



Plaine de Bourg d'Oisans Etude d'aléa d'inondation

**Etude hydraulique
Rapport actualisé - octobre 2014**

Réf. 14-053-2 octobre 2014

SOMMAIRE

1.	Objet et "historique" de l'étude	3
1.1	Etude initiale des aléas de la Romanche - 2008-2009 :	3
1.2	Le Porter A Connaissance des aléas de la Romanche de 2009 à 2013 :	3
1.3	Actualisation des aléas de la Romanche - 2014 :	4
2.	Hydrologie : calcul des débits	5
2.1	Etudes antérieures	5
2.2	Principe de génération des hydrogrammes des affluents : différences approche 2007 / approche 2008 (idem en 2014)	6
2.3	Description du « système Eau d'Olle » (repris de HYDRETTUDES, 2008)	6
2.3.1	Décomposition des hydrogrammes	6
2.3.2	Définition des manoeuvres sur les deux retenues	7
	o Grand'Maison	7
	Consigne normale	7
	Consigne de printemps	7
	o Le Verney	8
2.3.3	Génération des hydrogrammes avec retenues EDF	8
2.4	Scénarios hydrologiques étudiés et choix d'un scénario de référence de crue centennale	8
3.	Diagnostic des endiguements	10
3.1	introduction	10
3.2	Sectorisation	10
3.3	Différents types de rupture de digue	11
3.4	Identification des zones de rupture potentielle	12
3.4.1	Approche menée en 2008	12
3.4.2	Porter A Connaissance de 2009 à 2013	12
3.4.3	Actualisation 2014	16
4.	Hydraulique	17
4.1	Avertissement : numérotation des profils en travers	17
4.2	Base topographique	17
4.3	Antécédents – points de comparaison des modélisations	18
4.4	Construction du modèle	18
4.4.1	Lit mineur	19
4.4.2	Débordements	19
4.4.3	Modélisation du lit majeur	19
4.4.3.1	Rugosité du lit majeur	19
4.4.3.2	Mise en œuvre de la modélisation	20
4.4.3.3	Conséquences sur les cartes d'inondations, de vitesses et d'aléas présentées	20
4.4.4	Modélisation des brèches dans les digues	21
4.5	Présentation des Résultats	22
4.5.1	Capacité du lit mineur de la Romanche	22
4.5.2	Scénario de crue centennale, sans brèche (scénario de référence)	22

4.5.3	Scénarios hydrauliques avec brèches.....	23
4.5.3.1	BL21g : rupture de la digue de la Lignarre dans la plaine des Sables	24
4.5.3.2	BR12g : rupture de la digue de la Croix du Plan à l'amont	24
4.5.3.3	BR16g : rupture de la digue de la Croix du Plan avant Bayette.....	24
4.5.3.4	BR25d : rupture du muret 700m en amont du pont de Bourg d'Oisans ..	24
4.5.3.5	BR25g : rupture de la digue de Bourg d'Oisans 700m en amont du pont	24
4.5.3.6	BR50g : rupture de la digue de la Plaine des Sables en aval de la STEP .	24
4.5.3.7	BR58g : rupture de la digue de la Plaine des Sables au niveau du Chemin des Argentiers.....	24
4.6	Présentation du dossier cartographique.....	25
4.6.1	Cartes des hauteurs.....	25
4.6.2	Cartes des vitesses	25
4.6.3	Cartes des aléas	25

1. OBJET ET "HISTORIQUE" DE L'ETUDE

1.1 ETUDE INITIALE DES ALEAS DE LA ROMANCHE - 2008-2009 :

La plaine de Bourg d'Oisans est soumise au risque d'inondation par la Romanche et ses affluents : le Vénéon, la Rive, la Lignarre, la Sarenne, l'Eau d'Olle.

L'étude qui suit s'attache à déterminer sur la plaine de Bourg d'Oisans, du secteur du Buclet au pont de la Veyna, l'aléa inondation de la Romanche lors de l'écoulement d'une crue centennale.

Le rapport détaille les modes de calcul ayant permis d'aboutir aux cartes d'aléa :

- Le chapitre consacré à l'**hydrologie** explique les calculs qui ont conduit à définir un scénario de crue centennale de référence,
- Le chapitre consacré aux **digues** explique les analyses qui ont conduit à définir les risques de rupture,
- Le chapitre consacré à l'**hydraulique** détaille les différents choix qui ont permis la construction du modèle d'écoulement, avec et sans rupture de digue.

1.2 LE PORTER A CONNAISSANCE DES ALEAS DE LA ROMANCHE DE 2009 A 2013 :

Un « Porter A Connaissance » (PAC) des aléas a été effectué en mars 2009 par M. le Préfet de l'Isère à M. le Maire du Bourg d'Oisans. Il tenait compte de ruptures multiples de la digue de la Croix du Plan.

Ensuite, la finalisation de travaux de confortement de la digue de la Croix du Plan à l'amont de La Bayette, menés en 2008/2009, a conduit à ne plus considérer de scénario de brèche sur ce secteur amont : un second PAC des aléas a été effectué en juin 2009 par M. le Préfet de l'Isère à M. le Maire du Bourg d'Oisans.

La non prise en compte de rupture de digue sur ce tronçon de La Croix du Plan était une erreur d'interprétation de la doctrine nationale de prise en compte des digues. Cette erreur est rectifiée par la présente étude (voir ci-après paragraphe « 1.3 ACTUALISATION DES ALEAS DE LA ROMANCHE - 2014 »).

Par ailleurs, de nouvelles données topographiques (levé LIDAR de 2009) fournissant une grande densité de points ont été exploitées par l'Etat en 2010 pour faire réaliser par Hydrétudes une nouvelle cartographie précisant le zonage des aléas dans la plaine de Bourg d'Oisans, sans changer les hypothèses hydrauliques de 2009 (cartographie complémentaire de l'aléa inondation sur la plaine de Bourg d'Oisans / appendice à l'étude 08-175 de mai 2009 / réf. ARI-10-050, version 1.1, décembre 2010/ Hydrétudes pour DDT 38).

Le zonage qui en a résulté, présenté dans le cadre de la médiation de la CLE en 2010-2011, a constitué la nouvelle référence de l'aléa inondation de la Romanche dans la plaine de Bourg d'Oisans à prendre en compte dans l'instruction des actes d'urbanisme. Ce zonage est basé sur le plan « fusion sans écrêtement du Chambon » ARI 10-036, version a du 15-06-2010, fourni par l'étude citée, bien que l'un de ses objets ait été d'étudier l'influence d'un écrêtement du Chambon, scénario hydrologique (490 m³/s au lieu de 560 m³/s à l'entrée de la plaine) finalement non retenu car rendu obsolète par la consigne d'exploitation basse du barrage du Chambon, du fait des travaux de renforcement de l'étanchéité de ce dernier.

En 2012, en complément de la carte des aléas elle-même, l'Etat a fait définir par Hydrétudes à dire d'expert les bandes de sécurité à conserver inconstructibles en arrière des digues (bandes dans lesquelles, en cas de rupture, l'aléa inondation est d'un niveau fort). Ce travail prenait en compte empiriquement les différences de hauteur d'eau entre lit mineur et plaine et les pentes transversales du lit, dans un document dont ce n'était pas l'objet principal (étude complémentaire des aléas inondation par la Romanche sur la plaine du Bourg d'Oisans / cas du scénario d'aménagement n°5 avec protection des enjeux côté Sarenne/ réf ARI-10-050b, version 2.2, mars 2012/Hydrétudes pour DDT 38). En 2013, le zonage affiné issu des modélisations de 2010 (Réf HYD ARI-10-050) a pu être complété par l'emprise de bandes de sécurité à l'arrière des digues (zones d'aléa fort en arrière immédiat des digues en cas de rupture des digues), établies à dire d'expert, et a permis de disposer ainsi d'une vision globale de l'aléa.

Ce zonage a été présenté ; au conseil municipal de la commune du Bourg d'Oisans le 22 mai 2013 en réunion publique au Bourg d'Oisans le 9 juillet 2013

1.3 ACTUALISATION DES ALEAS DE LA ROMANCHE - 2014 :

Les travaux de confortement réalisés sur la digue de la Croix du Plan ne permettent pas de supprimer le risque de rupture de digue sur ce tronçon (voir justification ci-après), mais permettent en fait de limiter le scénario de rupture de cette digue à la formation d'une seule brèche au cours du déroulement de la crue de référence (alors que les calculs initiaux de 2008 prenaient en compte une double brèche simultanée, plus pénalisante hydrauliquement). Cette brèche peut cependant se former à n'importe quel endroit de la digue, ce qui justifie l'intérêt de plusieurs modélisations. En effet, la doctrine nationale (Référence: guide méthodologique PPRI 1999 pages 24, 25, 55, 74, et circulaires "digue" 2002 et PPRL 2011) conduit à ne retenir une absence de risque de brèche en crue centennale que pour des ouvrages exceptionnels et/ou en situation particulière, par exemple certaines digues de la CNR (digue du canal du Rhône, toujours en eau). Le cas de la digue de la Croix du Plan ne rentre pas dans le cadre de ces exceptions.

L'objet de la présente étude est de compléter l'aléa défini en 2010 par la prise en compte de la possibilité de rupture de la digue de la Croix du Plan.

Par ailleurs, une contre-expertise du bureau d'études HYDRATEC diligentée par la mairie du Bourg d'Oisans (avril 2013) a introduit un débat sur la validité des largeurs des bandes de sécurité données à dire d'expert. En conséquence, une analyse fine des bandes de sécurité avec modélisations a été menée par l'Etat parallèlement à la présente étude afin de redéfinir l'importance de leur emprise des bandes de sécurité (PPRN du Bourg d'Oisans, étude des bandes de sécurité le long des cours d'eau la Romanche, la Lignarre, la Sarenne, l'Eau d'Olle/Dynamique Hydro pour DDT38, août 2014, version 2.

La prise en compte des résultats de ces 2 études doit permettre d'afficher une nouvelle cartographie globale de l'aléa inondation de la plaine de Bourg d'Oisans par la Romanche et ses affluents.

2. HYDROLOGIE : CALCUL DES DEBITS

2.1 ETUDES ANTERIEURES

Les études hydrologiques de la Romanche (Hydratec, 2005 ; Hydrétudes, 2007 /2008) se sont basées sur les hydrogrammes fournis par EDF, qui gère l'ensemble des mesures de débit du bassin versant (stations de Mizoën (Chambon) et de Champeau sur la Romanche, des Etages et du Plan du Lac sur le Vénéon, de la Pernière sur l'Eau d'Olle).

- HYDRATEC (2005¹) a retenu les débits de crue donnés par EDF. En amont de Bourg d'Oisans à la confluence du Vénéon, le débit centennal est de 660 m³/s. HYDRATEC n'explique pas dans son étude la construction de ses hydrogrammes.
- BCEOM (2005²), appelé par le SYMBHI pour une expertise des débits annoncés par l'étude HYDRATEC, concluait que ceux-ci étaient légèrement pessimistes, mais valides.
- HYDRETUDES (2007³) a utilisé les mêmes hypothèses hydrologiques que HYDRATEC en termes de débit de pointe. En revanche, la forme des hydrogrammes a été adaptée.
- HYDRETUDES (2008⁴) a revu son hydrologie en considérant :
 - o Les débits de crue « naturels » revus et corrigés suite à l'intervention de M. LEFORT, expert du comité scientifique pour l'étude des parades hydrauliques aux ruines de Séchillienne (cf. Annexe 1). Cette révision conduit notamment à revoir la répartition des débits à l'amont de l'Eau d'Olle : plus de débit dans l'Eau d'Olle, avec un débit naturel de pointe en crue centennale de 250 m³/s moins de débit dans la Romanche, avec notamment un débit à l'aval de la confluence avec le Vénéon de 560 m³/s. Une concomitance modifiée des hydrogrammes des affluents avec ceux de la Romanche : dans la première approche (2007), il y avait concomitance des pointes de crue, les affluents venant compléter la pointe de crue de la Romanche. Dans l'approche 2008, on a considéré une avance de la pointe de crue « naturelle » des affluents sur celle de la Romanche⁵. Cette avance est de 3 heures pour les « petits » affluents (Eau d'Olle, Lignarre, Sarenne) et de 2 heures pour le Vénéon.
 - o Le rôle des retenues EDF : les retenues EDF et leur mode de fonctionnement selon les consignes de gestion de l'exploitant ont été intégrées. L'hydrologie 2008 d'Hydrétudes intègre ainsi :
 - Le barrage du Chambon
 - Le « système Eau d'Olle » comprenant la retenue de Grand'Maison et celle du Vernay, avec leurs liaisons directes possibles (pompage de Vernay vers Grand'Maison⁶).
 - o Le rôle du Vénéon : il a été décidé que la répartition en amont de la confluence du Vénéon irait dans le sens d'une crue centennale du Vénéon que viendrait compléter la Romanche, et non le contraire comme cela avait été fait en 2007.

