



## DDTM du VAR

### PPRI de VINON SUR VERDON Définition de l'aléa

capacité du lit vif avant débordement

#### LEGENDE

Débits de débordements

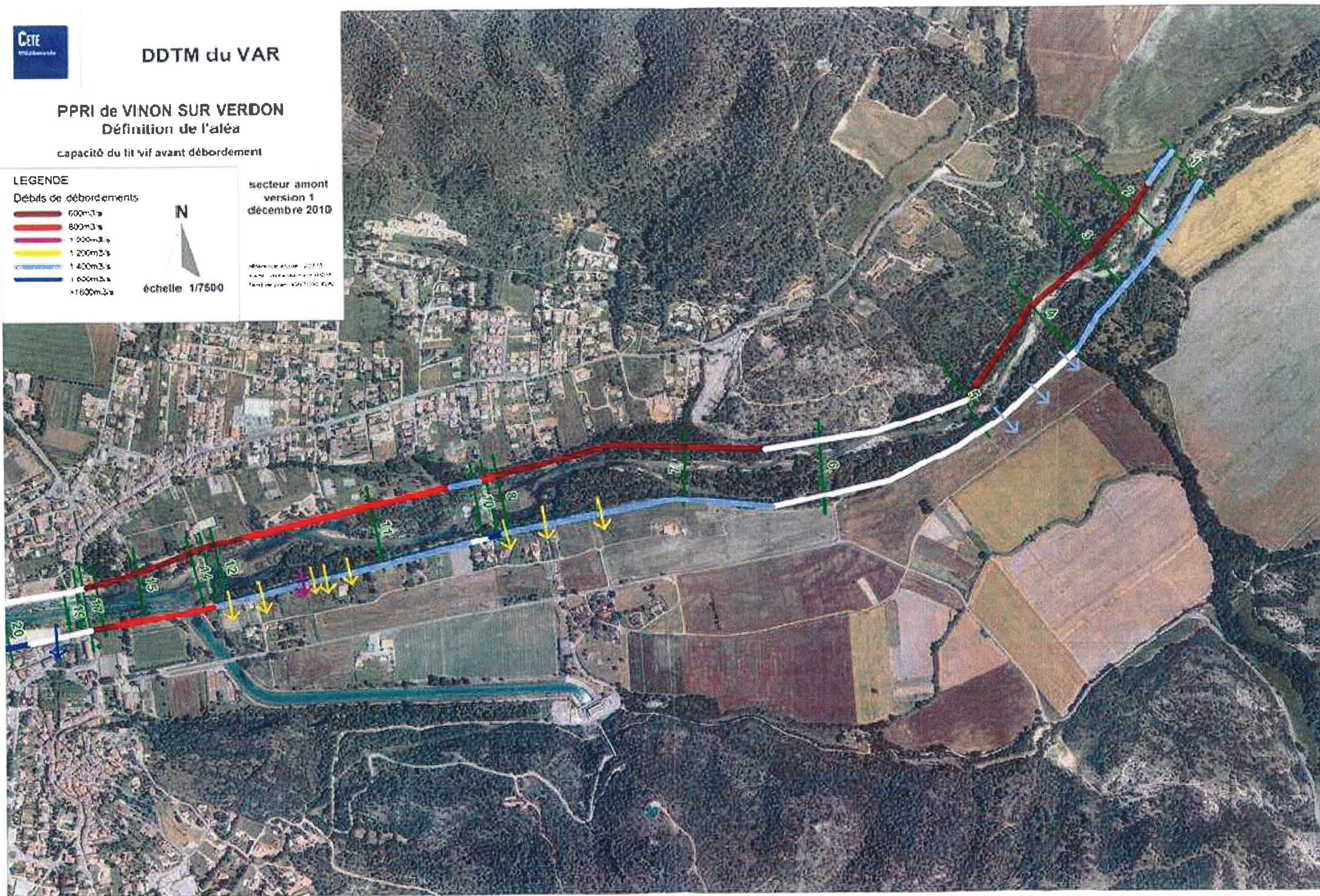
- 600m<sup>3</sup>/s
- 800m<sup>3</sup>/s
- 1 000m<sup>3</sup>/s
- 1 200m<sup>3</sup>/s
- 1 400m<sup>3</sup>/s
- 1 600m<sup>3</sup>/s
- 1 800m<sup>3</sup>/s

N

échelle 1/7500

secteur amont  
version 1  
décembre 2010

département du Var  
commune de Vinon-sur-Verdon  
secteur amont





## DDTM du VAR

### PPRI de VINON SUR VERDON

#### Définition de l'aléa

capacité du lit vif avant débordement

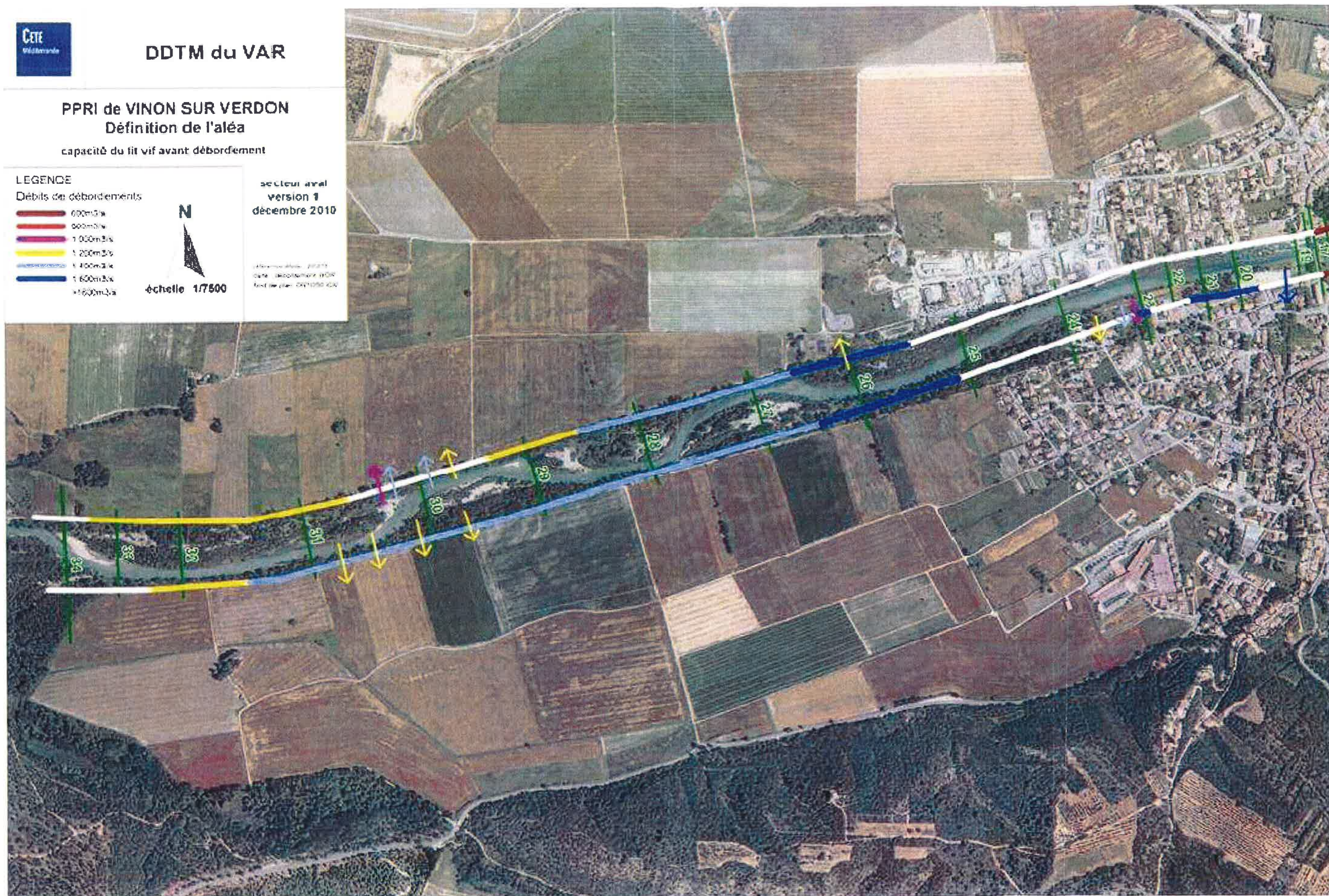
#### LEGENDE

Débits de débordements



secteur aval  
version 1  
décembre 2010

révisé par : J. P. P.  
date : décembre 2010  
titre de plan : DDTM du VAR



Rapport

**CETE**  
Méditerranée

Décembre  
2012

# Plan de Prévention des Risques Naturels prévisibles multirisques sur la commune de Vinon sur Verdon

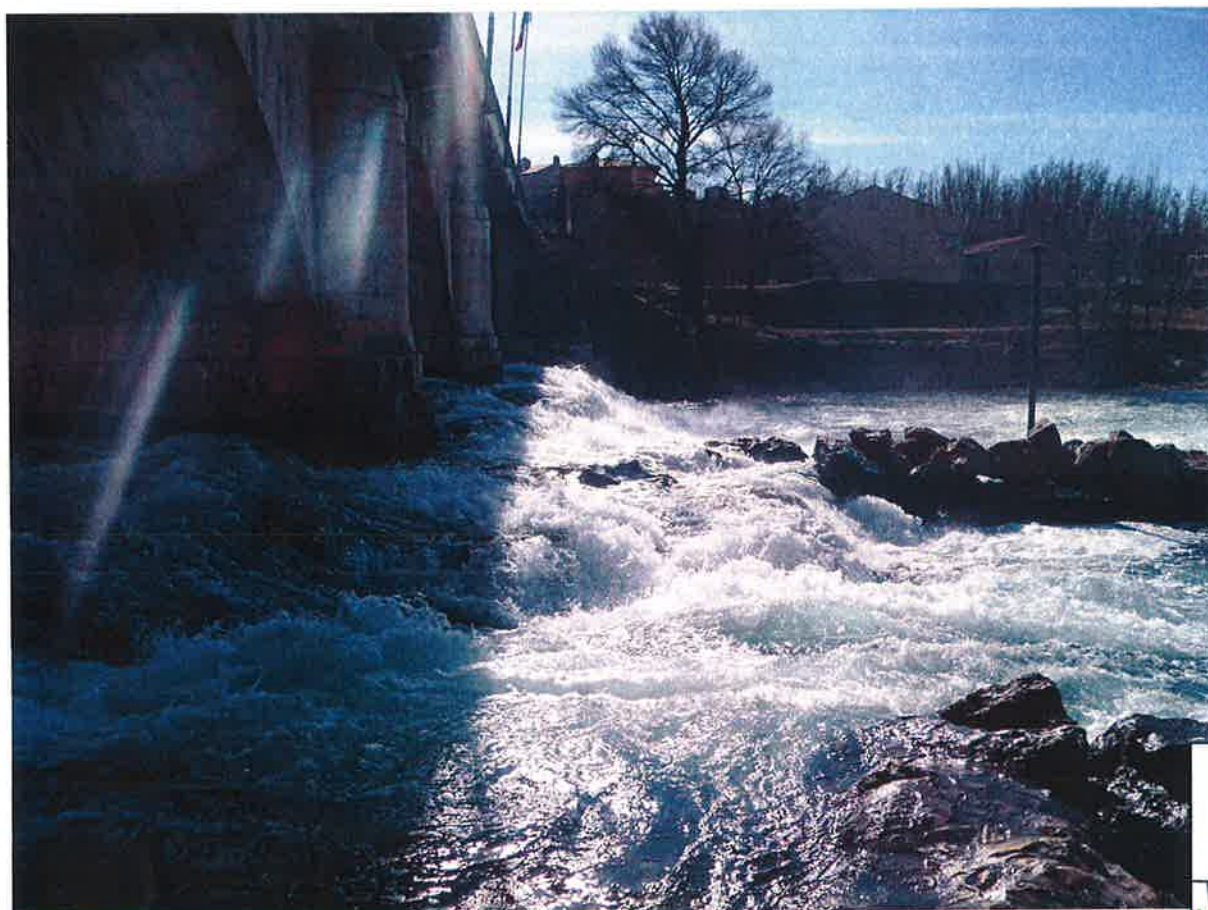
## Phase 2 : Études hydrauliques complémentaires *Proposition de l'aléa inondation*



Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

*DDTM du Var*



Ressources, territoires, habitats et logement  
Énergie et climat  
Prévention des risques  
Développement durable  
Infrastructures, transports et mer

**Présent  
pour  
l'avenir**



Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

**CETE**  
Méditerranée

Centre d'Etudes Techniques de l'Équipement Méditerranée

[www.cete-mediterranee.fr](http://www.cete-mediterranee.fr)

Direction Départementale des Territoires et de la Mer du Var

# PPRN multirisques de Vinon sur Verdon

## Phase 2 : études hydrauliques complémentaires

**date :** décembre 2012

**auteur :** CETE méditerranée

**responsable de l'étude :** Christophe Laroche, DREC/SRILH

**participant :** Mathieu Alquier, DREC/SRILH

**sous-traitants :** bureau d'études CAGC pour les relevés topographiques

**Relecture :** Christophe ESPOSITO, DREC/SRILH

### **résumé de l'étude :**

Ce document détaille la méthode mise en œuvre pour estimer les cartographies permettant à la DDTM du Var de réaliser le Plan de Prévention des Risques d'Inondation du Verdon à Vinon. Pour cela, une modélisation hydraulique a été mise en œuvre et calée sur la crue de novembre 1994. Puis un diagnostic des risques de débordement sur les digues de protection de la commune a été réalisé.

Le débit de référence a été estimé à partir des études bibliographiques disponibles. Les principaux calculs hydrauliques ont été réalisés pour les bornes de l'intervalle dans lequel se situe ce débit de référence.

Une modélisation hydraulique 2D a été mise en œuvre afin de réaliser des brèches sur les digues rives droite et gauche du Verdon en aval du pont de Vinon. Plusieurs largeurs ont été testées afin d'apprécier les caractéristiques des écoulements juste en aval des brèches.

Au final, pour le débit de référence retenu par le Maître d'Ouvrage après concertation avec la commune de Vinon, des cartographies au 1/5000<sup>ième</sup> ont été proposées donnant les hauteurs d'eau, dans les configurations : sans digue et avec digues. Des zones d'écoulement préférentiels ont de plus été identifiées en lit majeur rives droite et gauche à partir des simulations de brèches. Celles-ci ont été intégrées aux cartographies produites.

**zone géographique :** Var, commune de Vinon-sur-Verdon

**nombre de pages :** 48 (+ 27 en annexes )

n° d'affaire : 08R000122

maître d'ouvrage : DDTM 83 (M. Lionel Duperray)

référence : devis n°R0 2008 D 123 du 07/10/2008

## Historique des versions du document

| Version | Date       | Commentaire                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | Nov. 2010  | Version initiale                                                                                                                                                                                                                            |
| 2       | Sept. 2011 | Ajout modélisation 2D avec brèches et Q référence à 1640 m <sup>3</sup> /s                                                                                                                                                                  |
| 3       | Nov. 2012  | Ajout modélisation 2D avec brèche et Q référence à 1280 m <sup>3</sup> /s + ajout note Lefort + commentaires<br>Modifications des cotes calculées pour 1640 m <sup>3</sup> /s avec digues sur certains profils (erreur d'abscisse corrigée) |
| 4       | Déc. 2012  | Version finale                                                                                                                                                                                                                              |

# SOMMAIRE

|                                                                                                                                                                                                                                                                           |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 INTRODUCTION.....</b>                                                                                                                                                                                                                                                | <b>9</b>  |
| <b>2 SYNTHÈSE DES DONNÉES DISPONIBLES.....</b>                                                                                                                                                                                                                            | <b>9</b>  |
| 2.1 Synthèse bibliographique.....                                                                                                                                                                                                                                         | 9         |
| 2.1.1 Conseil Général du Var ; Rapport d'expertise hydraulique – Rivière Verdon Crue de Novembre 1994 – Commune de Vinon ; P. Lefort INPG (mai 1995).....                                                                                                                 | 10        |
| 2.1.2 Commune de Vinon-sur-Verdon ; Rapport de l'étude de factibilité – Réhabilitation du Verdon – Commune de Vinon ; SCPid (septembre 1995).....                                                                                                                         | 12        |
| 2.1.3 Commune de Vinon-sur-Verdon ; Rapport de l'étude du risque d'inondation – Commune de Vinon-sur-Verdon – Département du Var ; SCPid (septembre 2000).....                                                                                                            | 12        |
| 2.1.4 Parc Naturel Régional du Verdon ; Schéma Global de Gestion du Verdon – Lot n° 1 – Hydraulique et Usages ; ETRM – SOGREAH – SIBENSON (avril 2002) Tomes 2 et 4.....                                                                                                  | 12        |
| 2.1.5 Commune de Vinon-sur-Verdon – Zone d'activités du Pas de MENC 2 – Étude du risque d'inondation pour différents débits du Verdon ; HGM Environnement (juin 2006).....                                                                                                | 14        |
| 2.1.6 DDE 83 – Élaboration d'un P.P.R. multirisques sur la commune de Vinon sur Verdon PHASE 1 : Recueil et synthèse des connaissances existantes, Définition du contenu des études complémentaires -Avis sur les crues de référence ; CETE Méditerranée (Mai 2006) ..... | 14        |
| 2.2 Définition de l'événement de référence .....                                                                                                                                                                                                                          | 14        |
| <b>3 ACQUISITION DE DONNÉES COMPLÉMENTAIRES.....</b>                                                                                                                                                                                                                      | <b>16</b> |
| 3.1 Données topographiques.....                                                                                                                                                                                                                                           | 16        |
| 3.1.1 Données existantes.....                                                                                                                                                                                                                                             | 16        |
| 3.1.2 Données acquises pour l'étude.....                                                                                                                                                                                                                                  | 16        |
| 3.2 Éléments sur les crues historiques.....                                                                                                                                                                                                                               | 16        |
| <b>4 MODÉLISATION HYDRAULIQUE DU VERDON AVAL.....</b>                                                                                                                                                                                                                     | <b>16</b> |
| 4.1 Développement de la modélisation hydraulique .....                                                                                                                                                                                                                    | 16        |
| 4.1.1 Topologie de la modélisation en lit entre digues.....                                                                                                                                                                                                               | 17        |
| 4.1.2 Calage sur la crue de novembre 1994.....                                                                                                                                                                                                                            | 17        |
| 4.1.3 Analyse de l'évolution du lit mineur du Verdon.....                                                                                                                                                                                                                 | 19        |
| 4.1.4 Test de sensibilité des résultats à la valeur du coefficient de Strickler .....                                                                                                                                                                                     | 21        |
| 4.1.5 Test de sensibilité à la condition aval .....                                                                                                                                                                                                                       | 22        |
| 4.1.6 Définition des débits de premiers débordements.....                                                                                                                                                                                                                 | 24        |
| 4.2 Modélisations hydrauliques des événements de référence .....                                                                                                                                                                                                          | 24        |
| 4.2.1 Définition des scénarios de modélisation.....                                                                                                                                                                                                                       | 24        |
| 4.2.2 Modélisation avec une transparence totale des digues.....                                                                                                                                                                                                           | 24        |
| 4.2.3 Modélisation sans rupture de digue.....                                                                                                                                                                                                                             | 27        |
| <b>5 MODÉLISATION D'UNE BRÈCHE DANS UNE DIGUE DU VERDON.....</b>                                                                                                                                                                                                          | <b>30</b> |
| 5.1 Les hypothèses sur la brèche représentée.....                                                                                                                                                                                                                         | 30        |
| 5.2 La modélisation mise en oeuvre.....                                                                                                                                                                                                                                   | 30        |
| 5.3 Le calage de la modélisation bidimensionnelle.....                                                                                                                                                                                                                    | 31        |
| 5.4 Résultats des modélisations de rupture de digue pour le débit de 1640 m <sup>3</sup> /s.....                                                                                                                                                                          | 33        |
| 5.4.1 Brèche en rive droite en aval du pont de Vinon.....                                                                                                                                                                                                                 | 33        |
| 5.4.2 Brèche en rive gauche en aval du pont de Vinon.....                                                                                                                                                                                                                 | 37        |
| 5.5 Résultats des modélisations de rupture de digue pour le débit de 1280 m <sup>3</sup> /s.....                                                                                                                                                                          | 41        |
| 5.5.1 Brèche en rive droite en aval du pont de Vinon.....                                                                                                                                                                                                                 | 41        |

|                                                                                    |           |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 5.5.2 Brèche en rive gauche en aval du pont de Vinon.....                          | 43        |
| 5.6 Analyse des résultats produits sur les modélisations de rupture de digue ..... | 46        |
| <b>6 ÉLÉMENTS POUR RÉALISER LA CARTOGRAPHIE DE L'ALÉA .....</b>                    | <b>47</b> |
| 6.1 Ré-évaluation du débit de l'événement de référence.....                        | 47        |
| 6.2 Commentaires sur l'analyse de Philippe Lefort.....                             | 47        |
| 6.3 Liste des éléments produits pour réaliser la cartographie de l'aléa.....       | 48        |
| <b>ANNEXES.....</b>                                                                | <b>50</b> |
| Annexe 1 : cartes des débits de premiers débordements.....                         | 50        |
| Annexe 2 : PHE relevées lors de la campagne topographique de 2009.....             | 50        |
| Annexe 3 : Résultats de calculs en lit mineur.....                                 | 50        |
| Annexe 4 : Note de Philippe Lefort (septembre 2012).....                           | 50        |

