondation.

Dans le cadre du suivi et de l'entretien du bassin, il sera important d'observer son fonctionnement en crue afin de vérifier son bon fonctionnement et sa bonne tenue structurelle, sous réserve de ne prendre aucun risque inconsidéré. La formation d'une brèche peut être facilement observée, et son annonce permettra de renforcer les mesures en place avant que la brèche ne s'ouvre complètement. Comme on le verra au chapitre 8, **la formation d'une brèche engendrerait une légère augmentation du nombre de bâtiments inondés pour la crue centennale. Les personnes concernées seront à ajouter à liste du PCS afin d'anticiper tout dysfonctionnement.**

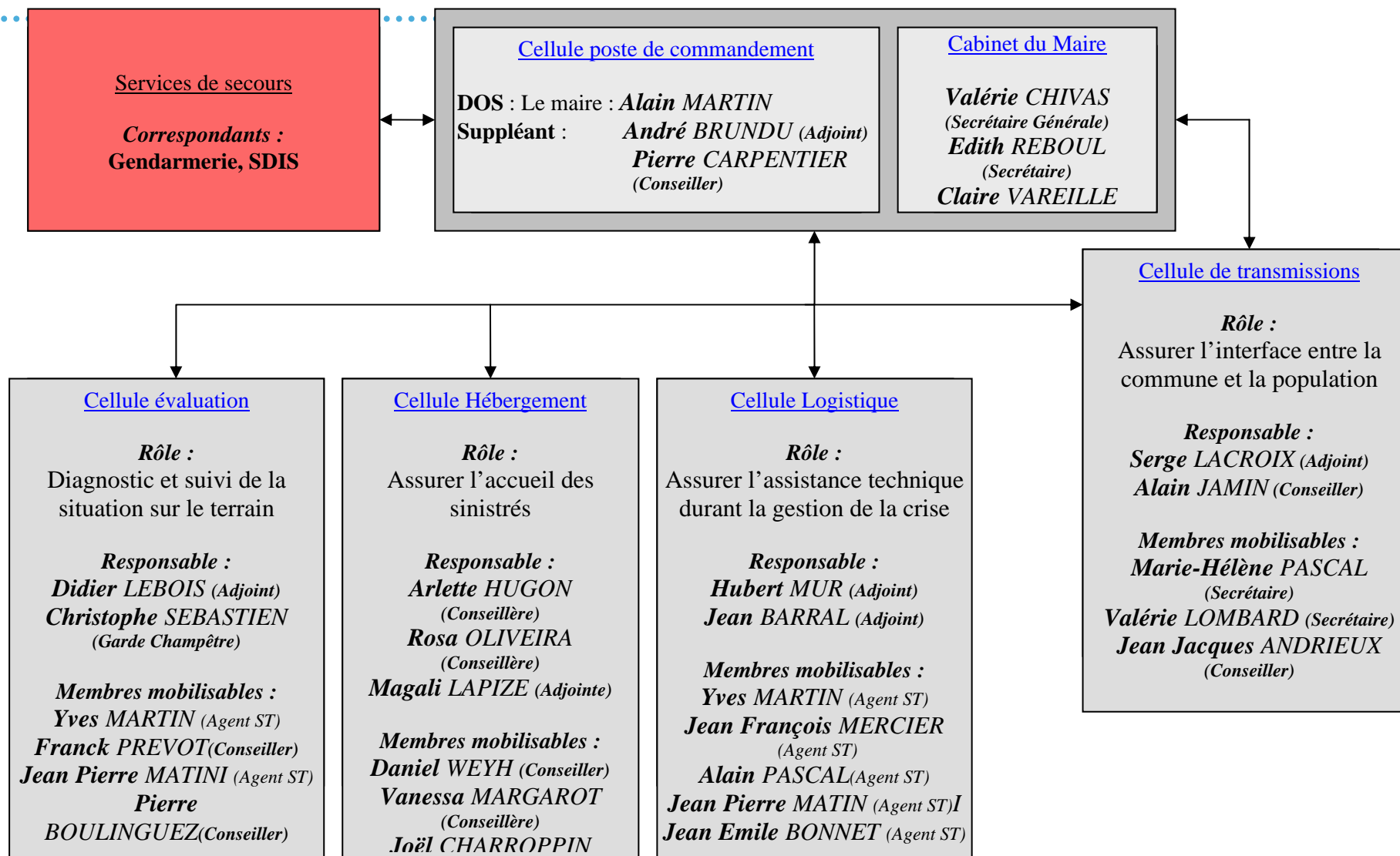


Figure 15 Organisation adoptée en cas de crises

4.2 EXPLOITATION, ENTRETIEN ET SURVEILLANCE DE L'OUVRAGE

4.2.1 Exploitation et entretien de l'ouvrage

Le gestionnaire étant responsable de la sécurité de son ouvrage, il doit en assurer l'entretien. Cet entretien consistera à :

- empêcher le développement d'arbres à racines profondes sur le parement et en pied de digues, afin conserver une bonne tenue des digues ainsi qu'une bonne observation ;
- surveiller l'évolution des différents dispositifs non naturels (grille, enrochements, béton) ; relever les dégradations naturelles ou accidentelles ; rétablir les qualités originelles de ces dispositifs si elles ne sont plus satisfaisantes.

Un suivi et un entretien régulier permettent :

- de bien connaître l'état et l'évolution des digues ;
- de repérer les points de faiblesses, et conséquemment de prévenir les défaillances à coût modique, nettement inférieur aux dommages que cette défaillance causerait tôt ou tard.

Ainsi, une visite régulière des digues et après chaque événement pluvieux notable sera préconisée dans le cadre de la mise à jour du PCS d'Aubord.

4.2.2 Instrumentation et surveillance de l'ouvrage

4.2.2.1 Instrumentation de l'ouvrage

Une échelle limnimétrique sera implantée dans le bassin afin de vérifier son remplissage lors des crues et également de pouvoir s'assurer que la vidange s'effectue à une vitesse normale.

La hauteur maximale en crue devra être relevée lors de la visite post crue et intégrée au rapport d'auscultation à fournir tous les 5 ans.

4.2.2.2 Surveillance visuelle en crue

L'inspection en crue a pour objectif de répertorier les désordres, les endroits où l'ouvrage est fortement sollicité afin d'en déduire ses faiblesses. Les désordres possibles sont autant d'ordre hydraulique (charge, surverses, courants forts, vagues, turbulences) qu'interne (circulation d'eau ou au travers de la digue, pression interstitielle, etc...). Associés aux observations de l'état de la digue « à sec », ces renseignements permettent de décider de consolider la digue par endroits, de suivre plus précisément certains secteurs, etc...

Il convient de surveiller plus spécifiquement le déversoir d'alimentation et la vidange.

La surveillance visuelle en crue permet aussi d'alerter sur des risques imminents de défaillance et de prendre des mesures d'urgence au besoin (dépôt d'enrochements, extraction de matériaux, etc...). Néanmoins, la surveillance et l'intervention sur les digues lors de crue ne doit pas exposer les personnes concernées à de trop grands dangers.

4.2.2.3 Contrôle de la végétation

Contrôler la végétation consiste à empêcher la pousse d'arbres et d'arbustes sur le corps de digue et en pied de digues, ceci afin

- d'éviter que les racines n'affaiblissent le corps de digue ;

- que les animaux soient moins enclin à s'installer dans le corps de digue ;
- que l'intégralité de la digue soit facilement visible et accessible.

Les pousses de haute tige seront systématiquement coupées avant leur première année.

4.2.3 Organisation des visites techniques

4.2.3.1 Généralités

A- Le gestionnaire

Le gestionnaire de l'ouvrage devra effectuer les visites suivantes :

- visite technique approfondie (VTA) (conformément aux recommandations de l'IRSTEA¹), tous les 10 ans ;
- visite de surveillance post-crue (VSPC) ou à un événement majeur (séisme);
- visite de surveillance programmée (VSP).

Avant chaque visite, le Maître d'Ouvrage doit prévenir et inviter à y participer le Service de Contrôle des Dignes et le service de Police de l'Eau.

Lors des visites est requise une inspection visuelle pédestre des corps de digue, par cheminement sur la crête et les pieds amont et aval. Le Maître d'Ouvrage s'engage à assurer l'accès aux ouvrages pour chaque visite.

Après chaque visite, le maître d'ouvrage restituera ses observations et conclusions dans le *rapport de surveillance* qui devra remettre aux représentants de la commune et aux services compétents de la préfecture tous les 5 ans.

B- Les visites

Les visites d'inspection ont pour objet principal d'assurer une détection précoce des désordres susceptibles d'affecter les ouvrages. L'intégralité du linéaire doit donc être inspectée à pied; toutes les observations attestant d'un désordre ou d'une présomption de désordre doivent être répertoriées, intégrés dans des fiches adaptées aux ouvrages et accompagnées de photographies, géographiquement repérées par la localisation au point métrique de la digue, et datées.

L'état des ouvrages doivent faire l'objet d'une fiche même si l'état général est bon et ne laisse pas présager de désordre. Ces points spécifiques requièrent un suivi régulier et une excellente connaissance de l'évolution et du vieillissement des ouvrages : aussi ces informations seront utiles le jour où il s'avèrera nécessaire de conforter, de détruire ou remplacer ces ouvrages.

Les principaux **désordres** à relever sur les **dignes en terre** sont les suivants :

- désordres structuraux : ils se traduisent par un affaissement du sol, la présence de fontis, de terriers, et attestent d'une fragilisation de la digue ;
- affouillements et marques d'érosions : généralement situées lors du resserrement de la section du lit mineur ou en extrados de virage, elles se traduisent, en pied de digue, par une fosse, et, sur les parements, par un raidissement du talus ainsi qu'une végétation moins développée.

Les principaux **désordres** à relever sur les **ouvrages en dur** sont les suivants :

¹ IRSTEA (Institut national de Recherche en Sciences et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture) Anciennement CEMAGREF

- désordres structuraux : ils se manifestent par l'apparition de fissures, la mise à nu du ferrailage pour les structures en béton armé, une coloration anormale du béton généralement accompagnée d'un effritement du matériau. Les fissures sont souvent dues à un tassement différentiel de la fondation ; une dégradation du béton en lui-même provient de réactions physico-chimiques.
- affouillements : ils se manifestent par la formation d'une fosse au pied ou à l'exutoire de l'ouvrage.

Important : Si des désordres nécessitant des réparations ou un examen approfondis sont relevés, il est préférable d'obstruer le déversoir d'alimentation afin d'éviter de remplir le bassin jusqu'à ce que le désordre soit réparé ou déclaré bénin.

4.2.3.2 Déroulement des visites

A- Les visites consécutives à une crue ou un événement majeur ou visites de surveillance Post-crue (VSPC)

Les visites post-crues servent à apprécier les dégâts conséquents à une crue afin de renseigner sur le fonctionnement de la digue en crue. En outre, selon les désordres observés, un programme d'intervention d'urgences peut être initié afin de résorber les plus graves dommages causés par la crue.

Une visite de contrôle sera nécessaire suite aux éventuels séismes.

Cette visite doit être effectuée par le maître d'ouvrage après chaque crues ayant sollicité les ouvrages. Un rapport de visite de surveillance post-crue doit être réalisé et transmis au Préfet.

B- Les visites de surveillance programmée (VSP)

La visite de surveillance programmée reprend les rapports précédents, les rapports de la visite de surveillance Post-crue et de la visites technique approfondie et suit le protocole des visites d'inspection.

Un rapport de visite de surveillance programmée doit être mis à jour au fur à mesure des visites et transmis au Préfet tous les 5 ans.

C- Les visites techniques approfondies

Les visites techniques approfondies (VTA) suivent le même protocole que la visite d'inspection. Par contre, une analyse technique et une interprétation des observations est aussi effectuée afin de juger de la pérennité des digues et des ouvrages ainsi que des risques d'aggravation.

Le compte-rendu de la visite comprend donc, en plus des observations, une note technique d'analyse de l'impact des désordres répertoriés et des suites à donner en matière de surveillance, d'entretien, d'auscultation et de confortement.

La note technique peut soumettre des modifications à apporter aux protocoles de gestion et de surveillance des ouvrages.

Cette visite doit être effectuée par le maître d'ouvrage ou un prestataire agréé tous les 10 ans.

4.2.3.3 Examen technique dans le cadre d'une revue de sûreté

La classe des aménagements ne nécessite pas l'établissement d'une revue de sûreté.

4.2.3.4 L'entretien, la surveillance et le suivi de l'ouvrage

L'entretien et le suivi de l'ouvrage seront à la charge du propriétaire de l'ouvrage, soit la mairie d':



Le maître d'ouvrage devra définir et formaliser les procédures de suivi, d'entretien, de visite et de prise en compte du retour d'expérience lié aux observations post-crués. Ces procédures devront *ad minima* suivre les prescriptions indiquées dans ce document.

5 IDENTIFICATION ET CARACTÉRISATION DES POTENTIELS DE DANGERS

5.1 DANGERS INTERNES AU SYSTÈME

5.1.1 Phénomènes de rupture de digue probable

Dans ce paragraphe sont listés les différents modes de rupture des digues.

Bien que le dimensionnement des digues prenne en compte tous ces modes de rupture, les digues, comme tout ouvrage, vieillissent et s'affaiblissent, et des crues plus fortes que la crue de dimensionnement des digues peuvent survenir. Ainsi, lors de chaque revue technique, ce mode de défaillance doit être étudié avec soin.

Les différents modes de ruptures possibles pour les digues en terre sont les suivants :

Glissement aval durant la mise en charge :

- une rupture par un glissement horizontal sous l'effet de la poussée hydrostatique des eaux d'inondations ;
- une rupture selon un cercle ou un plan de glissement par diminution de la résistance aux contraintes de cisaillement du remblai.

Glissement amont après vidange

Érosion interne :

- boulanges ;
- suffusion ;
- érosion régressive ;
- débouillage ;
- dissolution.

Érosion du parement ou du pied de digue aval :

En cas de surverse, les eaux de débords peuvent entraîner des matériaux sur le parement aval ou affouiller le pied de digue aval. Si la surverse est suffisamment violente et suffisamment longue, cela peut conduire à la rupture de la digue. Sinon, cela fragilisera toujours la digue dans des proportions plus ou moins graves, auquel cas cela s'observera lors de la visite consécutive à la crue.