¹ Hydratec : *Etude de l'inondabilité de la Romanche et de ses affluents sur la plaine de Bourg d'Oisans*, ADIDR, 2005

² BCEOM : *Expertise hydrologique de la ROMANCHE dans la plaine de BOURG D'OISANS*, SYMBHI, 2005

³ HYDRETUDES / SAGE / AGRESTIS : *Schéma d'aménagement de la Romanche, note hydrologique*, SYMBHI, 2007

⁴ HYDRETUDES . *Schéma d'aménagement de la Romanche, note hydrologique | Avenant pour scénarios supplémentaires*, SYMBHI, 2008

⁵ Ces calculs sont explicités au paragraphe suivant (2.2)

⁶ Ces calculs sont explicités au paragraphe suivant (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**)

2.2 PRINCIPE DE GENERATION DES HYDROGRAMMES DES AFFLUENTS : DIFFERENCES APPROCHE 2007 / APPROCHE 2008 (IDEM EN 2014)

Les hydrogrammes EDF de la Romanche amont et aval de chacun des affluents sont suffisants pour obtenir l'hydrogramme de l'affluent, par soustraction.

$$R_{AV}(t) - R_{AM}(t) = E(t)$$

R_{AV} : débit de la Romanche en aval de la confluence

R_{AM} : débit de la Romanche en amont de la confluence

E : débit de l'affluent

Une légère modification du décalage temporel peut jouer grandement sur le débit de pointe de l'affluent.

Approche 2007 : Les pointes R_{AV} et R_{AM} sont concomitantes. La pointe E est donc également concomitante avec les deux précédentes.

Approche 2008 : le décalage de pointe R_{AM} et R_{AV} est calé de façon à obtenir une avance de 3 heures de E sur R_{AM} (dans le cas de l'Eau d'Olle, de la Lignarre et de la Sarenne), de 2 heures dans le cas du Vénéon.

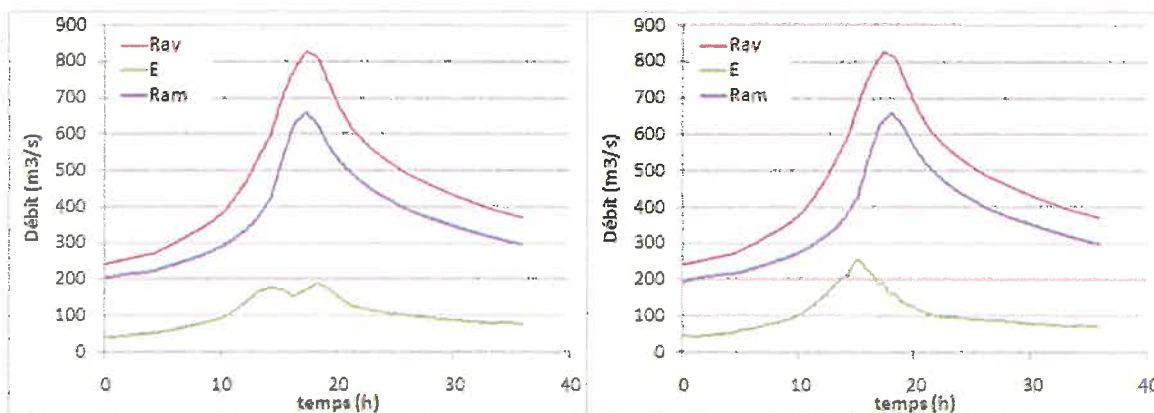


Figure 1 : hydrogrammes "naturels" générés HYDRETUDES 2007 (gauche), 2008 (droite).

2.3 DESCRIPTION DU « SYSTEME EAU D'OLLE » (REPRIS DE HYDRETUDES, 2008)

2.3.1 Décomposition des hydrogrammes

La retenue du Verney est considérée comme l'aval du bassin versant. Les apports entre cette retenue et la confluence de la Romanche (surface de bassin versant $\sim 4 \text{ km}^2$) ont été considérés comme entrant dans la retenue.

- L'hydrogramme « naturel » aval (Hydrogramme « E ») a été décomposé en deux hydrogrammes :
 - Hydrogramme « Verney » (Ve) représentant les apports



- du bassin versant compris entre la retenue de Grand Maison et l'aval
- Hydrogramme « Grand Maison décalé » (EamVe) représentant les arrivées à l'aval des débits produits à l'amont de Grand Maison
 - L'hydrogramme « Grand Maison décalé » a été avancé de 1h1/2 (temps de parcours entre les deux retenues) pour obtenir l'Hydrogramme « Grand Maison » (EavGM)

Cette décomposition s'est faite en cherchant à respecter une continuité logique des volumes écoulés, des débits de pointe, et des temps de montée suivant les principes suivants :

- "invariants"⁷ du Verney correspondant à celui du bassin versant total de l'Eau d'Olle
- Invariant A_{100} de Grand Maison plus faible, pour prendre en compte la neige, les glaciers, les lacs du haut bassin versant.
- De même, les lames d'eau écoulées en crue sur le bassin versant amont sont plus faibles qu'à l'aval
- Les pointes des deux bassins versants sont concomitantes entre elles, mais décalées d'environ 1 heure avec la pointe de l'hydrogramme « E ».

2.3.2 Définition des manœuvres sur les deux retenues

Il serait trop fastidieux de reprendre ici toutes les consignes de manipulation sur les deux retenues, qui occupent deux rapports EDF.

Les échanges entre les deux retenues peuvent se faire dans les deux sens :

- par turbinage à la centrale de Grand'Maison, débit maximal 217 m³/s,
- par pompage du Verney à Grand'Maison, débit maximal 135 m³/s

En outre, chaque retenue dispose de ses propres vannes de vidange de fond et de son évacuateur de crue.

Le principe de gestion des retenues est conçu de manière à n'aggraver en aucun cas les débits de crue naturels à l'aval du Verney.

Les consignes sont globalement résumées ci-dessous :

○ Grand'Maison

La retenue dispose de deux consignes différentes, une consigne dite normale, et une dite de « printemps » (liée à la surveillance du glissement du Billan à la fonte des neiges).

Consigne normale

Durant la période d'applicabilité de cette consigne, la cote de retenue normale est de 1695m, la cote de plus hautes eaux de 1698m.

La consigne de crue est simple : le pompage depuis le Verney est arrêté à partir du dépassement de la cote 1695. L'évacuation se fait par le déversoir (cote 1695,20).

Consigne de printemps

Durant la période d'applicabilité de cette consigne, la cote de retenue normale est de 1685m, la cote de plus hautes eaux de 1686m.

Une combinaison des débits naturels entrants et de la cote de retenue donne le point de fonctionnement :

Par ordre croissant : mise en alerte, arrêt des pompes, manœuvre.

En cas de manœuvre, le débit à évacuer est déterminé sur des abaques. Il doit l'être préférentiellement par :

- Turbinage à la centrale de Grand'Maison
- Ouverture des vannes de vidange de fond

⁷ On note ici « Invariant » A_{100} le rapport $Q_{100}/S^{0,75}$

○ Le Verney

La cote de retenue normale est celle de l'évacuateur de surface, soit 768,50m.

Une combinaison des débits naturels entrants et de la cote de retenue donne le point de fonctionnement :

Par ordre croissant : mise en alerte, manœuvre

En cas de manœuvre, le débit à évacuer est déterminé sur des abaques. Il doit l'être préférentiellement par :

- Pompage vers la retenue de Grand'Maison (max : 135 m³/s)
- Turbinage à la centrale d'Oz (max : 32 m³/s)
- Ouverture des vannes de vidange de fond

2.3.3 Génération des hydrogrammes avec retenues EDF

La modélisation de ce système a été programmée en Visual Basic sur Excel. Elle prend en compte :

- Les courbes de remplissage des deux retenues (Hauteur / Volume)
- Le fonctionnement des déversoirs,
- Les consignes de manœuvre des deux retenues (y compris contrainte de printemps ou non pour Grand'Maison, et consigne d'arrêt des pompes)
- Les paliers progressifs à respecter dans les débits à évacuer,
- Les temps de contrôle et de manœuvre des techniciens EDF

En revanche, elle ne prend pas en compte la possibilité de turbiner à la Centrale de Grand'Maison, considérant que celle-ci est exclue dans nos scénarios du fait du remplissage du bassin du Verney par les apports du bassin versant aval.

Les entrées du modèle sont les débits des deux bassins versants (Ve et EamGM).

Les retenues ont été supposées pleines à 90% au démarrage de la crue.

Les sorties du modèle sont les débits turbinés, pompés, évacués par vidange, déversés par les deux retenues. On obtient l'hydrogramme aval, constituant l'entrée du modèle hydraulique de l'Eau d'Olle, par addition des débits de sortie du Verney : Débit turbiné, vidangé, déversé.

2.4 **SCÉNARIOS HYDROLOGIQUES ETUDIÉS ET CHOIX D'UN SCENARIO DE REFERENCE DE CRUE CENTENNALE**

Dans le cadre de l'étude hydrologique de la Romanche (Hydrétudes 2008), les scénarios suivants ont été étudiés dans un premier temps :

1. Aucune prise en compte des barrages,
2. Prise en compte des barrages dans leur fonctionnement « normal » (cf. §2.3.3)

Il était manifeste que le scénario 1 (aucune prise en compte des barrages) conduisait à surestimer largement les débits de l'Eau d'Olle.

Après consultation du groupe d'experts constitué pour l'étude des parades hydrauliques au glissement de Séchilienne, ainsi que de l'exploitant EDF, le scénario 2 n'a pas non plus été retenu. En effet, il apparaît, à l'opposé du scénario 1, trop optimiste : il suppose le fonctionnement des groupes de refoulement du Verney vers Grand'Maison. Or,

- Ce pompage nécessite la fourniture en énergie de 1200 MW à la centrale d'Oz, ce qui est loin d'être assuré en situation de crue centennale (1 seule ligne HT alimente la centrale, les désordres dans ce cas de crue extrême pouvant conduire à la non disponibilité de cet approvisionnement électrique),

- Il faut rappeler que la seule obligation d'EDF est de ne pas aggraver les effets des crues : le débit restitué à l'aval des aménagements doit rester inférieur ou égal au débit entrant dans ces aménagements. Le pompage non prévu constitue pour l'exploitant un très fort surcoût lié au non respect des programmes prévisionnels d'alimentation du réseau.

C'est pourquoi un troisième scénario a été proposé dans le cadre de l'étude des parades hydrauliques au glissement de Séchilienne (Hydrétudes 2008) : ce scénario prévoit que le pompage du Verney vers Grand-Maison est inopérant pendant la durée de la crue.

Dans ce scénario, tout se passe comme si :

- Le bassin versant de Grand'Maison était totalement intercepté par la retenue,
- Le bassin versant compris entre Grand'Maison et le Verney fournit la totalité de la crue, et bénéficie d'un faible écrêtement par le barrage du Verney.