## LISTE DES FIGURES

|                                                                                                                                   |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>FIGURE 1: LOCALISATION SUPPOSÉE DES BRÈCHES EN NOVEMBRE 1994.....</b>                                                          | <b>11</b> |
| <b>FIGURE 2: HYDROGRAMME ESTIMÉ DE LA CRUE DE NOVEMBRE 1994.....</b>                                                              | <b>11</b> |
| <b>FIGURE 3: HYDROGRAMMES DE LA CRUE CENTENNALE "TYPE 1994".....</b>                                                              | <b>15</b> |
| <b>FIGURE 4: PROFIL EN LONG DES LIGNES D'EAU CALCULÉES POUR LA CRUE DE NOVEMBRE 1994.....</b>                                     | <b>18</b> |
| <b>FIGURE 5: PROFIL EN LONG DES LIGNES D'EAU CALCULÉES POUR LES TOPOGRAPHIES DE 1994 ET 2009.....</b>                             | <b>20</b> |
| <b>FIGURE 6: ÉCART ENTRE 1994 ET 2009 SUR LES LIGNES D'EAU ET LES COTES DU FOND DU LIT.....</b>                                   | <b>21</b> |
| <b>FIGURE 7: ECART SUR LES COTES D'EAU POUR DIFFÉRENTES VALEURS DE RUGOSITÉ.....</b>                                              | <b>22</b> |
| <b>FIGURE 8: PROFIL EN LONG DES LIGNES D'EAU CALCULÉ POUR DIFFÉRENTES CONDITIONS AVAL.....</b>                                    | <b>23</b> |
| <b>FIGURE 9: LOCALISATION DES PROFILS EN TRAVERS SUR LE SECTEUR AVAL.....</b>                                                     | <b>23</b> |
| <b>FIGURE 10: LOCALISATION DES DÉVERSEMENTS AU DROIT DU PONT DE VINON.....</b>                                                    | <b>25</b> |
| <b>FIGURE 11: PROFIL EN LONG DE LA LIGNE D'EAU CALCULÉE POUR LES DÉBITS DE RÉFÉRENCE ET SANS DIGUE.....</b>                       | <b>26</b> |
| <b>FIGURE 12: DÉCOUPAGE EN CASIERS.....</b>                                                                                       | <b>27</b> |
| <b>FIGURE 13: PROFIL EN LONG DES CRÊTES DE DIGUES ET DES LIGNES D'EAU POUR LES 3 DÉBITS PROPOSÉS (SECTEUR AMONT DU PONT).....</b> | <b>28</b> |
| <b>FIGURE 14: PROFIL EN LONG DES CRÊTES DE DIGUES ET DES LIGNES D'EAU POUR LES 3 DÉBITS PROPOSÉS (SECTEUR AVAL DU PONT).....</b>  | <b>29</b> |
| <b>FIGURE 15: MAILLAGE RÉALISÉ POUR LA MODÉLISATION 2D.....</b>                                                                   | <b>31</b> |
| <b>FIGURE 16: CALAGE DU MODÈLE 2D SUR LES DONNÉES DISPONIBLES POUR 1000 M3/S.....</b>                                             | <b>32</b> |
| <b>FIGURE 17: COMPARAISON DES LIGNES D'EAU ENTRE DIGUES POUR 1640 M3/S.....</b>                                                   | <b>32</b> |
| <b>FIGURE 18: DÉBITS DANS LES BRÈCHES REPRÉSENTÉES EN RIVE DROITE.....</b>                                                        | <b>33</b> |
| <b>FIGURE 19: TOPOGRAPHIE / BATHYMÉTRIE DES ABORDS DES BRÈCHES MODÉLISÉES EN RIVE DROITE.....</b>                                 | <b>34</b> |
| <b>FIGURE 20: VITESSES MAXIMALES CALCULÉES AUX ABORDS DES BRÈCHES MODÉLISÉES EN RIVE DROITE POUR 1640 M3/S.....</b>               | <b>34</b> |
| <b>FIGURE 21: ÉVOLUTIONS DES VITESSES ET DES HAUTEURS D'EAU EN AVAL DES BRÈCHES MODÉLISÉES EN RIVE DROITE .....</b>               | <b>35</b> |

|                                                                                                                                               |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>FIGURE 22: HAUTEURS MAXIMALES CALCULÉES AUX ABORDS DES BRÈCHES MODÉLISÉES EN RIVE DROITE POUR 1640 M3/S.....</b>                           | <b>35</b> |
| <b>FIGURE 23: CHEMINEMENT PRÉFÉRENTIEL DES ÉCOULEMENTS EN AVAL DE LA BRÈCHE DE 100 MÈTRES CRÉÉE EN RIVE DROITE.....</b>                       | <b>36</b> |
| <b>FIGURE 24: ZONES VOYANT DES VITESSES SUPÉRIEURES À 0,5M/S EN RIVE DROITE POUR 1640 M3/S.....</b>                                           | <b>36</b> |
| <b>FIGURE 25: ZONES VOYANT DES HAUTEURS D'EAU SUPÉRIEURES À 0,5M EN RIVE DROITE POUR 1640 M3/S.....</b>                                       | <b>37</b> |
| <b>FIGURE 26: DÉBITS DANS LES BRÈCHES REPRÉSENTÉES EN RIVE GAUCHE.....</b>                                                                    | <b>37</b> |
| <b>FIGURE 27: TOPOGRAPHIE / BATHYMÉTRIE DES ABORDS DES BRÈCHES MODÉLISÉES EN RIVE GAUCHE.....</b>                                             | <b>38</b> |
| <b>FIGURE 28: VITESSES MAXIMALES CALCULÉES AUX ABORDS DES BRÈCHES MODÉLISÉES EN RIVE GAUCHE POUR 1640 M3/S.....</b>                           | <b>38</b> |
| <b>FIGURE 29: ÉVOLUTIONS DES VITESSES ET DES HAUTEURS D'EAU EN AVAL DES BRÈCHES RIVE GAUCHE POUR 1640 M3/S.....</b>                           | <b>39</b> |
| <b>FIGURE 30: HAUTEURS MAXIMALES CALCULÉES AUX ABORDS DES BRÈCHES MODÉLISÉES EN RIVE GAUCHE POUR 1640 M3/S.....</b>                           | <b>39</b> |
| <b>FIGURE 31: ZONES VOYANT DES VITESSES SUPÉRIEURES À 0,5M/S EN RIVE GAUCHE POUR 1640 M3/S.....</b>                                           | <b>40</b> |
| <b>FIGURE 32: ZONES VOYANT DES HAUTEURS D'EAU SUPÉRIEURES À 0,5M EN RIVE GAUCHE POUR 1640 M3/S.....</b>                                       | <b>40</b> |
| <b>FIGURE 33: DÉBITS DANS LA BRÈCHE DE 50 MÈTRES EN RIVE DROITE OBTENU AVEC LE DÉBIT DE POINTE DE 1280 M3/S.....</b>                          | <b>41</b> |
| <b>FIGURE 34: VITESSES MAXIMALES CALCULÉES AUX ABORDS DE LA BRÈCHE MODÉLISÉE RIVE DROITE POUR 1640 M3/S ET 1280 M3/S.....</b>                 | <b>41</b> |
| <b>FIGURE 35: HAUTEURS MAXIMALES CALCULÉES AUX ABORDS DE LA BRÈCHE MODÉLISÉE RIVE DROITE POUR 1640 M3/S ET 1280 M3/S.....</b>                 | <b>42</b> |
| <b>FIGURE 36: COMPARAISON DES ZONES DE HAUTEURS D'INONDATION EN RIVE DROITE SUPÉRIEURES À 0,5 M POUR LES DÉBITS DE 1640 ET 1280 M3/S.....</b> | <b>42</b> |
| <b>FIGURE 37: COMPARAISON DES ZONES EN RIVE DROITE DE VITESSES SUPÉRIEURES À 0,5 M/S POUR LES DÉBITS DE 1640 ET 1280 M3/S.....</b>            | <b>43</b> |
| <b>FIGURE 38: DÉBITS DANS LA BRÈCHE DE 50 MÈTRES EN RIVE GAUCHE OBTENUS AVEC LE DÉBIT DE POINTE DE 1280 M3/S.....</b>                         | <b>43</b> |
| <b>FIGURE 39: VITESSES MAXIMALES CALCULÉES AUX ABORDS DE LA BRÈCHE MODÉLISÉE</b>                                                              |           |

|                                                                                      |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>EN RIVE GAUCHE</b>                                                                |           |
| <b>POUR 1640 M3/S ET 1280 M3/S.....</b>                                              | <b>44</b> |
| <b>FIGURE 40: HAUTEURS MAXIMALES CALCULÉES AUX ABORDS DE LA BRÈCHE</b>               |           |
| <b>MODÉLISÉE RIVE GAUCHE</b>                                                         |           |
| <b>POUR 1640 M3/S ET 1280 M3/S.....</b>                                              | <b>44</b> |
| <b>FIGURE 41: COMPARAISON DES ZONES DE HAUTEURS D'INONDATION EN RIVE GAUCHE</b>      |           |
| <b>SUPÉRIEURES À 0,5 M POUR LES DÉBITS DE 1640 ET 1280 M3/S.....</b>                 | <b>45</b> |
| <b>FIGURE 42: COMPARAISON DES ZONES DE VITESSES EN RIVE GAUCHE SUPÉRIEURES À 0,5</b> |           |
| <b>M/S</b>                                                                           |           |
| <b>POUR LES DÉBITS DE 1640 ET 1280 M3/S.....</b>                                     | <b>45</b> |
| <b>FIGURE 43: ÉVOLUTIONS DES VITESSES ET DES HAUTEURS D'EAU EN AVAL DES BRÈCHES</b>  |           |
| <b>RIVE GAUCHE</b>                                                                   |           |
| <b>POUR 1640 M3/S ET 1280M3/S.....</b>                                               | <b>46</b> |
| <b>FIGURE 44: ÉVOLUTIONS DES VITESSES ET DES HAUTEURS D'EAU EN AVAL DES BRÈCHES</b>  |           |
| <b>RIVE DROITE</b>                                                                   |           |
| <b>POUR 1640 M3/S ET 1280 M3/S.....</b>                                              | <b>47</b> |

## LISTE DES TABLEAUX

|                                                                        |           |
|------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>TABLEAU 1: ÉCARTS AUX PHE LEFORT DE LA CRUE DE 1994.....</b>        | <b>18</b> |
| <b>TABLEAU 2: DÉBITS MAXIMUM DE DÉVERSEMENTS AU DROIT DU PONT.....</b> | <b>25</b> |

## 1 Introduction

En 2005, la Direction Départementale de l'Équipement du Var (DDE 83) a souhaité confier au CETE Méditerranée une mission complète d'élaboration d'un Plan de Prévention des Risques Naturels prévisibles (PPRN) multirisques sur la commune de Vinon-sur-Verdon (83).

Ce PPRN communal devait prendre en compte les risques naturels prévisibles suivants :

- risque inondation par débordement du Verdon, de la Durance et de leurs principaux cours d'eau affluents,
- risque de chutes de blocs,
- risque sismique.

La première phase de cette mission a consisté en :

- o le recueil et synthèse des connaissances existantes sur les différents risques naturels présents sur la commune,
- o la définition du contenu des études complémentaires nécessaires pour élaborer le PPRN communal multirisques.

La seconde phase de cette mission concerne les études complémentaires à réaliser.

Dans ce cadre, ce rapport détaille la méthode de définition de l'aléa inondation par débordement du Verdon sur la commune de Vinon sur Verdon.

## 2 Synthèse des données disponibles

La liste des études analysées ici est donnée ci-après :

- [1] Conseil Général du Var ; Rapport d'expertise hydraulique – Rivière Verdon Crue de Novembre 1994 – Commune de Vinon ; P. Lefort INPG (mai 1995)
- [2] Commune de Vinon-sur-Verdon ; Rapport de l'étude de factibilité – Réhabilitation du Verdon – Commune de Vinon ; SCPid (septembre 1995)
- [3] Commune de Vinon-sur-Verdon ; Rapport de l'étude du risque d'inondation – Commune de Vinon-sur-Verdon – Département du Var ; SCPid (septembre 2000)
- [4] Parc Naturel Régional du Verdon ; Schéma Global de Gestion du Verdon – Lot n° 1 – Hydraulique et Usages ; ETRM – SOGREAH – SIBENSON (avril 2002) :
  - [4-1] Hydrologie des Crues – Tome 2
  - [4-2] Hydraulique – Analyse de l'inondabilité – Tome 4
- [5] Commune de Vinon-sur-Verdon – Zone d'activités du Pas de MENC 2 – Étude du risque d'inondation pour différents débits du Verdon ; HGM Environnement (juin 2006)
- [6] DDE 83 – Élaboration d'un P.P.R. multirisques sur la commune de Vinon sur Verdon PHASE 1 : Recueil et synthèse des connaissances existantes, Définition du contenu des études complémentaires -Avis sur les crues de référence ; CETE Méditerranée (Mai 2006)

### 2.1 Synthèse bibliographique

Des différents documents bibliographiques disponibles, nous avons tiré les éléments intéressants la définition de l'événement de référence et des zones inondables sur le secteur d'étude.

Ces principaux points sont détaillés ci-après :

### 2.1.1 Conseil Général du Var ; Rapport d'expertise hydraulique – Rivière Verdon Crue de Novembre 1994 – Commune de Vinon ; P. Lefort INPG (mai 1995)

Les travaux de P. LEFORT dans le cadre de l'Expertise Hydraulique de la crue de novembre 1994 rappellent les plus fortes crues connues survenues à Quinson (bassin versant de 1668 km<sup>2</sup>) et à Vinon (2218 km<sup>2</sup>) :

- 10/09/1651 : Ponts emportés ; grands dégâts à Quinson ;
- 02/11/1843 : Q<sub>max</sub> = 1660 m<sup>3</sup>/s à Vinon;
- 28/10/1882 : Q<sub>max</sub> = 930 m<sup>3</sup>/s à Quison;
- 26/10/1886 : Q<sub>max</sub> = 1020 m<sup>3</sup>/s à Quison;
- 06 et 07/11/1994 : Q<sub>max</sub> = 1085 m<sup>3</sup>/s à Vinon.

La crue de 1994 y est considérée comme "centennale ou un peu inférieure".

L'historique du déroulement de la crue, exposé dans ce rapport rappelle que *"les digues du Verdon à Vinon ont rempli leur rôle dans la mesure où elles étaient en bon état d'entretien. Ailleurs, elles n'ont pas permis de retenir plus de 600 m<sup>3</sup>/s et ont été en partie détruites sur une longueur d'environ 1 km."*

#### Plusieurs brèches ont été recensées :

Il est noté qu'une "brèche existante dans le quartier de Trans (derrière les maisons Jamet, Adriano et Landrin)" est active en début de crue.

En rive droite, au quartier de la Désirade, *"l'eau pénètre dans les terres agricoles par les nombreuses brèches existantes."* Une rupture s'y produisit inondant 200 hectares de terres agricoles.

Le renforcement de la digue du quartier des Jardins *"a permis d'éviter la submersion des habitations en rive gauche."*

Une brèche s'est produite au niveau du seuil de la baignade.

*"En aval de la zone habitée, sur les deux rives, ouverture de petites brèches dans les digues provoquant l'inondation des cultures."*

*"En rive droite, plus en aval et à partir d'un point situé à 2 km du pont, les brèches deviennent énormes et provoquent la dérivation d'une fraction importante du débit en rive droite."*

Une carte présente la localisation supposée de ces brèches recensées par Lefort :

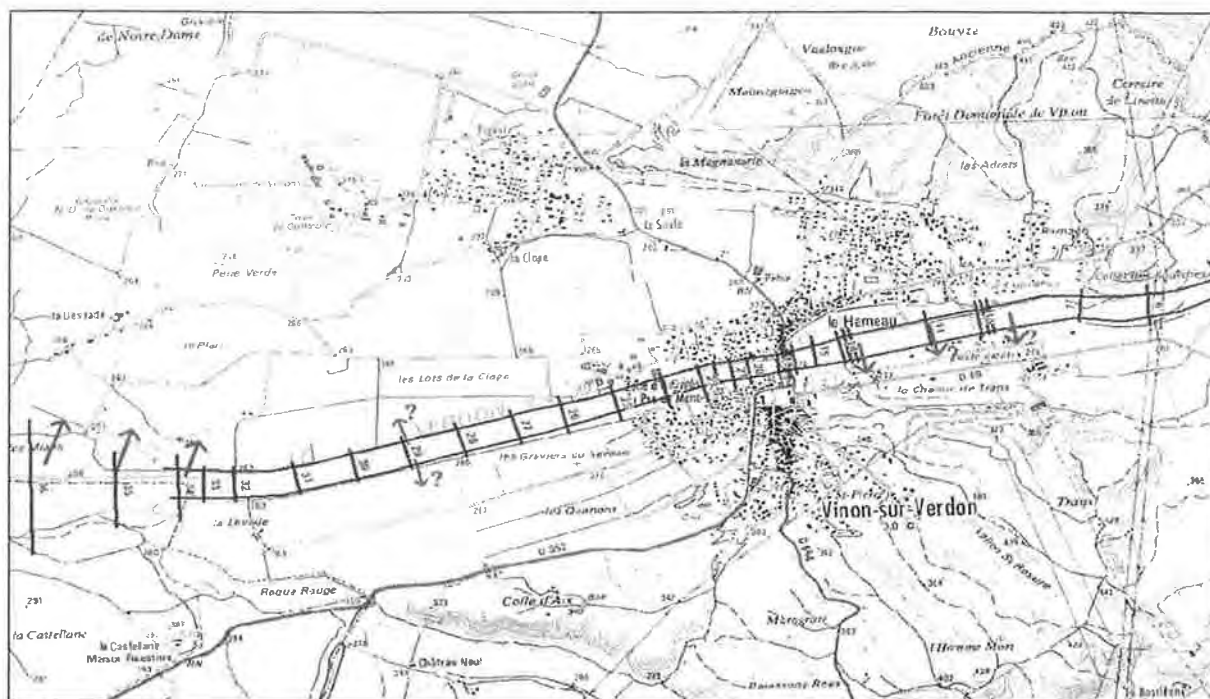


Figure 1: Localisation supposée des brèches en novembre 1994

Source : Lefort

La chronologie de la crue de novembre 1994 permet d'approcher l'hydrogramme de cette crue à Vinon :

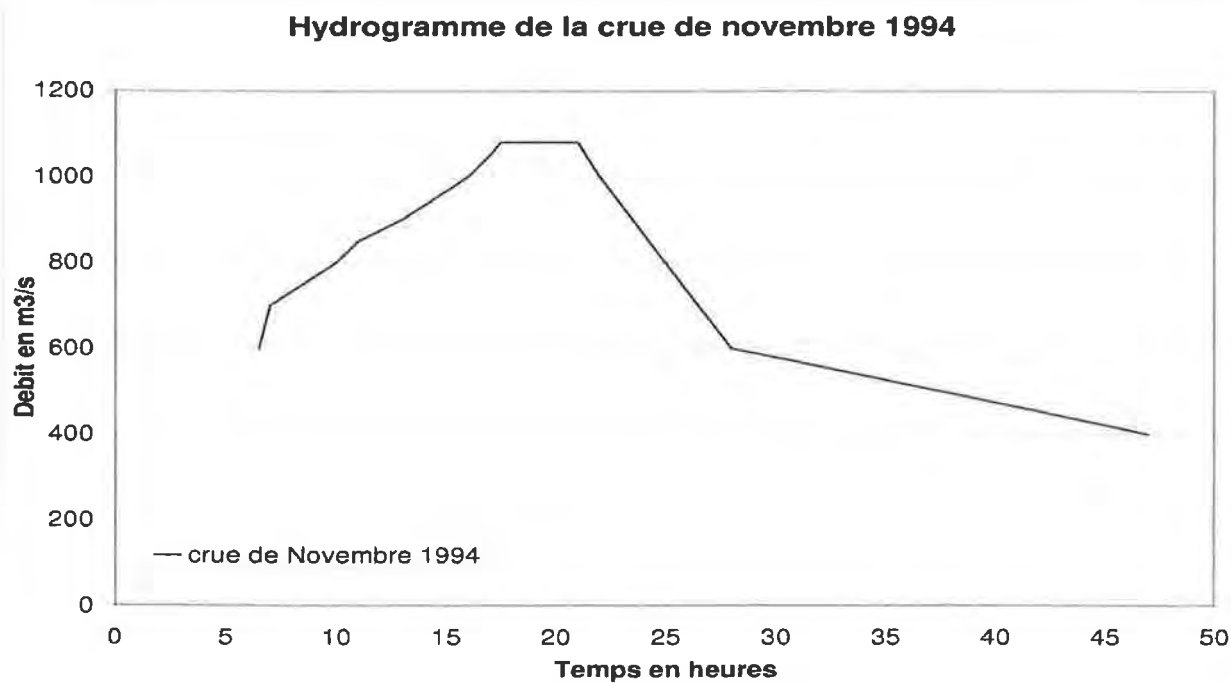


Figure 2: Hydrogramme estimé de la crue de novembre 1994

### 2.1.2 Commune de Vinon-sur-Verdon ; Rapport de l'étude de factibilité – Réhabilitation du Verdon – Commune de Vinon ; SCPid (septembre 1995)

Cette étude fait suite à la crue de 1994 et à l'expertise Lefort en découlant. Elle vise la protection contre les crues de la commune, compte tenu de l'évolution des fonds du lit du Verdon, identifiée par Lefort. 25 profils en travers ont été levés pour l'occasion.

Les enquêtes de terrain ont montré notamment :

- *"les premiers débordements à 1000 m<sup>3</sup>/s se produiront à partir du profil 7 à 2500 mètres en aval du pont en rive droite et en rive gauche."*
- *"que la rupture des endiguements en plusieurs points rive droite lors de la crue de novembre 1994 a provoqué l'inondation des terres en rive droite et par contre a évité les débordements en rive gauche."*
- *la rive gauche en amont du canal EDF est inondable du fait d'un contournement de l'endiguement par l'aval (restitution EDF).*

L'étude hydraulique est basée sur un modèle calé sur la crue de 1994 avec un débit (régime permanent) de 1000 m<sup>3</sup>/s. Les écarts entre les calculs et les observations de terrain (PHE Lefort) varient de 0 à 25 cm.

Le coefficient de Strickler retenu est de 25, avec une brèche en rive droite, au niveau du profil en travers numéro 7. Sans cette brèche, la réhausse de la ligne d'eau est de 30 cm sur 800 mètres de long.

Un diagnostic du fonctionnement hydraulique du Verdon est établi avec le débit de la crue de 1994.

### 2.1.3 Commune de Vinon-sur-Verdon ; Rapport de l'étude du risque d'inondation – Commune de Vinon-sur-Verdon – Département du Var ; SCPid (septembre 2000)

Cette étude reprend la modélisation mise en oeuvre en 1995 et la complète notamment à l'aide de la photogrammétrie au 1/5000<sup>ème</sup>, réalisée en 1999 par le cabinet Hospital. Elle a pour but d'appuyer les réflexions de la commune concernant la révision de son plan d'occupation des sols.

Des cartographies du champ d'inondation pour la crue de 1994, qualifiée de centennale, ont été réalisées sans rupture de digue et avec rupture de digue.

Le test avec rupture de digue considère une largeur de brèche de 10 mètres, supposant qu'au delà d'une dizaine de mètres de distance de la brèche, la hauteur d'eau et la vitesse d'écoulement deviennent faibles. Cette valeur a été traduite par une bande de quinze à vingt mètres le long des digues, présentant un aléa fort, *"compte tenu du risque potentiel de brèche imprévisible dans une digue"*.

### 2.1.4 Parc Naturel Régional du Verdon ; Schéma Global de Gestion du Verdon – Lot n°1 – Hydraulique et Usages ; ETRM – SOGREAH – SIB ENSON (avril 2002) Tomes 2 et 4

Cette étude hydrologique, menée à l'échelle de l'ensemble du bassin du Verdon, donne une estimation du débit centennale du Verdon à Vinon de :

- 1730 m<sup>3</sup>/s, sans tenir compte des aménagements hydro-électriques existants,
- 1250 / 1300 m<sup>3</sup>/s, en tenant compte de l'impact des retenues.

Les tests menés pour définir l'influence des aménagements hydro-électriques concluent que seule la retenue de Sainte Croix peut écrêter les crues du Verdon. Dans le cas de la crue de novembre 1994, la revanche de 0,32 m par rapport à la cote de la retenue normale aurait permis un écrêtement de 400 m<sup>3</sup>/s à Vinon. SOGREAH note que *« cet aménagement n'a pas de vocation à écrêter les crues »* et que *"plus généralement, il n'existe aucune disposition réglementaire imposant à EDF de prévenir ou d'anticiper les crues du Verdon"*.

Lors de la crue de novembre 1994, "à l'amont du pont, la crue a recouvert l'ensemble des infrastructures du camping municipal en rive droite ainsi que les bâtiments riverains du stade en rive gauche, avec des hauteurs d'eau proches de 1,6 m. Le quartier de Trans a été totalement submergé, notamment à cause des brèches dans les digues."

"La crue du Colostre, décalée par rapport à la pointe de crue du Verdon, s'est écoulée avant l'arrivée de celle-ci, la contribution de l'affluent pouvant alors être considérée comme limitée au moment du maximum."

Le volet hydraulique de cette étude se base principalement sur une analyse, à l'échelle du bassin, de la crue de novembre 1994 par P Lefort.

La modélisation hydraulique mise en oeuvre sur Vinon utilise un modèle maillé à casiers en régime transitoire. "Les coefficients de Strickler utilisés sont compris dans la fourchette  $k = 12$  (berges fortement boisées de certaines ripisylves) à  $K = 30$  (lits mineurs faiblement végétalisés)."

Les coefficients de Strickler retenus pour la représentation du lit mineur ont été pris à :

- $K = 8$  à  $12$  pour les parties les plus végétalisées, et mal entretenues avec une ripisylve exubérante
- $K = 18$  à  $K = 23$  pour les lits ordinaires à ripisylve peu développée
- $K = 30$  pour les tronçons du lit ordinaire où le Verdon coule sur ses alluvions, sans développement arbustif.

L'analyse hydraulique de la crue centennale met en évidence qu'à "l'amont immédiat du pont de Vinon, les quartiers du stade, en rive gauche et du hameau en rive droite apparaissent extrêmement sensibles.

Les modélisations donnent ici des seuils de débordements pour :

- $Q = 365 \text{ m}^3/\text{s}$  en rive gauche (quartier du stade),
- $Q = 480 \text{ m}^3/\text{s}$  en rive droite, vers le camping municipal.

La digue du Malaurie apparaît submersible dès  $Q = 1050 \text{ m}^3/\text{s}$ , avec un débit de débordement de  $Q = 110 \text{ m}^3/\text{s}$  en crue centennale, qui devrait entraîner une inondation extrêmement importante de toute la plaine.

A l'aval du pont de Vinon, du fait du basculement très sensible des fonds, les habitations de rive gauche devraient être hors d'eau. Cependant, le remous créé par l'épi formé par l'école maternelle apparaît important, et limite la revanche vers les lotissements de rive gauche. Cette revanche, est de 0.40 m sur le niveau d'eau en crue centennale à l'amont immédiat du remblai de l'école maternelle, d'après le calcul, mais du fait des effets bi-dimensionnels liés à la mise en vitesse, devrait être dans la réalité très faible.

L'ensemble de la rive gauche apparaît sensible dans l'hypothèse d'une déstabilisation des endiguements actuels, ou d'une reprise des remblaiements du lit mineur (exemple de l'école maternelle).