Remarque : l'affouillement du pied de digue amont n'est pas possible pour les digues, car le bassin se remplit avec de faibles vitesses.

Tous ces phénomènes peuvent se cumuler.

5.1.2 Dysfonctionnement d'organes internes

Obstruction de la vidange :

La vidange peut s'obstruer par accumulation de dépôts avec le temps. Le bassin devrait être contrôlé après chaque crue, ce qui permettra de détecter rapidement ce dysfonctionnement et d'y remédier. Rappelons que la vidange principale est visitable tandis que la vidange secondaire est hydrocurable.

Érosion régressive à l'aval de la vidange :

En cas de survitesses ou de défaut de la fosse de dissipation en sortie de la vidange, un phénomène d'érosion régressive peut survenir qui saperait progressivement le pied du parement aval. Un tel dysfonctionnement entraîne la rupture de la digue.

Érosion interne du corps de digue au droit de la vidange :

L'interface entre la conduite de vidange et le corps de digue est fréquemment moins bien compacté que le reste du remblai. C'est un chemin privilégié pour les écoulements, ce qui favorise l'érosion interne. En cas de preuves de cette érosion interne (écoulements observés en crue ou à la décrue, présence de fontis en crête du corps de digue), une expertise de l'état de la digue au droit de la vidange sera à effectuer pour savoir comment réagir. La sûreté du bassin n'étant pas avérée dans ce cas-là, le déversoir doit être obstrué.

Rupture du déversoir de sécurité :

Le déversoir peut rompre des mêmes façons que les digues avec un risque d'érosion régressive du parement ou du pied de digue aval.

Obstruction du déversoir de sécurité :

Le déversoir de sécurité peut être obstrué soit partiellement par des embâcles, soit totalement par l'homme. Dans les deux cas, ce dysfonctionnement empêche la réalisation de la fonction écrêtement du bassin.

5.2 DANGER DE PROVENANCE EXTERNE AU SYSTÈME

5.2.1 Survenance d'un débit dépassant le débit de projet

Si une crue trop importante survient (cas de surcharge), les digues peuvent surverser et porter un danger induit. La gravité de ce danger croît avec l'ampleur du dépassement du débit de projet, mais devient aussi de moins en moins probable.

La crête des digues est dimensionnée pour qu'il y ait 50 cm de revanche par rapport au niveau d'eau dans le bassin pour une crue d'occurrence 10 000 ans. Le risque de dépassement du débit de projet est donc extrêmement faible et ne sera pas considéré.

5.2.2 Embâcles

Les embâcles, constitués principalement de troncs d'arbres, de grosses souches, de débris, obstruent partiellement le lit mineur, et donc augmentent les niveaux d'eau et constituent ainsi un risque important en cas de crue. Un entretien régulier consistant à évacuer le bois mort et à évacuer les déchets de taille importante limite l'apparition d'embâcles, sans toutefois l'empêcher.

Le suivi visuel lors des crues permet d'intervenir en urgence en cas de formation d'embâcles, mais il est alors préférable d'agir vite, avant que le barrage ne grossisse avec l'arrivée d'autres matériaux.

Les arbres présents dans le lit mineur peuvent initier la formation d'embâcles. La photographie suivante montre un exemple d'arbres en lit mineur pouvant favoriser la formation d'embâcles :



Figure 16 Arbres dans le lit mineur favorisant les embâcles à l'amont de l'emplacement prévu pour le déversoir

A noter qu'en cas d'embâcle sur le déversoir d'alimentation du bassin, les performances de laminage du bassin seront altérées, mais ce dysfonctionnement ne constitue pas un cas de surcharge des digues.

5.2.3 Dépôt solide

Un dépôt solide à proximité du déversoir entraînerait une augmentation des niveaux d'eau à l'amont du déversoir et donc dans le bassin.

Actuellement, il n'a pas été fait état de tendance significative du cours d'eau au dépôt ou à l'érosion. Par contre, le bassin est prévu pour fonctionner après réalisation de la voie LGV, située juste en amont du déversoir d'alimentation. L'ouvrage de traversée de la LGV au dessus du grand Campagnolle, bien qu'il ait été dimensionné de façon à minimiser les impacts lors des crues centennales et exceptionnelles, génèrera une augmentation des vitesses au droit du pont. Pour les crues très fortes (supérieures à la centennale), il faut s'attendre à ce que la remontée de la ligne d'eau causée par l'ouvrage de traversée génère beaucoup de dépôt à l'amont de l'ouvrage, et donc de l'érosion sur un long linéaire à l'aval de l'ouvrage. Il n'y a donc pas à craindre de dépôts. Pour les crues fréquentes, l'ouvrage de transparence est quasiment transparent et les dépôts éventuels ne sont pas préjudiciables à la stabilité du bassin.

Le risque de dépôt solide est donc écarté. L'évolution du lit doit être néanmoins suivie après chaque crue morphogène pour s'assurer qu'aucune dynamique imprévue ne survienne.

5.2.4 Malveillance et riverains

La probabilité d'occurrence d'actes de grande malveillance du type terrorisme, sera supposée négligeable.

Un accident de type routier est supposée négligeable car la seule voie carrossable longeant les digues ne permet pas d'atteindre des vitesses élevées.

Enfin, il est possible que des personnes obstruent le déversoir, ce qui aurait pour effet d'empêcher l'écrêtement des crues. Ce risque n'est pas étudié par la suite. Il n'est pas possible de l'évaluer, et les conséquences sont moins graves que celles générées par les autres défaillances.

5.2.5 Faune - Flore

La faune

Les différents animaux fouisseurs, par la réalisation de galeries et d'habitats au cœur de l'ouvrage, peuvent déstabiliser une digue. Les talus des digues seront protégés par la mise en place de grillages anti-fouisseurs

La flore

Le développement de la végétation, à défaut d'entretien, crée des axes découlements au niveau des racines qui, à terme, fragilise la tenue de la digue. Aucune haute tige ne sera maintenue sur les digues

6 CARACTÉRISATION DES ALÉAS NATURELS

6.1 SÉISME

Cf. 3.1.3.3

6.2 PRÉCIPITATIONS ET PHÉNOMÈNES DE CRUE

6.2.1 Pluviométrie

Les pluies de bassin théoriques sont issues de **l'étude hydraulique préalable au PPRi (BRLi pour la DDTM, 2010) pour la zone Moyen Vistre Aval Sud** couvrant les bassins du Rieu et du Campagnolle.

Remarque : Ces pluies ont été construites selon les étapes suivantes :

- Statistiques sur les pluies maximales journalières aux postes Météo France du bassin du Vistre (ajustement par la loi GEV),
- Application du coefficient de Weiss de 1.14 pour passer des quantiles de pluies journalières aux quantiles de pluies maximales en 24 heures,
- Utilisation de la loi de Montana établie pour la station de Nîmes-Courbessac pour l'estimation des quantiles de pluies horaires,
- Spatialisation par la méthode des polygones de Thiessen,
- Application du coefficient d'abattement spatial de la formule régionale suivante : $K = 1 / (1 + 0.02 * S^{0.5} / ((1/T)^{0.07} * d^{0.33}))$ avec S la superficie du BV en km², d la durée de la pluie en h et T la période de retour en ans (source : Neppel, 2003),
- Construction d'un hyétogramme pour une durée de pluie totale égale à 3 fois le temps de concentration (Kirpich) et discrétisée selon la méthode SCS (cf. 1.3.1).

Le tableau ci-après synthétise les caractéristiques des pluies de bassins réelles et théoriques de durée 1, 2, 3, 6, 12 et 24 heures.

Type de pluie					
	t=1h	t=3h	t=6h	t=12h	t=24h
T = 2 ans	23	40	49	59	71
T = 5 ans	24	73	85	99	115
T = 10 ans	30	96	112	130	150
T = 20 ans	36	125	145	167	194
T = 40 ans	44	161	186	214	247
T = 100 ans	56	223	257	296	340

Tableau 3 Cumul des pluies de bassins théoriques en mm

Différentes durées de pluie (avec les cumuls correspondants) seront étudiées afin d'analyser le comportement du bassin et du Grand Campagnolle en fonction de la durée et de l'intensité de la pluie.

6.2.2 Hydrométrie

Aucune donnée hydrométrique n'est disponible sur les Grand et Petit Campagnolle.

6.2.3 Évaluation théorique des débits

Dans le **Schéma d'aménagements hydraulique et de protection des zones habitées contre les inondations – Communes d'Aubord et de Générac, Phase 2, BRLi**, les débits de pointe retenus sont les suivants :

Désignation \ Occurrence de la crue	2 ans	5 ans	10 ans	20 ans	40 ans	100 ans
Le Grand Campagnolle à la voie ferrée LGV (juste avant le bassin)	10.1	15.8	20.1	39.4	68.6	127.5
Le Petit Campagnolle à la voie ferrée LGV	4.2	6.5	8.3	16.4	28.1	50.5

Tableau 4 Débits de pointe des bassins versants

Ces débits de pointe ont été calculés par application de la méthode du SCS (Soil Conservative Service).

6.2.4 Transport solide et zones d'érosion

La mise en œuvre du bassin de laminage en parallèle du Grand Campagnolle aura un effet marginal et réversible sur le transport solide du Campagnolle.

Dans la gamme de crue où le bassin modifie significativement l'hydrogramme de crue (20 ans < T < 40 ans), de faibles atterrissements temporaires et localisés pourront apparaître, au cours de la dynamique d'une crue, en aval du déversoir d'alimentation. Le fait de négliger ces atterrissements dans l'alimentation de la retenue conduit à sous estimer (à la marge) la répartition des débits vers le bassin par rapport à la rivière. Ces atterrissements sont mobilisables en cas de crue majeure, donc ils participeront à la dynamique alluviale.

6.2.5 Hydrogéomorphologie

La carte suivante illustre l'évolution du tracé du lit entre le milieu du 19^{ème} siècle et aujourd'hui :

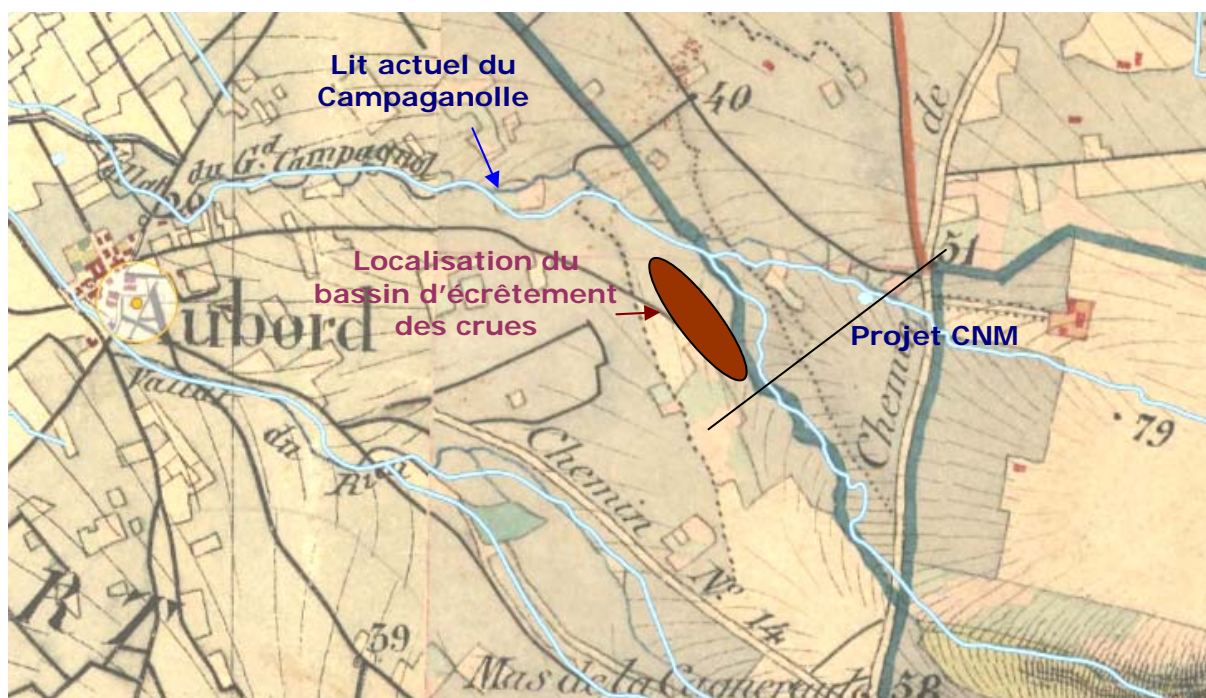


Figure 17 : Extrait de la carte de l'état major (1820 – 1866) (source : Géoportail)

La configuration du lit du Campagnolle fait que, dans la situation avant projet CNM :

- lors des crues courantes, les méandres se développent (érosion en extrados et dépôt en intrados) ;
- lors des fortes crues, les vitesses deviennent importantes et favorisent par érosion un effacement des méandres et une augmentation de la pente.

Après réalisation du projet CNM, le lit du Grand et du Petit Campagnolle seront fixés au niveau de leurs ouvrages de franchissement, au droit de la LGV et de la RD 135, ce qui réduira le dynamisme morphologique de la rivière.

La carte page suivante regroupe les résultats de l'analyse hydrogéomorphologique effectuée par **BRLi** dans le **Schéma d'aménagement hydraulique et de protection des zones habitées contre les inondations – Communes d'Aubord et de Generac**.