Enfin, dans le cadre de la présente étude, il a été demandé à HYDRETTUDES de revoir le troisième scénario **en considérant la non efficacité du barrage du Chambon dans le stockage des crues**. En effet, ce dernier se trouve actuellement et pour une longue durée – qui excèdera probablement 10 ans – à une cote de retenue normale de 1015m, contre 1039m antérieurement. Cela est dû à des travaux de renforcement.

Cela aboutit donc à un quatrième scénario qui diffère du précédent uniquement par l'hypothèse prise sur le barrage du Chambon.

Ce quatrième scénario est le scénario de référence de la présente étude.

Dans le cadre de la présente étude, nous reprenons les hypothèses hydrologiques du scénario 4.

3. DIAGNOSTIC DES ENDIGUEMENTS

3.1 INTRODUCTION

Le diagnostic géotechnique des digues de la vallée de la Romanche a été réalisé par le co-traitant SAGE Géotechnique dans le cadre du Schéma d'aménagement⁸, sur la base des lignes d'eau calculées par Hydrétudes.

Ce diagnostic géotechnique a pour objectif l'analyse des risques de rupture sur l'ensemble du linéaire en vue de la définition ultérieure des principes d'aménagements confortatifs dans les secteurs identifiés comme « sensibles » en fonction du schéma d'aménagement retenu.

Il est basé sur :

- L'analyse et la synthèse des données et documents existants (archives, plans topographiques, études préliminaires) ;
- La réalisation et la synthèse de reconnaissances visuelles des digues ;
- La définition des niveaux de risques des digues
- La définition d'une campagne de reconnaissances ;
- L'analyse et la synthèse des reconnaissances réalisées sur les digues ;
- L'analyse des risques de ruptures des digues dans les secteurs identifiés comme sensibles et l'identification des brèches potentielles

Nous ne reprenons ici que les résultats du diagnostic géotechnique. Le lecteur est invité à lire le document *diagnostic* du schéma d'aménagement de la Romanche pour plus de précisions concernant les investigations réalisées.

3.2 SECTORISATION

L'étude des digues de la Romanche et de ses affluents dans la plaine de Bourg d'Oisans conduit à la définition des secteurs suivants :

- o La Romanche :
 - o Secteur R1 : de la Croix du Plan au pont de la RD1091 (P10 à P29)
 - R1G : Digue de la Croix du Plan, Digue de Bourg d'Oisans
 - R1D : Digue des Alberges / Muret de protection de la RD1091
 - o Secteur R2 : du pont de la RD1091 à la confluence de la Lignarre (P30 à P46)
 - R2G : Digue de Bourg d'Oisans,
 - R2D : Digue de protection rive droite le long de la plaine de Sarenne
 - o Secteur R3 : de la confluence de la Lignarre à celle de l'Eau d'Olle (P46-P68)
 - R3G : Digue de la Plaine des Sables
 - R3D : Digue de la Plaine de l'Eau d'Olle
 - o Secteur R4 : de la confluence de l'Eau d'Olle au pont de la Veyna (P68-P89)
 - R4G : Digue de la Plaine des Petites Sables
 - R4D : Digue de la Champeau, de l'Eau d'Olle à la Carrière de Bâton

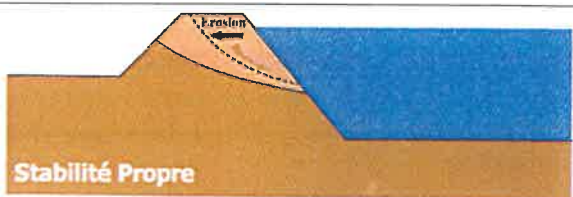
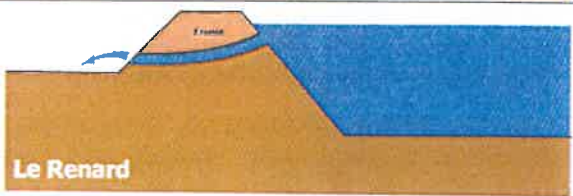
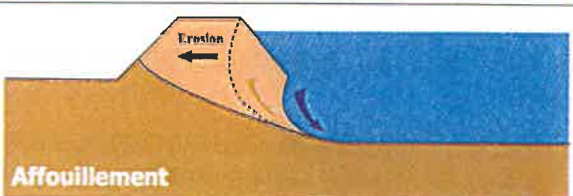
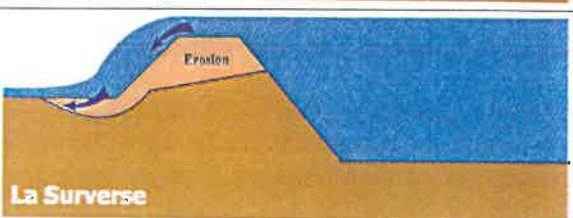
⁸ HYDRETUDES / SAGE / AGRESTIS : *Schéma d'aménagement de la Romanche / Rapport Diagnostic – SYMBHI*, 2007

- Le Vénéon : endiguement en rive droite sur le secteur du Buclet
- La Lignarre : Endiguement de la Poya à la Romanche
- La Sarenne : Endiguement de Sarenne à Bassey (Rive Gauche et Droite)
- L'Eau d'Olle : Endiguement continu sur les deux rives du barrage du Verney à la Romanche.

3.3 DIFFERENTS TYPES DE RUPTURE DE DIGUE

Ce diagnostic géotechnique a conduit à définir –sur la plaine de l'Oisans entre autres- des scénarios de rupture de digue. Ces risques sont les suivants :

Cette phase de l'étude a pour objectif d'établir un diagnostic visuel continu et exhaustif de la totalité des digues. Nous chercherons ainsi à définir les faiblesses des digues vis-à-vis des trois sources de ruptures :

<p>Rupture par glissement des talus (stabilité propre à l'ouvrage) : ce type de rupture a lieu en décrue, lorsque le niveau de charge hydraulique dans la digue se trouve au-dessus de celui de la rivière.</p>	 <p>Stabilité Propre</p>
<p>Rupture par érosion interne (phénomène de renard) : due aux circulations internes de l'eau à l'intérieur de la digue : des veines de matériaux peu cohésifs et légers (sables, limons) peuvent être à l'origine de ce type de rupture.</p>	 <p>Le Renard</p>
<p>Rupture par érosion externe (affouillement) : due à la force érosive de l'eau, en particulier dans l'extrados des courbes.</p>	 <p>Affouillement</p>
<p>Rupture par surverse : Il s'agit du type de rupture le plus courant. En effet, les ouvrages en terre ne sont pas faits pour surverser. Le débordement en un seul point bas peut rapidement se transformer en une brèche par lequel s'engouffre une partie importante du cours d'eau.</p>	 <p>La Surverse</p>

3.4 IDENTIFICATION DES ZONES DE RUPTURE POTENTIELLE

3.4.1 Approche menée en 2008

D'après le décret du 11 décembre 2007 et l'arrêté du 29 février 2008, les digues sont classées au titre de la sécurité Publique et doivent faire l'objet **d'études systématiques de rupture – indépendamment du risque.**

Chaque secteur concernant un tronçon de digue jugé indépendant, on simulera donc séparément **une rupture par secteur voire deux si l'aléa d'instabilité est important.**

Puis sur chaque secteur, le choix d'implantation de la brèche sera guidé par l'analyse des aléas de rupture.

L'identification des tronçons les plus à risques a été réalisée en croisant les aléas exposés précédemment. Toutefois ces aléas n'ont pas été considérés avec la même pondération.

En effet, les phénomènes de **surverse, érosion interne et grand glissement côté plaine (val)** pendant une crue conduisent la plupart du temps à des **brèches**, avec ruine de l'ouvrage de protection et inondation plus ou moins rapide du val protégé. Une seule insuffisance d'amplitude majeure parmi ces critères suffit au développement d'une brèche et, de ce fait, au classement de la zone à risques.

En particulier, **le critère hydraulique « surverse » apparaît prédominant et on peut estimer la possibilité d'une brèche sur chaque linéaire intéressé par une surverse ou une revanche inférieure à 30 cm identifié dans le scénario sans rupture.**

Le phénomène **d'érosion externe**, hors conditions particulières d'embâcle ou d'association avec un phénomène de glissement, conduit plus **rarement à des brèches en période de crue, exception faite de la digue de la Croix du Plan** qui confine progressivement la zone de divagation du Buclet.

Quoiqu'il en soit, les dommages sont toutefois réels et devront être réparés une fois la crue terminée.

De même, la déstabilisation de l'ouvrage lors de la décrue (**glissement côté rivière**)– donc a priori lorsque les niveaux d'écoulement sont retournés à un niveau bas – n'est pas le phénomène dont il faut s'inquiéter en première urgence : en effet il implique une réparation rapide post-crue de l'ouvrage, mais **n'est pas à l'origine d'une inondation.**

Les secteurs identifiés à risque par recoupement sont regroupés en page suivante (

Les travaux de confortement de la digue de la Croix du Plan à l'amont de La Bayette, menés en 2008/2009, ont conduit dans un premier temps, à ne plus considérer de scénario de brèche sur ce secteur amont (nous verrons section suivante qu'il s'agissait d'une erreur d'interprétation de la doctrine nationale).

Des emprises de bande de sécurité à l'arrière des digues, établies à dire d'expert, nécessaires pour bien prendre en compte l'ensemble des zones à risque (nombre de scénarios de brèche modélisés, limité aux points de faiblesse les plus notoires après diagnostic de l'état et vulnérabilité des digues) ont été intégrées au zonage qui a été Portée A Connaissance. On retient 3 « Porter à Connaissance » :

- Mars 2009 : Lettre PAC du Préfet : Carte des aléas avec toutes les ruptures étudiées
- Juin 2009 : Lettre PAC du Préfet : Carte des aléas avec toutes les ruptures étudiées sauf Croix du Plan (suite à l'achèvement des travaux de confortement sur le secteur)

- 9 Juillet 2013 : Réunion publique PPR : Carte des aléas avec toutes les ruptures étudiées sauf Croix du Plan avec modèle fin LIDAR et bandes de sécurité à dire d'expert.

Nota (voir également section 1.3): Nous verrons également à la section suivante, qu'avec la présente étude, les nouveaux éléments d'affichage du risque inondation dans le cadre du PPR dont dispose l'Etat sont les suivants :

- - Octobre 2014 : Carte des aléas avec toutes les ruptures étudiées (y compris Croix du Plan) avec modèle fin LIDAR (présente étude DDT38-SPR/Hydrétude et bandes de sécurité modélisées (DDT38-SPR/Dynamique Hydro août2014).

Tableau 1).

La modélisation des **brèches** en crue centennale n'a été **retenue que sur une partie d'entre elles, en fonction de leur localisation et de l'impact prévisible sur l'inondation** (priorité sur les zones amont).

3.4.2 Porter A Connaissance de 2009 à 2013

Les travaux de confortement de la digue de la Croix du Plan à l'amont de La Bayette, menés en 2008/2009, ont conduit dans un premier temps, à ne plus considérer de scénario de brèche sur ce secteur amont (nous verrons section suivante qu'il s'agissait d'une erreur d'interprétation de la doctrine nationale).

Des emprises de bande de sécurité à l'arrière des digues, établies à dire d'expert, nécessaires pour bien prendre en compte l'ensemble des zones à risque (nombre de scénarios de brèche modélisés, limité aux points de faiblesse les plus notoires après diagnostic de l'état et vulnérabilité des digues) ont été intégrées au zonage qui a été Portée A Connaissance. On retient 3 « Porter à Connaissance » :

- Mars 2009 : Lettre PAC du Préfet : Carte des aléas avec toutes les ruptures étudiées
- Juin 2009 : Lettre PAC du Préfet : Carte des aléas avec toutes les ruptures étudiées sauf Croix du Plan (suite à l'achèvement des travaux de confortement sur le secteur)
- 9 Juillet 2013 : Réunion publique PPR : Carte des aléas avec toutes les ruptures étudiées sauf Croix du Plan avec modèle fin LIDAR et bandes de sécurité à dire d'expert.