La rive droite à l'aval du pont apparaît nettement plus sensible, avec des débordements prévisibles en crue centennale au niveau de la Station d'Épuration de Vinon, vers le secteur non encore urbanisé à l'aval de la zone industrielle de Mians.

La plaine à l'aval de la zone industrielle et des dernières zones loties apparaît extrêmement sensible, du fait du basculement des fonds.

Dans l'état actuel du profil en long, sans tenir compte d'une éventuelle rupture de digue, la submersion pour une crue de  $Q = 850 \text{ m}^3/\text{s}$  se produirait dans l'ensemble de la plaine dès le niveau de la Levade (RG) et du moulin (RD) et pour une crue centennale la submersion serait sensible dès le droit de la station d'épuration en rive droite."

#### Remarque :

L'ensemble de ces éléments de synthèse, retranscrits dans leur totalité, pourront servir à une comparaison avec

le fonctionnement hydraulique que nous allons établir dans notre étude.

Une analyse de l'évolution prévisible des fonds du lit du Verdon complète cette analyse en indiquant que :

- "les évolutions des lignes d'eau pour les crues extrêmes n'apparaissent pas devoir être très sensibles, si ce n'est dans le tronçon le plus à l'aval (secteur de la Levade à Vinon) où les risques de submersion devraient être nettement plus sensibles."
- "Le tronçon situé à l'aval immédiat du pont de Vinon (école maternelle) ne devrait plus subir d'évolution sensible des fonds en altitude et, dans ces conditions, les risques actuels ne devraient pas évoluer sensiblement, et restent donc très forts."

### **2.1.5 Commune de Vinon-sur-Verdon – Zone d'activités du Pas de MENC 2 – Étude du risque d'inondation pour différents débits du Verdon ; HGM Environnement (juin 2006)**

Une première étude hydraulique menée par HGM Environnement a été remise en question par les estimations de débits centennaux proposées par SOGREAH (cf. [4-1]). Cette étude vise donc à compléter cette première étude par les résultats obtenus pour ces nouvelles valeurs de débit.

La modélisation, en régime permanent, vise à fournir la loi hauteur-débit dans le Verdon au droit du projet. À partir de ce résultat, le risque d'inondation par une brèche de 15 mètres de large, au droit du projet est analysé. Pour cela, la formule de Manning-Strickler est utilisée.

La largeur de la brèche est comparée à la hauteur de la digue (méthode classiquement utilisée pour les digues de barrages, selon HGM Environnement). Une comparaison avec les brèches survenues en novembre 1994 aurait probablement été plus pertinente pour affirmer que l'hypothèse d'une largeur de 15 mètres va dans le sens de la sécurité.

En conclusion, il est indiqué que la commune de Vinon-sur-Verdon a retenu, comme mesure de protection, la définition d'une zone de sécurité de 50 mètres de large, non constructible, le long de la digue.

### **2.1.6 DDE 83 – Élaboration d'un P.P.R. multirisques sur la commune de Vinon sur Verdon PHASE 1 : Recueil et synthèse des connaissances existantes, Définition du contenu des études complémentaires -Avis sur les crues de référence ; CETE Méditerranée (Mai 2006)**

Cet avis propose à travers une analyse des documents bibliographiques (cf. [4-1]), une estimation du débit centennal du Verdon, à prendre en compte dans le PPR inondation de Vinon sur Verdon.

La valeur retenue est celle proposée par SOGREAH en 2002 (en débit naturel), soit 1734 m<sup>3</sup>/s avec un intervalle de confiance de [1627;1894] et à laquelle il a proposé de retrancher un écrêtement minimum correspondant à des retenues initialement pleines. Celui-ci pourrait être estimé à 300 m<sup>3</sup>/s avec un intervalle de confiance [250 ; 350].

En conséquence, la valeur du débit centennal influencé proposée est de **1430 m<sup>3</sup>/s avec un intervalle de confiance suivant [1280;1640]**.

## **2.2 Définition de l'événement de référence**

SOGREAH a proposé en 2002 (dans [4-1]) un hydrogramme de la crue centennale "type 1994" à l'aval du bassin du Verdon. La valeur du débit de pointe de la crue centennale "type 1994" est de 1 750 m<sup>3</sup>/s à l'état naturel et de 1 400 m<sup>3</sup>/s en état aménagé.

Cette crue "type 1994" est complétée dans [4-1] par une crue centennale dite "longue" dans le sens où l'hydrogramme de la crue est alors construit à l'aide d'une pluviométrie plus faible que celle de 1994, mais dont la durée est plus longue (48 heures) et permettant de retrouver à l'aval du bassin, les débits maxima annoncés ci-avant. Cette crue a été qualifiée de crue "type 1951".

SOGREAH estime dans [4-1], que la période de retour de la crue de novembre 1994 (Verdon en état non aménagé) est de 80 ans à Vinon et que celle de 1843 aurait été légèrement supérieure.

**L'événement de référence à prendre en compte dans le PPR inondation par débordement du Verdon correspond alors à une crue centennale.**

Nous avons repris l'hydrogramme de la crue en état aménagé, afin de construire un hydrogramme de crue dont le débit de pointe correspond aux débits de pointe proposés dans [6], soient : 1280 m<sup>3</sup>/s, 1430 m<sup>3</sup>/s et 1640 m<sup>3</sup>/s.

Ainsi 3 hydrogrammes de la crue centennale "type 1994" sont proposés ici.

### Hydrogrammes de la crue centennale "type 1994"

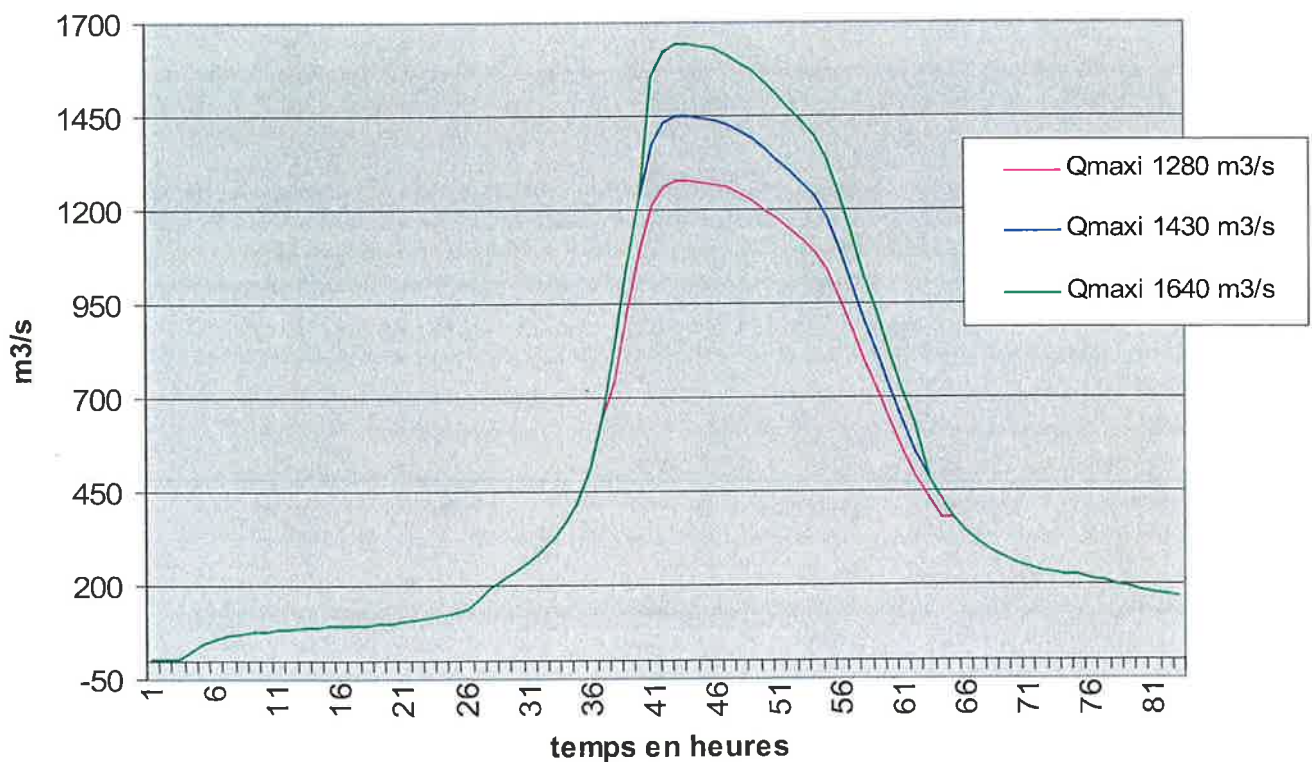


Figure 3: Hydrogrammes de la crue centennale "type 1994"

Ces hydrogrammes de la crue "type 1994" constituent les 3 hypothèses d'entrée de la modélisation hydraulique que nous avons mis en oeuvre.

Le débit de référence pris dans le cadre du PPRi avait initialement été fixé à 1640 m<sup>3</sup>/s. Suite à la réunion de septembre 2012 en mairie de Vinon sur Verdon, celui-ci a été ré-évalué (voir § 6.1).

## 3 Acquisition de données complémentaires

### 3.1 Données topographiques

#### 3.1.1 Données existantes

Pour le lit mineur, nous disposons de 27 profils en travers levés en 1994, provenant de l'étude SCP de 1995.

Ces profils en travers peuvent être complétés en lit majeur à l'aide d'un plan photogrammétrique (restitution sur plan au 5000<sup>ième</sup>) datant de 1999. La précision en altitude de cette information est de l'ordre de 30 cm. Cette donnée photogrammétrique est celle utilisée par SCP dans son étude de 2000.

#### 3.1.2 Données acquises pour l'étude

En 2009, nous avons fait réaliser un levé topographique de ces mêmes profils en travers, en y ajoutant quelques profils supplémentaires vers l'aval (39 profils ont été levés au total).

Ces profils en travers intègrent les deux seuils principaux ainsi que l'ouvrage de franchissement du cours d'eau. Plusieurs profils en long de digues ont de plus été levés :

- Digue rive gauche en amont du pont
- Digue rive droite en aval du pont
- Digue rive gauche en aval du pont

Ces derniers éléments seront utilisés pour le diagnostic hydraulique du lit entre digue (débits de plein bord).

### 3.2 Éléments sur les crues historiques

Nous avons retenu les éléments issus de l'expertise Lefort consécutive à la crue de 1994. Ces éléments vont permettre, à l'aide des données topographiques de l'époque, une tentative de reconstitution des niveaux relevés suite à la crue de novembre 1994.

Le cabinet CACG qui a réalisé le levé des profils en travers nous a également fourni 4 fiches de PHE, relevées à partir de photos issues de Var Matin (8 novembre 1994) et de témoignages des pompiers de Vinon. Ces 4 fiches sont fournies en annexe 2.

## 4 Modélisation hydraulique du Verdon aval

La modélisation hydraulique développée ici répond à plusieurs objectifs :

- permettre une appréciation correcte des niveaux d'eau susceptibles d'être atteints pour l'événement de référence retenu
- évaluer l'incidence de la présence ou non des digues situées en rive droite et gauche du Verdon

### 4.1 Développement de la modélisation hydraulique

La modélisation de l'événement historique de novembre 1994 se décompose en :

- une reconstitution des niveaux relevés lors de cette crue à l'aide des données topographiques de l'époque,
- une appréciation de l'évolution du lit entre digue du Verdon depuis cette crue,
- une appréciation des niveaux que l'on obtiendrait pour cette crue, à partir de la topographie relevée en

2009.

L'ensemble des ces réflexions a été menée à l'aide d'une modélisation hydraulique en régime permanent.

#### 4.1.1 Topologie de la modélisation en lit entre digues

Sur la commune de Vinon, le lit du Verdon est bien souvent compris entre des digues de protection. Aussi le premier développement réalisé ici consiste en la réalisation d'une modélisation hydraulique filaire (succession de profils en travers) pour représenter les sections du lit du Verdon.

Les deux seuils situés en amont du pont de Vinon, ont été ici représentés par des profils en travers sans perte de charge singulière.

Le seuil situé juste en aval du pont de Vinon a été représenté par une loi de seuil épais, pour s'affranchir dans les calculs, du passage en régime torrentiel en aval de ce seuil.

#### 4.1.2 Calage sur la crue de novembre 1994

Afin de caler le modèle sur la crue de novembre 1994, nous avons réalisé une première modélisation en utilisant la topographie disponible dans l'étude SCP, c'est à dire la topographie de 1994.

Cependant, afin de caler au mieux la ligne d'eau, nous avons rajouté une partie de lit majeur à l'aide des profils de 2009, principalement sur la zone située en amont du pont de Vinon, en rive droite comme en rive gauche.

Pour cette crue de calage, SCP avait fait une hypothèse sur une brèche sur la digue rive droite, bien en aval de Vinon. Cette hypothèse, non explicitée dans le rapport, n'a pu être reprise dans nos calculs.

De la même manière, en amont du pont de Vinon, les brèches alimentant le quartier de Trans n'ont pas été représentées dans notre modélisation comme dans celle de SCP.

Les conditions limites du modèle sont celles définies dans l'étude SCP pour la crue de novembre 1994 soient :

- un débit constant de 1000 m<sup>3</sup>/s en amont
- une cote aval de 263,32m NGF.

Le coefficient de rugosité retenu ici est identique à celui du modèle SCP, sa valeur est de 25. En lit majeur nous avons retenu un coefficient de 20.

Ci-dessous est présenté le profil en long des lignes d'eau des deux modélisations.

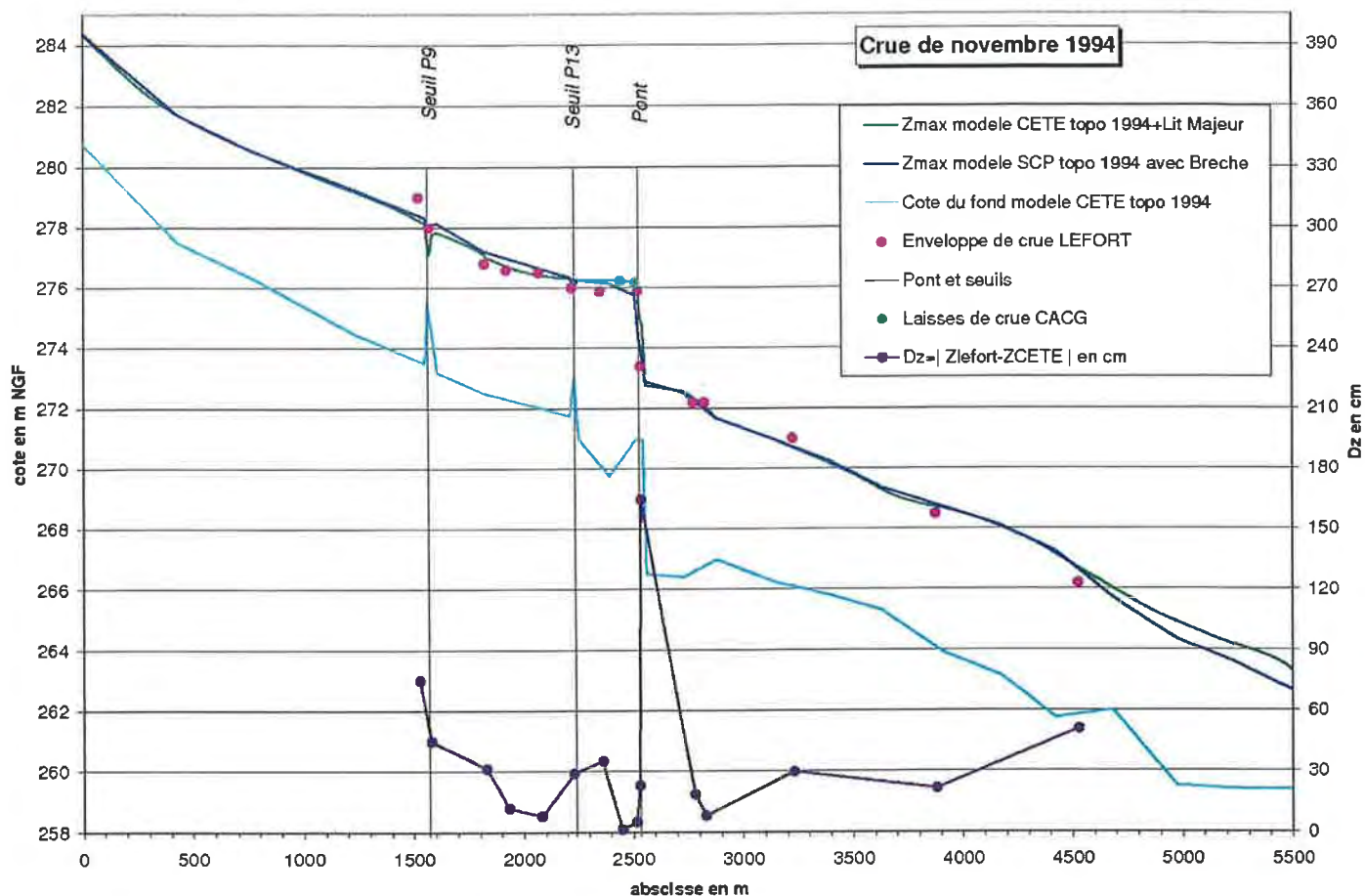


Figure 4: Profil en long des lignes d'eau calculées pour la crue de novembre 1994

A l'exception de la zone située entre le seuil P9 et le pont de Vinon, notre ligne d'eau est proche de celle de SCP. Sur cette portion du cours d'eau, notre ligne d'eau semble mieux suivre la pente de l'écoulement obtenue à l'aide des PHE relevées par Lefort en 1995 et complétées dans le cadre de cette étude.

Sur cette zone située entre le seuil P9 et le pont de Vinon, notre ligne d'eau est légèrement plus basse que celle de SCP. Cette différence est probablement due à l'intégration du lit majeur dans le modèle CETE. Globalement les brèches recensées au droit du quartier de Trans, ne semblent pas avoir impacté significativement les niveaux relevés par Lefort.

A l'amont immédiat du pont de Vinon notre modèle propose une ligne d'eau légèrement plus importante que celle issue du modèle SCP. Ceci provient probablement de la méthode de description du seuil. Au vue des PHE relevées en 2009, notre description, permet une description légèrement meilleure que celle proposée par SCP.

| Classe de Dz | Nombre de valeurs |
|--------------|-------------------|
| 0 à 30 cm    | 10                |
| 30 à 60 cm   | 4                 |
| 60 à 90 cm   | 1                 |
| > 90 cm      | 1                 |

Tableau 1: Écarts aux PHE Lefort de la crue de 1994

L'écart le plus important (1,65 m) correspond à un niveau pris au droit du pont. Il peut s'expliquer en partie par une représentation simplifiée des écoulements se produisant à cet endroit.

En aval du secteur modélisé, la prise en compte des brèches en rive droite par SCP permet de mieux représenter la ligne d'eau de 1994. Sans information sur les dimensions de ces brèches, nous ne les avons pas intégrées. Toutefois, nous avons vérifié que nos calculs sont concordants avec ceux de SCP réalisés avec une hypothèse sans brèche.

Notre modélisation de la crue de novembre 1994 est globalement satisfaisante. L'incertitude globale, associée aux hauteurs d'eau calculées est pourtant d'environ 30 cm.

En annexe 3 est fourni les tableaux présentant les résultats de calcul et la comparaison avec les résultats du modèle SCP ainsi que les PHE correspondant à la crue de 1994.

#### *4.1.3 Analyse de l'évolution du lit mineur du Verdon*

Les levés de profils en travers de 1994 et 2009 permettent d'apprécier localement l'évolution des sections mouillées du lit du Verdon sur cette période. Globalement on peut constater un enfoncement du lit mineur, plus particulièrement en aval du pont sur la partie endiguée.

**Cet enfoncement est en moyenne d'une vingtaine de centimètres.**

Afin d'apprécier l'incidence de cette évolution des fonds du lit du Verdon, nous avons construit une seconde modélisation utilisant les données topographiques de 2009, sans en changer les autres données d'entrée (rugosité à 25).

Pour les conditions aux limites décrites ci-avant, nous avons comparé les résultats de ces deux modélisations.

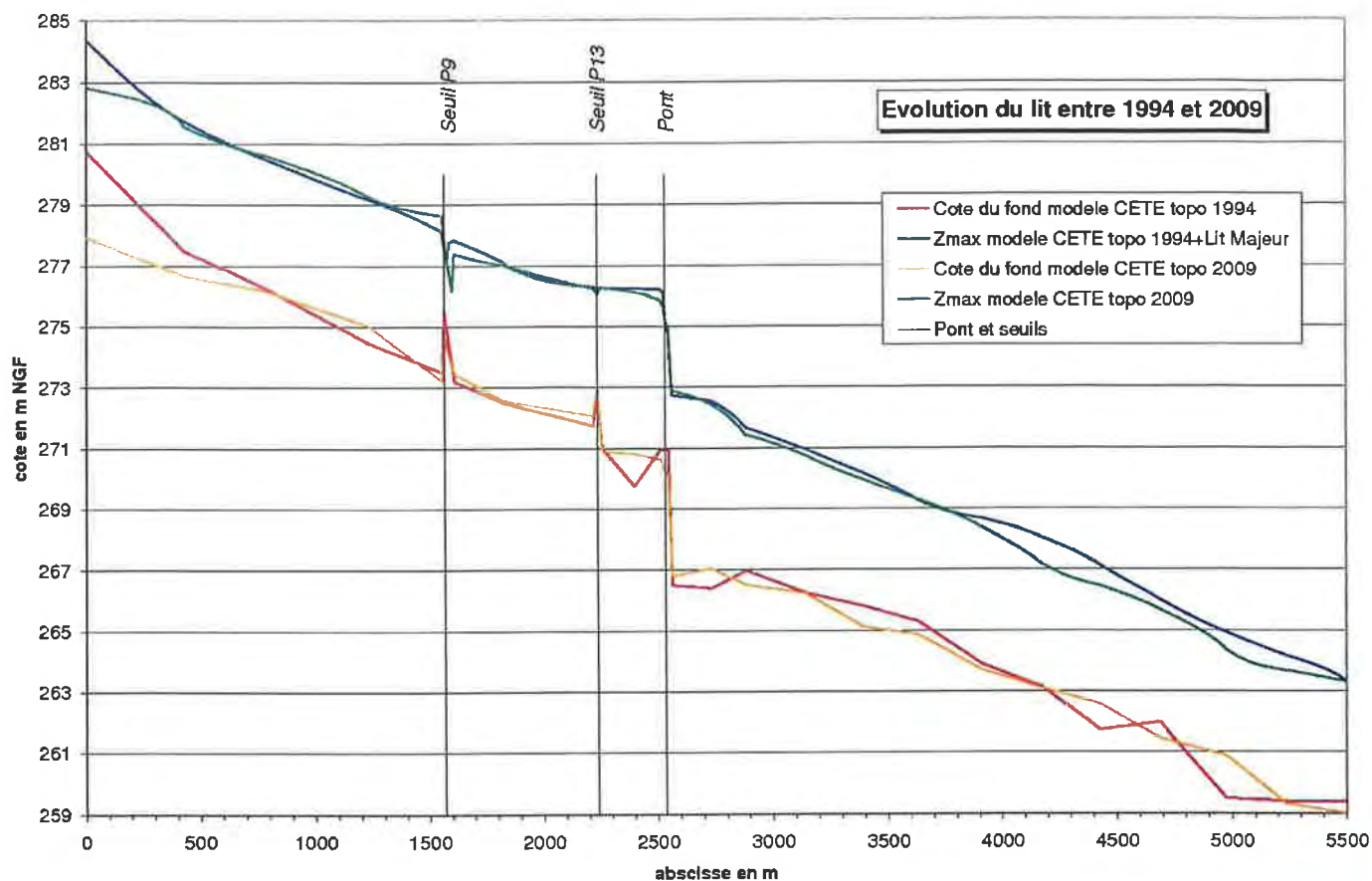


Figure 5: Profil en long des lignes d'eau calculées pour les topographies de 1994 et 2009

L'enfoncement du lit mineur entre 1994 et 2009 a pour conséquence un abaissement de la ligne d'eau pour le débit maximum de la crue de 1994.

Excepté au niveau des singularités (les deux seuils et le pont) l'écart maximum entre les deux lignes d'eau se situe en aval du pont où il peut atteindre **une cinquantaine de centimètres**.