  Communes d'Aubord et de Gènerac

**SCHEMA D'AMENAGEMENT
HYDRAULIQUE ET DE PROTECTION
DES ZONES HABITEES CONTRE LES INONDATIONS**

Carte 2a:
Carte de l'approche hydrogéomorphologique
et des inondations historiques sur la commune d'Aubord

Fond : Cadastre
Echelle : 1 / 7 500
Date : Aout 2010

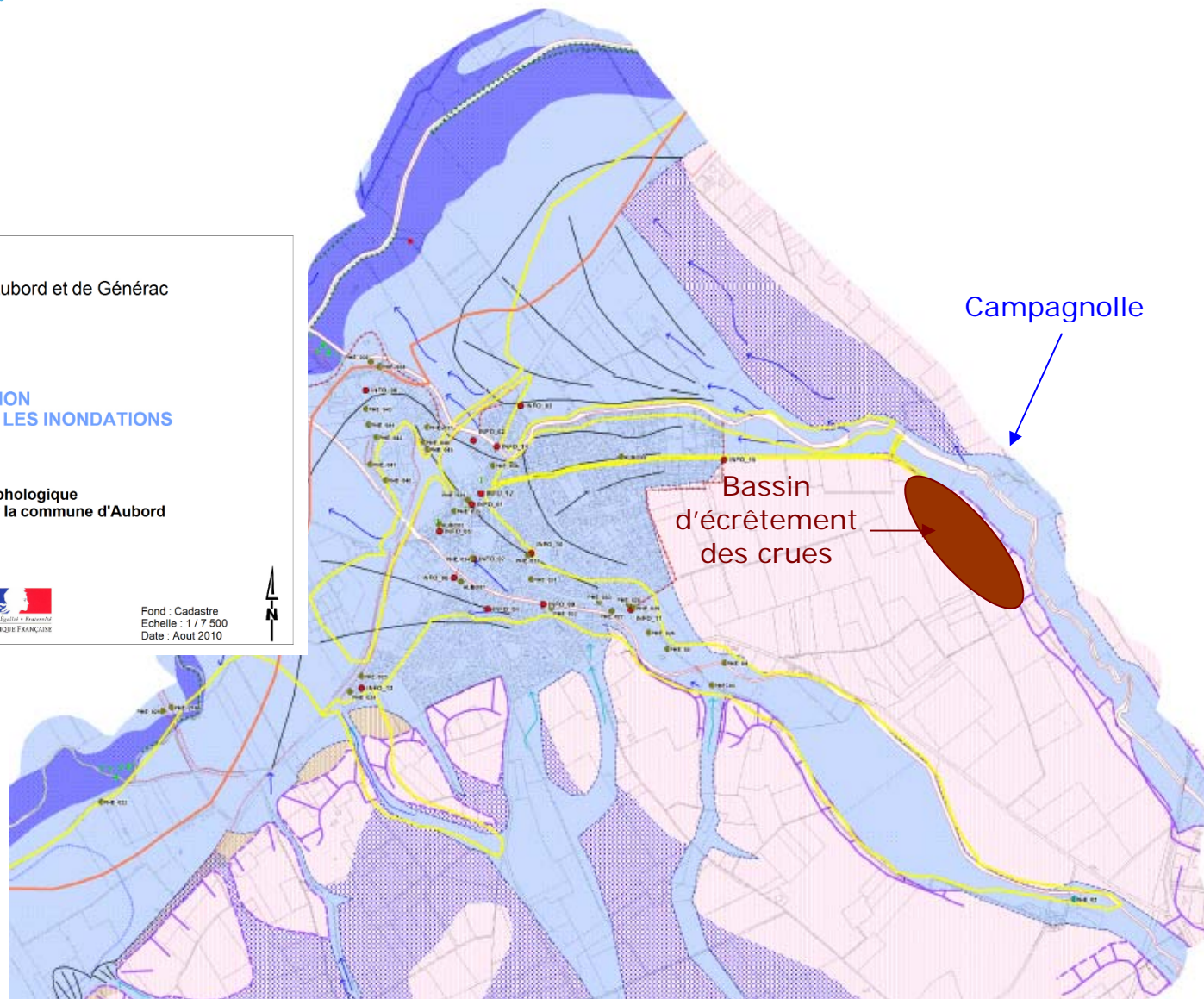


Figure 18 Hydrogéomorphologie à Aubord

7 ETUDE ACCIDENTOLOGIQUE ET RETOUR D'EXPÉRIENCE

7.1 HISTORIQUE DES TRAVAUX

L'ouvrage étant entièrement créé, aucun travail n'a encore été effectué. Le lit mineur n'a pas non plus subi d'aménagement particulier pouvant influencer l'ouvrage.

7.2 HISTORIQUES DES CRUES

Le tableau suivant regroupe l'historique des crues depuis 1951. Le rang indique le classement de la crue en termes pluviométriques. L'occurrence donnée est celle de la pluie, et non celle du débit¹ Ces données sont issues du **Schéma d'aménagement hydraulique et de protection des zones habitées contre les inondations – Communes d'Aubord et de Generac, de BRLi.**

Date	Pj (mm)	P24h (mm)	T (ans)	Rang
18/11/1951	49.2	56.1	T < 2	11
02/10/1973	144.0	164.2	10 < T < 20	4
03/03/1974	70.0	79.8	T < 2	9
11/02/1987	115.0	131.1	5 < T < 10	7
23/08/1987	55.0	62.7	T < 2	10
03/10/1988	12.0	13.7	T < 2	15
20/10/1994	135.0	153.9	10 < T < 20	6
04/09/1998	38.0	43.3	T < 2	13
20/10/1999	141.0	160.7	10 < T < 20	5
09/09/2002	46.0	52.4	T < 2	12
22/09/2003	280.0	319.2	100 < T < 500	2
01/12/2003	98.0	111.7	2 < T < 5	8
27/10/2004	31.2	35.6	T < 2	14
06/09/2005	298.0	339.7	100 < T < 500	1
08/09/2005	199.2	227.1	20 < T < 50	3

Tableau 5 Historique des crues à Aubord

¹ le bassin versant du Grand Campagnolle étant petit, une pluie courte et intense, de faible occurrence sur ce tableau, peut générer des débits bien plus importants qu'une pluie avec un cumul plus important mais une intensité moindre

Ces crues n'ont pas inondées l'emprise occupée par le bassin.

Les données issues de ces crues ont permis de valider les modèles numériques d'études hydrauliques effectuées pour l'établissement du PPRi en cours (par BRLi) et pour le dimensionnement du bassin d'écrêtement des crues (Safège, Etude Avant-Projet d'un bassin écrêteur de crue sur le Grand Campagnolle).

7.3 INCIDENTS SPÉCIFIQUES

Le seuil incident notable est la présence de nombreux arbres dans le lit majeur du Grand Campagnolle qui sont mobilisés lors des crues et peuvent constituer des embâcles.

8 IDENTIFICATION ET CARACTÉRISATION DES RISQUES EN TERMES DE PROBABILITÉ D'OCCURRENCE, D'EFFETS, ET DE GRAVITÉ DES CONSÉQUENCES

8.1 DESCRIPTION ET PRINCIPES DE LA MÉTHODOLOGIE UTILISÉE

L'évaluation de la sûreté de fonctionnement s'effectue en deux étapes.

La **première étape** est l'estimation de la criticité des différents scénarios de défaillance. La **deuxième étape** est l'analyse hydraulique (par modélisation numérique) des scénarios de défaillance jugés les plus critiques.

La criticité d'un scénario correspond au croisement de la probabilité de survenance dudit scénario et des enjeux impactés par cette défaillance. Ainsi, une défaillance probable peut être peu critique si elle ne menace ni personnes ni biens. A contrario, il peut être intéressant d'analyser une défaillance peu probable mais concernant bon nombre de personnes (comme par exemple la survenance d'une crue dépassant la crue pour laquelle ont été dimensionnées les digues) ; cela permet de mieux apprécier les enjeux en cas de situation extrême, d'entretenir la mémoire du risque, etc... Les enjeux d'une défaillance sont estimés à dire d'expert (ils sont analysés plus précisément pour les scénarios de défaillances les plus critiques). Le calcul des probabilités s'effectue suivant un arbre d'événements des différents scénarios possibles de défaillance. L'objectif du calcul de probabilités est double : donner des chiffres appréciables concrètement sur l'état de la digue, et différencier les différents éléments de la digue (notamment les tronçons) afin de pointer les secteurs sensibles, les défaillances nécessitant une vigilance particulière, etc...

8.2 ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE ET LEURS EFFETS (AMDE)

L'inventaire des défaillances possibles effectué au chapitre 5 conduit à analyser plus en détail les défaillances suivantes :

- la formation de brèches dans les digues ;
- la formation d'embâcles dans le lit mineur ;
- la rupture du déversoir ;
- l'obstruction de la vidange.

Les défauts de conception et de construction ne sont pas retenus, les ouvrages étant supposés conçus et construits selon les règles de l'art. Le génie civil devrait donc se comporter de façon optimale. De même, des dispositions sont prises pour assurer une parfaite exécution des travaux avec un suivi minutieux.

L'AMDE considère chaque composant du système, analyse ses modes de défaillance possibles et précise leurs effets sur le système global.

8.2.1 Principe et démarche générale

Les étapes suivies pour cette AMDE sont les suivantes :

- une Analyse Fonctionnelle du système (chapitre 3) ;
- la recherche systématique des modes de défaillance et de leurs causes ;
- la recherche des effets des modes de défaillance.

Dans l'Analyse Fonctionnelle, le bassin de rétention du Grand Campagnolle a été décomposé en composants et sous-composants en deux niveaux de granularité (éléments et composants de ces éléments).

L'AMDE a été appliquée aux composants ce qui permet de traiter de façon exhaustive les défaillances avec leurs causes et leurs effets sur la sécurité du système.

8.2.2 Résultats de l'AMDE

Les tableaux en Annexe 1 indiquent les résultats de l'AMDE par tronçons.

8.2.3 Conclusion sur l'AMDE

L'inventaire des dangers inhérents aux systèmes permet de conclure ce qui suit :

- le risque de rupture est plus élevé au niveau de la vidange (ce qui est logique, puisqu'il s'agit d'une digue avec une singularité augmentant les possibilités de rupture) ;
- l'occurrence pour qu'il survienne une rupture sur l'ensemble du système est de l'ordre de 1 000 ans ;
- la rupture du déversoir est plus probable pendant la montée de la crue, ce qui est préjudiciable à la fonction écrêtement du bassin et donc moins dangereux que les autres ruptures.

Remarque : Le risque d'obstruction de la vidange n'a pas été évalué car c'est un phénomène trop difficile à appréhender. Ce type d'événement devrait être beaucoup plus fréquent qu'une rupture, mais aisément détectable et sans gros enjeux (fonction d'écrêtement du bassin non remplie jusqu'à intervention humaine).

8.3 ARBRE D'ÉVÈNEMENTS

8.3.1 Principe et démarche générale

L'arbre d'évènements est une arborescence de l'ensemble des scénarios de défaillance possibles des aménagements. Sa construction consiste à considérer les diverses possibilités d'évènements (surverse, rupture) à partir d'un évènement initiateur (crue). Cet évènement initiateur constitue la première branche de l'arbre, branche qui se divise ensuite en autant de branches que d'évènements possibles après cet élément initiateur (comme schématisé ci-après). A chaque branche est associée une probabilité d'occurrence de l'évènement. Ainsi, il est possible de calculer la probabilité de chaque scénario de défaillance et d'en déduire les plus probables.

Par exemple, si l'on considère l'arbre d'évènement ci-dessous, la probabilité d'occurrence de l'évènement 1 dans les conditions du nœud A est de 0.4. La probabilité d'occurrence du scénario 2 est $0.8 * 0.7 * 0.6 = 0.336$.

Sur cet arbre, l'évènement 1 ne peut se produire que dans les conditions du nœud A (c'est-à-dire après réalisation de l'évènement initiateur A puis de l'évènement x). Par contre, l'évènement 2 peut se produire dans deux scénarios (2 et 3). Pour bien évaluer les probabilités et interpréter un arbre d'évènement, il est important de comprendre lorsqu'une probabilité est dépendante des évènements précédents (on parle alors de probabilité *conditionnelle*) ou lorsqu'une probabilité est valable quelque soit la situation.

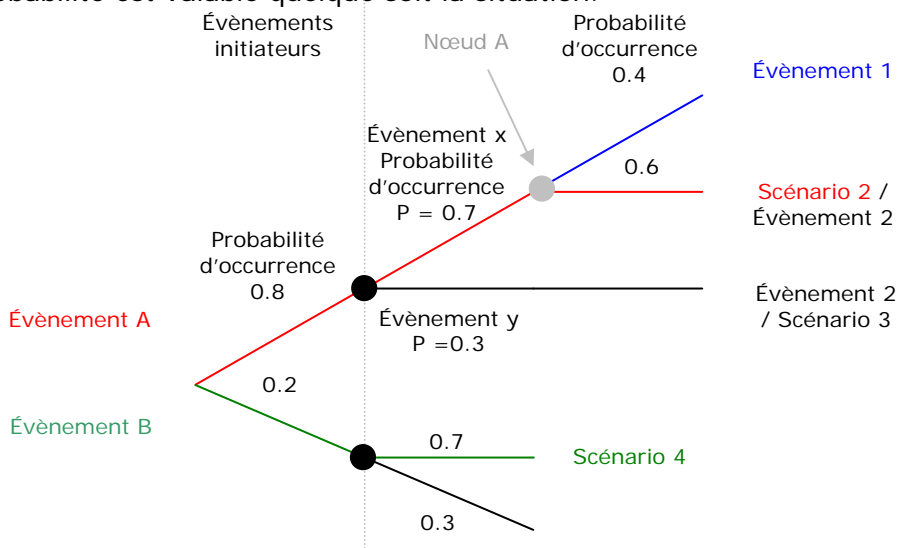


Figure 19 Exemple simple d'arbre d'évènements

Dans notre cas, nous considérerons que les probabilités des différents types de défaillance sont dépendantes de la crue mais indépendantes entre elles. Nous retiendrons donc les crues comme évènements initiateurs.

8.3.2 Construction des arbres d'évènements

8.3.2.1 Évènements initiateurs

D'innombrables situations de crue sont possibles. Plus les crues sont violentes (et rares), plus leurs conséquences seront graves. Ainsi, si les risques de défaillance sont plus élevés lors des fortes crues, la rareté de ces crues fait que les scénarios de défaillance lors d'une crue rare sont peu probables. Afin d'avoir une comparaison fine des différents scénarios, il est préférable de considérer de nombreux cas de crue.

Nous avons retenu les crues d'occurrence 2, 5, 10, 20, 40, 100 et 10 000 ans.

8.3.2.2 Probabilités attribuées aux crues

Les probabilités des différents modes de défaillances seront définies après pour chaque situation de crue. Nous avons considéré que les probabilités de défaillance d'une crue d'occurrence T_i sont valables pour toutes les crues d'occurrence comprises entre $(T_{i-1} + T_i)/2$ et $(T_i + T_{i+1})/2$, avec T_{i-1} et T_{i+1} les occurrences étudiées les plus proches de T_i et $T_{i-1} < T_i < T_{i+1}$. Par cette approche, l'on couvre toutes les situations possibles de crue.