Nota (voir également section 1.3): Nous verrons également à la section suivante, qu'avec la présente étude, les nouveaux éléments d'affichage du risque inondation dans le cadre du PPR dont dispose l'Etat sont les suivants :

- - Octobre 2014 : Carte des aléas avec toutes les ruptures étudiées (y compris Croix du Plan) avec modèle fin LIDAR (présente étude DDT38-SPR/Hydrétude et bandes de sécurité modélisées (DDT38-SPR/Dynamique Hydro août2014).

Tableau 1 : synthèse des risques d'ouvertures de brèches dans les digues de la Romanche et Lignarre - Choix des scénarios retenus de 2008 à 2012

Secteur concerné	Aléa de rupture	Scénarios retenus ou étudiés en 2008 puis 2009-2013
1 digue de la Croix du Plan	instabilité côté rivière et plaine, renard, affouillement de pied, historique travaux programmés en 2007 côté plaine pour se prémunir de renards et de l'instabilité côté plaine ; seul l'instabilité affouillement côté rivière demeurera tant que les travaux côté rivière ne seront pas réalisés (prévus pour 2008)	Brèche simultanée en R12 et R16 et PAC en mars 2009. La réalisation de ces travaux en 2008-2009 a conduit à ne pas intégrer ce scénario dans le Porter A Connaissance juin 09
2a digue rive droite entonnoir La Bayette	surverse 15cm, instabilité côté rivière, affouillement potentiel, Historiquement seul le phénomène de surverse a été relevé ; la structure d'ouvrage routier d'aujourd'hui (muret de digue ferrailé ancré, enrobé chaussée continu, protection côté rivière par enrochements et perré béton en prolongement de l'assise du mur...) tend à limiter ce risque de brèche ;	Non retenue
2b digue rive droite amont pont RN 91	surverse 40cm, instabilité côté rivière, historique Là encore que la structure routière actuelle réduit le risque d'érosion par surverse ; une réfection du mur n'en demeure pas moins souhaitable sur ~ 300 ml (amont pont RD1091)	Brèche en R25
3a digue rive gauche amont pont RN 91 , aux abords de la décharge	surverse 5cm, instabilité côté rivière, historique. Les travaux de recharge de l'ADIDR (2007) ont supprimé ce risque de surverse en crue centennale, qui n'en reste pas moins réel en cas de crue supérieure	Brèche en R25
3b digue rive gauche proximité amont pont RN 91	Faible revanche avec risque potentiel accru lié au pont en début de mise en charge et embâcles, instabilité côté rivière. Les travaux de recharge de l'ADIDR (2007) ont supprimé ce risque de surverse en crue centennale sans embâcles, qui n'en reste pas moins réel en cas de crue supérieure	Non retenu (priorité au risque à l'amont)
4 digue rive gauche au « Le Grand Renaud »	surverse 5cm, instabilité côté rivière, historique	Non retenu (priorité au risque à l'amont)
5 digue rive gauche en amont des Trois Ponts	surverse 10cm, instabilité côté rivière et plaine, historique le refoulement par la Rive joue un rôle stabilisateur en abaissant le gradient hydraulique amont-aval digue ; le perré de digue se révèle plutôt en bon état sur ce secteur ; le risque demeure néanmoins par érosion côté rive à la décrue et par embâcle sur le pont augmentant alors notablement la ligne d'eau débordante	Non retenu (priorité au risque à l'amont)
6a et b digue rive gauche plaine des Sables	instabilité côté rivière, renard, historique mais de surverse le risque de Renard s'applique vraisemblablement à l'ensemble du linéaire bordant la plaine des Sables rendant ce risque d'autant plus prépondérant et difficilement contrôlable par des interventions de confortement ponctuelles	Brèche en R50 et en R58
7 digue Lignarre rive gauche plaine Sables	instabilité côté rivière, instabilité côté plaine, renard	Brèche en L21

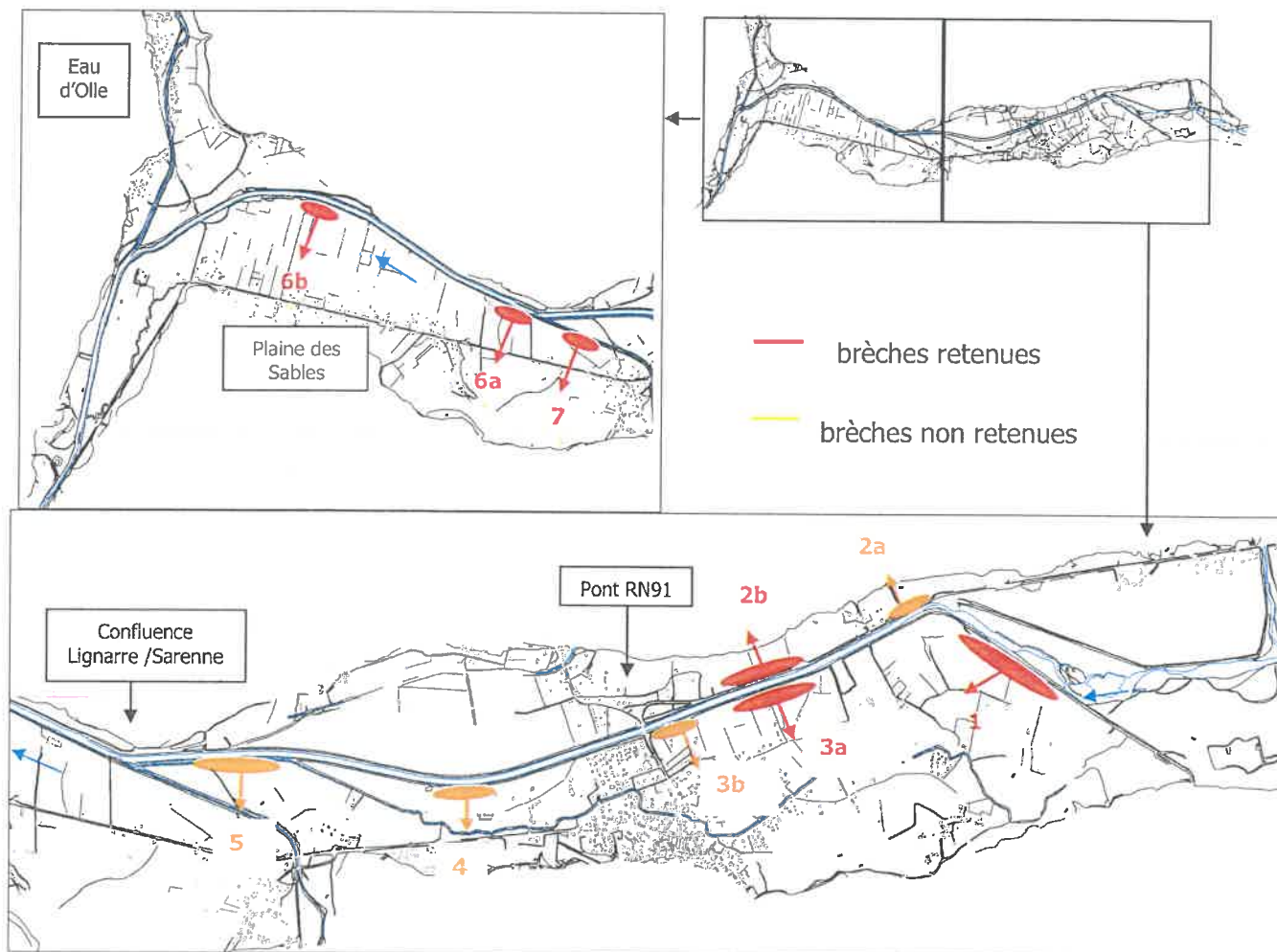
Notons que l'affouillement de pied, l'instabilité et le risque de Renard peuvent se développer pour des fréquences de crue moindre que Q_{100} (niveaux Q_{30} seulement à -50 cm sous la Q_{100}).

Au-delà des 4 phénomènes générateurs de brèche, le choix des priorités a été mené en croisant les niveaux de surverse (en intégrant le risque potentiel de rehausse accidentelle type embâcles) avec la nature des endiguements (digues uniquement constituées de sables et graviers étant les plus sensibles) et le gradient hydraulique auquel elles sont soumises en crue (fonction en particulier de la dénivelée côté plaine).

La priorité du **secteur de la Croix du Plan** se justifie par sa position à l'extrémité amont des enjeux et le choix de **la double brèche sur ce secteur** se justifie par la divagation de la Romanche et le risque permanent d'affouillement de pied **sur des linéaires non protégés**.

Des travaux usuels (protection de pied en enrochements, terrassement pour mise à niveau crête, recharge drainante val) peuvent constituer des solutions pour ramener le risque à une brèche unique.

D'autres interventions réfléchies à l'échelle de la vallée sont également susceptibles de sécuriser ces secteurs.



On constate que les brèches retenues par l'étude HYDRATEC de 2004 (n°1 et n°3a-3b) sont de nouveau évaluées prioritaires par la présente étude, sachant qu'en amont du pont de la RD1091, le risque majeur est déplacé légèrement plus en aval suite aux relevés topographiques densifiés désormais disponibles et qui identifient le point bas « débordant » plus proche du pont.

3.4.3 Actualisation 2014

Les travaux effectifs de confortement de la digue de la Croix du Plan, menés en 2008/2009, permettent de limiter le risque de brèche de sorte que les scénarios retenus ne portent désormais que sur une **brèche unique** dont la localisation demeure variable et maintenue au profil R12 **OU** R16.

Ce choix de scénario s'appuie sur le **respect de la doctrine nationale** relative aux digues dites "sûres" (Réf: guide méthodologique PPRi 1999 pages 24, 25, 55, 74, et circulaires "digués" 2002 et PPRL 2011) qui conduit à ne retenir une absence de risque de brèche en crue centennale que pour les digues de type CNR (digués du canal du Rhône, toujours en eau), ce qui n'est pas le cas de la digue de la Croix du Plan.

En complément de la présente étude (au regard de la variabilité de l'altimétrie des digues côté plaine et de celle de la rive protégée à son arrière, et au regard du risque important à proximité immédiate des digues en cas de brèche accidentelle en tout point du linéaire endigué), une analyse fine de l'aléa à l'arrière des digues a été menée afin d'affiner les emprises des bandes de sécurité. Ces bandes de sécurité, initialement établies à dire d'expert à hauteur de 400m de recul du pied de digue côté plaine, se sont ainsi vues réduites de façon importante sur le secteur de la Croix du Plan. A l'arrière de la digue de la Croix du Plan, cette réduction est de l'ordre de 50% (~200m).

Sur le secteur des sources de la Rive, la définition des aléas s'en trouve plus précise.

Tableau 2 : synthèse des risques d'ouvertures de brèches dans les digues de la Romanche et Lignarre - Choix des scénarios retenus en 2014

Secteur concerné	Aléa de rupture	Scénarios A Retenir en 2014
1 digue de la Croix du Plan	Respect de la doctrine nationale (Ref: guide méthodologique PPRi 1999 pages 24, 25, 55, 74, + circulaires "digués" 2002 et PPRL 2011)	Brèche en R12 (gauche)
1b digue de la Croix du Plan	Respect de la doctrine nationale (Ref: guide méthodologique PPRi 1999 pages 24, 25, 55, 74, + circulaires "digués" 2002 et PPRL 2011)	Brèche en R16 (gauche)
2b digue rive droite amont pont RN 91	surverse 40cm, instabilité côté rivière, historique Là encore que la structure routière actuelle réduit le risque d'érosion par surverse ; une réfection du mur n'en demeure pas moins souhaitable sur ~ 300 ml (amont pont RD1091)	Brèche en R25 (droite)
3a digue rive gauche amont pont RN 91 , aux abords de la décharge	surverse 5cm, instabilité côté rivière, historique. Les travaux de recharge de l'ADIDR (2007) ont supprimé ce risque de surverse en crue centennale, qui n'en reste pas moins réel en cas de crue supérieure	Brèche en R25 (gauche)
6a et 6b digue rive gauche plaine des Sables	instabilité côté rivière, renard, historique mais de surverse le risque de Renard s'applique vraisemblablement à l'ensemble du linéaire bordant la plaine des Sables rendant ce risque d'autant plus prépondérant et difficilement contrôlable par des interventions de confortement ponctuelles	Brèche en R50 et en R58 (gauche)
7 digue Lignarre rive gauche plaine des Sables	instabilité côté rivière, instabilité côté plaine, renard	Brèche en L21 (gauche)

4. HYDRAULIQUE

Ce chapitre décrit les principales hypothèses et résultats trouvés dans les modélisations effectuées sur la plaine de Bourg d'Oisans en régime transitoire, sans et avec brèches.