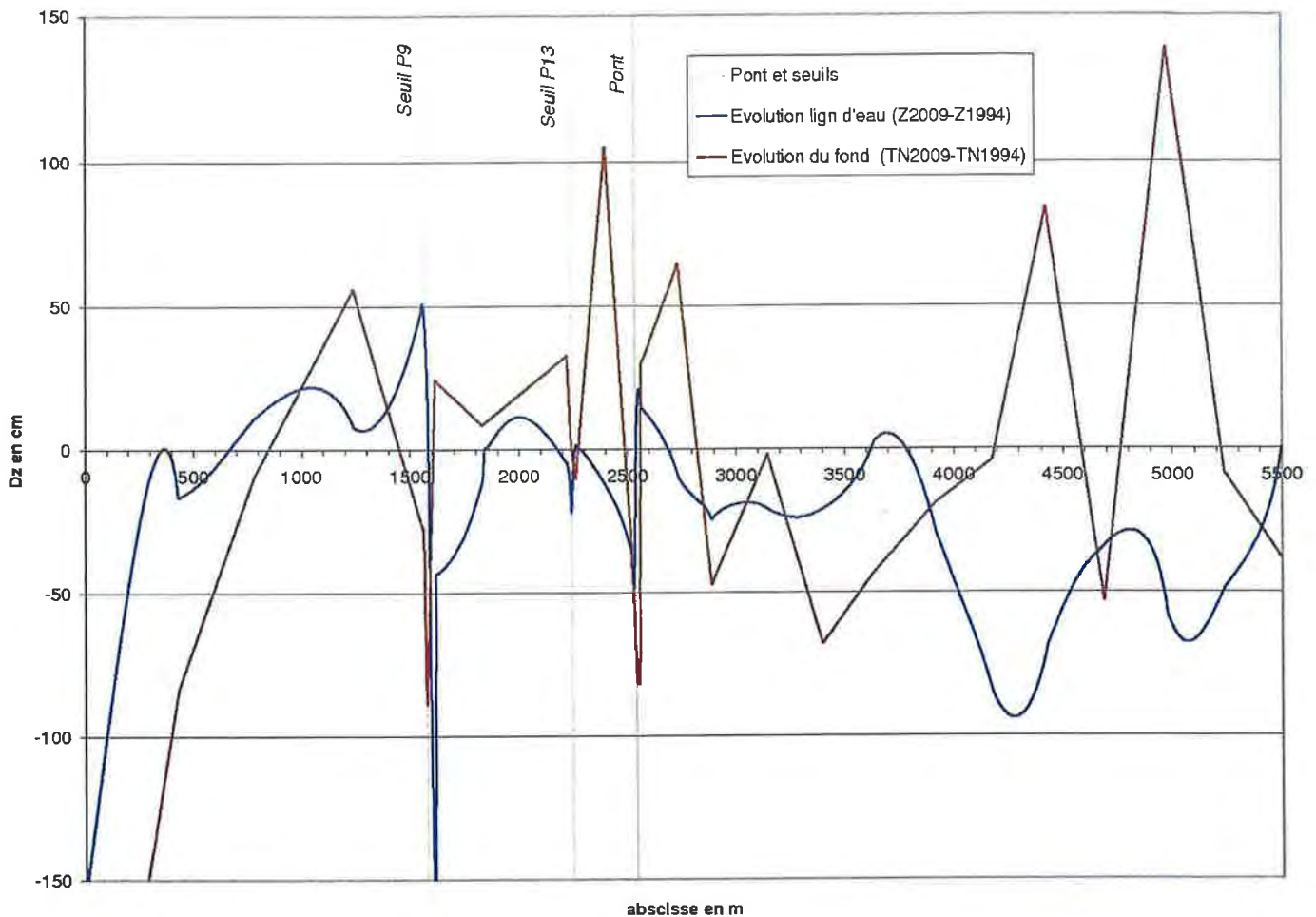


Figure 6: Écart entre 1994 et 2009 sur les lignes d'eau et les cotes du fond du lit

#### 4.1.4 Test de sensibilité des résultats à la valeur du coefficient de Strickler

Les premiers résultats obtenus ci-avant doivent être regardés avec une précaution. En effet, l'estimation des frottements dans le lit mineur du Verdon n'est appréciée ici qu'à l'aide de la crue de novembre 1994. Cette rugosité peut sans aucun doute évoluer au fil des années, au moins localement, compte tenu de la respiration du fond du lit (transport solide) comme d'un éventuel développement de la végétation sur les atterrissements.

Le test de sensibilité des résultats de la modélisation à la valeur du coefficient de Strickler retenue, permet d'apprécier l'incertitude sur la cote de crue calculée et inhérente à ce choix de coefficient.

Pour cela, nous avons fait varier cette valeur (uniforme sur le secteur d'étude) de  $\pm 3$  points.

La figure suivante présente les résultats ainsi obtenus.

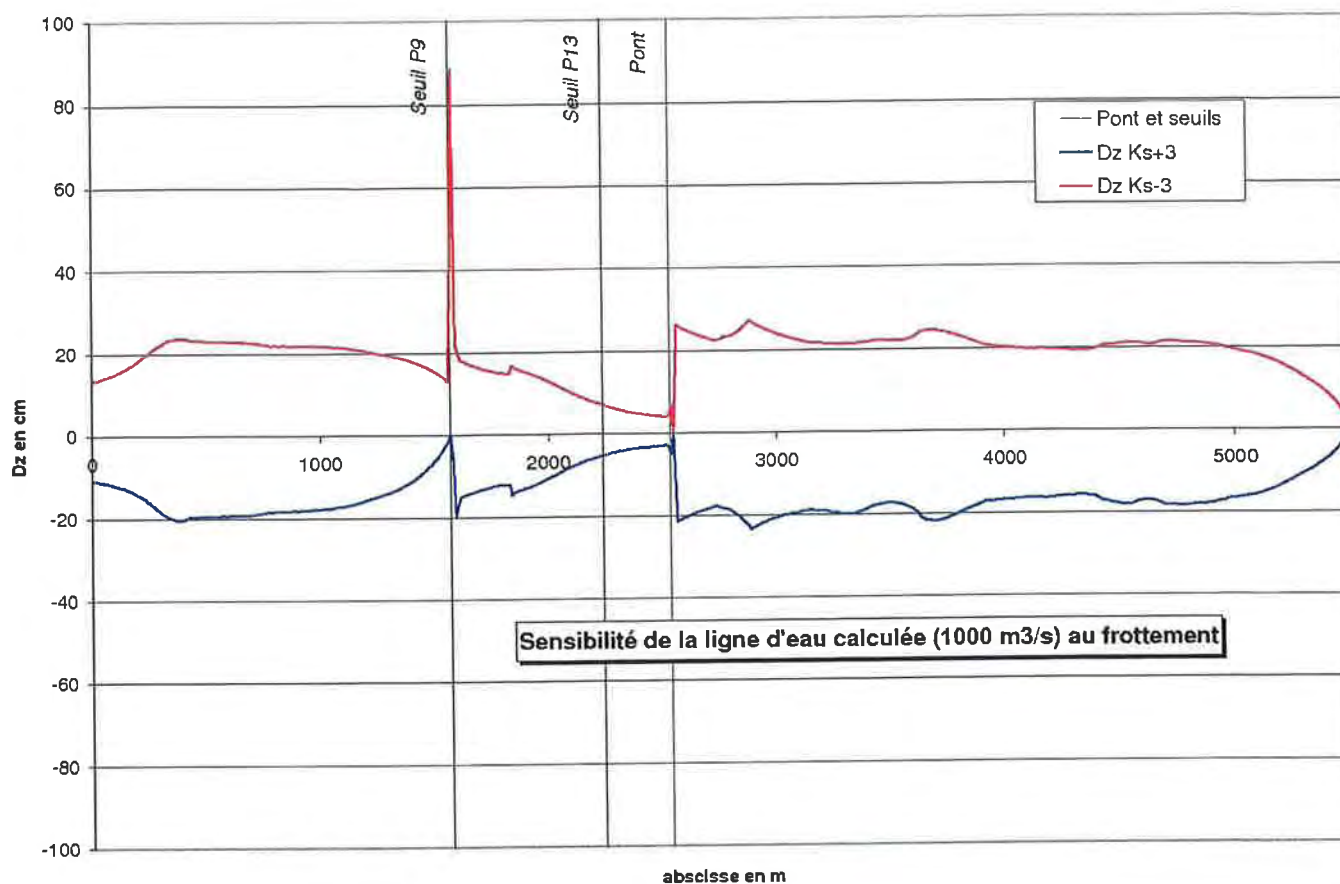


Figure 7: Ecart sur les cotes d'eau pour différentes valeurs de Rugosité

Une variation de 3 points de la valeur du coefficient de Strickler se traduit par une différence de hauteur d'eau de plus ou moins une **vingtaine de centimètres en moyenne (Figure 7)**.

Notons qu'une variation du niveau d'eau dans le lit du Verdon, bien que modeste, peut avoir des conséquences importantes dans la mesure où des surverses sur les digues sont alors susceptibles d'apparaître ou de disparaître.

#### 4.1.5 Test de sensibilité à la condition aval

La modélisation que nous avons réalisée dans cette étude se prolonge en aval, au delà de celle de SCP. Ne connaissant pas la condition à imposer à la limite aval (profil P37) nous sommes partis de la cote mesurée maximale dans la retenue du barrage de Cadarache, fournie par EDF (*source EDF-DPIH- Unité de Production Méditerranée GEH Durance, courrier de mai 2010*) : 256,60 m NGF lors de l'épisode de novembre 1994. En considérant une pente moyenne du cours d'eau de 3 pour 1000, la distance entre le profil P37 et l'entrée de la retenue de Cadarache étant de 1300 mètres, on obtient une valeur de 260,5m NGF au P37. Ceci semble cohérent avec la valeur prise par SCP de 263,3 m NGF en sortie de modélisation (1000 mètres en amont du profil P37).

Pour évaluer l'incidence de cette hypothèse sur la partie aval du secteur d'étude, nous avons réalisé un test de sensibilité à la condition aval. Pour cela, nous avons fait varier de +/- 1 mètre, la valeur de 260,5 m NGF retenue précédemment.

La Figure 8 suivante présente les profils en long des lignes d'eau, calculées avec un débit de 1000 m<sup>3</sup>/s et chacune des conditions aval retenues.

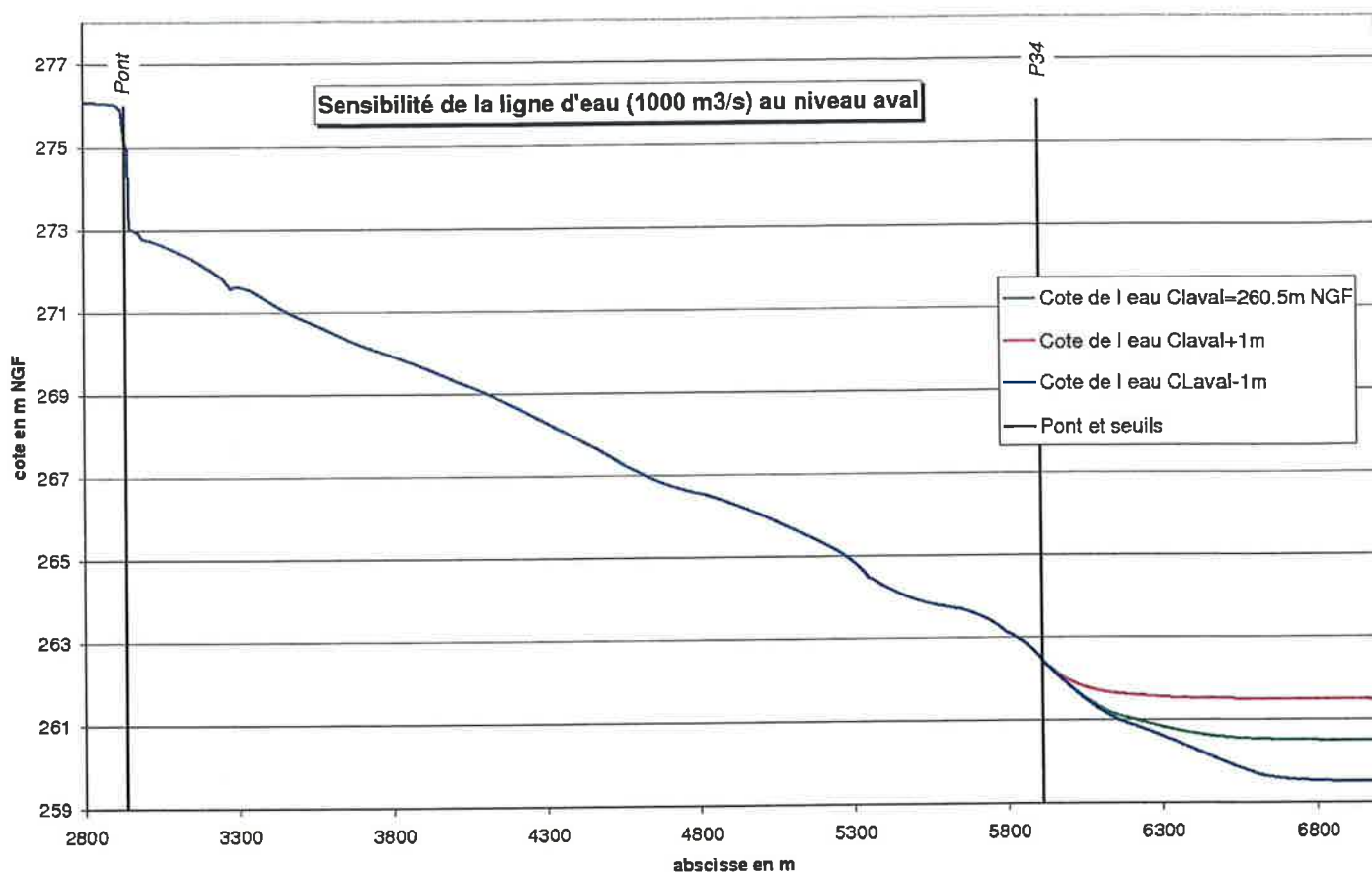


Figure 8: Profil en long des lignes d'eau calculé pour différentes conditions aval

L'incidence du choix du niveau d'eau aval est visible jusqu'au profil numéro 34, soit sur une distance de 1000 mètres maximum.

La condition limite aval n'a donc pas d'influence sur la zone d'étude située entre les profils P1 et P34, c'est à dire sur l'ensemble du secteur à enjeux.



Figure 9: Localisation des profils en travers sur le secteur aval

#### 4.1.6 Définition des débits de premiers débordements

Ici nous recherchons à définir la capacité du lit actif, principalement pour les "parties entre digues". Sur un tronçon de cours d'eau donné, la capacité du lit actif correspond, pour les paramètres de modélisation choisis, au débit pour lequel les premiers débordements sont visibles, le cas échéant sur une digue et sinon dans le lit majeur (ici, principalement en amont du pont en rive droite du Verdon).

Les cartes fournies en annexe 1 permettent de visualiser sur l'ensemble du linéaire, les débits pour lesquels les débordements débutent.

##### Amont du pont de Vinon

En rive gauche, en amont du secteur d'étude, la capacité du lit vif, avant que celui-ci soit endigué, est de 1400 m<sup>3</sup>/s environ. La partie amont de la digue présente en rive gauche (P4 à P6) n'est pas submergée pour un débit de 1600 m<sup>3</sup>/s.

Le long du quartier de Trans (P7 à P14), les déversements se généralisent pour 1400 m<sup>3</sup>/s. Notons toutefois, que les premiers passages d'eau peuvent se produire dès 1000 m<sup>3</sup>/s et plus encore à 1200 m<sup>3</sup>/s, du fait de points bas existants sur la crête de digue.

Le terrain de football, présente en rive gauche en amont du pont, est inondé à partir de 600 à 800 m<sup>3</sup>/s.

En rive droite, il n'y a pas de digue, ainsi les débordements s'opèrent, en général dans le lit majeur, à partir de 600 m<sup>3</sup>/s à 800 m<sup>3</sup>/s.

##### Aval du pont de Vinon

Juste en aval du pont de Vinon, en rive gauche, la digue peut être submergée pour un débit de l'ordre de 1600 m<sup>3</sup>/s. Un point de surverse existe même pour 1000 m<sup>3</sup>/s. Un autre point 1200 et un dernier point 1400 m<sup>3</sup>/s.

En rive droite, la digue existante n'est pas déversante pour 1600 m<sup>3</sup>/s. Sur cette rive, les premiers déversements sur la digue s'opèrent juste en aval de la zone urbanisée (début entre P25 et P26) pour un débit de 1600 m<sup>3</sup>/s. Peu à peu la digue s'abaisse jusqu'au profil P29, où les déversements apparaissent pour un débit de 1200 m<sup>3</sup>/s.

En rive gauche, en aval de la zone urbanisée, la digue est submergée pour un débit de 1600 m<sup>3</sup>/s. Elle s'abaisse peu à peu vers l'aval jusqu'au profil P32, où elle est submergée pour un débit de 1200 m<sup>3</sup>/s.

### 4.2 Modélisations hydrauliques des événements de référence

#### 4.2.1 Définition des scénarios de modélisation

Nous avons effectué les calculs suivants :

- modélisation hydraulique **en effaçant l'ensemble des digues existantes**
- modélisation hydraulique avec les endiguements existants considérés comme résistants à la crue de référence

Les 3 hydrogrammes de la crue de référence "type 1994" définis ci-avant ont été utilisés, les résultats présentés ici détaillent particulièrement ceux obtenus pour le débit de 1640 m<sup>3</sup>/s.

#### 4.2.2 Modélisation avec une transparence totale des digues

Ici nous avons arasé les crêtes de digues au niveau du terrain naturel situé derrière celle-ci. Ainsi, nous pouvons approcher la partie de la vallée activée par l'événement de référence choisi et en considérant comme nul, le rôle de protection joué par les digues.

L'effet du rétrécissement de la vallée au droit du pont de Vinon sur Verdon s'est révélé primordial pour définir

correctement les hauteurs d'inondation à l'amont de celui-ci. En effet, les contournements de ce pont qui peuvent exister, principalement en rive gauche, jouent un rôle significatif dans la définition des hauteurs d'eau en amont de celui-ci.

Dans le Tableau 2 suivant, nous avons indiqué les caractéristiques des déversements par dessus le pont de Vinon, en rive droite ou rive gauche, pour chaque débit étudié :

|                         |                                 |                                 |                                 |
|-------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Cote déversement RG     | 276,6 m                         |                                 |                                 |
| Cote déversement RD     | 277,59 m                        |                                 |                                 |
|                         | $Q = 1280 \text{ m}^3/\text{s}$ | $Q = 1430 \text{ m}^3/\text{s}$ | $Q = 1640 \text{ m}^3/\text{s}$ |
| Cote d'eau amont Pont   | 276,82 m                        | 277,42 m                        | 277,78 m                        |
|                         |                                 |                                 |                                 |
| Débit total déversé RG  | 13 m <sup>3</sup> /s            | 62 m <sup>3</sup> /s            | 140 m <sup>3</sup> /s           |
| Débit total déversé RD  | 0 m <sup>3</sup> /s             | 0 m <sup>3</sup> /s             | 5 m <sup>3</sup> /s             |
| Longueur déversement RG | 30 m                            | 80 m                            | 130 m                           |
| Longueur déversement RD | 0                               | 0                               | 40 m                            |

Tableau 2: Débits maximum de déversements au droit du pont



Figure 10: Localisation des déversements au droit du pont de Vinon

Sur la Figure 10, la limite du lit majeur défini par la méthode hydro-géomorphologique est donnée en magenta. Ci-dessous est présenté le profil en long des lignes d'eau pour les différents débits de référence possibles.

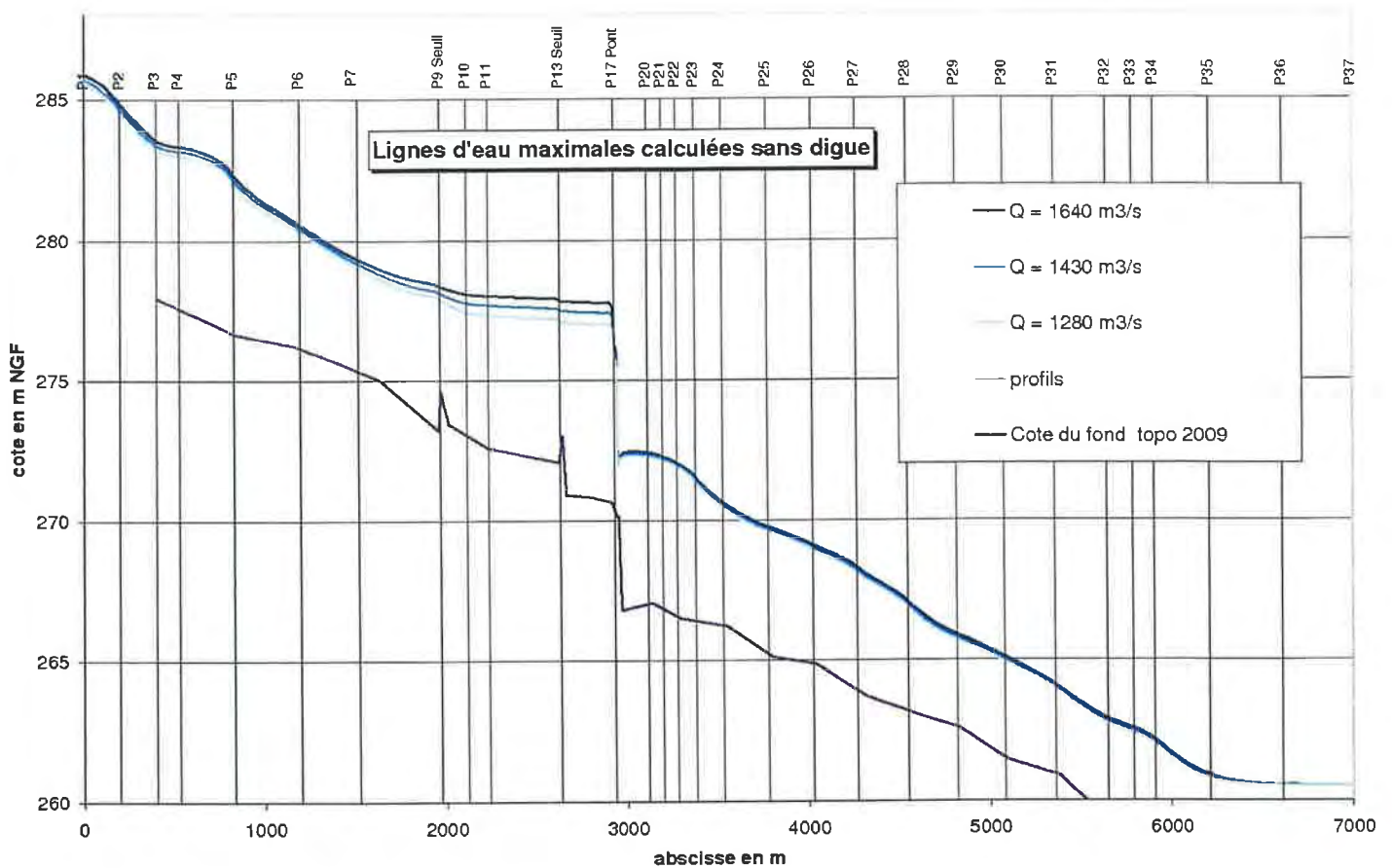


Figure 11: Profil en long de la ligne d'eau calculée pour les débits de référence et sans digue

Sur le profil en long ci-dessus, l'effet de contraction des écoulements joué par le pont de Vinon est clairement mis en évidence. On peut noter que l'écart de lignes d'eau entre les différents débits proposés sont de l'ordre de 10 à 15 cm, sauf en amont immédiat du pont de Vinon et au droit de l'école, où ils atteignent 40 à 50 cm.

La cartographie des hauteurs maximales de submersion réalisée à l'aide des résultats de calcul et de la topographie disponible en lit majeur (photogrammétrie) est fournie en pièce jointe à ce rapport (plan au 1/5 000ième sur fond de plan Orthophoto de 2008).

Concernant les vitesses moyennes d'écoulement, elles sont de l'ordre de 2 m/s en lit mineur.

En lit majeur, pour le débit de 1640 m³/s, elles sont légèrement supérieures à 1 m/s en amont du pont et autour de 1m/s en aval du pont.

Le coefficient de Strickler choisi pour le lit majeur a été fixé de manière globale à 20. Cette valeur n'a pas pu être approchée à l'aide d'un calage sur une crue largement débordante, aussi l'incertitude associée n'est pas négligeable. En effectuant une nouvelle simulation avec un coefficient de Strickler de 18 en lit majeur (lit mineur inchangé), les vitesses moyennes d'écoulement en lit majeur restent supérieures à 1 m/s en amont du pont et deviennent globalement inférieures à 1 m/s en aval (cf. annexe 3).