Les probabilités attribuées aux différentes situations de crue sont donc les suivantes :

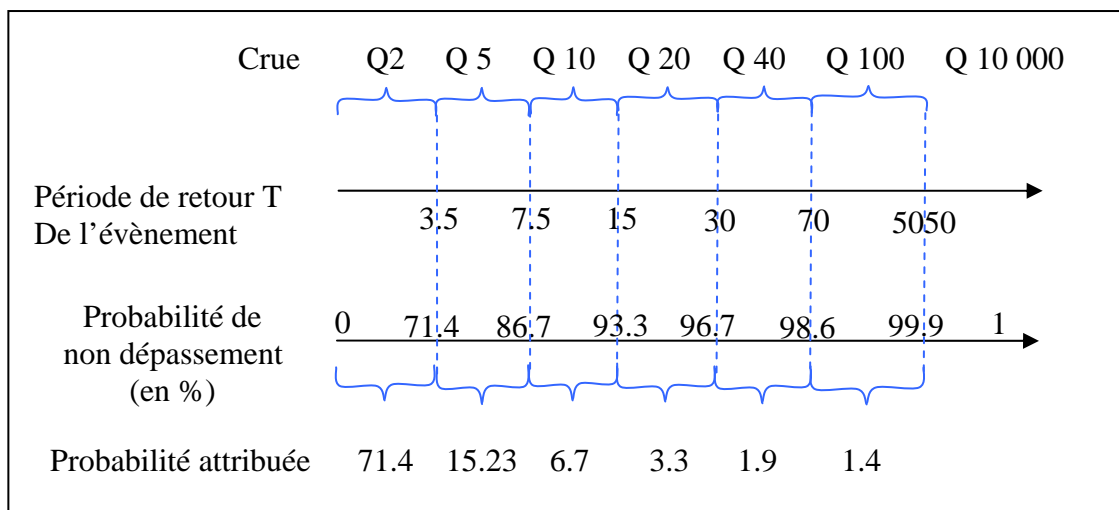


Figure 20 Probabilités attribuées aux crues

8.3.2.3 Probabilités attribuées aux dysfonctionnements

Les défaillances étudiées sont les suivantes :

- érosion interne de la digue ;
- glissement de la digue ;
- défaut d'étanchéité de la digue ;
- érosion régressive de la digue (uniquement pour le déversoir) ;
- embâcle dans le lit mineur ;
- érosion de la conduite de vidange ;
- érosion régressive en sortie de vidange.

Les probabilités de survenances de ces défaillances ont été évaluées pour les crues étudiées.

Les probabilités ont été évalués « à dire d'expert ». A la situation de dimensionnement a été attribuée un coefficient de sécurité (représentant le rapport des forces résistantes au dysfonctionnement sur les forces générant le dysfonctionnement). Pour chaque autre crue, un

autre coefficient de sécurité a été calculé en fonction de la variation de charge par rapport à la situation de dimensionnement. On évalue ainsi un coefficient de sécurité pour chaque crue. On fait correspondre ensuite à ces coefficients de sécurité une probabilité de défaillance. Si ces valeurs sont discutables dans l'absolu, elles présentent une cohérence les unes par rapport aux autres suffisantes pour répondre aux enjeux de cette analyse, à savoir évaluer l'ordre de grandeur du risque et mettre en évidence les risques les plus importants.

L'ensemble des probabilités de défaillance retenues est exposé dans le tableau suivant.

Occurrence de l'événement (en ans)	Probabilité de risque de défaillance pour une digue			
	Rupture amont	Rupture aval	Erosion interne	Défaut étanchéité
2	2.0E-07	5.5E-07	1.0E-06	2.0E-06
5	1.8E-06	4.4E-06	1.0E-05	2.0E-05
10	3.6E-06	9.5E-06	1.0E-04	2.0E-04
20	2.4E-05	5.5E-05	5.0E-04	1.0E-03
40	8.8E-05	2.2E-04	1.0E-03	2.0E-03
100	5.0E-04	1.2E-03	5.0E-03	5.0E-03
10000	3.5E-03	1.7E-02	1.0E-02	1.0E-02

Tableau 6 Probabilités de défaillance des digues en fonction de la crue

A chaque type de défaillance est associée la *probabilité p* que cette défaillance se produise. La probabilité que cette défaillance ne survienne pas est alors 1 - p. A partir de ces valeurs là, supposées indépendantes entre elle, on peut calculer la probabilité que tel ou tel scénario se produise.

Par exemple, la probabilité pour l'événement : $P_{\text{non rupture}}$ « Il n'y a pas rupture de la digue » correspond au produit des probabilités $P_1 * P_2 * P_3 * P_4$ des évènements « Il n'y a pas de rupture du parement amont de la digue », « Il n'y a pas de rupture du parement aval de la digue », « ...d'érosion interne de la digue », « ... de défaut d'étanchéité... ». La probabilité de l'événement « Il y a rupture de digue » vaut alors $P_{\text{Rupture}} = 1 - P_{\text{Non Rupture}}$

En reprenant les valeurs du tableau ci-dessous *dans le cas de la crue centennale, pour une digue*, on trouve : la probabilité de l'événement « Il y a rupture de digue » vaut $P_{\text{Rupture}} = 1 - (1 - 0.05/100) * (1 - 1.2/100) * (1 - 1/100) * (1 - 2/100) = 3.1 \%$

Remarque : C'est une méthode analogue qui a été employée dans le cadre de l'étude du *Décorsetage des digues du petit Rhône*, réalisée par SAFEGE en 2011 pour le Symadrem. Dans cette étude, un calcul de la probabilité de risque de rupture des digues en différents endroits a été réalisé afin de mieux choisir les linéaires de digues à reprendre. De la même façon, les différents modes de rupture des digues ont été appréciés à partir des données fournies. Cette méthodologie a également été employé pour l'*Etude de danger du Projet d'Aménagement du Coulon Calavon* ».

Remarque : Considération du risque d'embâcle

Le risque d'embâcles a été pris en compte de la façon suivante. On a supposé :

- qu'il y a 20 % de chance par crue qu'un embâcle se forme ;
- qu'un embâcle réduisait la section d'écoulement dans le lit de 20 %.

Nous avons traduit la réduction de section dans le lit par une augmentation du niveau d'eau à l'amont du bassin, et donc dans le bassin une fois rempli (il a été considéré que le bassin se remplissait pour chaque occurrence de crue, les embâcles dirigeant préférentiellement les eaux dans le bassin à priori). Les probabilités ont donc été évaluées pour chaque crue dans la situation avec embâcles et dans la situation sans embâcles, puis le bilan a été calculé de la façon suivante (P signifiant probabilité):

$$P_{\text{défaillance}} = P_{\text{embâcle}} * P_{\text{défaillance si embâcle}} + (1 - P_{\text{embâcle}}) * P_{\text{défaillance sans embâcle}}$$

Le tableau précédent intègre cette analyse des embâcles (la considération du risque embâcle revient à augmenter légèrement les probabilités ; il s'avère que le risque embâcle a un impact modéré sur le bassin¹).

8.3.2.4 Arbres d'évènements

On peut maintenant construire l'arbre des défaillances. Le tableau des différents scénarios et des probabilités associées est placé en *Annexe 2*.

A partir de là, nous avons cherché à mettre en évidence les situations les plus critiques en évaluant la *probabilité par an* qu'une situation de défaillance se produise. Les résultats sont résumés dans le tableau suivant :

Occurrence crue en années	Digue		Vidange		Déversoir		Ensemble	
	Probabilité de rupture lors de la crue	Probabilité annuelle de rupture pour cet événement	Probabilité de rupture lors de la crue	Probabilité annuelle de rupture pour cet événement	Probabilité de rupture lors de la crue	Probabilité annuelle de rupture pour cet événement	Probabilité de rupture lors de la crue	Probabilité annuelle de rupture pour cet événement
Q2	3.7E-06	2.7E-06	7.4E-05	5.3E-05	1.0E-07	7.1E-08	7.7E-05	5.5E-05
Q5	3.6E-05	5.5E-06	3.1E-04	4.7E-05	1.0E-06	1.5E-07	3.4E-04	5.2E-05
Q10	3.1E-04	2.1E-05	8.0E-04	5.4E-05	1.0E-05	6.7E-07	1.1E-03	7.4E-05
Q20	1.6E-03	5.3E-05	3.0E-03	1.0E-04	1.0E-04	3.3E-06	4.6E-03	1.5E-04
Q40	3.3E-03	6.3E-05	5.5E-03	1.0E-04	1.0E-03	1.9E-05	8.8E-03	1.7E-04
Q100	1.2E-02	1.6E-04	1.8E-02	2.5E-04	1.0E-02	1.4E-04	2.9E-02	4.1E-04
Q10 000	4.0E-02	7.9E-06	6.4E-02	1.3E-05	1.0E-02	2.0E-06	1.0E-01	2.0E-05
Probabilité de rupture par an		3.2E-04		6.2E-04		1.7E-04		9.4E-04

Tableau 7 Synthèse des probabilités des défaillances possibles

8.3.3 Analyse et localisations des potentiels de dangers

Si l'on s'intéresse aux probabilités issues de l'arbre d'évènements, on voit que :

- la défaillance la plus probable est la rupture de la vidange ;
- l'occurrence pour qu'il y ait au moins une rupture est de l'ordre de 1 000 ans ;
- il n'y a pas vraiment de cas de crue soulevant plus de risques que d'autre.

En conséquence, il semble logique de privilégier un scénario de rupture de la vidange pour une crue forte (avec plus d'eau dans le bassin, donc générant plus d'inondations que pour une crue plus faible).

La crue centennale nous semble la plus intéressante : elle correspond à la fréquence usuellement choisie pour les PPRi ; l'évènement de rupture pour une crue centennale est le plus probable ; le bassin est rempli lors de l'arrivée de la pointe de crue, donc, si la rupture se produit avant la pointe, l'on verra se déverser par la brèche des digues le volume contenu par le bassin plus la crue centennale.

Les situations plus défavorables correspondent à des crues plus fortes, et il n'est pas évident que, pour ces cas de crue, le lit ne soit pas modifié fortement, voire que le remblai de la LGV écrête significativement les crues. Il nous semble donc peu représentatif de la réalité de s'intéresser à des crues supérieures à la crue centennale (ces situations de crue soulèvent des questions complexes auxquelles on ne peut répondre qu'approximativement).

¹ Les embâcles ont par contre de l'importance vis à vis de la traversée de l'ouvrage LGV et des constructions en amont. L'entretien du lit et des berges n'est donc pas à négliger.

8.3.4 Gravité des défaillances

Nous étudions dans un premier temps la gravité des défaillances en termes qualitatifs afin de différencier les scénarios à quantifier plus précisément via une modélisation numérique.

L'analyse des écoulements en cas de rupture montre que les écoulements transitant par la brèche rejoignent le Grand Campagnolle avant d'atteindre la ville, comme le montre les résultats ci-dessous pour une rupture qui se produit en 1 h alors que le bassin est rempli au niveau atteint pour la crue centennale :

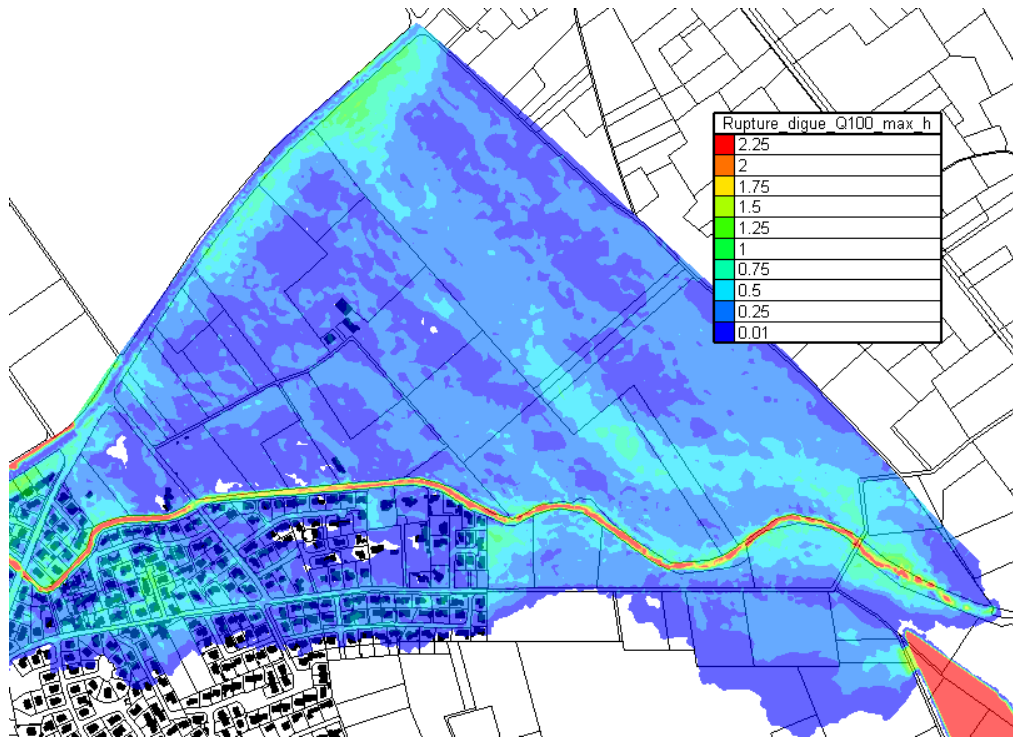


Figure 21 Écoulements en cas de ruptures des digues côté ouest

Donc, la rupture conduit à augmenter le débit dans le Grand Campagnolle, et augmente ainsi la zone inondée à l'aval. La rupture impactant le plus d'enjeux est donc celle générant les plus grands débits, c'est-à-dire celle à l'endroit avec la charge maximale.

La charge sur les digues est maximale au droit de la vidange et plus faible au droit du déversoir : une rupture de la vidange impacte donc plus d'enjeux qu'une rupture des digues, qui impacte elle-même plus d'enjeux qu'une rupture du déversoir.

La gravité en termes d'habitations impactées est quantifiée au chapitre 8.3.7.