Les outils utilisés pour les différents modèles sont :

- création de modèles numériques de terrain à partir des multiples levés topographiques disponibles,
- construction de modèles hydrauliques sur le logiciel *Infoworks RS*.

4.1 AVERTISSEMENT : NUMEROTATION DES PROFILS EN TRAVERS

Sur la plaine de Bourg d'Oisans, l'AD Isère Drac Romanche dispose de profils en travers régulièrement actualisés sur la Romanche et ses affluents (Vénéon, Lignarre, Sarenne, Eau d'Olle, Rive). Le tracé en plan de ces profils est matérialisé sur le terrain, seule l'altitude change. Un suivi topographique régulier permet de quantifier les évolutions de la rivière.

Les profils de la Romanche sont numérotés de 1 (aval barrage du Clapier) à 89 (amont du pont de la Veyna). La confluence avec le Vénéon est au profil 5, celle de la Lignarre et de la Rive au profil 46, celle de la Sarenne au profil 48, celle de l'Eau d'Olle au profil 68.

Dans le cadre du Schéma d'aménagement de la Romanche, afin d'homogénéiser les notations, une notation par lettre + numéro a été adoptée : R pour Romanche, V pour Vénéon, L pour Lignarre, I pour Rive, S pour Sarenne, E pour Eau d'Olle.

Ainsi par exemple les profils Eau d'Olle ont porté les numéros E001 (correspondant à P.k, profil pris à la Pernière haute) à E015 (confluence avec la Romanche).

Nous avons repris ces notations dans la présente étude.

cf. carte position des profils – Annexe 2

4.2 BASE TOPOGRAPHIQUE

La base topographique est constituée des différents levés disponibles sur le secteur :

1. Profils de la Romanche et du Vénéon sur la plage du Buclet (profils pairs de R4 à R18, R11, R17 et V1 à V10)
2. Profils « pairs »: semis de points communiqué par SINTEGRA, réalisé en 2003 (référence : IGN 69)
3. Profils « impairs »: profils en travers, DENIAU, 1998 (référence : NGF orthométrique)
4. Levé digue de la Croix du Plan, DENIAU 2005, (référence : IGN 69)
5. Levé SINTEGRA par photogrammétrie aérienne, 2005 (IGN69)
6. Levés du lit de la Romanche, DENIAU, 1997 (NGF Orthométrique)
7. Différents levés sur les affluents (Lignarre, Sarenne, Eau d'Olle, Rive)

Les points des levés en système orthométrique ont été remontés de 26cm pour le mettre en référence altimétrique IGN69. Dans les secteurs où plusieurs levés étaient disponibles sur le même secteur, le dernier levé a fait foi.

Le modèle numérique de terrain (MNT) a été construit en 2008 sur cette base topographique, après construction de toutes les lignes caractéristiques (lignes de rupture de pente) : Haut de berge, bas de berge, fond, haut de talus, bas de talus, etc.

Il est à noter que certains profils du Modèle Hydraulique ne correspondent pas exactement aux profils levés par Deniau (1998) ou Syntégra (2003). En effet, les profils du modèle ont été retracés à partir du MNT, lui-même construit sur la base des points des profils. Cela explique les faibles différences altimétriques que l'on peut avoir entre les profils levés et ceux du modèle. Cette reconstruction des profils à partir du MNT restait indispensable à la cohérence du modèle.

Dans le cadre de **la présente actualisation de l'étude en 2014 relative au secteur de la digue de la Croix du Plan et aux bandes de sécurité**, les relevés topographiques de 2009 par LIDAR ont été exploités (nouvel MNT) pour affiner les zonages. **Cette donnée LIDAR avait également déjà été prise en compte pour la définition de la carte des aléas du Portée A Connaissance résultant des études de 2010 et 2012, et affiché publiquement en réunion publique du 9 juillet 2013 au Bourg d'Oisans, pour laquelle aucune brèche en digue de la Croix du Plan n'avait été intégrée.**

8. Levé SINTEGRA par LIDAR, 2009 (IGN69).

Les restitutions cartographiques dites de "FUSION" (hauteurs, vitesses et aléas finaux après croisement des différents scénarios), jointes à la présente actualisation, intègrent donc les dernières données topographiques disponibles et le scénario de brèche en R12 ou en R16. Une fois croisées aux nouvelles emprises des bandes de sécurité, elles constitueront prochainement les nouvelles cartes de risque portées à connaissance.

A noter que les rendus cartographiques spécifiques à chaque scénario distinct (hors secteur des sources de la Rive pour les scénarios d'une brèche en R12 OU en R16 qui constituent des nouveaux zonages), annexées au présent rapport, n'ont pas été actualisés par rapport au premier rapport édité en 2009.

4.3 ANTECEDENTS – POINTS DE COMPARAISON DES MODELISATIONS

La plaine de Bourg d'Oisans a été étudiée par Hydratec⁹ en 2004.

Les résultats des simulations réalisées dans le cadre de la présente étude ont été comparés à ceux de cette étude antérieure.

Une étude d'HYDROLAC a été conduite, fin 2006, en parallèle à la présente étude, pour le compte de la commune de Bourg d'Oisans. Elle a visé à préciser les débits débordant rive droite, sur la RD1091, à l'entrée du linéaire endigué de Bourg d'Oisans et à préciser le champ d'expansion de ces débits sur la rive droite jusqu'à la confluence Sarenne.

4.4 CONSTRUCTION DU MODELE

Le modèle « Oisans » transcrit numériquement le fonctionnement de la plaine traversée par la Romanche et ses cinq affluents : Vénéon, Rive, Lignarre, Sarenne, Eau d'Olle, et ce en régime transitoire (à débit variable) donc représentatif des événements réels (hydrogrammes de crue et écrêtement potentiel par expansion en lit majeur).

Le modèle numérique comporte :

- 6 hydrogrammes d'entrée (correspondant à la Romanche et ses cinq affluents, voir le chapitre « Hydrologie » pour le calcul de ces hydrogrammes)

⁹ Hydratec : *Etude de l'inondabilité de la Romanche et de ses affluents en plaine de Bourg d'Oisans*, 2004.

- 1 condition aval (Romanche au pont de la Véna), pris en régime uniforme (pente à 0,5%)
- 223 profils en travers de cours d'eau (dont la moitié pour les affluents)
- 5 confluences prenant en compte les effets de « suction » des affluents par le flux de la Romanche
- 82 « casiers » (éléments de lits majeurs)
- 191 unités des débordements, reliant des tronçons de cours d'eau avec le lit majeur ou plusieurs casiers entre eux
- 65 profils en travers en lit majeur
- 6 ponts sont également pris en compte (ponts de la Romanche, ainsi que « trois ponts » sur la Rive et l'Eau d'Olle, ponts de la Sarenne dans le secteur des Essoulieux).

La nouvelle déviation de Bourg d'Oisans a été prise en compte.

4.4.1 Lit mineur

Le calage du modèle s'est fait sur par rapport aux travaux d'Hydratec (2005). Dans un premier temps, la rugosité des berges et de celle du fond ont été différenciées.

Il est apparu que nous obtenions, avec des rugosités différenciées (45 en fond, 15 en berge), des débits plein bord comparables à ceux que l'on obtient en fixant une rugosité de rugosité de 30 sur l'ensemble du profil).

4.4.2 Débordements

Les déversements se font par-dessus les digues de Bourg D'Oisans et sont calculés par la formule :

$$dQ_{DEB} = \mu \cdot dL \cdot \sqrt{g \cdot h_{DEB}^3}$$

avec dQ_{DEB} débit par unité de longueur de déversement
 dL longueur de déversement
 μ coefficient de déversoir : $\mu < 0,38$ (lame mince sans contraction latérale)
 h_{DEB} hauteur du débordement

Des valeurs de μ typiques sont de 0,42 pour des déversoirs à lame mince et 0,38 pour les déversoirs arrondis. L'efficacité est moindre pour les déversoirs réels, comportant des éléments susceptibles de limiter l'énergie du déversement : chemins, blocs rocheux, végétation arbustive et arborée. Cela conduit à limiter les valeurs de μ entre 0,2 et 0,38 dans la pratique.

4.4.3 Modélisation du lit majeur

4.4.3.1 Rugosité du lit majeur

Le modèle que nous avons réalisé sur le lit majeur différencie les secteurs de la façon suivante :

Tableau 3 : détermination des rugosités du lit majeur

Type d'occupation du sol	caractéristiques hydrauliques	K_s affecté
Plaine bocagère	haies régulières et denses retenant l'écoulement, pâture entre les haies	10
Ripisylve	nombreux arbres, sous-bois	5
Périurbain	maisons, murets, petits talus coupent l'écoulement et le dirigent dans des axes préférentiels dégagés	10
Urbain	l'écoulement ne peut passer que par quelques secteurs dégagés : rues, axe de rivière.	5

4.4.3.2 Mise en œuvre de la modélisation

Le lit majeur peut être représenté dans le modèle mathématique de deux manières (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) :

1. soit le lit majeur a essentiellement un rôle de stockage (talus, nombreuses haies...) et a une configuration plate : il est alors représenté sous forme d'une série de réservoirs dont on donne la relation cote de l'eau / surface, ainsi que les débordements vers le réservoir suivant.
- soit le lit majeur permet l'écoulement des eaux car sa pente est non négligeable ($> 0,5\%$) : on peut alors créer un maillage de cellules triangulaires qui permettra de déterminer plus précisément le cours de l'écoulement.



Figure 2 : à gauche, exemple d'un secteur en modélisation par cascade de réservoirs (contours de réservoirs et liens entre eux) : La plaine des sables. A droite : exemple d'un secteur en modélisation par maillage 2D (limites des mailles 2D) : le pont de la Romanche en rive droite.

Sur les lits majeurs de la Romanche, nous avons considéré que les secteurs relevant de la configuration 2 définie ci-dessus étaient (cf. **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** page suivante) :

- la zone des sources de la Rive, à l'aval immédiat de la digue de la Croix du Plan,
- La rive droite entre la Bayette et Sarenne. Tout le reste a été représenté selon la configuration 1, avec des « casiers d'inondation séparés par les routes sur talus.

Tout le reste relève de la configuration 1 : du fait de la faible pente et de l'origine des inondations, par remontée de la ligne d'eau de la Romanche dans ses affluents, les volumes de stockages sont importants et les débits faibles au regard de ces volumes de stockage.

4.4.3.3 Conséquences sur les cartes d'inondations, de vitesses et d'aléas présentées

Le modèle construit permet de calculer :

- Les hauteurs d'inondation et débits sur l'ensemble de la zone d'étude,
- Les vitesses d'écoulement seulement sur les secteurs relevant de la configuration 2 (domaine 2D).

En conséquence :

- Sur les cartes de hauteur d'eau : aucune conséquence, les deux configurations permettent de calculer les hauteurs d'eau en tout point
- Sur les cartes de vitesses : les vitesses ne sont calculées que sur les seuls « domaines 2D »
- Sur les cartes d'aléas : aucune conséquence : en effet l'aléa est un croisement des cartes des hauteurs et des vitesses.
 - o Sur les configurations de type 2, ce croisement est pris en compte,

- o Sur les configurations de type 1, l'ensemble des zones susceptibles d'être en aléa moyen ou fort du fait des vitesses l'est également du fait des hauteurs.