Nous rappelons que les calculs ici effectués considèrent les vitesses moyennes sur la largeur du lit majeur. Les vitesses d'écoulement localement observables peuvent être significativement différentes, plus fortes comme plus faibles !

Ainsi, si le Maître d'Ouvrage souhaite utiliser ce paramètre pour la définition de l'aléa (conformément à la grille de croisement Hauteur/vitesse utilisée dans le Var), il nous semble que la gamme de vitesse la plus représentative des écoulements en lit majeur en aval du pont de Vinon est [0,5 ; 1 m/s] et non pas [1 ; 1,5 m/s]. Pour l'amont du pont, la gamme [1 ; 1,5 m/s] est à utiliser.

### 4.2.3 Modélisation sans rupture de digue

Nous avons réalisé une simulation en considérant les digues comme résistantes à la crue. l'objectif ici est d'identifier les conséquences à l'arrière des digues, des surverses obtenues pour les 3 débits de pointe proposés.

Pour cela le lit majeur lorsqu'il était protégé par des digues a été représenté à l'aide de casiers, reliés entre eux et avec le lit mineur à l'aide de liaisons de type seuil ou Manning-Strickler.

Au total le lit majeur endigué a été représenté par **51 casiers**, la carte ci-dessous détaille le découpage en casiers réalisé.

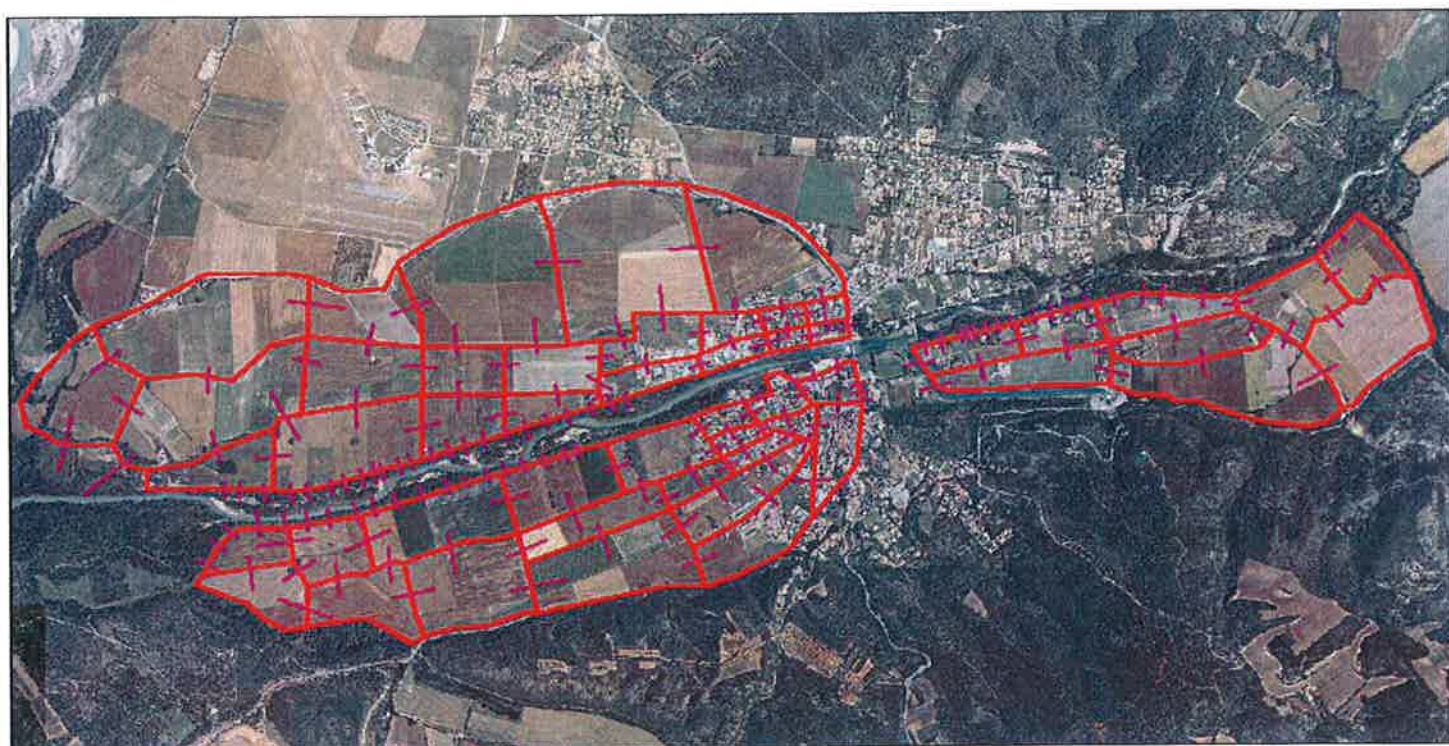


Figure 12: Découpage en casiers

*En rouge sont présentées les limites des casiers*

*En magenta sont présentées les liaisons entre casiers*

Ici, les conditions de frottement sur le fond du lit entre digues n'ont pas été modifiées.

Les graphes suivants présentent la lignes d'eau maximale dans le lit mineur pour les 3 débits proposés.

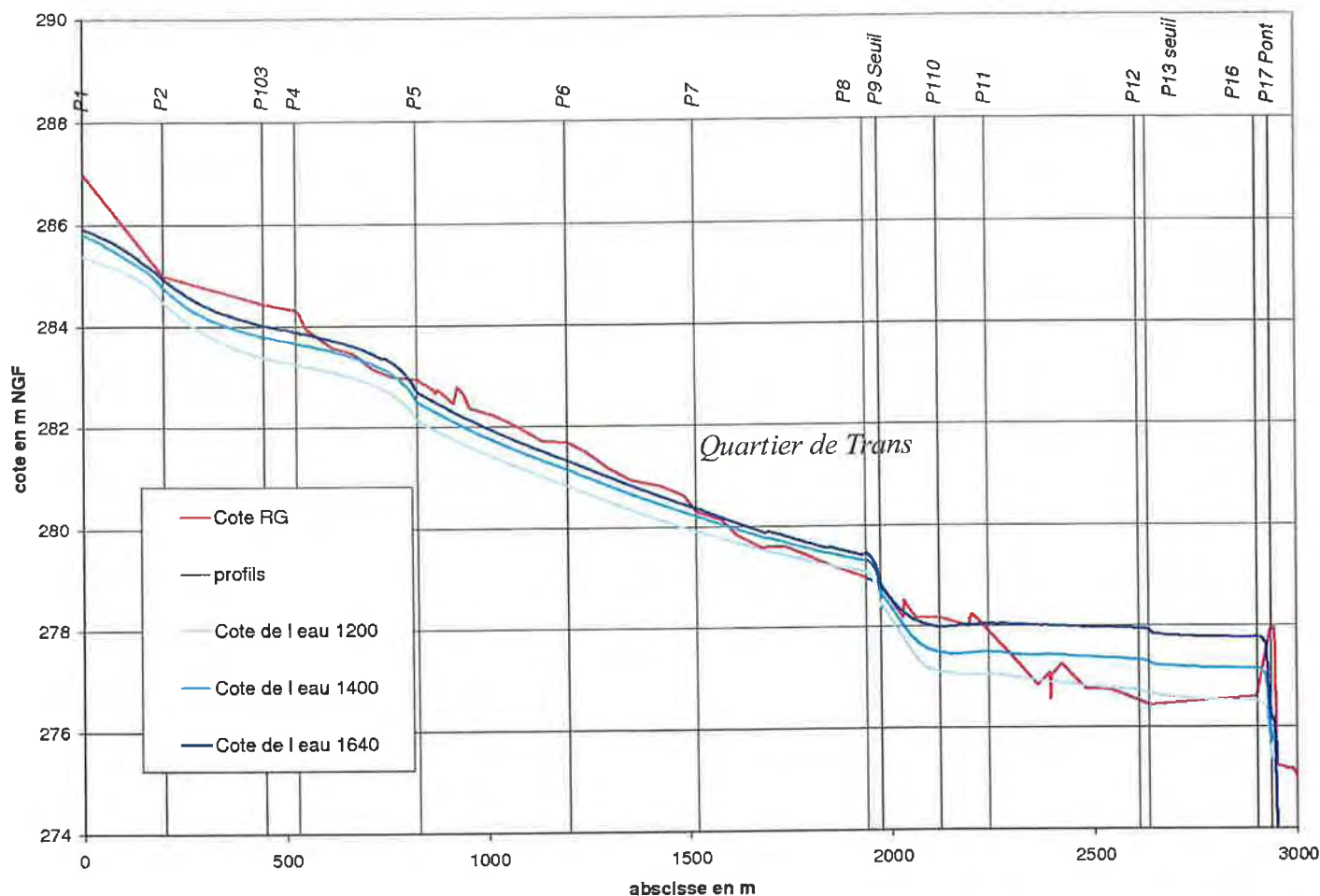


Figure 13: Profil en long des crêtes de digues et des lignes d'eau pour les 3 débits proposés (secteur amont du pont)

En rive gauche, en amont du pont de Vinon, le quartier de Trans, principale zone à enjeux, est largement inondé pour les 3 débits. La crête de la digue protégeant la rive gauche s'abaisse en effet légèrement à partir de ce secteur. Les hauteurs d'eau sur cette zones sont alors proches de celles en lit mineur, puisque les casiers sont bien remplis.

A noter que plus en amont, entre les profils 4 et 5, des déversements sur la digue rive gauche s'opèrent aussi, environ 60 m³/s pour 1640 m³/s et de l'ordre de 30 m³/s pour 1430 m³/s. Ces déversements contribuent à inonder le quartier de Trans par l'amont.

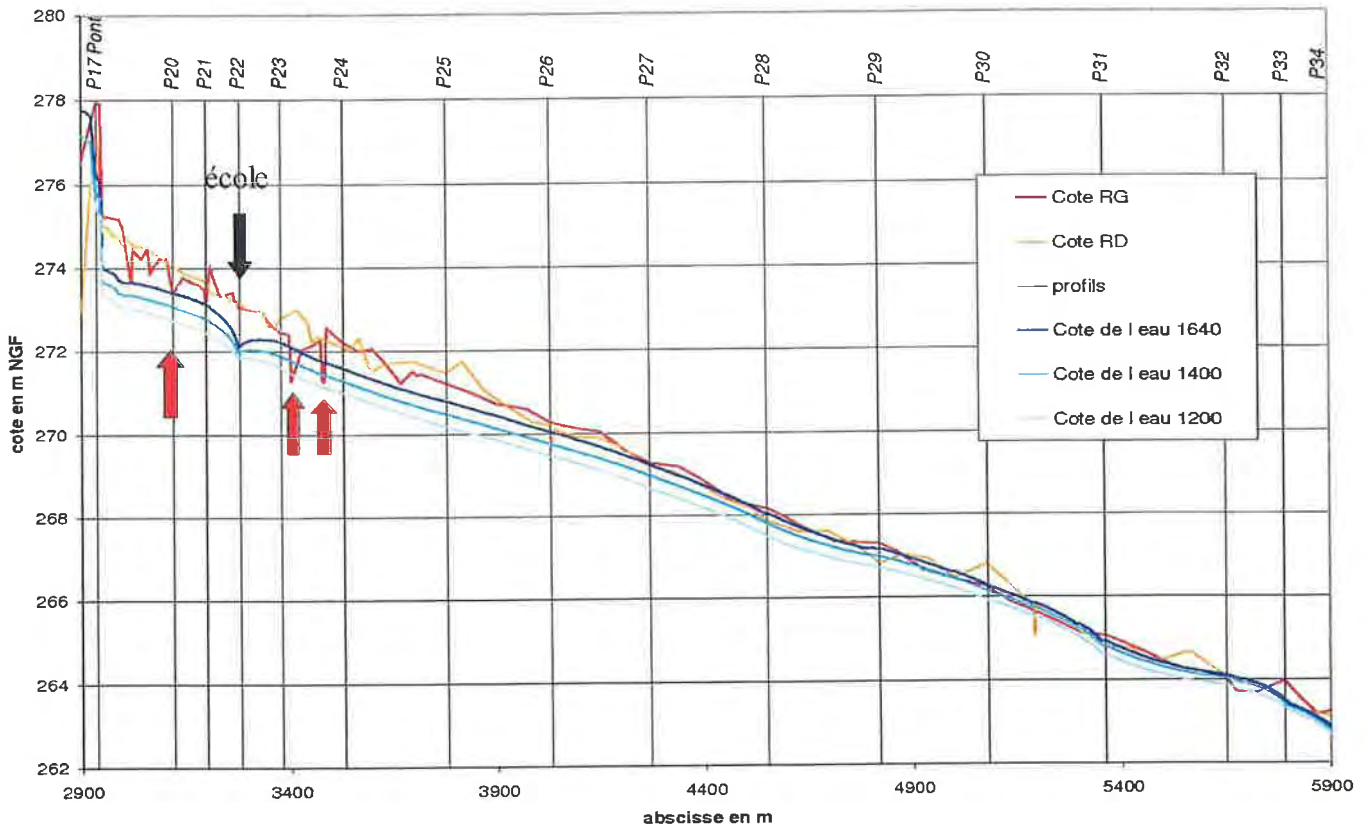


Figure 14: Profil en long des crêtes de digues et des lignes d'eau pour les 3 débits proposés (secteur aval du pont)

Les principaux enjeux présents en lit majeur sont situés en amont du profil P27. En amont de P27, des débordements peuvent se produire en aval de l'école sur la digue de rive gauche sans même de rupture de digues pour les 3 débits testés, mais sont ponctuels, notamment entre P23 et P24. Ils représentent en pointe, 10 m<sup>3</sup>/s pour le débit le plus fort. En amont de l'école, un point de débordements est avéré pour le débit le plus fort et d'autres sont probables, l'écart entre la crête de la digue et la ligne d'eau maximale calculée étant très faible.

*Ici, on peut noter que la modélisation hydraulique mise en oeuvre fournit sur le secteur du rétrécissement provoqué par l'école située en rive gauche, une ligne d'eau qui n'intègre pas l'ensemble des pertes de charge que l'écoulement subira. En effet, l'élargissement brusque du lit entre digue après l'école s'accompagne sans aucun doute d'un rehaussement des niveaux d'eau maximum amont, qui n'est pas ici représenté.*

*L'estimation de ce rehaussement n'étant pas aisée, nous avons préféré ne pas modifier la ligne d'eau calculée ici par la modélisation 1D sachant que ce point pourra être précisé par la suite lors de la modélisation 2D.*

**Ainsi, entre l'aval du pont de Vinon et l'aval de l'école, il est certain que les niveaux d'eau calculés dans notre modélisation 1D sont sous estimés. Les déversements sur la digue rive gauche, comme sur la digue rive droite sont par la même occasion sous estimés !!**

## 5 Modélisation d'une brèche dans une digue du Verdon

La modélisation hydraulique d'une rupture partielle d'une digue du Verdon a pour but d'apprécier les écoulements qui se produiraient en aval de la brèche afin notamment d'identifier les secteurs où :

- les vitesses d'écoulement sont importantes, c'est à dire **supérieures à 1 m/s**,
- les hauteurs d'eau sont importantes, c'est à dire **supérieures à 1 mètre**.

En cas de rupture de digue, ces secteurs se situent principalement juste à l'aval de la brèche et correspondent à la zone de fort écoulement consécutive à la différence de charge entre l'amont et l'aval de la brèche. En outre, il peut se créer plus en aval, une zone préférentielle d'écoulement, correspondant par exemple à un bras ancien du lit du cours d'eau, dans laquelle les hauteurs et/ou les vitesses d'écoulement sont significativement supérieures au reste du lit majeur. Ces secteurs où les écoulements en lit majeur se concentrent doivent être identifiés.

### 5.1 Les hypothèses sur la brèche représentée

Les causes des ruptures de digues sont multiples, les principales étant la surverse ainsi que l'érosion interne du corps de digue. Sans chercher à privilégier une cause particulière, nous avons choisi de représenter une brèche débutant au moment de la surverse ou à défaut au pic de la crue.

Ainsi, à partir de ce moment, la crête de la digue est abaissée à la cote du terrain naturel situé en arrière de la digue sur une largeur de **1 mètre**. Ensuite, l'élargissement de la brèche s'opère sur **1 heure** pour atteindre la largeur finale de la brèche choisie.

Cette manière de représenter l'élargissement de la brèche nous a semblé raisonnable, notamment au regard de la durée de l'hydrogramme de la crue remplissant le lit entre digue (environ 20 heures).

La largeur finale n'est pas simple à estimer et nous n'avons pas pu nous appuyer sur les caractéristiques des brèches qui se sont produites lors de la crue de novembre 1994, celles-ci n'étant à notre connaissance pas disponibles. En première approximation et au regard de la largeur du lit entre digues en aval du pont sur le Verdon (environ 150 mètres), nous avons considéré une largeur finale de la brèche pouvant prendre les valeurs suivantes : 25 m, 50 m et 100 mètres.

### 5.2 La modélisation mise en oeuvre

Représenter de façon raisonnable les écoulements en aval d'une brèche nécessite de disposer d'une modélisation des écoulements en 2 dimensions. En effet, l'écoulement se propageant en aval de la brèche ne présente pas de direction unique de propagation, aussi les hypothèses inhérentes à l'utilisation d'une modélisation 1D induiraient des incertitudes très importantes qui risqueraient de grever l'interprétation des résultats.

Ainsi, nous avons choisi de mettre en oeuvre une modélisation hydraulique bidimensionnelle à l'aide du logiciel TELEMAC 2D.

Le maillage généré pour cette étude est triangulaire. Au droit des brèches, la taille des mailles est d'environ 2 mètres ; Les mailles atteignent progressivement 150 m en bordure du domaine modélisé.

Au total plus de 45 000 points de calcul ont été créés (Figure 15).

Cette modélisation réalisée en régime transitoire avec les hydrogrammes précédemment proposés donnant un débit de pointe de 1280 m<sup>3</sup>/s et 1640 m<sup>3</sup>/s. Elle a été mise en oeuvre à partir de l'amont du pont de Vinon et s'étend jusqu'à l'aval du modèle 1D.

La brèche simulée a été positionnée en rive droite, au droit du profil numéro 22. A cet endroit, la digue possède une hauteur d'environ 1,6 mètres, ce qui correspond à une hauteur souvent rencontrée sur cette rive en aval du pont de Vinon. Notons que dans la modélisation mise en oeuvre, une surverse s'opère à cet endroit, ce point n'a pourtant pas guidé la localisation de la brèche.

La brèche en rive gauche a été positionnée en amont du rétrécissement du lit entre digues que représente l'école, c'est à dire entre les profils 20 et 21. A cet endroit la digue possède une hauteur comprise entre 0,6 et 1,3 mètre. Une surverse est susceptible de s'opérer pour le débit de 1640 m<sup>3</sup>/s, ce point n'a pourtant pas guidé la localisation de la brèche.

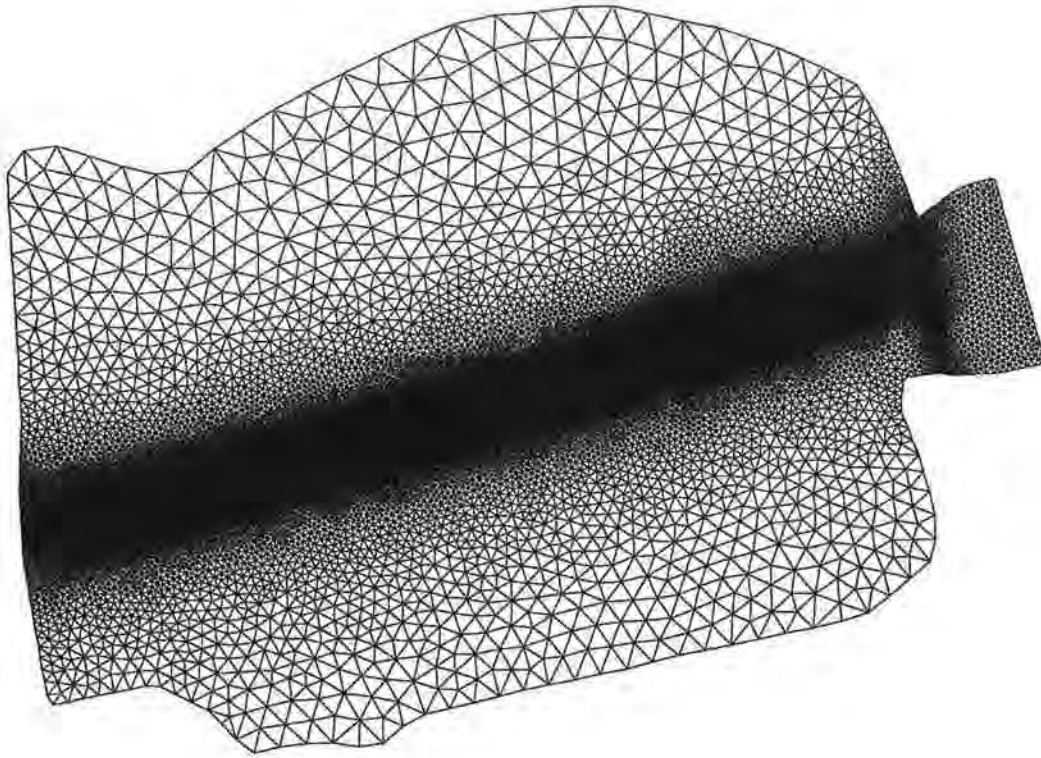


Figure 15: Maillage réalisé pour la modélisation 2D

### 5.3 Le calage de la modélisation bidimensionnelle

Le calage du modèle 2D a consisté à fixer une valeur globale du coefficient de Strickler du lit mineur afin de retrouver la ligne d'eau fournie par la modélisation hydraulique 1D avec les digues.

Après plusieurs essais, nous avons ainsi choisi de retenir une valeur de 30 pour le coefficient de Strickler en lit mineur. Cette valeur, supérieure à celle retenue pour la modélisation 1D, est en accord avec l'état de l'Art.

Ce travail a déjà été effectué pour le débit de 1000 m<sup>3</sup>/s, puisque nous disposons de relevés de PHE pour cette crue. Puis, nous avons comparé les résultats obtenus avec digues à l'aide des modélisations 1D et 2D pour le débit de 1640 m<sup>3</sup>/s.