8.3.5 Criticité des scénarios de défaillance

Le tableau suivant croise les probabilités, les enjeux impactés pour obtenir la criticité. Les chiffres indiquent une hiérarchie du plus important (1) au moins important. Les probabilités ont déjà été évaluées au chapitre 8.3.2.4, et elles restent faibles pour tous les scénarios.

Lieu de la rupture	Digue			
	Occurrence de l'événement	Risque de survenance	Enjeux impactés	Criticité
Vidange	1 600	1	1	1
Digue	3 100	2	2	2
Déversoir	6 000	3	3	3

Tableau 8 Classement des types de retour suivant la criticité, la probabilité et les enjeux impactés

La rupture de la vidange est donc le scénario le plus critique.

8.3.6 Scénario de défaillance étudié sous modélisation numérique

La rupture étudiée est une rupture associée au développement progressif d'une brèche sur 40 m de longueur en 1 h. Ces valeurs ont été évaluées à dire d'expert, d'après les retours d'expérience de rupture sur ce type de digues (la longueur de brèche de 40 m, plutôt élevée, est retenue pour maximiser les débits et analyser les conséquences d'une rupture particulièrement importante).

La rupture ne peut avoir lieu que lorsque le bassin se remplit, c'est-à-dire en crue.

Nous étudierons en détail la rupture pour la crue centennale, qui est le scénario de rupture le plus probable (cf *Tableau 7 Synthèse des probabilités des défaillances possibles* p 51).

Pour la crue centennale, le niveau maximal dans le bassin est de 39.96 m NGF, ce qui correspond à un volume de 280 000 m³.

L'hydrogramme de rupture¹ au niveau de la vidange est le suivant:

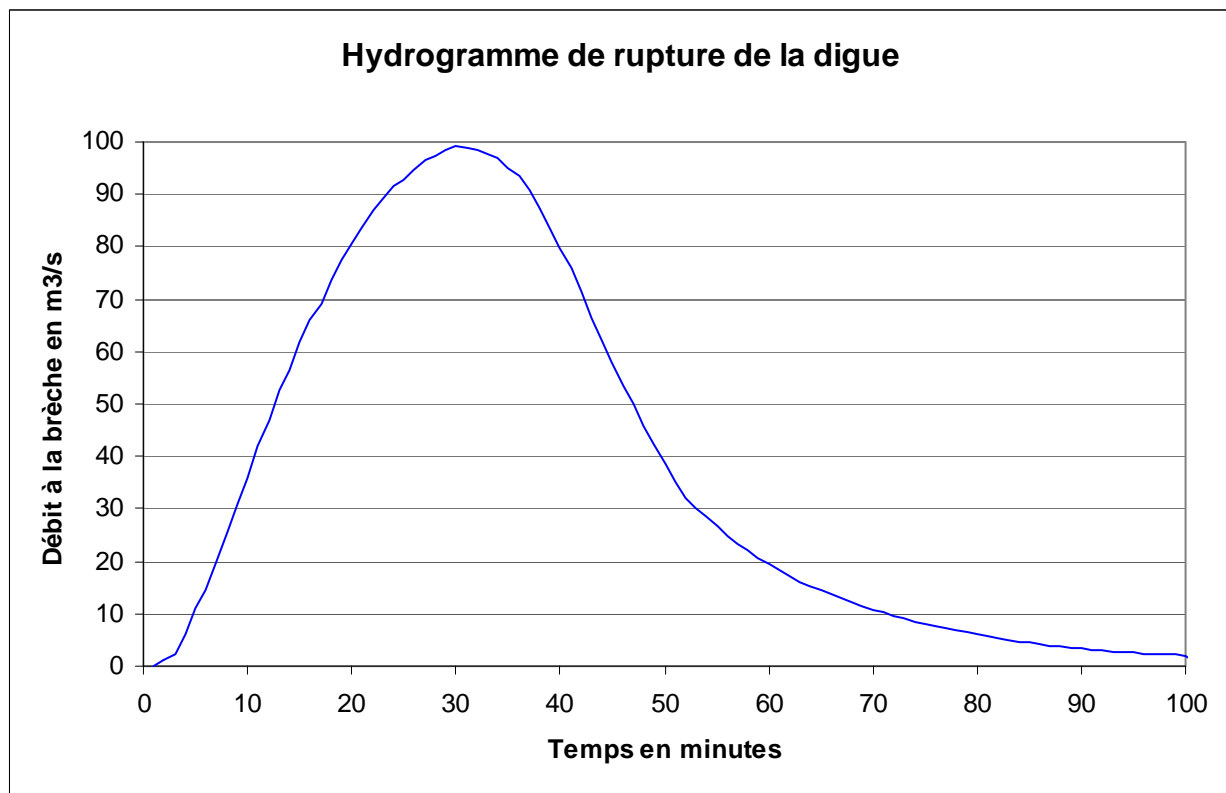


Figure 22 Hydrogramme de la rupture de la vidange pour la crue centennale

Remarque : la brèche commence à se former 1 h avant la pointe de crue du Petit + du Grand Campagnolles afin de maximiser les débits à Aubord.

¹ Cet hydrogramme a été obtenu en exploitant les résultats des simulations numériques décrites au chapitre suivant

8.3.7 Analyse des résultats des modélisations hydrauliques de défaillance de composants

8.3.7.1 Description de l'outil numérique : modélisation de la crue centennale

Les écoulements pour la rupture ont été modélisés avec le logiciel TELEMAC 2D. Ce logiciel résout les équations de Barré Saint-Venant suivant la méthode des éléments finis. La rupture du barrage de Malpasset a été modélisée sur ce logiciel avant de valider sa pertinence pour ce type d'événement.

Le maillage est triangulaire. Les arêtes des triangles varient de 20 m dans les secteurs agricoles peu sensibles à 5 m au niveau des points clés (remblais, axes d'écoulements privilégiés, etc...).

Les données topographiques utilisées sont des données de type LIDAR fournies par la *Communauté de Commune de la Petite Camargue*, d'une densité d'un point tous les mètres. Ce sont ces données qui ont été utilisées pour l'élaboration du PPRi par BRLi en cours de validation.

Le bassin d'écroulement a été représenté dans le modèle comme un bassin fermé. La vidange n'a pas été modélisée car les débits y transitant sont minimes. Le déversoir d'alimentation n'a pas été modélisé car sa représentation est complexe et n'apporte rien aux calculs. En effet, avec déversoir, une partie des eaux du Grand Campagnolles rentre dans le bassin et se déverse par la brèche et rejoint ensuite le lit majeur du Grand Campagnolles ; sans déversoir, ce débit reste dans le Grand Campagnolles, les débits à l'aval sont donc inchangés.

Les débits injectés dans le modèle pour représenter la crue des Grand et Petit Campagnolles sont les débits pour la crue centennale issus de l'exploitation du modèle hydraulique 1D de l'*Etude hydraulique des franchissements du Rieu, du Grand et du Petit Campagnolles, 12MHY031, Safege 2012*. Ils sont injectés au niveau de la confluence du Petit et du Grand Campagnolles.

La condition limite aval du modèle correspond à la cote maximale (22 m NGF) obtenu dans le PPRi en cours de validation. Il a été choisi d'imposer cette cote de façon permanente par simplicité. De cette façon, on maximise les hauteurs aval. Sans cela, il aurait fallu également modéliser les apports du Rieu et des Gamadouines qui influencent les hauteurs d'eau à l'aval, ce qui aurait ajouté d'autres hypothèses plus complexes pour l'obtention des résultats.

La crue centennale a d'abord été modélisée sans brèche, afin de vérifier la cohérence de nos résultats avec ceux du PPRi. Les résultats des hauteurs maximales sont données page suivante.

Les différences entre les emprises inondées correspondent :

- à la zone inondable par le Rieu, non représentée dans le modèle Safege ;
- à une dizaine de bâtiments.

Les différences sur les bâtiments peuvent s'expliquer par la précision plus fine du modèle bidimensionnel, plus adapté pour représenter des écoulements en plaine.

Attention : Si l'on compare nos hauteurs avec celles de la carte d'Aléa de BRL (page suivante), on observe des différences importantes. Par contre, nous obtenons des lignes de niveau similaires. Les cartes du PPRi pouvant encore évoluer durant son processus de vérification et de validation, ces différences n'ont pas été davantage analysées.

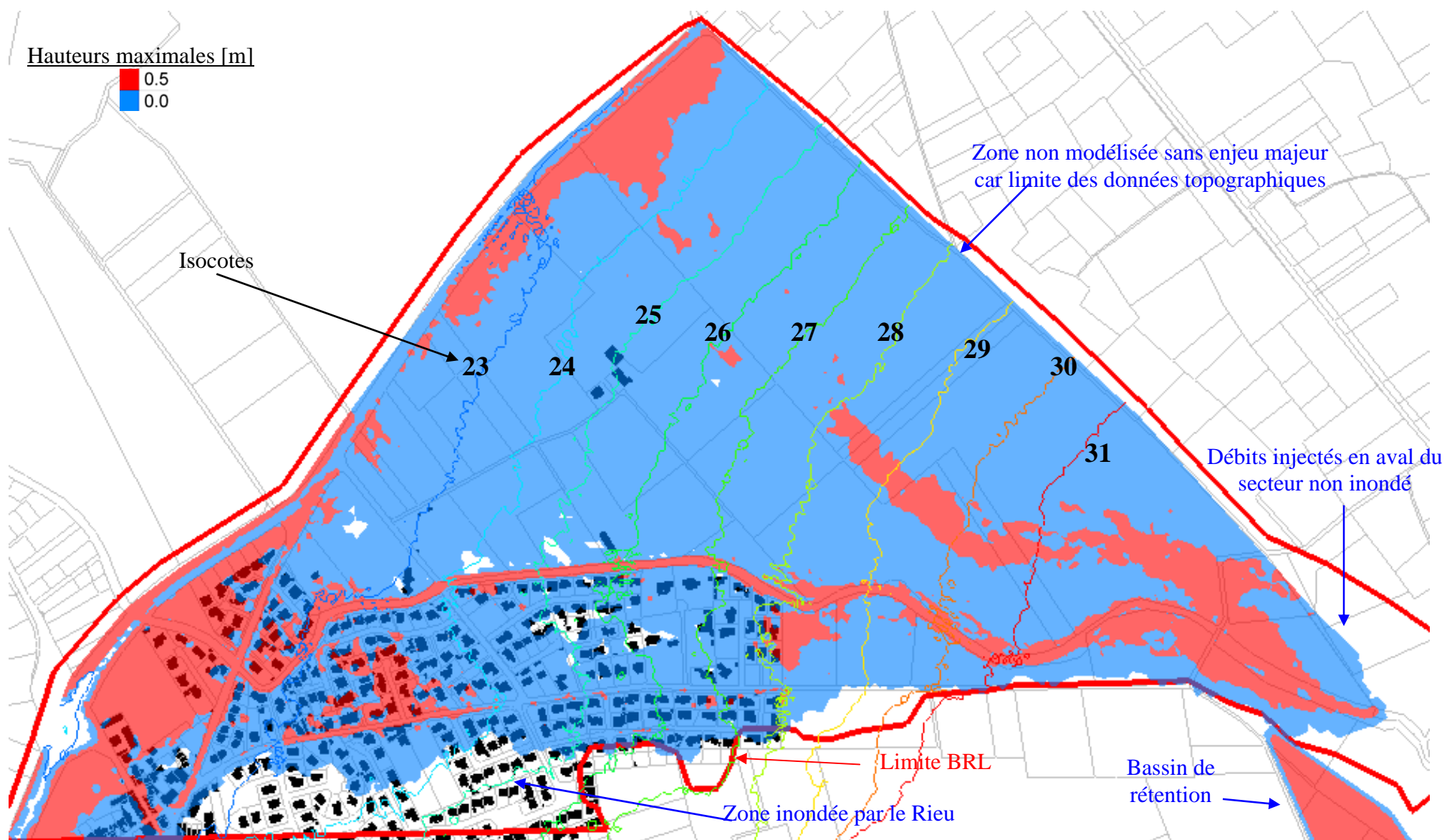


Figure 23 Modélisation de la crue centennale sans brèches

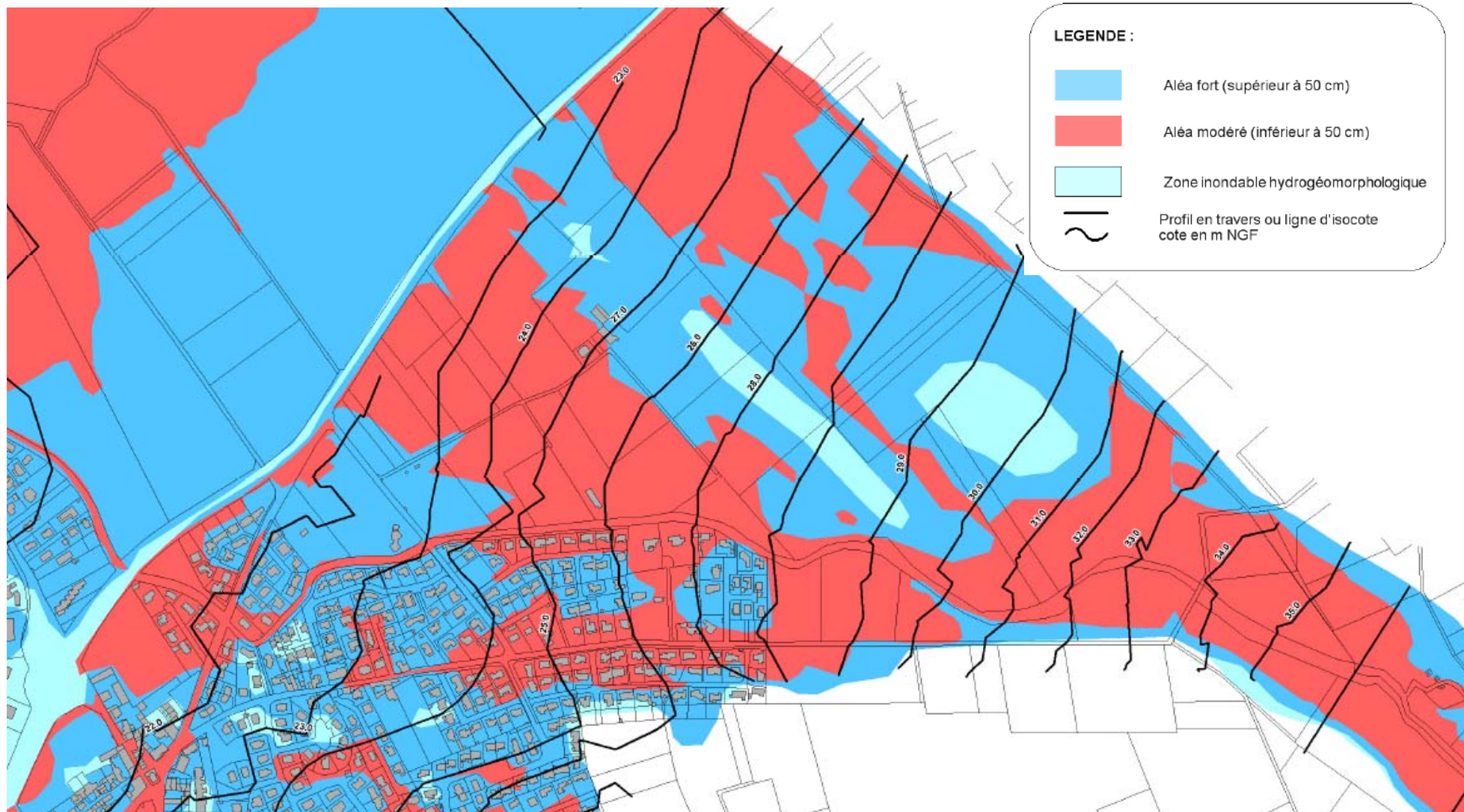


Figure 24 Aléas inondations du PPRi en cours de validation

8.3.7.2 Résultats de la modélisation de rupture de la vidange pour une crue centennale

Ci-dessous est donnée, à titre d'illustration, une vue du modèle numérique avant et pendant la brèche.