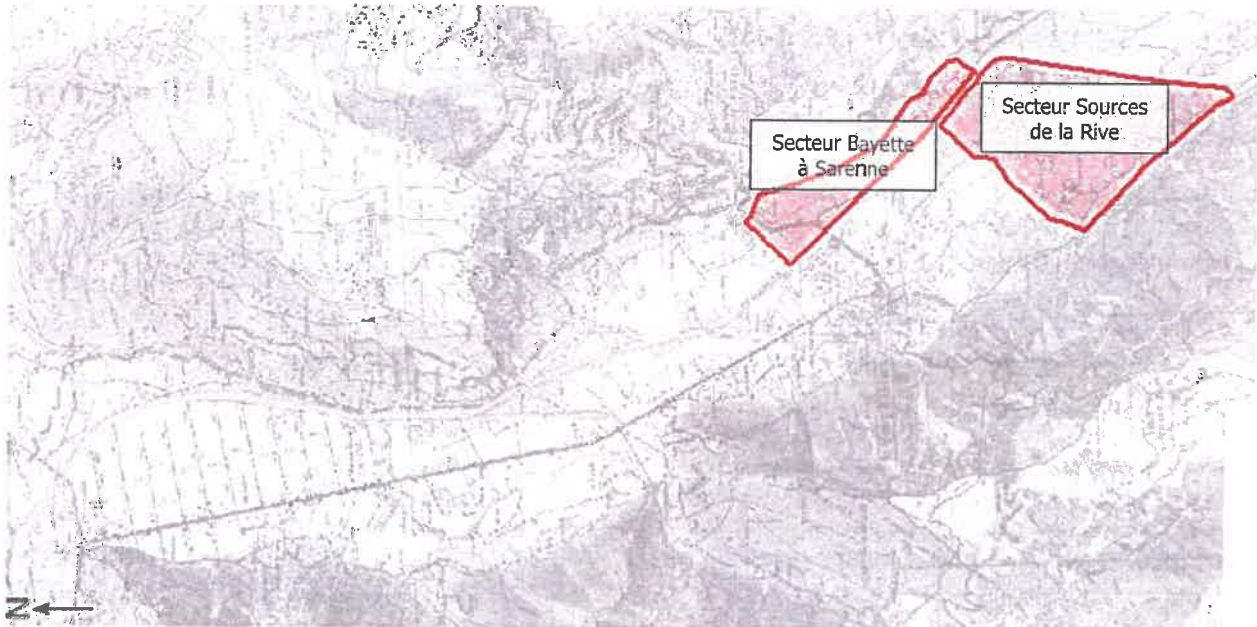


Figure 3 : secteurs de modélisation en configuration 2 (2D)

4.4.4 Modélisation des brèches dans les digues

Les scénarios hydrauliques de rupture supposent tous (cf. Figure 4) :

- Une largeur de brèche correspondant à celle du lit mineur, soit 50 mètres,
- Une formation de la brèche au plus fort de la crue (maximum de débit),
- Une ouverture de la brèche progressive, durant en tout une heure, avec une forme rectangulaire,
- Après rupture, l'altitude du fond de brèche est celle du terrain naturel derrière la digue.

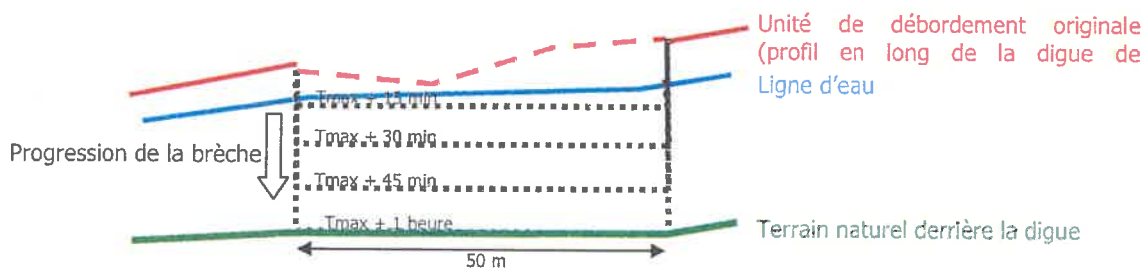


Figure 4 : déroulement d'une brèche dans une digue

4.5 PRESENTATION DES RESULTATS

4.5.1 Capacité du lit mineur de la Romanche

La capacité du lit mineur de la Romanche permet d'évacuer sans débordement un débit de fréquence décennale.

Les premiers débordements (hors remontée dans les affluents) se produisent entre la décennale Q_{10} et la vicennale Q_{20} (période de retour 10 à 20), dans la petite plaine des Sables en rive gauche. Autour de la crue trentennale Q_{30} , des débordements se produisent par-dessus les digues :

- à l'amont des trois-ponts
- à l'amont de la confluence de l'Eau d'Olle
- à l'amont du pont de la RD1091

Le reste du secteur endigué a une capacité inférieure au débit cinquantennal Q_{50} .

La plage du Buclet a, quant à elle, la capacité hydraulique de faire transiter un débit supérieur à la centennale sans débordement de ses digues.

4.5.2 Scénario de crue centennale, sans brèche (scénario de référence)

Les principaux résultats de la modélisation en scénario de crue centennale (selon hydrologie décrite au §2) de ces modélisations sans brèche de la Romanche sont :

- **L'inondabilité de la plaine par remontée de la Romanche dans ses affluents Rive, Sarenne, en dépit des endiguements existants sur ces affluents** ; ces derniers ne sont présents que sur la partie aval de la Rive et ne protègent nullement Bourg d'Oisans de la remontée du niveau dans le centre bourg ;
- Les débordements très importants en rive droite entre la Bayette et le pont de la RD1091, alors que la rive gauche reste protégée contre la surverse (travaux de rehaussements récents) ;
- **La forte inondabilité de la Plaine en rive droite**, de la Bayette à la confluence de la Sarenne et en particulier à l'aval du hameau de Sarenne, ceci résultant aussi bien des débordements amont que de la remontée de la Romanche dans la Sarenne ;
- La non-inondabilité du haut de la plaine des Sables dans la configuration actuelle, en l'absence de brèche sur ce site ; tous les débordements amont sont en effet restitués dans la quadruple confluence Romanche / Rive / Lignarre / Sarenne ; La Lignarre est en limite de surverse sur sa digue gauche ;
- **L'important rôle écrêteur de la Plaine de Bourg d'Oisans dans sa configuration actuelle pour les très fortes crues sans même prise en compte de brèche : près de 300 m³/s sur les 830 m³/s de débit cumulé à la traversée de la plaine, soit un écrêtement de 36% du pic de crue ;**

Les débordements sur la Romanche et ses affluents, en scénario de crue centennale sans brèche, se produisent :

- Sur la Romanche
 - o En rive droite :
 - par-dessus la RD1091 à la Bayette : 25 m³/s
 - par-dessus le muret entre Romanche et RD1091 à l'amont du pont de Bourg d'Oisans : 68 m³/s
 - La cote au Camping « La Piscine » à Sarenne est de 717.9m NGF.
 - entre pont de Bourg d'Oisans et des trois ponts : 24 m³/s
 - Par-dessus la digue à Champeau, 21 m³/s
 - o En rive gauche :
 - A l'amont des trois ponts : 48 m³/s
 - Sur la plaine des petites Sables, 130 m³/s
 - La cote dans le centre de Bourg d'Oisans est au maximum de 717.8m NGF.
- Sur l'Eau d'Olle
 - o En rive droite :
 - Sur le Plan d'Allemont, avec retour rapide vers la rivière à l'amont du pont de la RD 536
 - Sur le lieu-dit Farnier, 5 m³/s
 - o En rive gauche :
 - A l'amont de la passerelle de la Pernière d'en Haut (7 m³/s)
 - Entre le pont de la RD536 et la passerelle de la Pernière Basse (6 m³/s)
- Sur la Sarenne et la Rive, les débordements se font de part et d'autre des rivières. Dans le scénario étudié, il y a un important débit de la Romanche remontant par ces cours d'eau. Ainsi, leurs débordements sont sans commune mesure avec ce que ces affluents apportent par eux-mêmes.
- Sur le Vénéon, pas de débordements
- Sur la Lignarre, seul l'aval est en limite de débordement des deux côtés.

Ce scénario constitue le scénario de référence.

4.5.3 Scénarios hydrauliques avec brèches

Nous avons appliqué le scénario hydrologique décrit au chapitre 2 (crue centennale) à 7 scénarios hydrauliques avec ouverture de brèches dans les digues :

- o BL21g : brèche dans la digue de la Lignarre, profil 21 rive gauche
- o BR12g : brèche dans la digue de la croix du Plan, profil 12 rive gauche
- o BR16g : brèche dans la digue de la croix du Plan, profil 16 rive gauche
- o BR25d : brèche dans la digue de la Romanche, profil 25 rive droite
- o BR25g : brèche dans la digue de la Romanche, profil 25 rive gauche
- o BR50g : brèche dans la digue de la Romanche, profil 50 rive gauche (amont Plaine des Sables)
- o BR58g : brèche dans la digue de la Romanche, profil 58 rive gauche (aval Plaine des Sables)

Les lieux de rupture sont présentés sur la carte au 1/40.000^{ème} en annexe 2.

4.5.3.1 *BL21q : rupture de la digue de la Lignarre dans la plaine des Sables*

Le scénario est identique, à l'amont de la confluence Romanche-Lignarre, sur la plaine de Sarenne et sur celle de l'Eau d'Olle, au scénario de référence. La brèche de la Lignarre provoque une perte de débit de celle-ci de 30 m³/s vers la Plaine des Sables. Une partie de ces débordements (12 m³/s) passent la RD1091 entre le lieu-dit *le Mas de l'Ordre* et la station d'épuration. Le reste est rapidement écrêté par la Plaine des Sables qui se retrouve très faiblement inondée.

4.5.3.2 *BR12g : rupture de la digue de la Croix du Plan à l'amont*

Le débit renvoyé vers le centre de Bourg d'Oisans est de 205 m³/s.
Ces débits retournent à la Romanche par la « Triple » confluence (Romanche, Rive, Lignarre). La cote maximale atteinte dans le centre de Bourg d'Oisans est de 719.4m NGF.

4.5.3.3 *BR16g : rupture de la digue de la Croix du Plan avant Bayette*

Le débit renvoyé vers le centre de Bourg d'Oisans est de 297 m³/s (hauteurs d'eau plus importantes à proximité de la Bayette). Au niveau des dégâts, ce scénario s'apparente toutefois au scénario BR12g et BR25g (ouverture progressive des brèches au pic de crue). La cote maximale atteinte dans le centre de Bourg d'Oisans est de 719.4m NGF.

4.5.3.4 *BR25d : rupture du muret 700m en amont du pont de Bourg d'Oisans*

Ce muret étant de faible hauteur par rapport aux digues dont nous avons étudié la rupture, le débordement est moins conséquent : 58 m³/s. Ce scénario donne un débit en rive droite dans le secteur des croisettes de 89 m³/s contre 74 m³/s dans le scénario de référence (la rupture du muret en un point baisse la ligne d'eau, et donc diminue les débordements au voisinage). Cependant ces débordements sont plus prolongés. La cote atteinte au camping *La Piscine* est de 718.1m NGF (contre 717.9).

4.5.3.5 *BR25g : rupture de la digue de Bourg d'Oisans 700m en amont du pont*

Le débit renvoyé vers le centre de Bourg d'Oisans est de 259 m³/s. Au niveau des dégâts, ce scénario s'apparente au scénario BR12g et BR16g. La cote maximale atteinte dans le centre de Bourg d'Oisans est de 719.4m NGF.