Une comparaison des lignes d'eau ainsi obtenues est proposée ci-après :

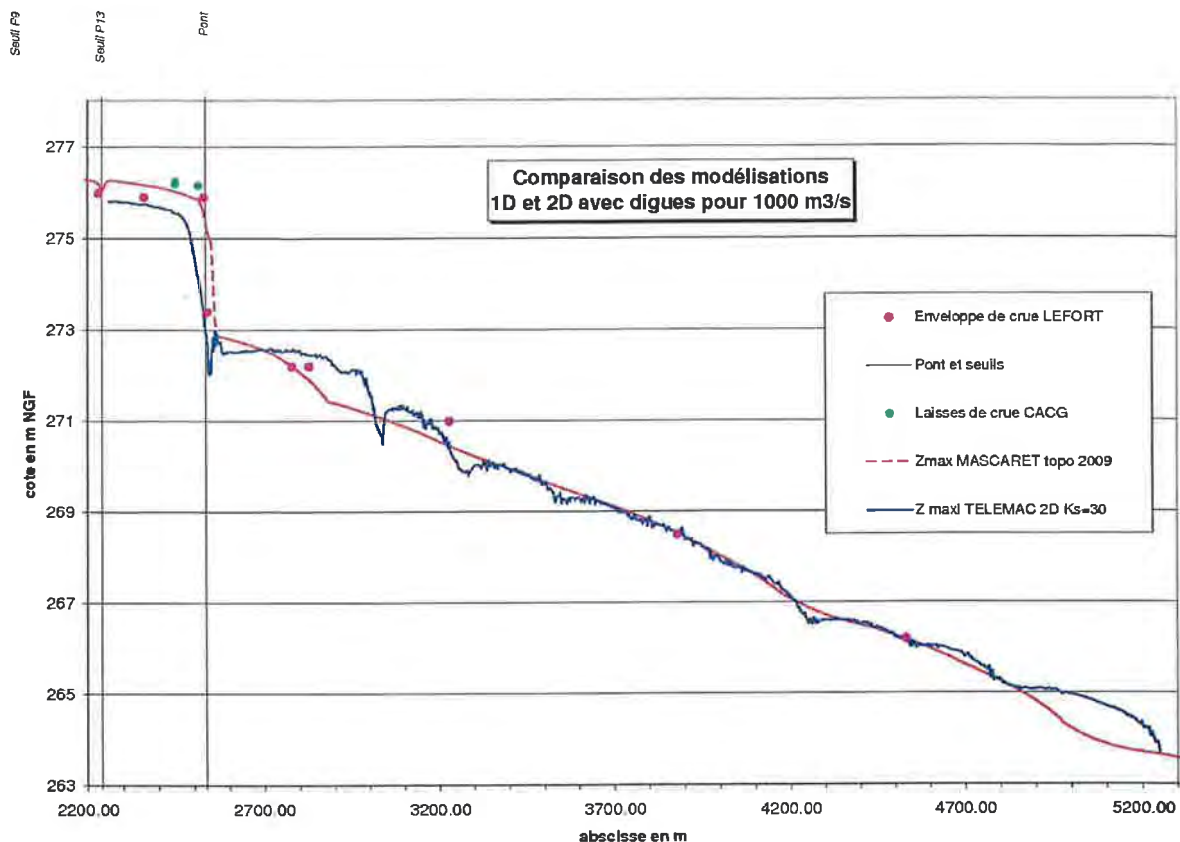


Figure 16: Calage du modèle 2D sur les données disponibles pour 1000 m<sup>3</sup>/s

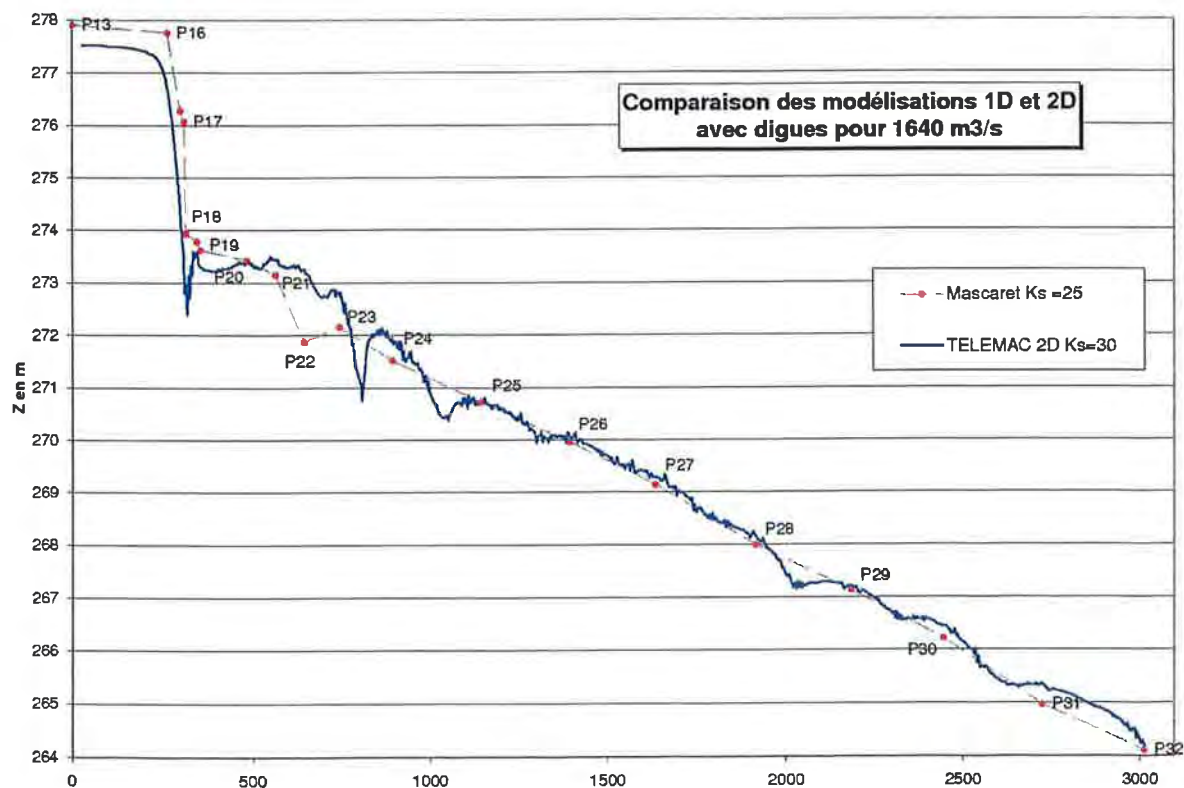


Figure 17: Comparaison des lignes d'eau entre digues pour 1640 m<sup>3</sup>/s

Globalement, la ligne d'eau prise dans le lit entre digues correspond bien à celle fournie par la modélisation 1D. Notons qu'entre les profils 21 et 23, des différences notables (1,4 m et 0,66 m pour 1640 m<sup>3</sup>/s) entre les lignes d'eau maximales apparaissent, celles-ci s'expliquent principalement par la prise en compte dans la modélisation 2D, des effets dus à la contraction de l'écoulement au niveau de l'école située en rive gauche. En effet, le modèle 2D calculant un nombre important de vecteurs vitesses dans le lit entre digues, la configuration "contrainte" au droit de l'école a pu être mieux approchée que dans le calcul 1D (où une seule vitesse est calculée dans le lit mineur par section).

**Ainsi la modélisation 2D est sans aucun doute plus proche du fonctionnement hydraulique en crue du Verdon que la modélisation 1D.**

**Une conséquence importante est qu'au droit de l'école, des débordements importants sont susceptibles de se produire en rive droite alors que dans la modélisation hydraulique 1D aucun débordement n'avait été identifié. Les débordements en rive gauche identifiés dans la modélisation 1D seront quant à eux sans aucun doute plus importants !**

## 5.4 Résultats des modélisations de rupture de digue pour le débit de 1640 m<sup>3</sup>/s

### 5.4.1 Brèche en rive droite en aval du pont de Vinon

Pour chacune des 3 largeurs de brèches choisies (25, 50 et 100 m), nous présentons ci dessous les cartes des vitesses (Figure 20) et des hauteurs maximales calculées (Figure 19).

La brèche débute à 46 800 secondes, vers 1500 m<sup>3</sup>/s et est complètement ouverte en 1 heure (Figure 18).

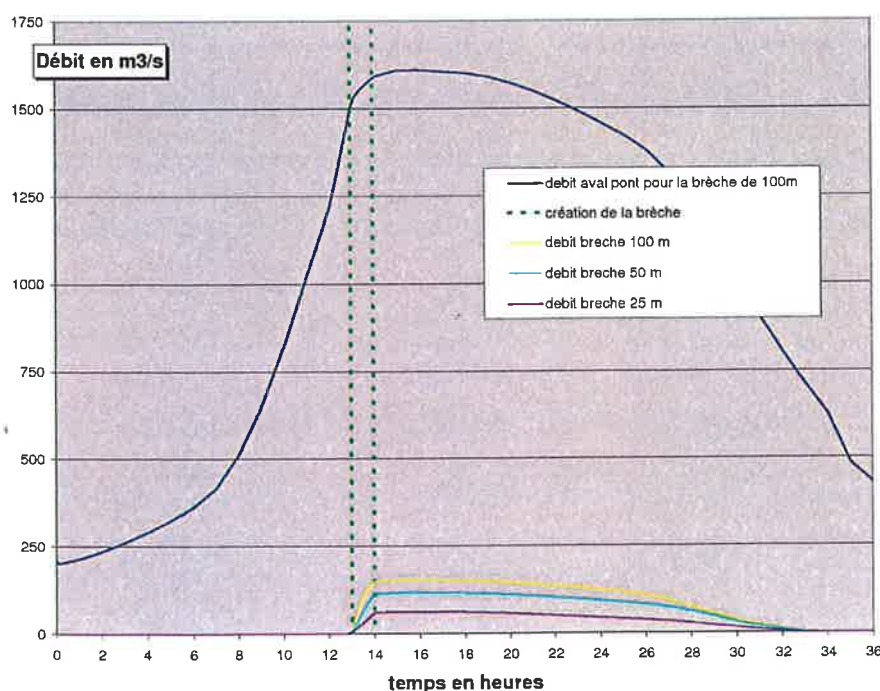


Figure 18: Débits dans les brèches représentées en rive droite

La valeur du coefficient de frottement imposé en lit majeur est de 20.

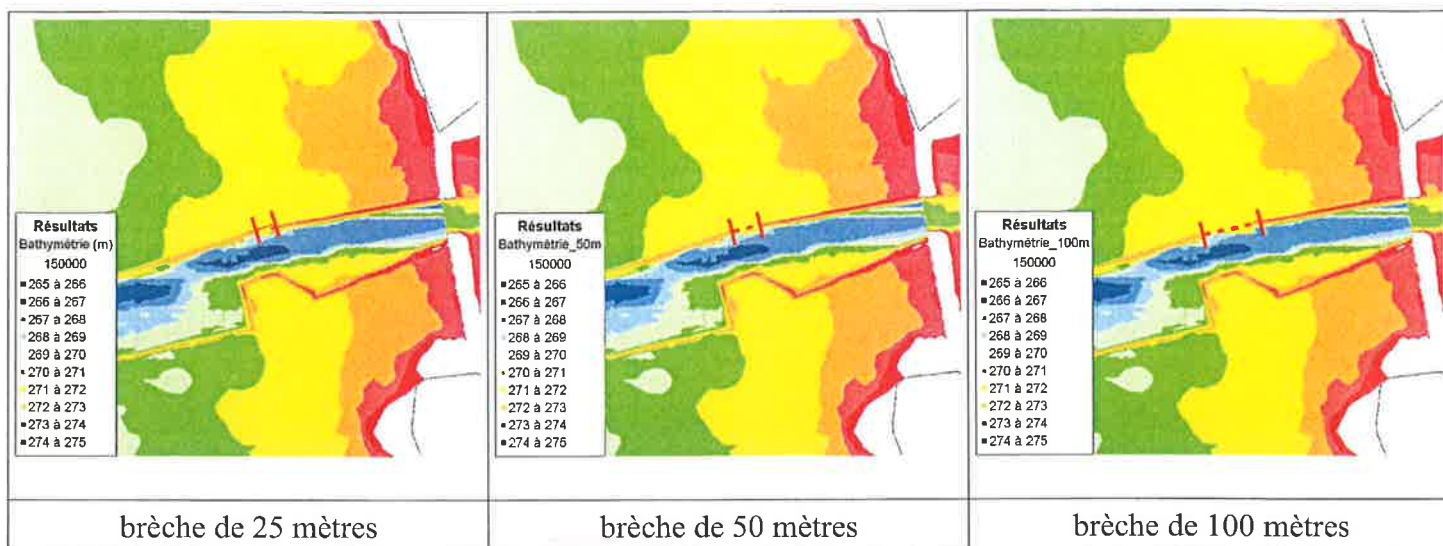


Figure 19: Topographie / bathymétrie des abords des brèches modélisées en rive droite

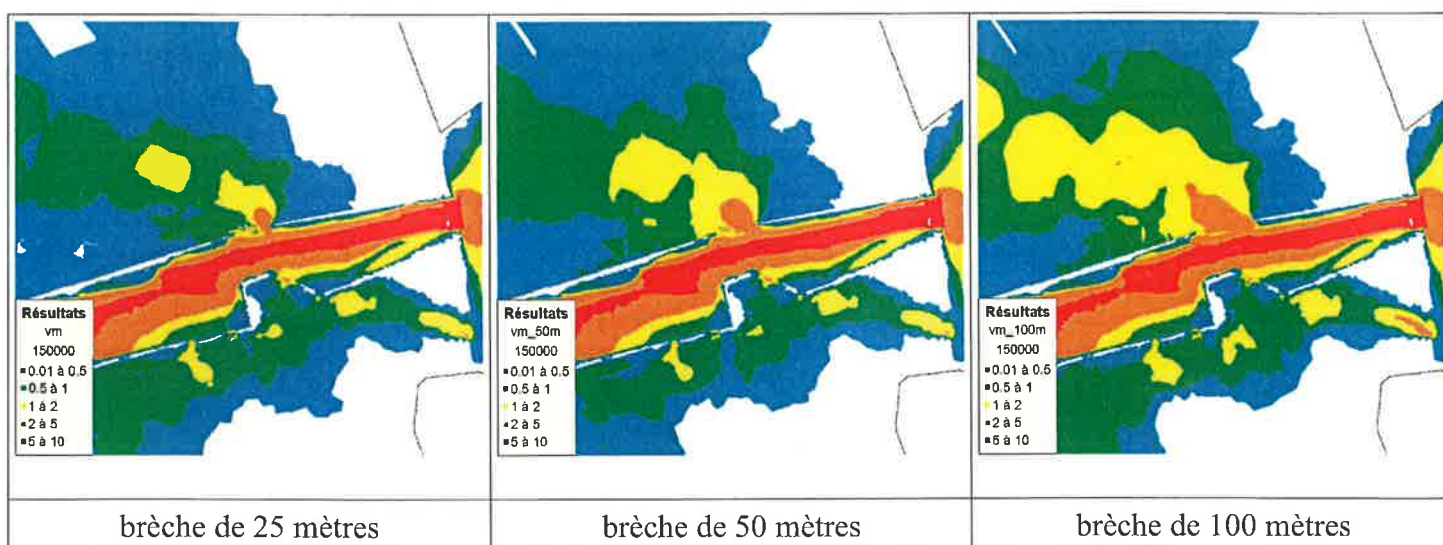


Figure 20: Vitesses maximales calculées aux abords des brèches modélisées en rive droite pour 1640 m<sup>3</sup>/s

#### Analyse :

En rive gauche et avant le début de la brèche, débutent des débordements sur la digue au droit de l'école et un peu en aval. Ceux-ci expliquent les secteurs inondés sur cette rive du Verdon. Les résultats qui nous intéressent se trouvent en rive droite.

Pour une brèche de 50 mètres, la distance à laquelle les vitesses maximales sont supérieures à 2 m/s est d'environ 50 mètres. Au seuil de 1 m/s, cette distance passe à environ 150 mètres (on considère ici que la seconde « poche » de vitesses supérieures à 1 m/s correspond plus à une concentration des écoulements dans le val protégé qu'à la brèche).

Il est évident que ces distances à la brèche sont fortement dépendantes de la largeur de la brèche considérée. Une brèche de 100 mètres induit des vitesses supérieures à 2 m/s sur environ 70/80 mètres en aval. Au seuil de 1 m/s, l'ordre de grandeur de cette distance est d'environ 200 mètres.

Une brèche de 25 mètres induit des vitesses supérieures à 2 m/s sur environ 40 mètres en aval de celle-ci, au seuil de 1 m/s l'ordre de grandeur de cette distance est d'environ 100 à 150 mètres.

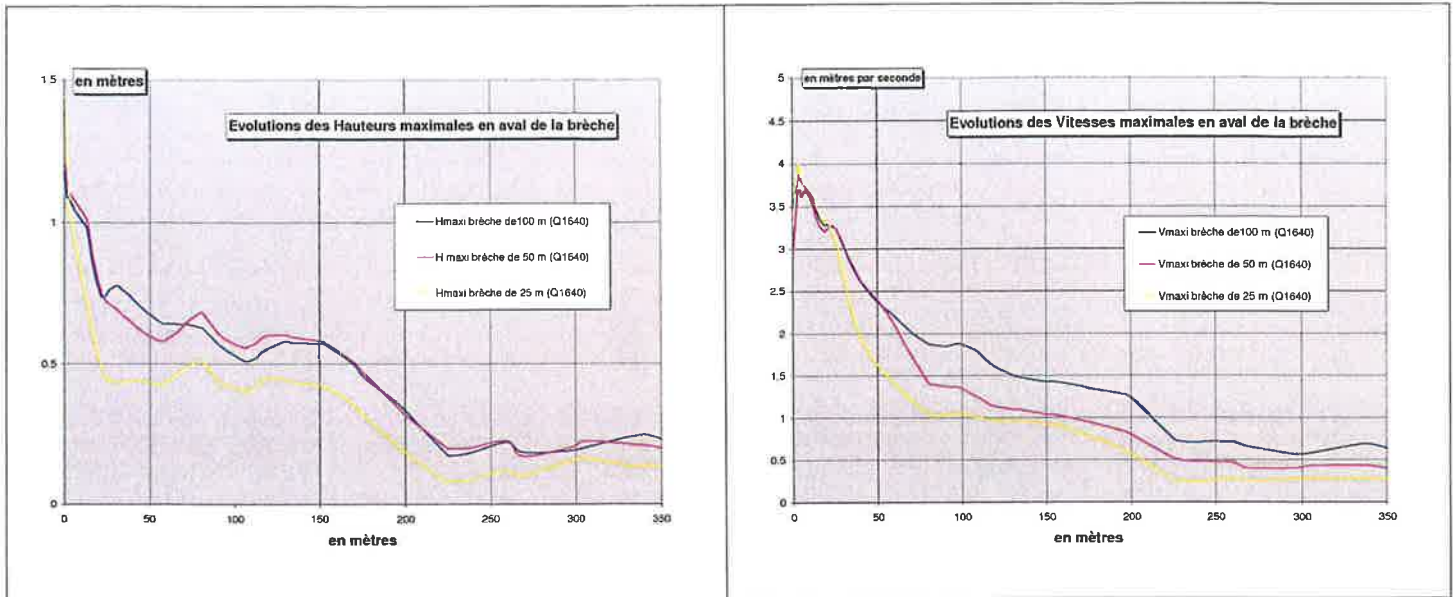


Figure 21: Évolutions des Vitesses et des Hauteurs d'eau en aval des brèches modélisées en rive droite

Sans pouvoir en fournir une estimation plus précise, nous pensons qu'une largeur plausible de brèche dans les digues du Verdon pourrait atteindre aisément les 50 mètres et aucune information n'est disponible, notamment sur les ruptures survenues en novembre 1994, pour limiter cette largeur à 50 mètres.

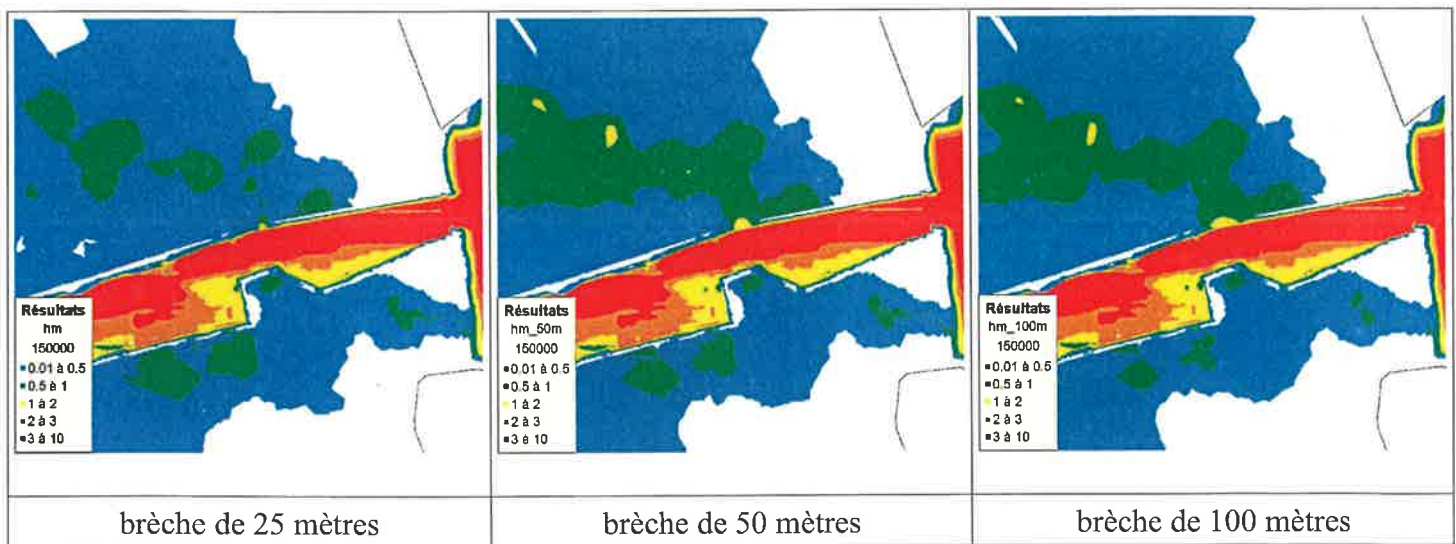


Figure 22: Hauteurs maximales calculées aux abords des brèches modélisées en rive droite pour 1640 m³/s

Les hauteurs maximales de submersion observées en aval de la brèche de différentes largeurs représentées sont en général inférieures à 1 mètre, sauf dans l'aval immédiat de la brèche.

On remarque que pour une brèche supérieure ou égale à 50 mètres, se forme bien en aval de la brèche une zone où les écoulements se concentrent. Cette zone correspond aux points un peu plus bas de la rive droite qui pourraient correspondre à un ancien tracé du lit du Verdon, quand celui-ci pouvait divaguer.

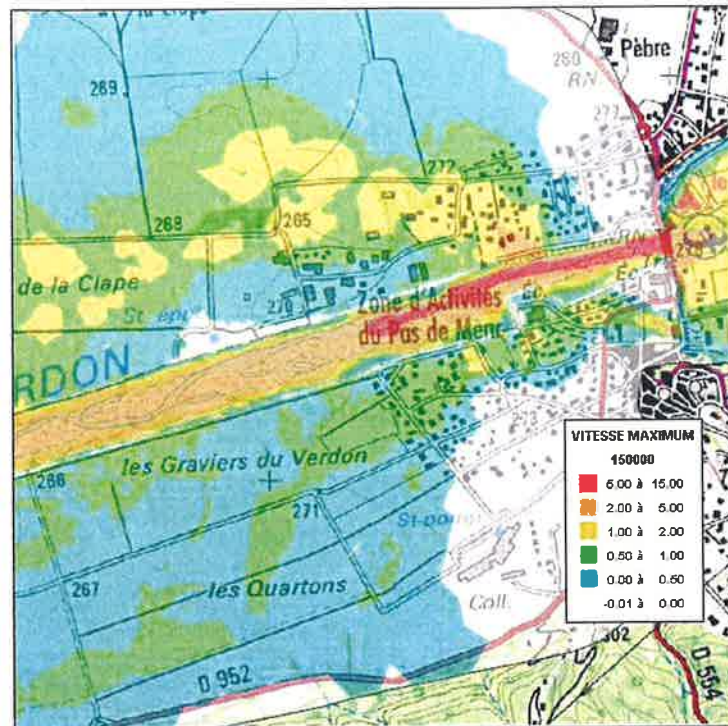


Figure 23: Cheminement préférentiel des écoulements en aval de la brèche de 100 mètres créée en rive droite

La figure ci-avant présente (en vert et jaune) la partie du lit majeur qui voit des vitesses un peu plus élevées que le reste de la rive droite.

Sur la figure 24 suivante sont présentés les secteurs à l'aval des brèches simulées voyant une vitesse d'écoulement supérieure à 0,5 m/s. Ce seuil de vitesse fait apparaître les secteurs sur lesquels les écoulements se concentrent dans le lit majeur. La carte des hauteurs de submersion associées (seuil de 0,5 m), présentée figure 25 permet de confirmer que ces secteurs correspondent aussi aux secteurs légèrement plus bas du lit majeur.