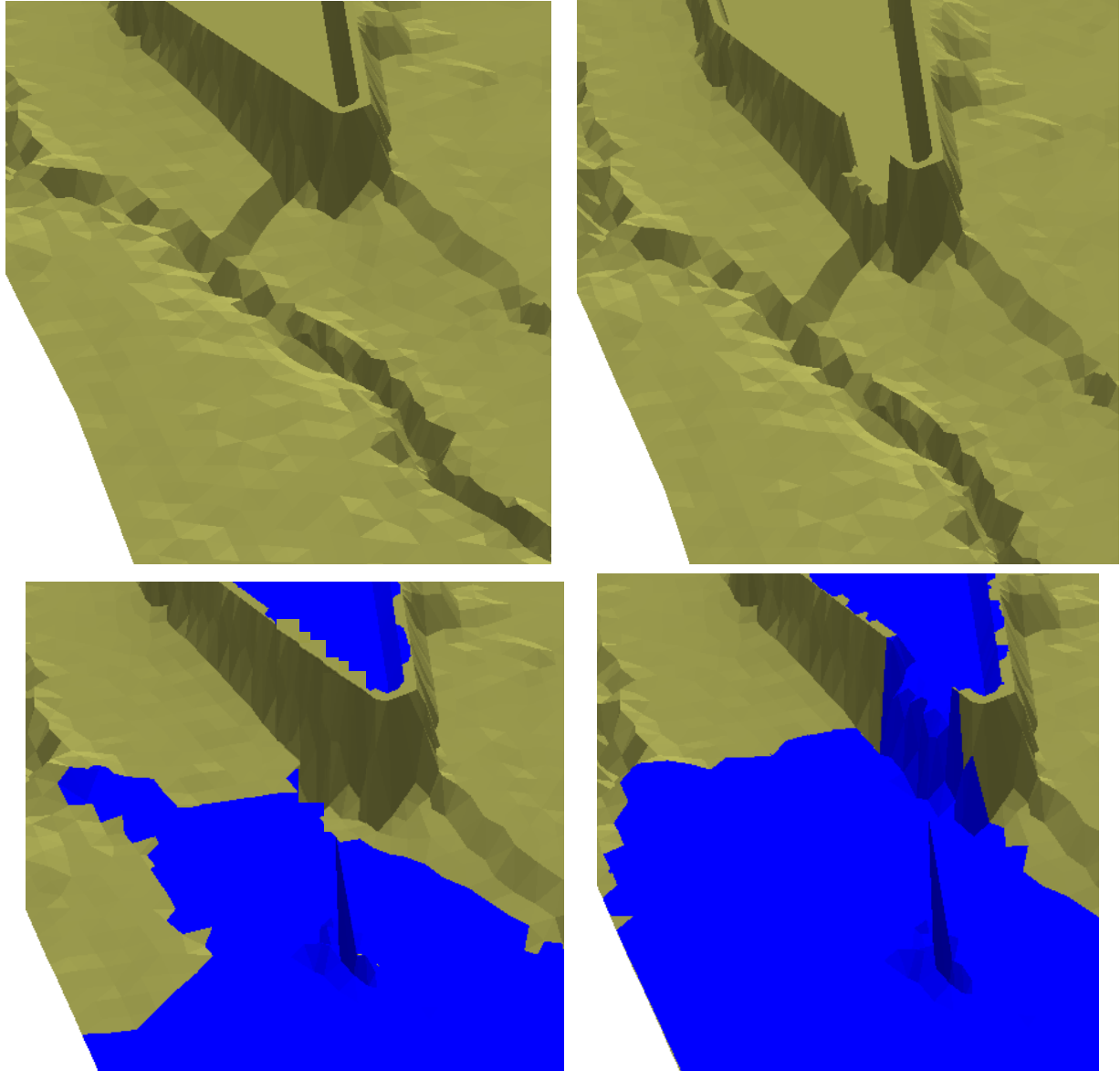


Figure 25 Modélisation de la brèche : à gauche : sans brèche ; à droite : brèche à moitié formée ; en haut : fond topographique ; en bas : avec eau

On rappelle que la brèche mesure 40 m de long et se développe en 1 h (jusqu'à atteindre le niveau du TN en aval).

Comme la rupture cause une surinondation, nous avons représenté les effets de la brèche par des cartes d'incidences sur les hauteurs et les vitesses par rapport à une crue centennale, montrant la différence entre les maximums avec rupture moins les maximums sans ruptures. Ces cartes figurent aux pages suivantes, avec également les cartes des hauteurs maximales et des vitesses maximales.

On constate que les impacts en termes de hauteur sont au maximum de 35 cm. L'impact sur les vitesses peut être de 1 m/s entre le lit mineur et le Chemin des Mas, générant ainsi des vitesses de 2 m/s dangereuses sur voirie.

.....

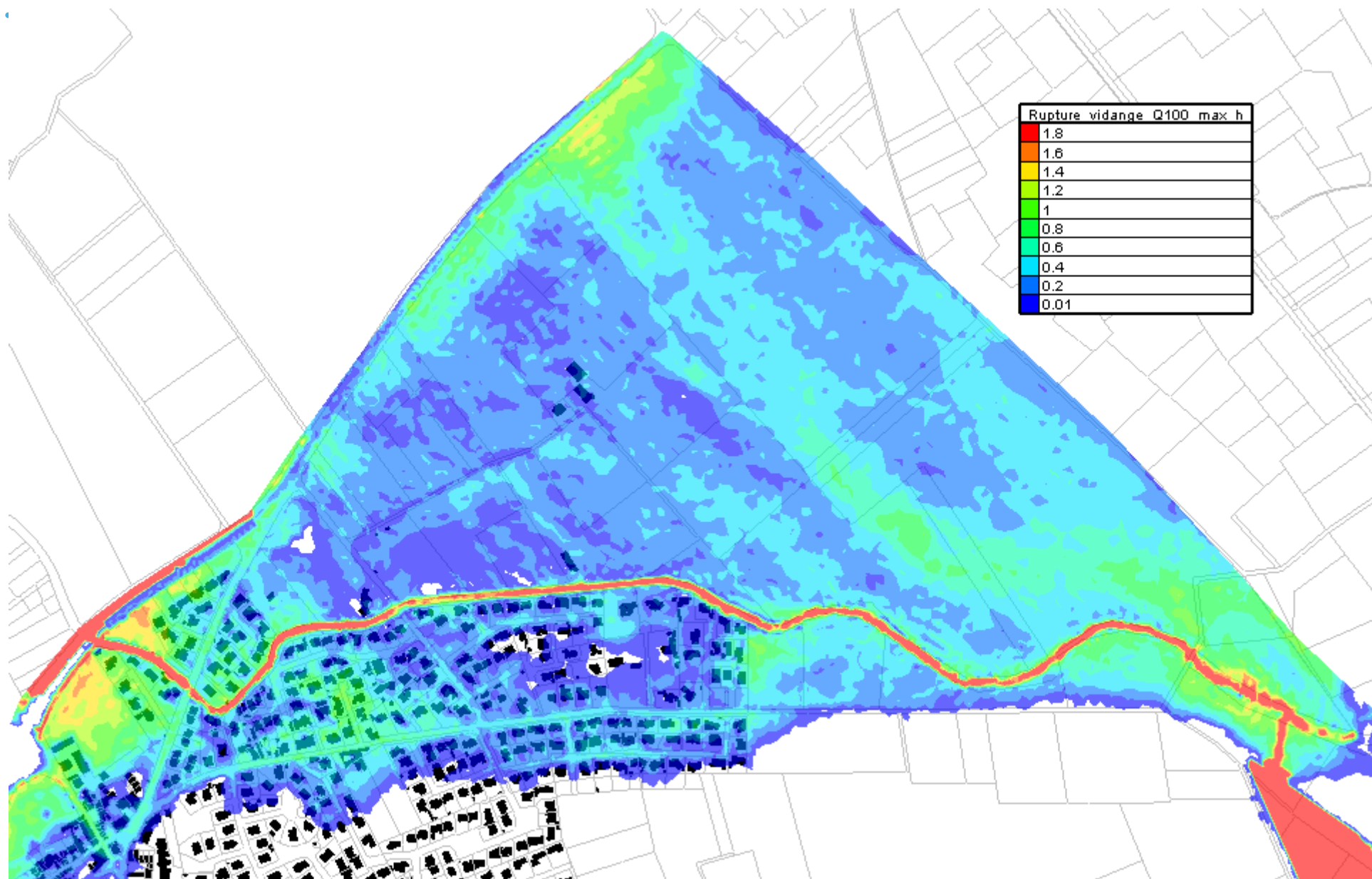


Figure 26 Hauteurs d'eau maximales avec rupture de la vidange pour la crue centennale

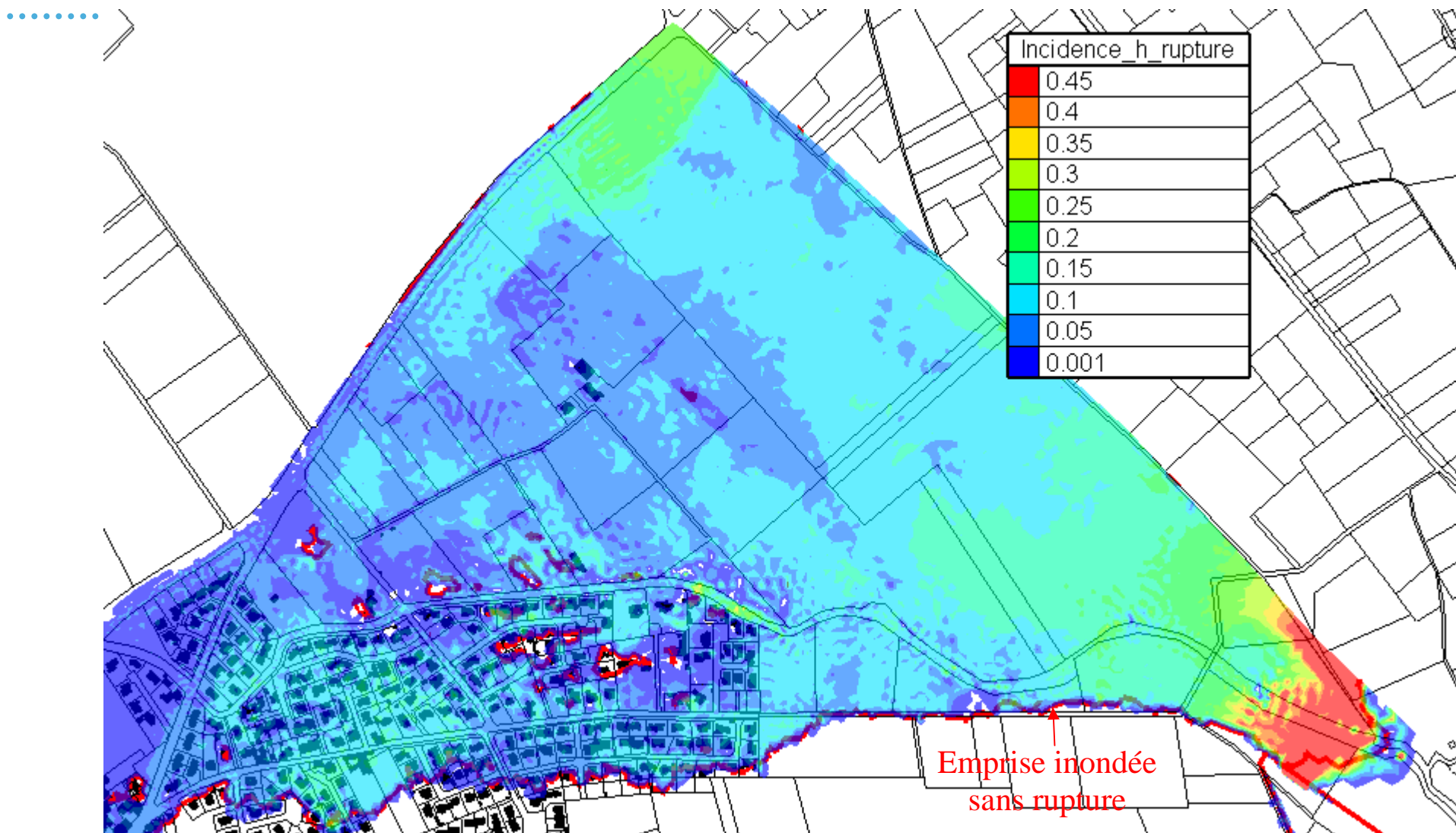


Figure 27 Impacts de la rupture sur les hauteurs par rapport à la crue centennale