4.5.3.6 *BR50q : rupture de la digue de la Plaine des Sables en aval de la STEP*

Le débit détourné dans ce scénario est de 203 m³/s. L'ensemble de la Plaine des Sables est touché par l'inondation, aussi bien à l'est qu'à l'ouest de la RD1091. Cette rupture, pour avoir lieu après la pointe de crue à Bourg d'Oisans, est sans conséquences sur les inondations du chef-lieu (cote maximal au centre : 717.8m NGF).

4.5.3.7 *BR58q : rupture de la digue de la Plaine des Sables au niveau du Chemin des Argentiers*

Le débit détourné dans ce scénario est de 176 m³/s. La Plaine des Sables est inondée dans toute sa partie aval.

- ⇒ On trouvera en Annexe 2 une carte au 1/40 000ème de la zone d'étude, avec présentation des brèches simulées dans les digues de la Romanche.
- ⇒ On trouvera en Annexe 3 un tableau des débits atteints par secteur du lit majeur.

4.6 PRESENTATION DU DOSSIER CARTOGRAPHIQUE

Le dossier cartographique joint comporte 27 cartes au format A1 (échelle 1/10000^{ème} sur fond cadastral) : Cartes des hauteurs, cartes des vitesses, cartes des aléas

4.6.1 Cartes des hauteurs

Elles représentent les hauteurs d'eau selon l'échelle convenue (>0, >0.5, >1m) obtenues par modélisation 1D en intégrant les données topographiques .

Les cartes présentées sont :

- Les cartes de hauteurs d'eau sans rupture de digue (scénario décrit au 4.5.2)
- 7 cartes de hauteurs d'eau avec rupture de digue (scénarios décrit au 4.5.3)
- Fusion des cartes de hauteurs d'eau (max) résultant des 8 scénarios retenus

4.6.2 Cartes des vitesses

Elles représentent les vitesses d'écoulement sur les secteurs étudiés selon l'échelle convenue (>0, >0.2, >0.5) obtenues par modélisation 2D. Sur le reste du secteur étudié, l'enveloppe de la zone d'inondation est représentée.

Les cartes présentées sont :

- Les cartes de vitesses sans rupture de digue (scénario décrit au 4.5.2)
- 7 cartes de vitesses avec rupture de digue (scénarios décrit au 4.5.3)
- Fusion des cartes de vitesses (max) résultant des 8 scénarios retenus

4.6.3 Cartes des aléas

Elles représentent les croisements hauteur / vitesse permettant de définir l'Aléa. Comme nous l'avons expliqué (§4.4), l'aléa est régi sur la plus grande partie de la plaine de Bourg d'Oisans par la hauteur d'eau. Les deux secteurs où l'aléa est susceptible d'être déterminé par les vitesses ont fait l'objet d'une étude à part entière dont les résultats sont intégrés dans les cartes d'aléas.

Les cartes présentées sont :

- Carte d'aléas sans rupture de digue (scénario décrit au 4.5.2)
- 7 cartes d'aléas avec rupture de digue (scénarios décrit au 4.5.3)
- Fusion des zones d'aléas (max) résultant des 8 scénarios retenus = aléas de référence

On rappelle ci-après les grilles de référence de ces différents zonages :

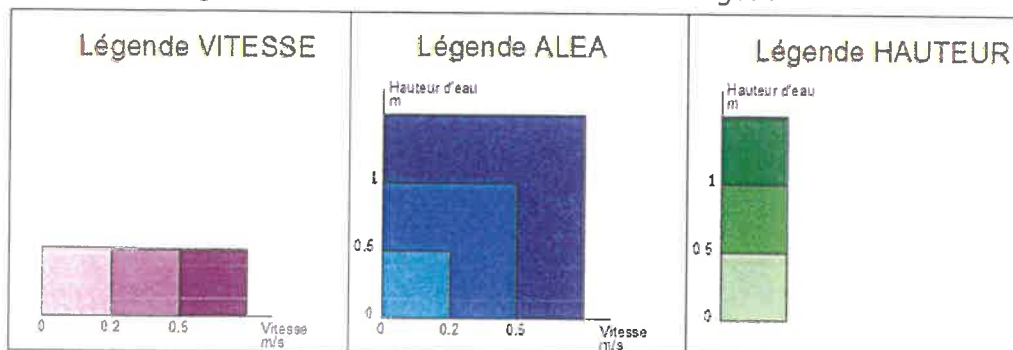


Figure 5 : échelles de couleurs

ANNEXE 1 : RAPPORT HYDROLOGIQUE DE M. LEFORT

Optimisation du débit des crues de projet de la Manche

1. Introduction

Pour les besoins de l'étude HYDRATEC du PPRI de Bourg d'Oisans, EDF a établi en 2004, les hydrogrammes des crues de référence de la Manche, à partir de résultats d'études antérieures. Lors de la réunion du 12 septembre 2007, il a été demandé à EDF de corriger ces hydrogrammes de référence en conservant les valeurs des débits de pointe et en accroissant un peu le volume de ces pointes jugé trop « pointu ».

La note EDF du 4 décembre 2007, présentée lors de la réunion du 16 janvier 2008 a répondu à cette demande, mais a proposé une importante majoration du volume des hydrogrammes : cette majoration est justifiée par la prise en compte du volume maximum de la crue sur 24 heures aux différents points de référence, à la place du volume journalier calendaire, dit non centré, c'est à dire de minuit à minuit, qui avait été considéré initialement.

Les explications apportées par EDF lors de la réunion du 7 janvier ont montré le bien fondé de cette correction et permis de conclure à la validité de la forme des hydrogrammes proposés.

Mais l'incidence importante de cet accroissement des volumes nous a conduit à réexaminer l'ensemble des valeurs obtenues, tant en ce qui concerne les volumes que les débits maxima. Cette prise de recul nous a révélé plusieurs anomalies en ce qui concerne la progression d'amont en aval des débits maxima journaliers ou instantanés, anomalies qui nous paraissent justifier une correction de ces débits maxima.

Nous présentons tout d'abord les constats effectués. Puis à la demande du SYMBHI, nous définirons un jeu d'hydrogrammes de référence conservant l'architecture des hydrogrammes proposée par EDF, mais recalant les débits maxima.

2. Analyse des débits maxima et des hydrogrammes 12-2007

2.1. Analyse des débits maxima

Cette analyse est présentée sous la forme d'une feuille de calcul reprenant les données d'EDF. Pour chaque station de mesure, réelle ou fictive, le tableau donne :

- La superficie du bassin (km^2).
- Les débits journaliers maxima annuels de périodes de retour 10 et 20 ans, Q_{j10} et Q_{j20} , estimés par EDF à partir des données des stations de mesure amont.

- Les débits spécifiques correspondants q_{j10} et q_{j20} .
- La période de retour (ans) définissant le débit pivot, origine de la droite des débits suivant le gradex des pluies.
- Le gradex des pluies journalières maxima annuelles dP / dy , estimé par EDF à partir des pluies P aux pluviomètres représentatifs, y étant la variable de Gumbel.
- Le débit journalier centennal Q_{j100} résultant de l'application du gradex.
- Le rapport du débit instantané Q_{i100} au débit journalier Q_{j100} .
- Le débit instantané centennal Q_{i100} .

Le ratio $A_{100} = Q_{i100} / S^{0.75}$: ce ratio permet de comparer l'intensité de la crue pour des points de mesure de superficie différente dans un bassin de taille moyenne (100 à 1000 km²). Dans un bassin de morphologie homogène, il varie avec l'intensité des pluies.

Les stations de référence sont :

- A – Le barrage de Chambon
- B – Le confluent Romanche- Ferrand
- C – Le Vénéon au Plan du Lac
- D - La Romanche à Séchillienne
- E - L'Eau d'Olle à la Pernière

Les stations fictives sont :

- 1 - Le confluent Romanche /Vénéon
- 2 - Le confluent Romanche /Lignarre + Eau d'Olle
- 3 - La Romanche à l'amont de l'Eau d'Olle
- 4 – La Romanche à l'aval de l'Eau d'Olle.

A la lecture du tableau 1 en annexe, nous faisons les remarques suivantes :

Les ratios A_{100} obtenus se classent dans l'ordre inverse de celui que laisse prévoir l'intensité des pluies : A_{100} est compris entre 4 et 5 sur la Romanche à l'amont de l'Eau d'Olle et inférieur à 4 sur l'Eau d'Olle plus exposée et plus arrosée.

Le ratio à Séchillienne (ou Champeau) est inférieur au ratio Romanche en amont de l'Eau d'Olle.

Les valeurs du ratio proches de 5 semblent très fortes pour la région.

L'explication de cette anomalie ne peut résulter des valeurs du gradex, celles ci croissant d'amont en aval, comme il est normal ; mais l'Eau d'Olle est exclue de cette remarque, le calcul par la méthode du gradex n'ayant pas été décrit.

De même, le rapport du débit instantané au débit journalier, certes admis par hypothèse, est cohérent avec la superficie des bassins versants. On constate aussi que pour les stations 1, 2, 3 le rapport du débit instantané centennal au débit décennal est très élevé et proche de 2.7. Une telle valeur, certes possible en haute Provence semble peu vraisemblable sur le massif de l'Oisans.

La raison principale des anomalies décrites nous semble être due au choix d'un point d'intersection des droites de Gumbel à la période de retour 10 ans sur les stations amont et 20 ans en aval de l'Eau d'Olle à Champeau ou Séchillienne. Or ce choix qui correspond au seuil de ruissellement total ne dépend pas de la superficie des bassins ; il est corrélé avec le seuil de rétention et donc à la pluie. La forte intensité des pluies sur le bassin aval devrait déterminer un ruissellement plus fréquent et donc une période de retour du pivot plus faible : or c'est l'inverse.

2.2. Analyse des hydrogrammes

Nous avons comparé les volumes écoulés sur une durée de 37 heures avec les hydrogrammes proposés par Edf pour la crue centennale ; en calculant le volume cumulé sur 37 heures.

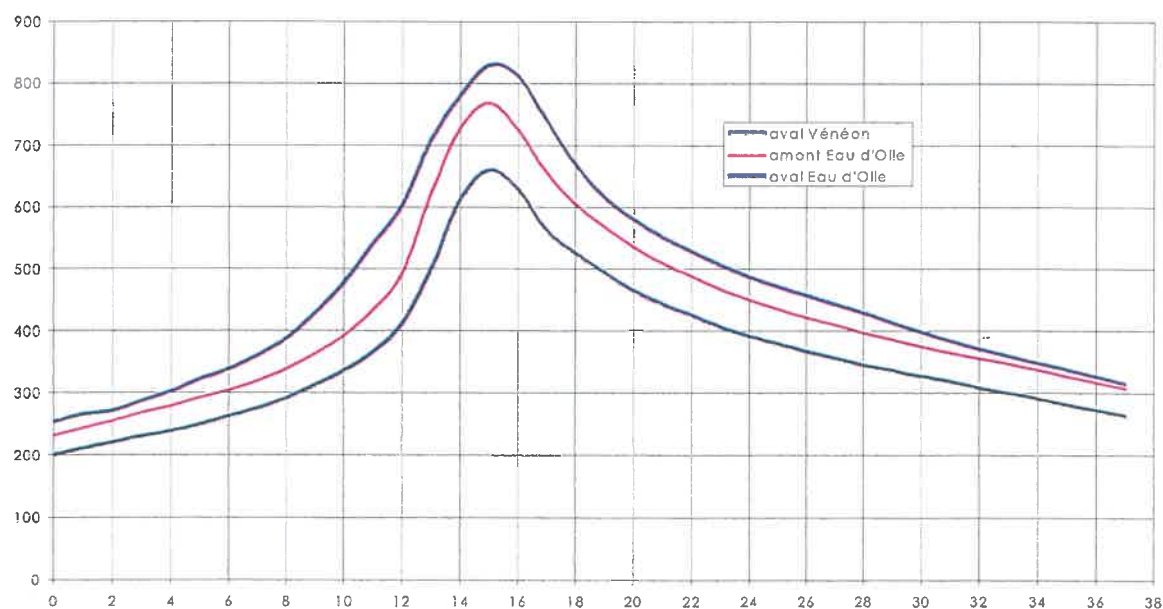
Nous avons obtenu :

en aval de la confluence avec le Vénéon	73 mm
en amont du confluent avec l'Eau d'Olle	73 mm
en aval du confluent avec l'Eau d'Olle	65 mm

La lame d'eau écoulée en amont de l'Eau d'Olle est supérieure de 12% à la lame d'eau écoulée en aval.