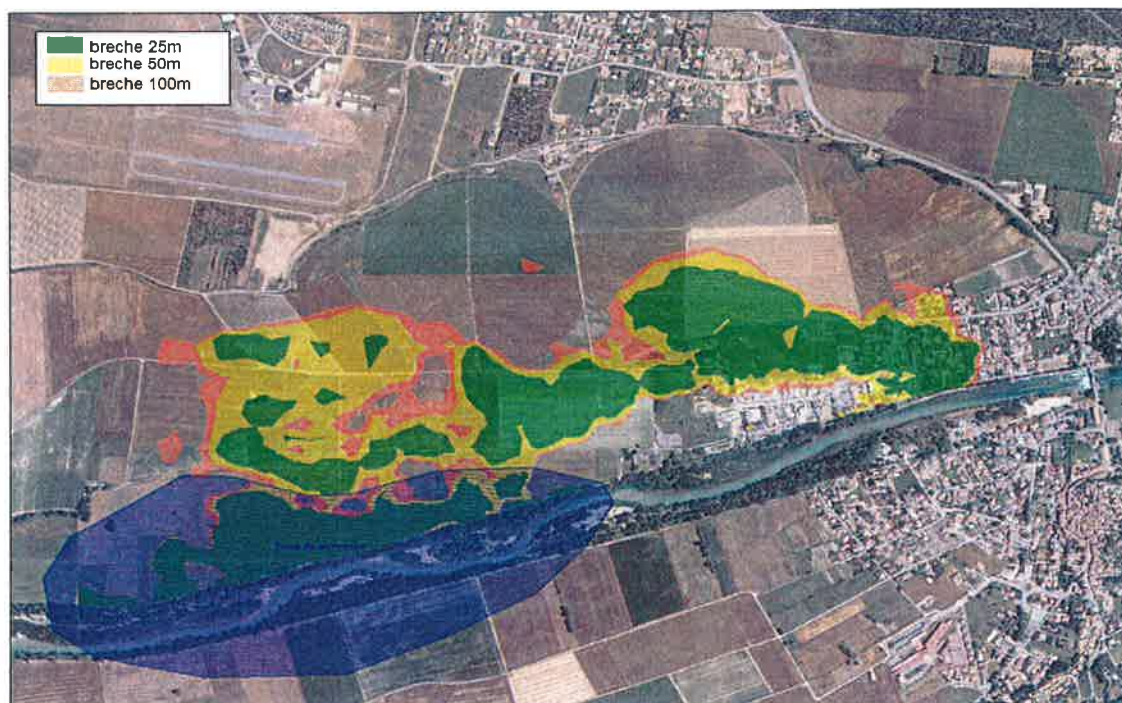


Figure 24: zones voyant des vitesses supérieures à 0,5m/s en rive droite pour 1640 m3/s

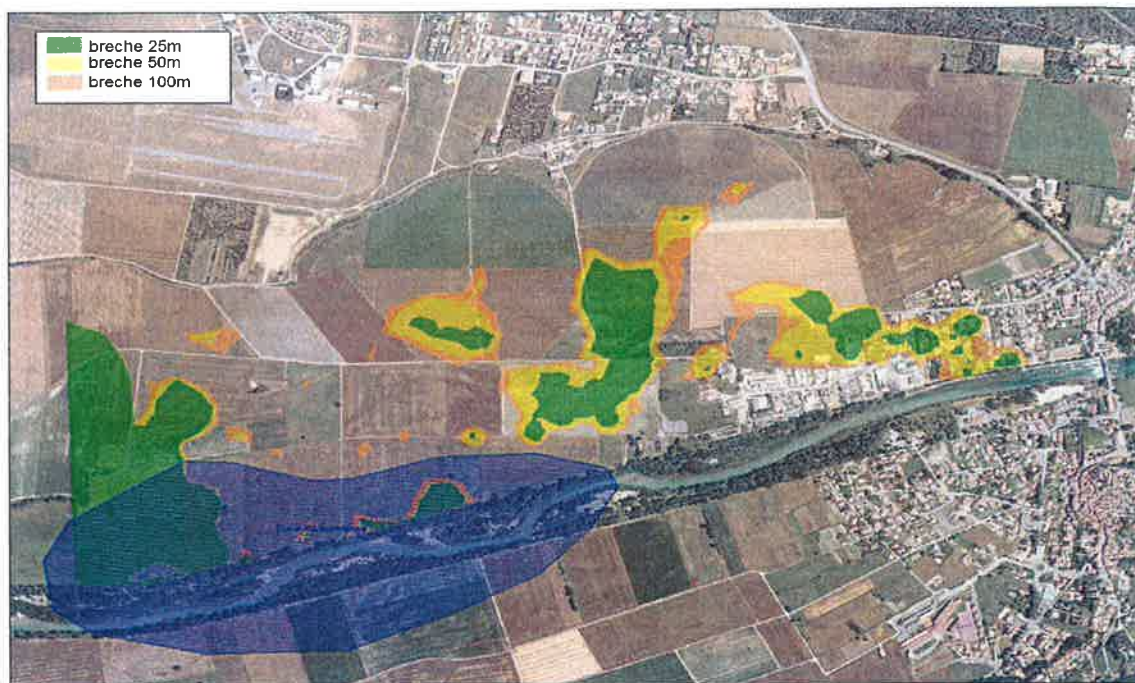


Figure 25: zones voyant des hauteurs d'eau supérieures à 0,5m en rive droite pour 1640 m<sup>3</sup>/s

Les secteurs colorés en bleu correspondent à des zones de surverse du lit mineur vers le lit majeur et ne sont donc pas à intégrer dans l'analyse des conséquences des brèches simulées.

#### 5.4.2 Brèche en rive gauche en aval du pont de Vinon

La brèche débute vers 45 000 secondes, soient à 1350 m<sup>3</sup>/s et est complètement ouverte en 1 heure.

Les hydrogrammes suivants présentent les débits transitant dans les brèches modélisées.

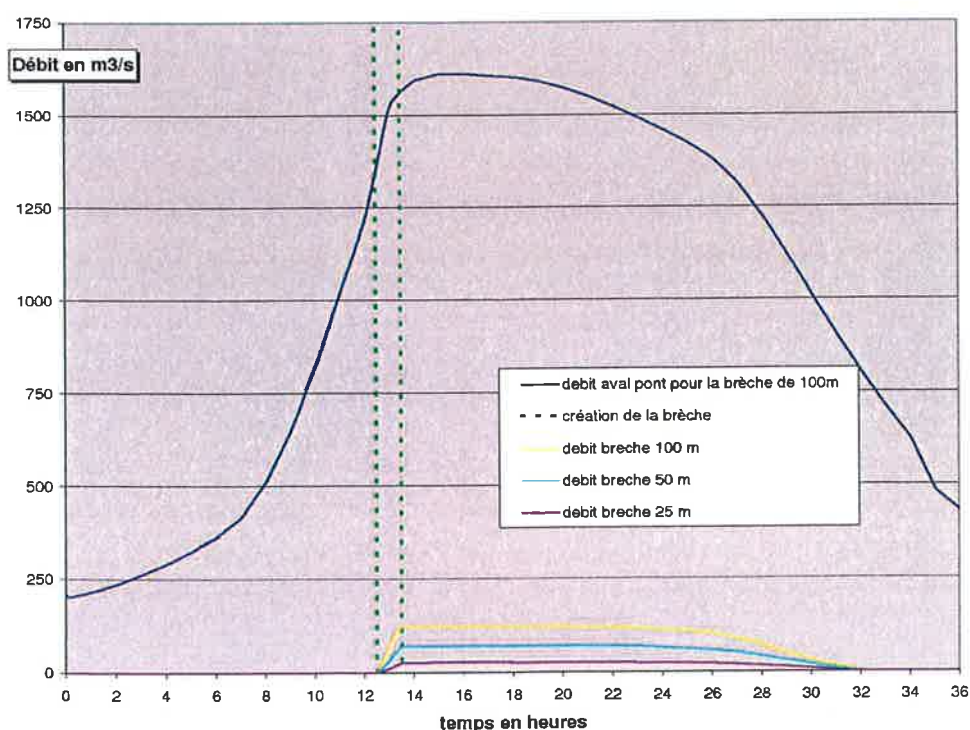


Figure 26: Débits dans les brèches représentées en rive gauche

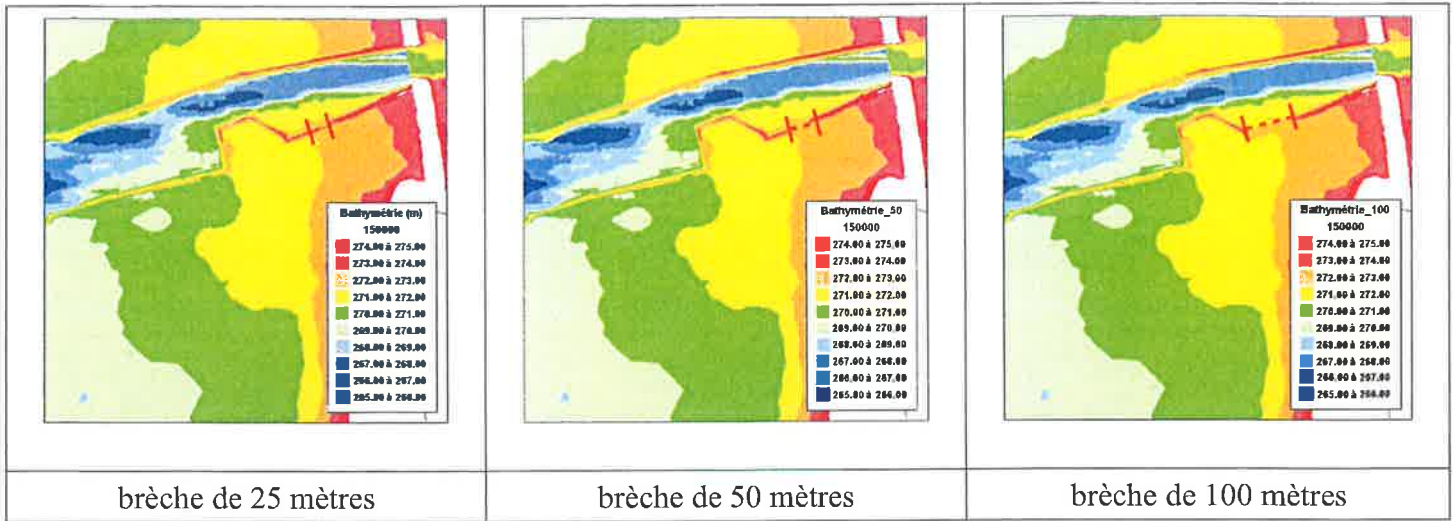


Figure 27: Topographie / bathymétrie des abords des brèches modélisées en rive gauche

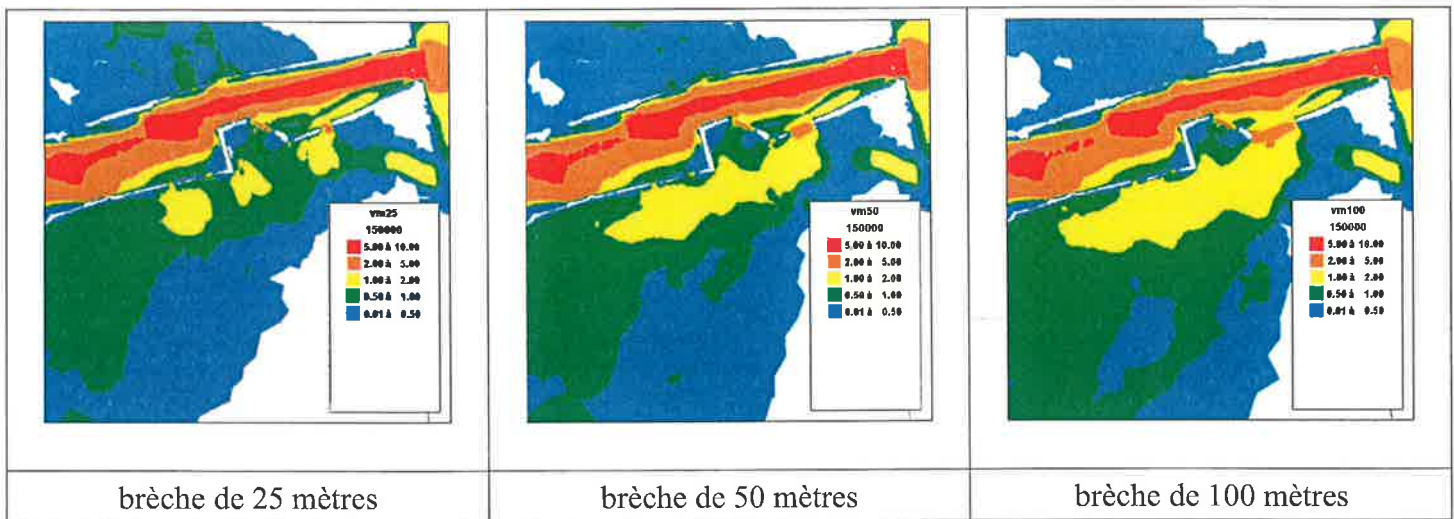


Figure 28: Vitesses maximales calculées aux abords des brèches modélisées en rive gauche pour 1640 m<sup>3</sup>/s

### Analyse :

Le débordement sur la digue et par conséquent la brèche que nous étudions débute bien avant le débit de 1640 m<sup>3</sup>/s.

La charge sur la digue au droit de la brèche est d'environ 1,2 m avant la création de la brèche.

Pour une brèche de 50 mètres, la distance à laquelle les vitesses maximales sont supérieures à 1 m/s est d'environ 120 mètres.

Une brèche de 100 mètres induit des vitesses supérieures à 1 m/s sur environ 160 mètres. Une brèche de 25 mètres induit des vitesses supérieures à 1 m/s sur environ 40 mètres en aval de celle-ci.

En outre, on identifie une zone de vitesses importantes ( $v > 1$  m/s) bien en aval de la brèche. Cette zone s'étend sur plus de 500 mètres pour la brèche de 100 mètres. La topographie des lieux contraint ici les écoulements à se diriger vers l'aval en longeant la digue. Plus en aval, la zone d'écoulement s'éloigne de l'arrière de la digue en direction de l'aval immédiat du collège.

Des hauteurs d'eau supérieures à 1 mètre sont visibles sur 80 mètres pour la brèche de 100 mètres. Pour les largeurs plus faibles, les hauteurs d'eau maximales en aval sont toujours inférieures à 1 m.

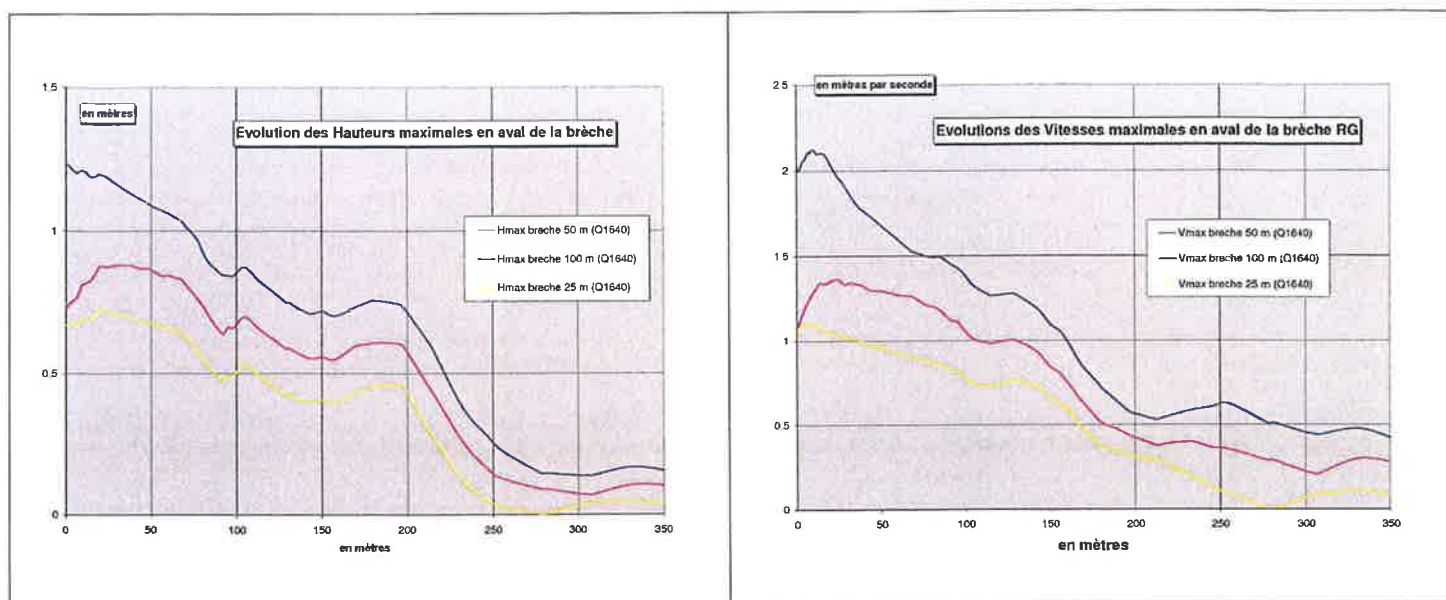


Figure 29: Évolutions des Vitesses et des Hauteurs d'eau en aval des brèches rive gauche pour 1640 m<sup>3</sup>/s

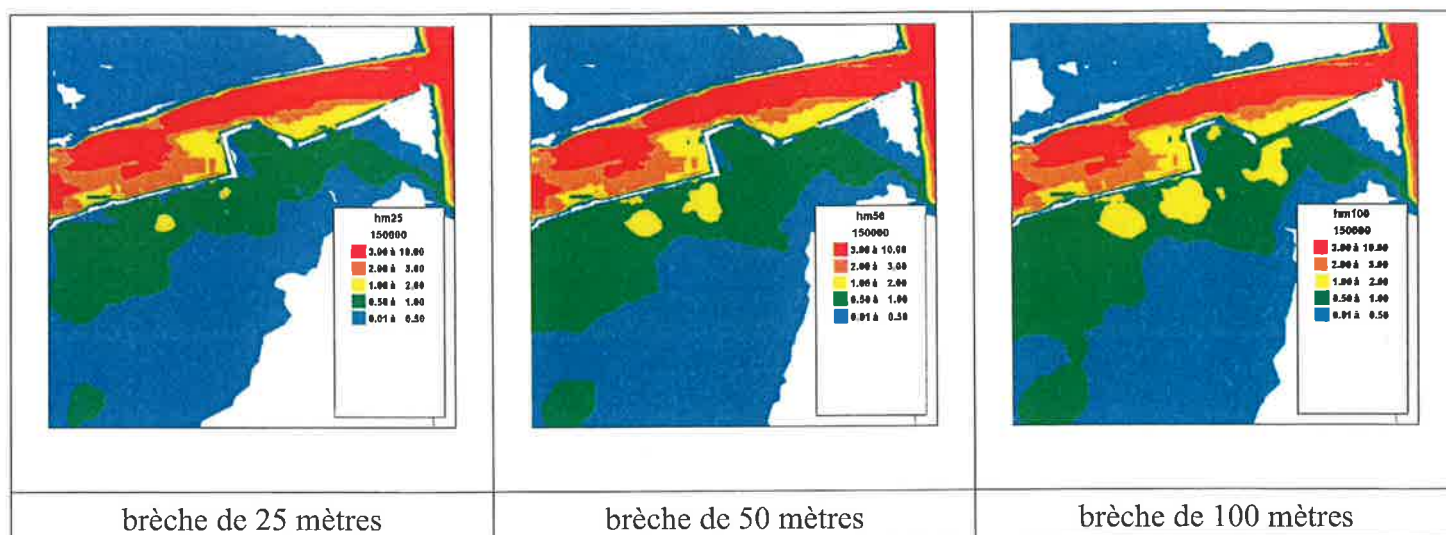


Figure 30: Hauteurs maximales calculées aux abords des brèches modélisées en rive gauche pour 1640 m<sup>3</sup>/s

Les hauteurs maximales de submersion observées en aval des brèches de différentes largeurs représentées sont en général inférieures à 1 mètre, sauf dans l'aval immédiat de la brèche.

On remarque que quelle que soit la largeur de la brèche proposée, se forme en aval une zone où les écoulements se concentrent. Cette zone correspond aux points un peu plus bas de la rive droite qui pourraient correspondre à un ancien tracé du lit du Verdon, quand celui-ci pouvait divaguer.

Avec la même démarche que celle menée sur l'aval de la brèche rive droite, nous présentons ici les zones d'écoulement voyant des hauteurs d'eau supérieures à 0,5 mètre et des vitesses d'écoulement supérieures à 0,5 m/s.

Sur la figure 31, le lieu où les vitesses d'écoulement sont supérieures à 0,5 m/s est en proximité de la digue rive gauche juste en aval de la brèche, puis en aval du collège, il s'éloigne largement du lit mineur. La carte des hauteurs d'eau, présentée en figure 32, confirme que ce lieu de vitesses plus élevées correspond aussi au lieu des hauteurs les plus fortes, même si celles-ci restent inférieures à 1 mètre.

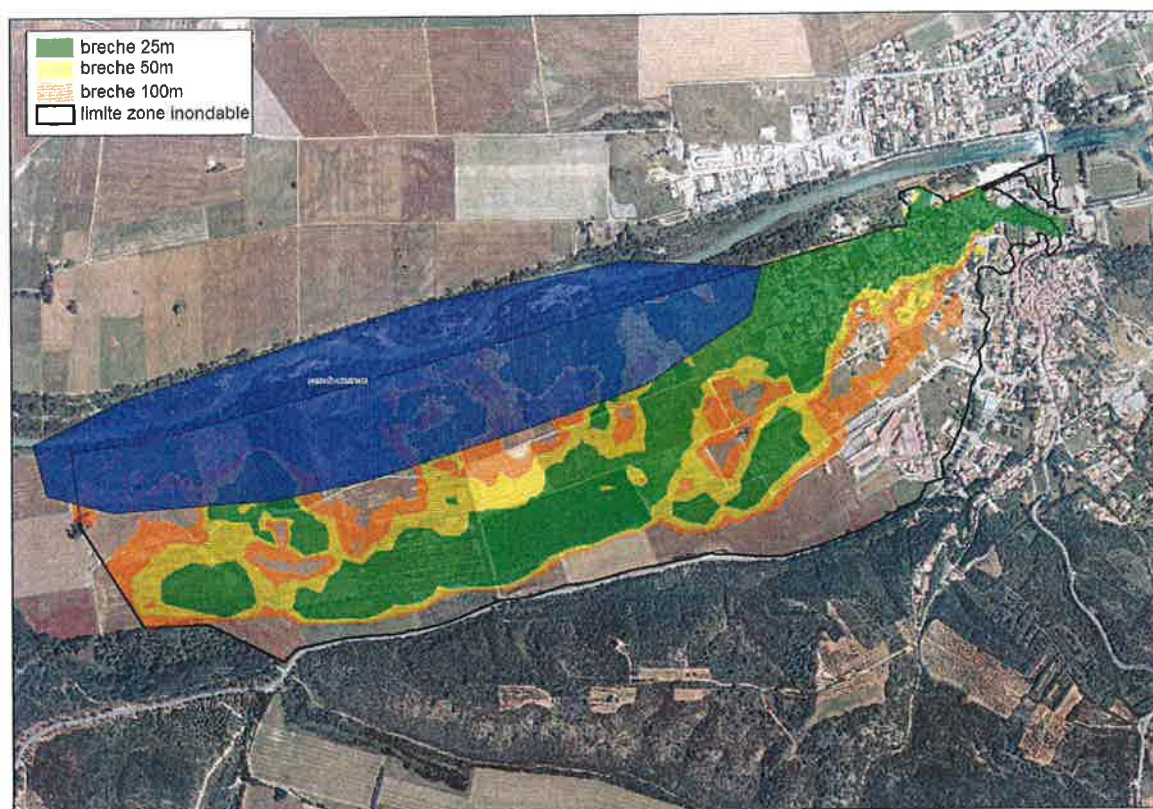


Figure 31: zones voyant des vitesses supérieures à 0,5m/s en rive gauche pour 1640 m<sup>3</sup>/s

De la même manière, les secteurs colorés en bleu correspondent à des zones de surverse du lit mineur vers le lit majeur et ne sont donc pas à intégrer dans l'analyse des conséquences des brèches simulées.