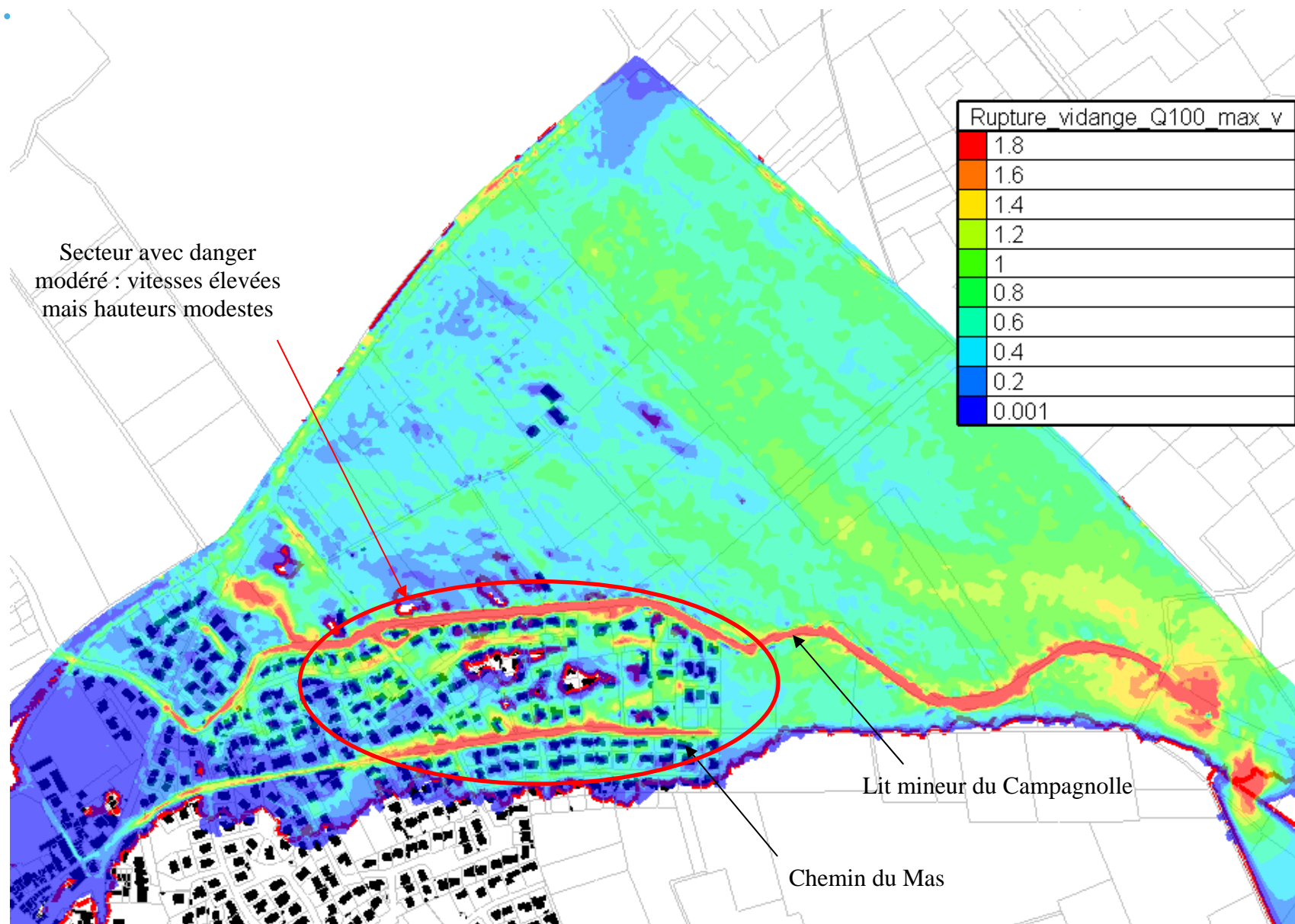


Figure 28 Vitesses maximales avec rupture de la vidange pour la crue centennale

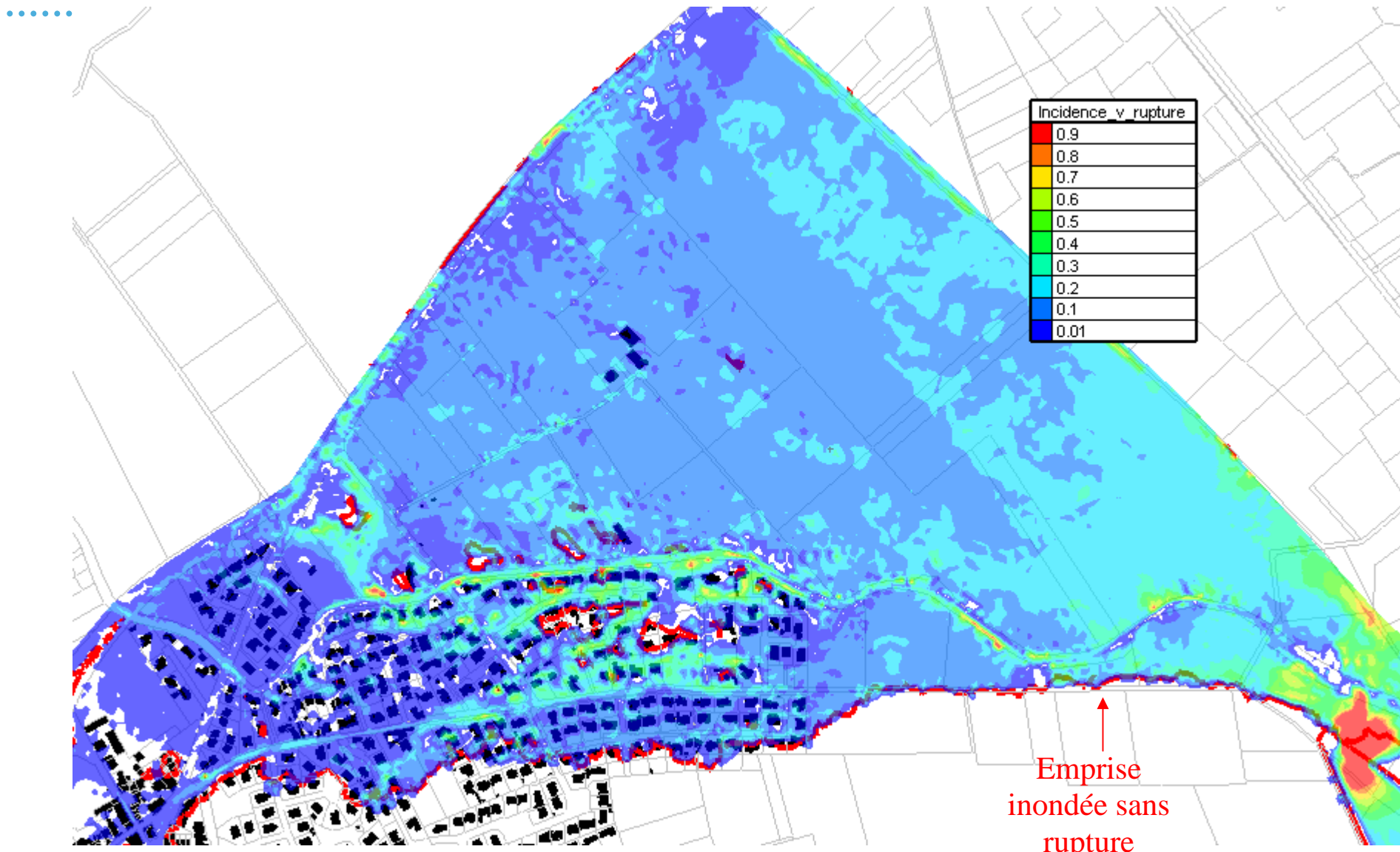


Figure 29 Impacts de la rupture sur les vitesses pour la crue centennale

.....

L'impact le plus marquant de la rupture sur les écoulements est l'apparition de vitesses très forte, de 2 m/s (au lieu de 1 m/s), dans les habitations entre le lit mineur du Grand Campagnolle et le Chemin du Mas. Les hauteurs sur ce secteur restent inférieures à 0.5 m, le danger pour les biens et les personnes est donc modéré, entre faible et fort. Une quarantaine d'habitations est concernée par ce point.

Plus en aval, les hauteurs sont importantes à l'origine (sans influence de la rupture).

L'augmentation des inondations par la rupture par rapport à la crue centennale sans rupture concerne 170 habitations.

A noter que l'incidence d'une rupture sur les ERP n'est pas significative en comparaison d'une crue de référence PPRI.

En conclusion, le bassin écrêteur de crue n'augmente pas significativement les dangers dans la commune.

9 ETUDE DE RÉDUCTION DES RISQUES

Suite à l'analyse des aménagements projetés et des risques induits, le maître d'ouvrage s'engage à produire les éléments et à mettre en œuvre les protocoles de surveillances décrits dans le tableau page suivante et détaillés en annexe 2

Mesures envisagées	Délais de réalisation ou date de première réalisation
Réalisation des visites de surveillances des ouvrages conformément aux dispositions réglementaires suivies de l'entretien et/ou des réparations nécessaires au bon fonctionnement du système d'endiguement	Rapport de surveillance : tous les 10 ans ou après chaque crue Visite technique approfondie : tous les 10 ans
Produire et transmettre à la DREAL le rapport de surveillance	Tous les 10 ans
Produire et transmettre pour approbation par le préfet les consignes écrites relatives aux ouvrages	Cf. annexe 2 Transmission dans les plus courts délais
Mise à jour du Plan Communal de Sauvegarde (plan d'évacuation pour réagir à une défaillance du système d'endiguement) et du DICRIM	Les mises à jour sont réalisées directement par la commune concernée.
Entretien la piste d'accès pour assurer une surveillance efficace des ouvrages	La commune assurera l'entretien de la piste d'accès aux ouvrages afin de la maintenir carrossable, ainsi que des aménagements eux-mêmes Le PCS permet d'assurer l'accessibilité du site depuis Aubord en véhicule tout terrain
Entretien courant annuel de l'ouvrage Réalisation des visites de contrôle des ouvrages après une crue d'occurrence supérieure 1 an ou un événement sismique majeur (séisme d'intensité supérieur ou égal) VI – échelle EMS-98) suivi de l'entretien et/ou des réparations nécessaires au bon fonctionnement des endiguements	La commune assurera une visite post crue à partir de chaque événement ayant mobilisé l'ensemble du lit du cours d'eau et ayant pu solliciter les organes et ouvrages. Le bon déroulement de la vidange sera à vérifier. Cf. annexe 2

10 ANNEXES

10.1 ANNEXE 1 – PROBABILITÉ DE SURVENANCE DES DÉFAILLANCES

Le tableau suivant indique les probabilités de survenance des défaillances mises en évidence par l'analyse fonctionnelle, rappelée ci-dessous :

Elements		Composants		Analyse du mode de défaillance			Concerné compte tenu des dispositions
Système	Fonction	Composant	Fonction	Défaillance	Cause	Effet sur l'ouvrage	
Digues	Contenir les eaux dans le bassin de rétention	Bêches	Assurer la protection contre les risques d'affouillement en pied du mur inférieur	Déchaussement	Afouillement	Brèche	OUI
		Crêtes de digues	Assurer une revanche de 50 cm minimum par rapport à la crue de projet	Rupture	Erosion	Brèche	OUI
		Corps de digue	Assurer la stabilité de la digue.	Rupture	Risque sismique	Brèche	OUI
			Résister aux agressions externes (chocs, embâcles,...)	Rupture	Erosion	Brèche	OUI
		Noyau étanche (si nécessaire)	Assurer l'étanchéité de la digue	Rupture	Glissement	Brèche	NON
				Percée	Mauvaise conception / fousseurs	Favorise fortement l'érosion, donc les brèches	NON
Grillage anti-fousseur	Empêche le creusement de terriers dans le corps de digue	Coupure partielle	Usure	Favorise l'érosion, donc les brèches	OUI		
Déversoir	Amener l'eau du Grand Campagnolle en crue dans le bassin	Bêches	Assurer la protection contre les risques d'affouillement en pied du mur inférieur	Déchaussement	Afouillement	Brèche	OUI
		Crêtes de digues	Permettre le déversement	Obstruction	Action humaine	Limite la débitance de l'ouvrage	OUI
			Protéger le corps de digue	Rupture	Erosion	Brèche	OUI
		Corps de digue	Assurer la stabilité de la digue.	Rupture	Risque sismique	Brèche	OUI
			Résister aux agressions externes (chocs, embâcles,...)	Rupture	Erosion	Brèche	OUI
		Parement aval	Protéger le parement aval de l'érosion	Rupture	Glissement	Brèche	NON
Vidange "haute"	Evacuer les eaux du bassins après les crues	Conduite	Guider les eaux à travers le corps de digue	Obstruction	Envasement	Ecrêtement empêché, pressions prolongées sur les	OUI
		Pertuis d'entrée	Contrôler le débit de vidange	Obstruction	Embâcle		
		Fosse de dissipation en sortie	Réduire les vitesses des écoulements en sortie d'ouvrage	Rupture	Erosion régressive	Rupture de digue	OUI
Vidange "basse"	Evacuer les eaux du bassins après les crues	Conduite	Guider les eaux à travers le terrain naturel	Obstruction	Envasement	Vidange complète du bassin empêchée	Non

Analyse fonctionnelle

Probabilités de défaillance pour une digue :

Occurrence de l'événement (en ans)	Rupture amont	Rupture aval	Erosion interne	Défaut étanchéité
2	2.E-07	2.E-07	1.E-06	2.E-06
5	6.E-07	1.E-06	1.E-05	2.E-05
10	1.E-06	5.E-05	1.E-04	2.E-04
20	1.E-05	6.E-05	5.E-04	1.E-03
40	1.E-04	6.E-04	1.E-03	2.E-03
100	1.E-03	2.E-03	5.E-03	5.E-03
10 000	6.E-03	2.E-02	1.E-02	1.E-02

Probabilités de défaillance pour la vidange :

Occurrence de l'événement (en ans)	Rupture amont	Rupture aval	Erosion interne	Défaut étanchéité	Erosion interne conduite	Erosion régressive
2	2.E-07	2.E-07	1.E-06	2.E-06	1E-05	6E-05
5	6.E-07	1.E-06	1.E-05	2.E-05	1E-04	2E-04
10	1.E-06	5.E-05	1.E-04	2.E-04	2E-04	3E-04
20	1.E-05	6.E-05	5.E-04	1.E-03	8E-04	7E-04
40	1.E-04	6.E-04	1.E-03	2.E-03	5E-04	1E-03
100	1.E-03	2.E-03	5.E-03	5.E-03	2E-03	3E-03
10 000	6.E-03	2.E-02	1.E-02	1.E-02	1E-02	1E-02

Probabilités de défaillance pour le déversoir :

Occurrence de l'événement (en ans)	Erosion régressive
2	1.E-07
5	1.E-06
10	1.E-05
20	1.E-04
40	1.E-03
100	1.E-02
10 000	1.E-02

10.2 ANNEXE 2 – CONSIGNES ÉCRITES

10.2.1 Choix opérationnel concernant la 1^{ière} mise en eau

Une première mise en eau artificielle de la retenue n'est pas envisagée.