Cette diminution de l'écoulement centennal est contredite par la valeur de la lame d'eau proposée sur l'Eau d'Olle, qui est de 73 mm. En outre, il est surprenant que la lame d'eau sur le bassin amont puisse égaler la lame d'eau sur l'Eau d'Olle, ce bassin étant beaucoup plus arrosé comme le montre le gradex des pluies aux pluviomètres du Rivier et du Verney.

Or on sait que les précipitations sur le bassin de l'Eau d'Olle sont supérieures à celles du bassin amont.



Hydrogrammes EDF 2007 centennaux (maxima concomitants)

3. Optimisation des hydrogrammes aux stations fictives

Les analyses ci-dessus montrent que l'établissement d'un « scénario » hydrologique cohérent implique une correction des estimations de débits de pointe.

La principale raison des anomalies constatées est le choix d'un pivot de la courbe d'ajustement des débits journaliers à des périodes de retour différentes, soit 10 ans en amont et 20 ans à Champeau. Nous avons donc refait les calculs en adoptant un pivot unique à 20 ans. Il faut remarquer en effet que le pivot est lié principalement au seuil de saturation. Dans un bassin de morphologie homogène, le seuil de saturation ne dépendra que de l'intensité des pluies.

Cette remarque montre que, si une différence doit être faite entre les différents bassins de la Romanche, elle ne peut concerner que l'Eau d'Olle beaucoup plus arrosée que le bassin amont. Notre tableau présentera donc deux variantes sur l'Eau d'Olle, avec des pivots à 20 et 10 ans.

Nous avons donc pour toutes les stations amont et pour la Romanche placé le pivot à la période de retour 20 ans. Les rapports du débit instantané au débit journalier ont été conservés sur la Romanche entre le Vénéon et l'Eau d'Olle et légèrement majorés en amont.

Sur l'Eau d'Olle, nous considérerons comme pivot les deux périodes de retour, soit 10 et 20 ans, un gradex porté à 17 et un rapport du débit instantané au débit journalier de 2.1.

Le ratio A100 des débits instantanés devient alors égal à :

A100 = 4.1 environ en amont de la confluence Romanche/Vénéon.

A100 = 4.15 à 4.3 du Vénéon à l'Eau d'Olle

A100 = 5.0 à 5.7 sur l'Eau d'Olle

A100 = 4.6 à 4.64 de Champeau à Séchilienne.

Les lames d'eau écoulées sur 37 heures deviennent alors de part et d'autre de la confluence de l'Eau d'Olle :

	Lame 2008	Lame 2004
Romanche amont Eau d'Olle	62 mm	64 mm
Romanche aval Eau d'Olle	65 mm	58 mm
Eau d'Olle (par soustraction)	82 mm	72 mm

soit pour cette dernière une majoration de 19 % par rapport à l'hydrogramme EDF Eau d'Olle 2004.

4. Conclusion sur les débits

A partir des résultats qui précèdent, nous voyons que les modifications à apporter aux débits maxima ne sont importantes qu'en amont de l'Eau d'Olle. Il ne devrait donc pas être nécessaire de corriger l'hydrogramme de référence en aval du confluent, l'écart ne dépassant pas 5%.

Les valeurs maxima des débits théoriques à considérer avec ce scénario hydrologique modifié (avant amortissement dans la plaine de Bourg d'oisans) seront alors :

- Aval confluent Vénéon : 560 m³/s
- Amont confluence Eau d'Olle : 650 m³/s
- Aval confluence Eau d'Olle : 825 m³/s
- Ruines de Séchilienne : 880 m³/s
- Eau d'Olle 236 à 272 m³/s

On voit que l'apport de l'Eau d'Olle sera considérablement majoré et pourra atteindre ou dépasser le débit centennal estimé actuellement. Il faudra alors examiner dans quelle mesure l'étude d'un scénario «Eau d'Olle centennale» reste instructive tant que l'estimation du débit maximum centennal de ce cours d'eau n'aura pas été réétudiée.

5. Construction des hydrogrammes centennaux

Nous avons construit les hydrogrammes de référence en partant de la forme donnée par l'étude EDF 2007 et des valeurs des débits maxima obtenus ci dessus.

Nous en avons déduit les hydrogrammes affluents :

- Somme des apports Rive, Sarenne, Lignarre,
- Apport de L'Eau d'Olle.

Quatre étapes ont permis d'obtenir les valeurs :

- Calcul du rapport débit (temps) / débit maximum des hydrogrammes EDF.
- Application du débit maximum estimé.
- - Décalage des hydrogrammes de façon à obtenir les hydrogrammes des apports affluents.
- Corrections ponctuelles des débits pour obtention de la forme la plus probable des hydrogrammes affluents.

Nous avons obtenu ainsi des apports intermédiaires forts dont la valeur maximum correspond ou dépasse la valeur centennale, avec des coefficients proches de :

A100 = 4.6 sur la Lignarre et l'Eau d'Olle jugés concomitants compte tenu de leur bassin versant.

A100 = 5 sur l'Eau d'Olle, soit la valeur obtenue pour un pivot du gradex à la période de retour 20 ans.

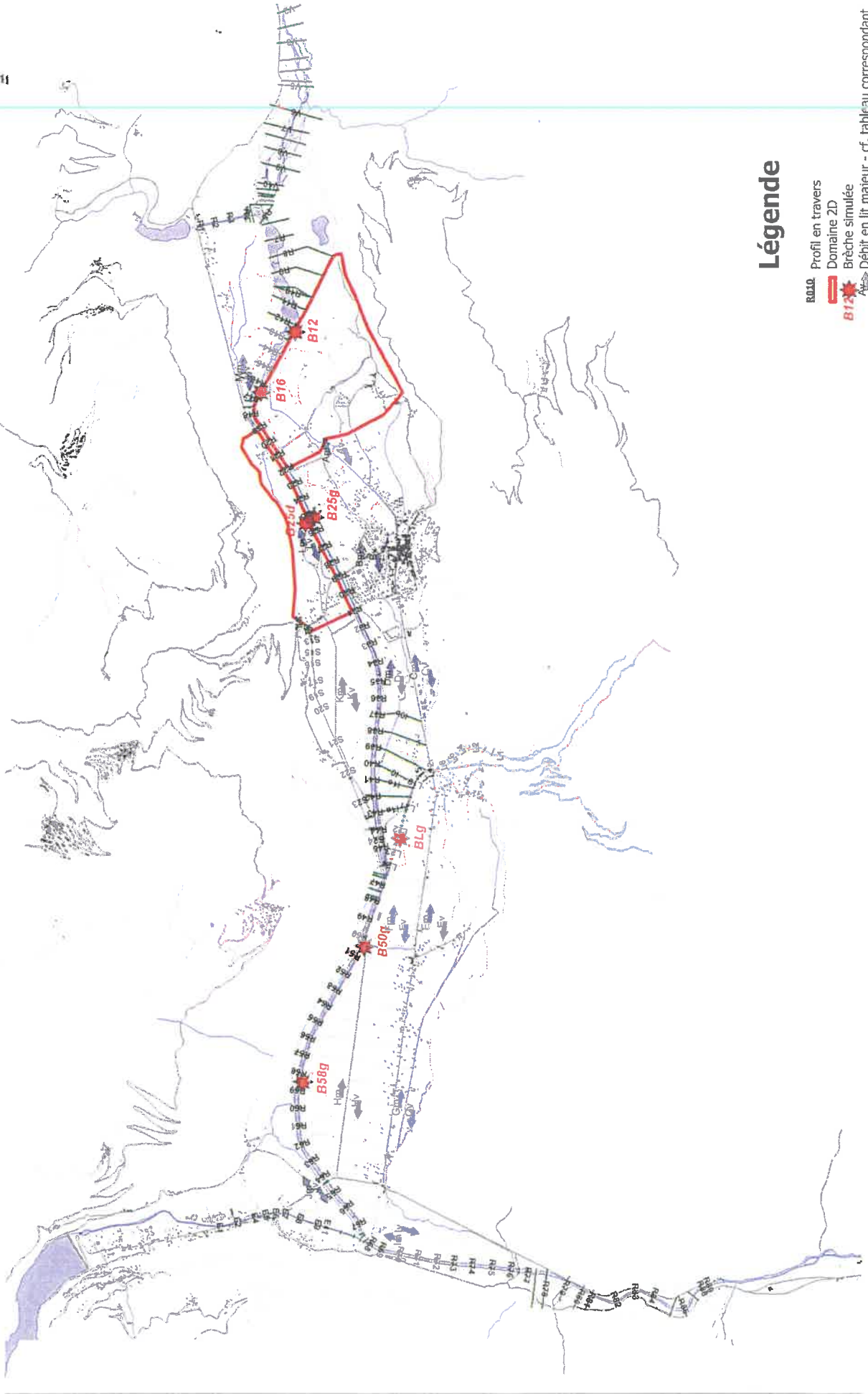
ANNEXE 2 : CARTE AU 1/40.000^{EME} DE LA ZONE D'ETUDE

Repérage des profils en travers, des brèches simulées et des débits en lit majeur

Etude l'aléa inondation Plaine Bourg d'Oisans

Ec40 000

Repérage des profils en travers,
des brèches simulées et des débits en lit majeur



Légende

- Profil en travers
- Domaine 2D
- Brèche simulée
- Débit en lit majeur - cf. tableau correspondant

ANNEXE 3 : RESULTATS HYDRAULIQUES : DEBITS EN LIT MAJEUR

Annexe 3

RESULTATS DE SIMULATION : DEBITS DANS LES BRECHES ET EN LIT MAJEUR

Les points de repère sont ceux de la carte au 1/40.000ème en Annexe 2.

les débits sont exprimés en m³/s

Remarque importante : Les débits indiqués sont des valeurs maximales, prises à des moments différents, on ne peut donc pas les additionner, ni les retrancher entre eux.

	S100	BL21g	BR12g	BR16g	BR25d	BR25g	BR50g	BR58g
Brèches								
B12			205					
B16				297				
B25g						258		
B25d					58			
BLg		30						
B50g							203	
B58g								176
Lit majeur								
Am	8	7	0	0	8	94	8	8
Av	4	3	266	266	3	14	4	3
Bm	24	22	10	11	24	20	24	24
Bv	8	7	203	203	6	178	9	8
Cm	16	16	15	15	16	16	16	16
Cv	5	5	52	52	4	51	6	5
Dm	33	34	32	32	33	33	33	33
Dv	11	11	116	116	10	113	12	11
Em	0	12	0	0	0	0	28	0
Ev	0	1	0	0	0	0	3	0
Fm	0	0	0	0	0	0	4	0
Fv	0	22	0	0	0	0	1	0
Gm	3	2	3	3	3	3	3	3
Gv	1	10	1	1	1	1	48	34
Hm	3	2	2	2	2	2	3	0
Hv	1	6	0	0	1	0	116	125
Im	4	4	4	4	4	4	4	4
Iv	16	19	11	11	14	11	152	144
Jm	9	8	9	9	9	9	9	9
Jv	12	11	8	8	14	10	16	13
Km	15	15	15	15	15	15	15	15
Kv	59	59	32	32	77	33	59	59
Lm	0	0	0	0	0	0	0	0
Lv	74	74	27	27	89	51	74	74
Mm	11	11	10	10	11	11	11	11
Mv	3	3	7	7	3	3	3	3