Le bassin est un bassin de laminage en parallèle du cours d'eau avec un enclenchement pour une crue au moins décennale. Sa première mise à l'épreuve par un événement naturel reste donc un événement significatif correspondant à une alerte de niveau 3 (PCS).

Une mise en eau artificielle par l'impluvium local n'est pas réaliste. Le bassin draine un bassin versant (hors apports par surverse) de l'ordre de 4ha et les pluies annuelles dans la région atteignent en moyenne 760mm sur 1 année hydrologique. Sans prendre en compte l'infiltration, les apports annuels dans le bassin sont de l'ordre de 30 000m³, soit moins de 15% du volume utile au laminage (10% du volume mobilisé en crue de danger), et surtout ne mobilisent que le volume sous le TN et donc ne sollicitent pas les digues. Avec l'infiltration naturelle et l'évaporation, il n'est pas raisonnable d'envisager une mise à l'épreuve des digues sur plusieurs années.

Une mise en eau artificielle par dévoiement du Grand Campagnolles constitue à la fois une contrainte technique forte (prise d'eau) et porte un impact environnemental que nous pressentons comme inacceptable au regard du code de l'environnement dans la mesure où l'approche proposée constitue une mesure d'évitement acceptable et suffisante.

L'instrumentation du site et la mobilisation renforcée en période de crise et post crue sollicitant les organes hydrauliques constituent la réponse la plus adaptée aux premières mises en eau. Dans la mesure où la (les) première(s) mise(s) en eau de la retenue correspond(ent) à une gestion de crise, le maître d'ouvrage renforcera son suivi de gestion de crise sur les premiers événements par les points suivants :

- Installation à demeure de 2 piézomètres (l'un au droit de la vidange principale haute, l'autre au droit de la vidange secondaire basse)
- Installation temporaire de 2 sondes d'alerte (piézomètre) montées sur batterie ou bien une sonde manuelle avec une mesure régulière (à adapter à la fréquence des rondes en période de crise)
- Installation d'une échelle à max visible depuis le chemin de ronde dans le bassin
- Installation d'une échelle à godet (ou échelle à max équivalente pour la mesure du max en zone d'écoulement) et d'une échelle graduée visible depuis le chemin de ronde sur le seuil d'alimentation
- Jalonnement de repères topographiques sur la digue

Après chaque événement ayant généré une sollicitation des organes hydrauliques (sur les premiers événements), un débriefing avec le maître d'œuvre sur la base des compte rendus d'observation et une visite post crue du MOE. L'implication du MOE après chaque événement sera reconduite ou arrêtée après le débriefing de chaque événement sollicitant les digues selon les conclusions du MOE sur l'état de stabilisation de l'ouvrage.

10.2.2 Choix opérationnel sur la mise en sécurité des personnes en cas de menace de ruine

Nous attirons l'attention sur le fait qu'en cas de dysfonctionnement et menace de ruine de l'ouvrage (risque de rupture manifeste), la consigne est le confinement en espace clos (pièce de replis) et non l'évacuation des populations. Le danger en cas de rupture est porté plus par les écoulements intenses sur les voiries que les hauteurs d'eau. La consigne à appliquer est donc aussi l'interdiction de circulation dans la zone potentiellement impactée par la rupture.

10.2.3 Mesure de surveillance

Intervention	Paramètre de déclenchement	Nature de l'intervention	Actions potentielles à engager suite à l'intervention	Moyens spécifiques	Fréquence et période d'intervention	Intervenant et cadre d'intervention	Période d'intervention	Niveau d'obligation	Rendu attendu
Visite annuelle	Sans objet	Inspection générale du site - intégrité des clôtures, accès et barrières, - intégrité de la signalétique aux abords du barrage, - inspection visuelle de l'ouvrage : crête, parement amont, parement aval, évacuateur de crue, ouvrage d'entonnement, vidange de fond, ouvrage d'alimentation.	- Demande d'expertise - Entretien, remplacement barriérage et signalétique - Désembâclement de la grille du pertuis de fond et de l'évacuateur de crue	- Marché d'expertise - Clés du site - Matériel de rechange et de réparation - équipe verte du syndicat ou de la commune	annuelle	Technicien et cadre Syndicat / Commune	Jour ouvrable	Obligatoire	- Fiches de suivi
Entretien de la végétation	Sans objet	- entretien des abords de l'ouvrage et notamment fauche sur les digues et zone d'alimentation et bassin	Sans objet	- Marché d'entretien - équipe verte du syndicat / Commune - Clés du site	A programmer en fonction des observations relevées lors des visites trimestrielles Fréquence annuelle prévisionnelle	Entreprise Equipe verte du Syndicat / Commune	Jour ouvrable	Obligatoire	Consignation de l'intervention dans le registre de l'ouvrage
Suivi topographique	Sans objet	- Mesure des déplacements des repères topographiques	- transmettre le rapport au maître d'œuvre	- inclus au marché de travaux de réalisation de l'ouvrage	1 ^{ère} année : mesure 3 mois	Entreprise de travaux de réalisation du barrage	Jour ouvrable	préconisé	Rapport de géomètre
	Sans objet		- transmettre le rapport au cabinet expert pour suivi continu	- marché avec un géomètre - marché d'expertise	5 ans	Géomètre	Jour ouvrable	préconisé	Rapport de géomètre
Visite technique approfondie	Sans objet	- Visite du site - Intégration au rapport d'ouvrage, de l'exploitant - Détermination de mesures à prendre si nécessaire	- à transmettre au service de contrôle	Marché d'expertise	10 ans	Cabinet spécialisé	Jour ouvrable	Obligatoire	rapport

10.2.4 Gestion de crise (période de crue) et 1ère mise en eau

Intervention	Paramètre de déclenchement	Nature de l'intervention	Actions potentielles à engager suite à l'intervention	Moyens spécifiques	Fréquence et période d'intervention	Intervenant et cadre d'intervention	Période d'intervention	Niveau d'obligation	Rendu attendu
Visite suite à une crue de plein bord	Niveau de plein bord du Campagnolle dans Aubord	- contrôle de la présence et de l'état des équipements	- moyens spécifiques (service technique ou entreprise)	- faire intervenir une entreprise compétente - Clés du site	A chaque paramètre de déclenchement	Technicien Commune / syndicat	Jour ouvrable	Obligatoire	- Fiche d'entretien
Suivi d'un événement hydrométéorologique	Mise en vigilance Predict Alerte pluviométrique	- suivi de l'événement météorologique via internet sur des sites spécialisés	- déclencher une visite du site - informer les autorités de sécurité civile en cas d'observations le nécessitant	- moyen de s'informer (accès internet) - moyen de communiquer	A chaque paramètre de déclenchement	Technicien Commune / syndicat	- Jour ouvrable - Week-ends, jours fériés et nuits suivant mise en astreinte ponctuelle justifiée par la situation hydrométéorologique	Obligatoire	- Fiche de suivi de l'événement
Visite en cas de crue dommageable	Premiers dommages observés à Aubord	accessibilité à l'ouvrage possible en crue - visuel sur l'alimentation de l'ouvrage - visuel sur le niveau de remplissage - visuel parement aval vidange haute - 2 mesures piézométriques	Si dysfonctionnement observé : - Réparation d'urgence - replis en espace confiné des populations potentiellement impactées / interdiction de circuler sur les axes potentiellement coupés	- clés du site - 2 personnes - communication avec l'état major et les populations cibles	A chaque paramètre de déclenchement	Technicien Commune / syndicat	- Jour ouvrable - Week-ends, jours fériés et nuits suivant mise en astreinte ponctuelle justifiée par la situation hydrométéorologique	Obligatoire	- Fiche de suivi de l'événement
Visite suite à fin de vidange du plan d'eau	Abaissement de la cote du plan d'eau cote TN (34.18mNGF)	Vérification - intégrité des clôtures et barrières, - intégrité de la signalétique aux abords du barrage, - inspection visuelle de l'ouvrage : crête, parement amont, parement aval, ouvrage de vidange,	- Demande d'expertise - Entretien, remplacement barriérage et signalétique - Désembâclement de la grille du puits de fond et de l'évacuateur de crue	- Marché d'expertise - Matériel de réparation - équipe verte du syndicat - Clés du site	A chaque vidange du plan d'eau	Technicien Commune / syndicat	Jour ouvrable	Obligatoire	- Fiches de suivi
Visite et rapport de première mise en eau	Prévision Predict Activation niveau 3 (PCS)	- caméras (caméscope portatif) sur les organes hydrauliques (films courts et photos) + éclairage sur batterie - mesures piézométriques - levés topographiques post événement	- à transmettre au service de contrôle	Marché de maîtrise d'œuvre de l'ouvrage	1 seule intervention	Maître d'œuvre de la réalisation du barrage	- Jour ouvrable - Week-ends, jours fériés et nuits suivant mise en astreinte ponctuelle justifiée par la situation hydrométéorologique	Obligatoire	Rapport

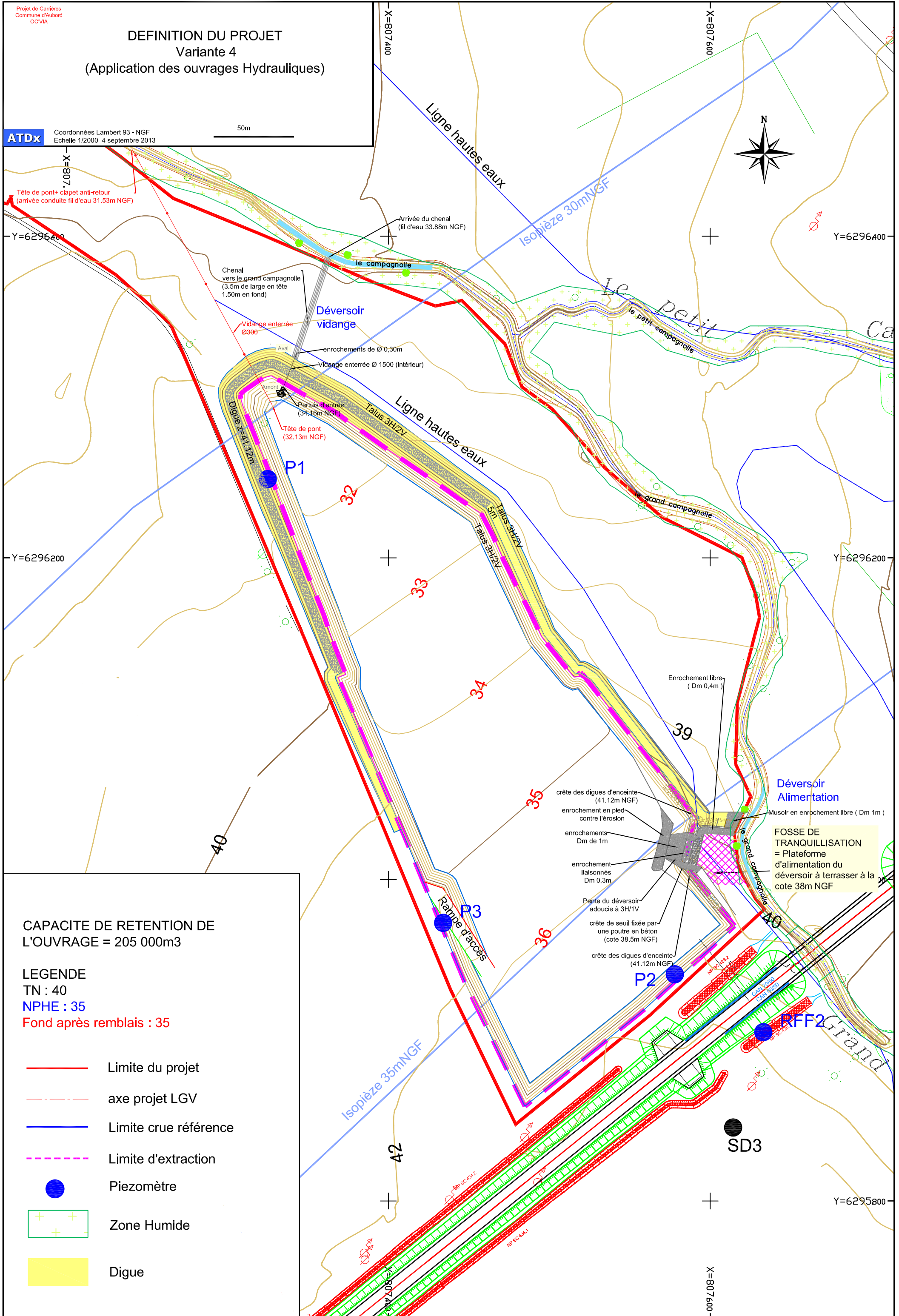
Annexe 4 : Plan de définition du projet – Variante 4 – Application des ouvrages hydrauliques

DEFINITION DU PROJET Variante 4 (Application des ouvrages Hydrauliques)

ATDx

Coordonnées Lambert 93 - NGF
Echelle 1/2000 4 septembre 2013

50m



CAPACITE DE RETENTION DE L'OUVRAGE = 205 000m³

LEGENDE

- TN : 40
- NPHE : 35
- Fond après remblais : 35

- Limite du projet
- - - axe projet LGV
- Limite crue référence
- - - Limite d'extraction
- Piezomètre
- + Zone Humide
- Digue