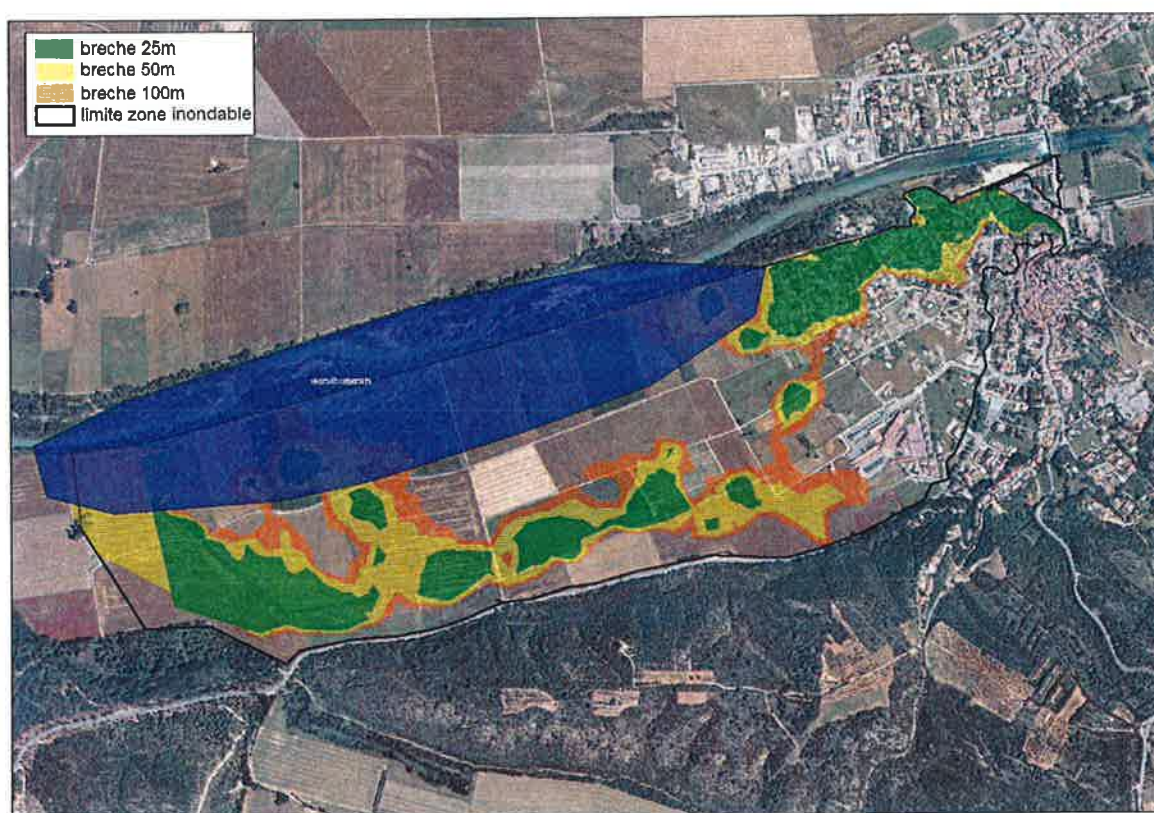


Figure 32: zones voyant des hauteurs d'eau supérieures à 0,5m en rive gauche pour 1640 m<sup>3</sup>/s

## 5.5 Résultats des modélisations de rupture de digue pour le débit de 1280 m<sup>3</sup>/s

Pour le débit de 1280 m<sup>3</sup>/s, nous avons réalisé une brèche de 50 mètres de largeur sur chacune des rives.

### 5.5.1 Brèche en rive droite en aval du pont de Vinon

Le débit maximum transitant par la brèche est d'environ 70 m<sup>3</sup>/s.

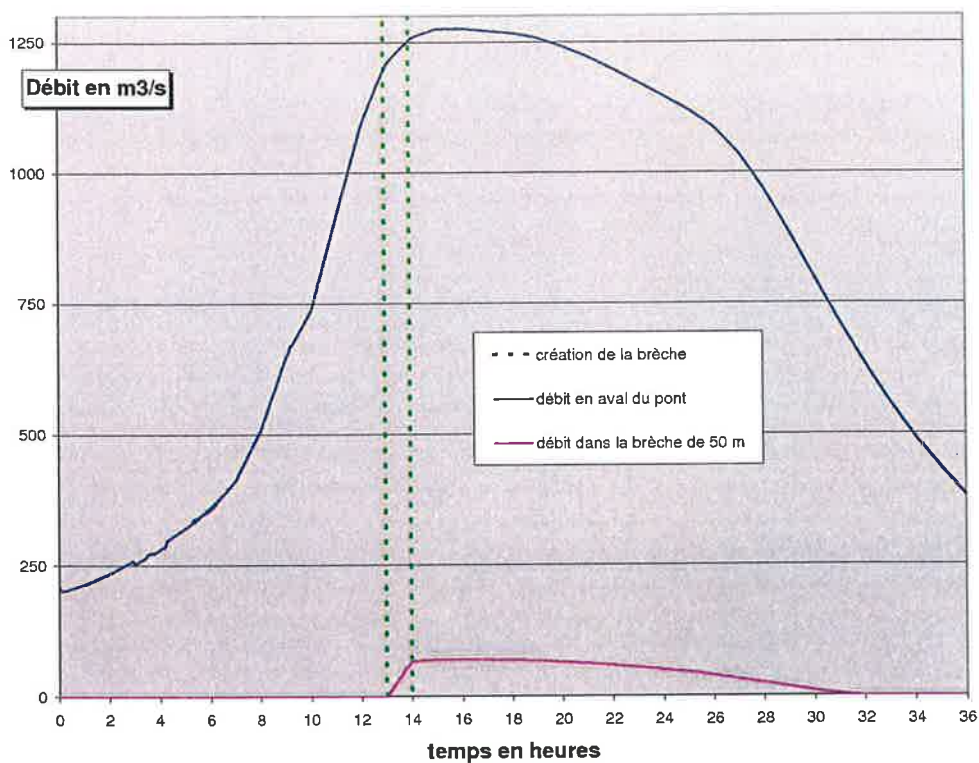


Figure 33: Débits dans la brèche de 50 mètres en rive droite obtenu avec le débit de pointe de 1280 m<sup>3</sup>/s

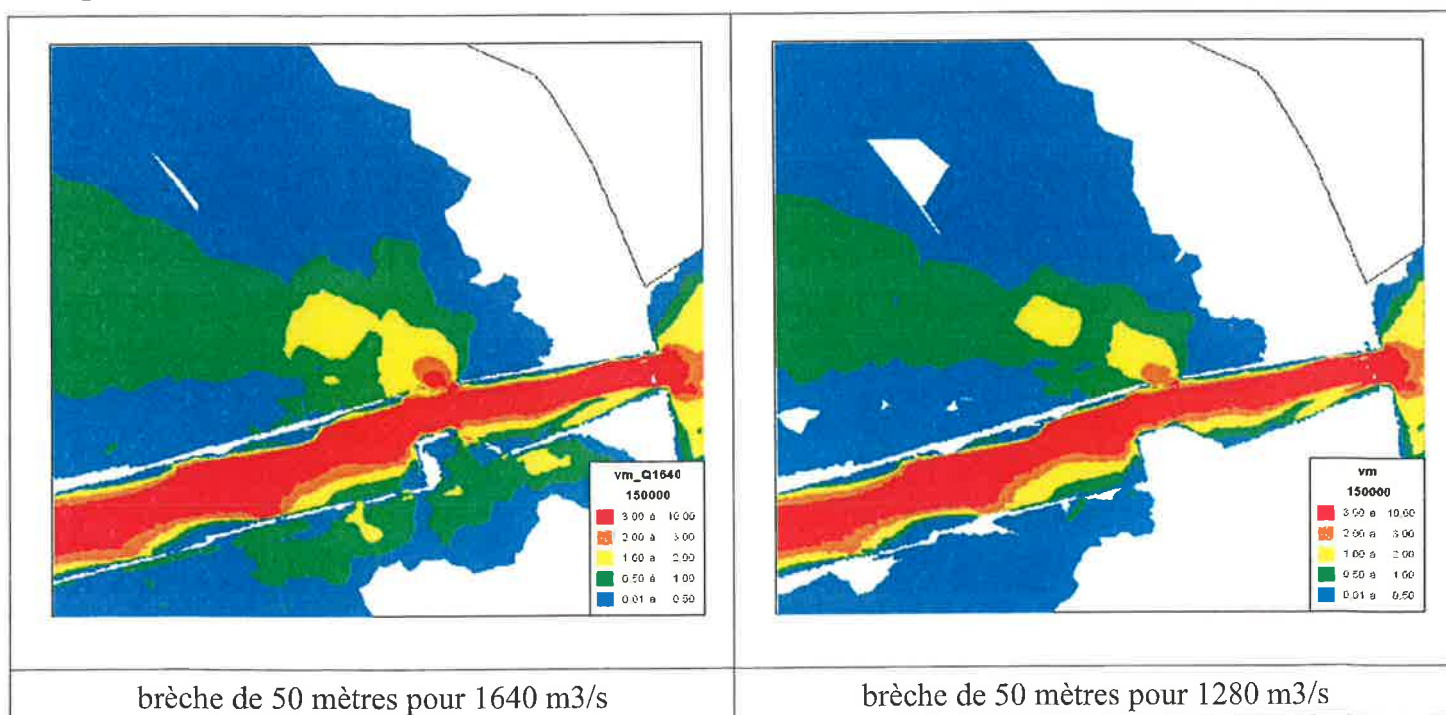


Figure 34: Vitesses maximales calculées aux abords de la brèche modélisée rive droite pour 1640 m<sup>3</sup>/s et 1280 m<sup>3</sup>/s

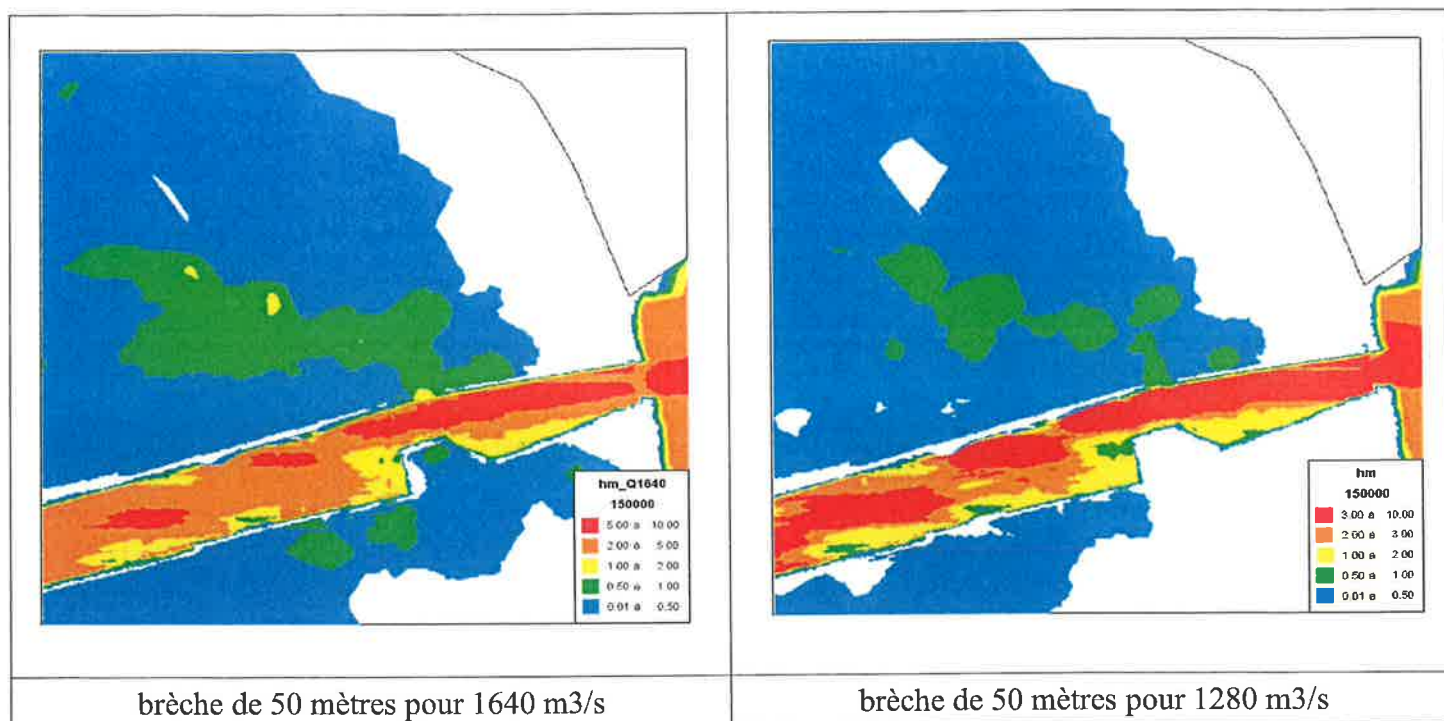


Figure 35: hauteurs maximales calculées aux abords de la brèche modélisée rive droite pour 1640 m<sup>3</sup>/s et 1280 m<sup>3</sup>/s

Les figures 34 et 35 précédentes montrent que les vitesses et les hauteurs d'eau obtenues en aval de la brèche de 50 mètres de largeur, pour les deux débits testés, sont proches. Ce résultat reste valable lorsque l'on reprend les seuils proposés à savoir : 0,5 m/s pour les vitesses et 0,5 m pour les hauteurs. Les figures 36 et 37 suivantes présentent la comparaison des emprises des vitesses et des hauteurs d'inondation obtenues en utilisant ces seuils pour les deux débits.

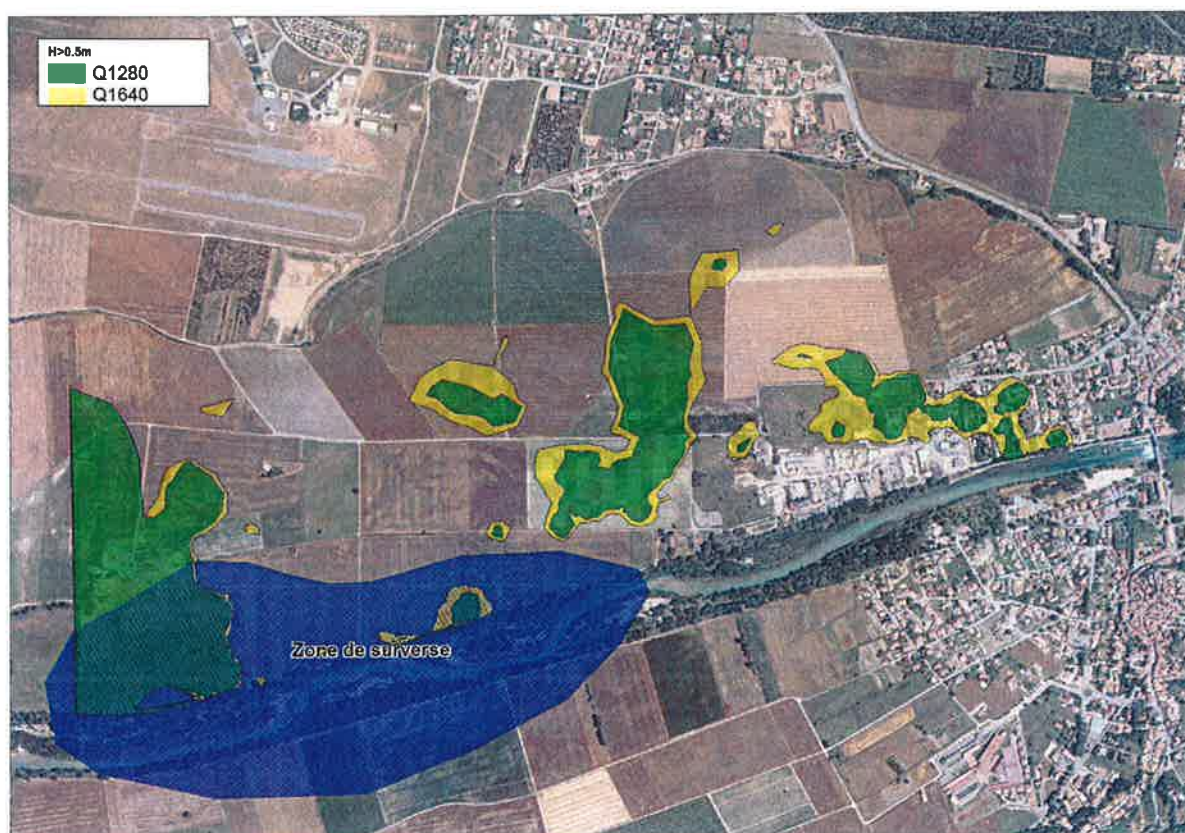


Figure 36: Comparaison des zones de hauteurs d'inondation en rive droite supérieures à 0,5 m pour les débits de 1640 et 1280 m<sup>3</sup>/s

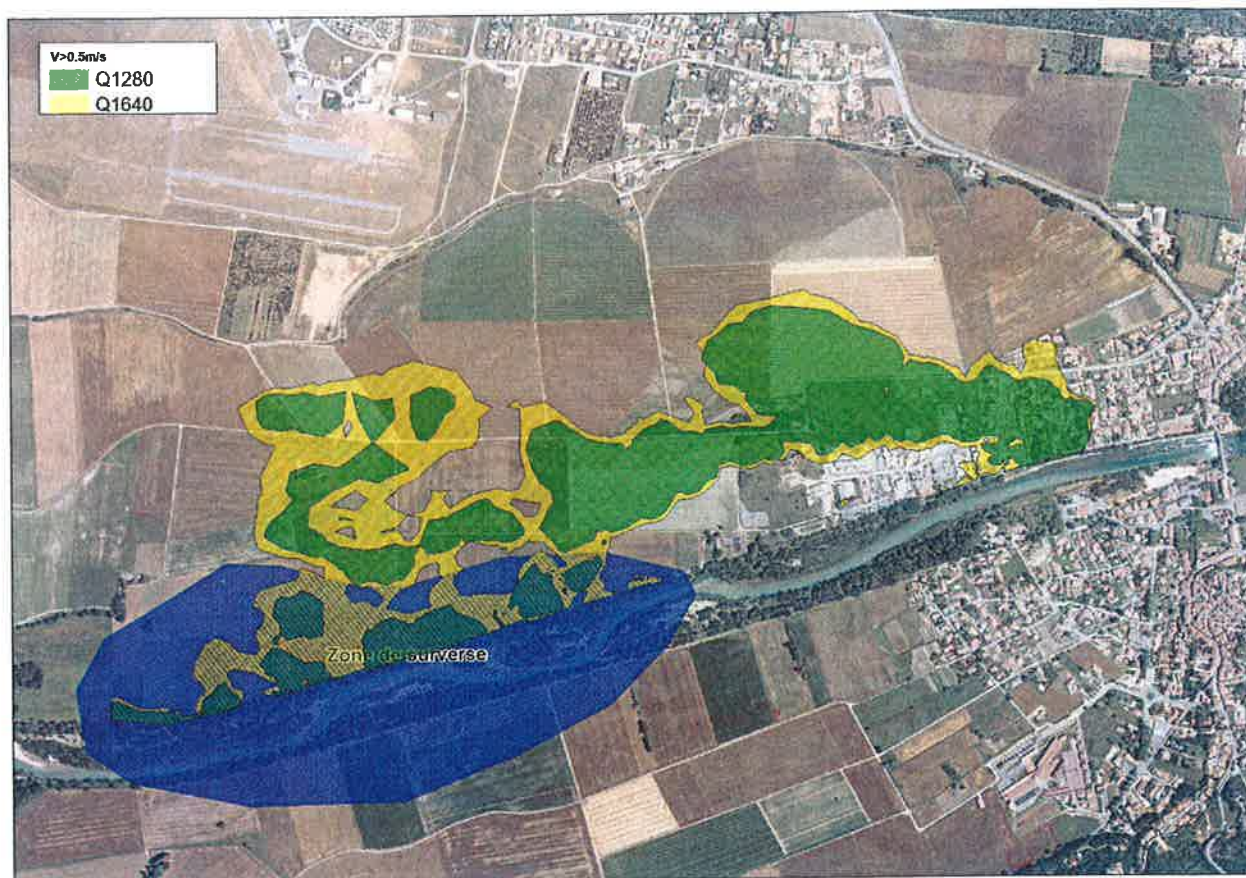


Figure 37: Comparaison des zones en rive droite de vitesses supérieures à 0,5 m/s pour les débits de 1640 et 1280 m<sup>3</sup>/s

Le choix du débit de pointe ne modifie pas significativement les emprises des zones de vitesses supérieures à 0,5 m/s et des zones de hauteurs d'inondation supérieures à 0,5 m.

#### 5.5.2 Brèche en rive gauche en aval du pont de Vinon

Le débit maximum transitant par la brèche est d'environ 45 m<sup>3</sup>/s.

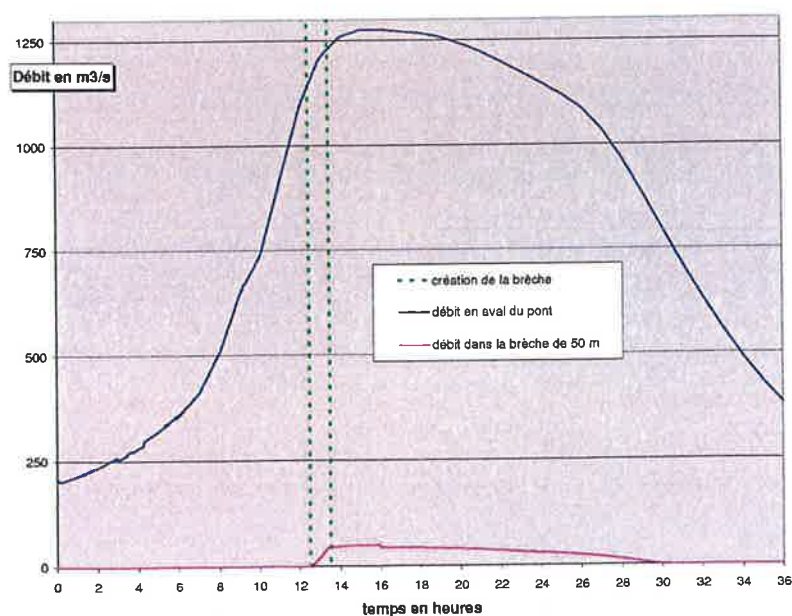


Figure 38: Débits dans la brèche de 50 mètres en rive gauche obtenus avec le débit de pointe de 1280 m<sup>3</sup>/s

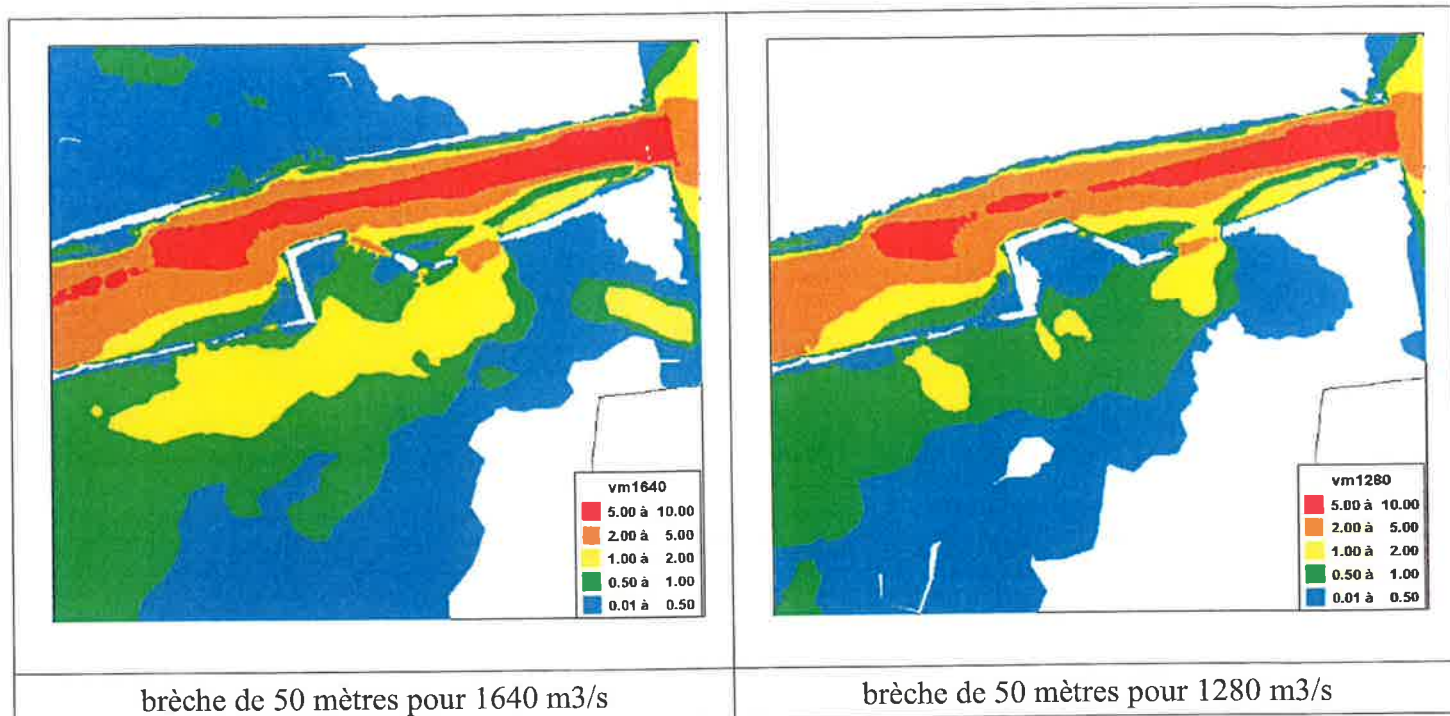


Figure 39: Vitesses maximales calculées aux abords de la brèche modélisée en rive gauche pour 1640 m<sup>3</sup>/s et 1280 m<sup>3</sup>/s

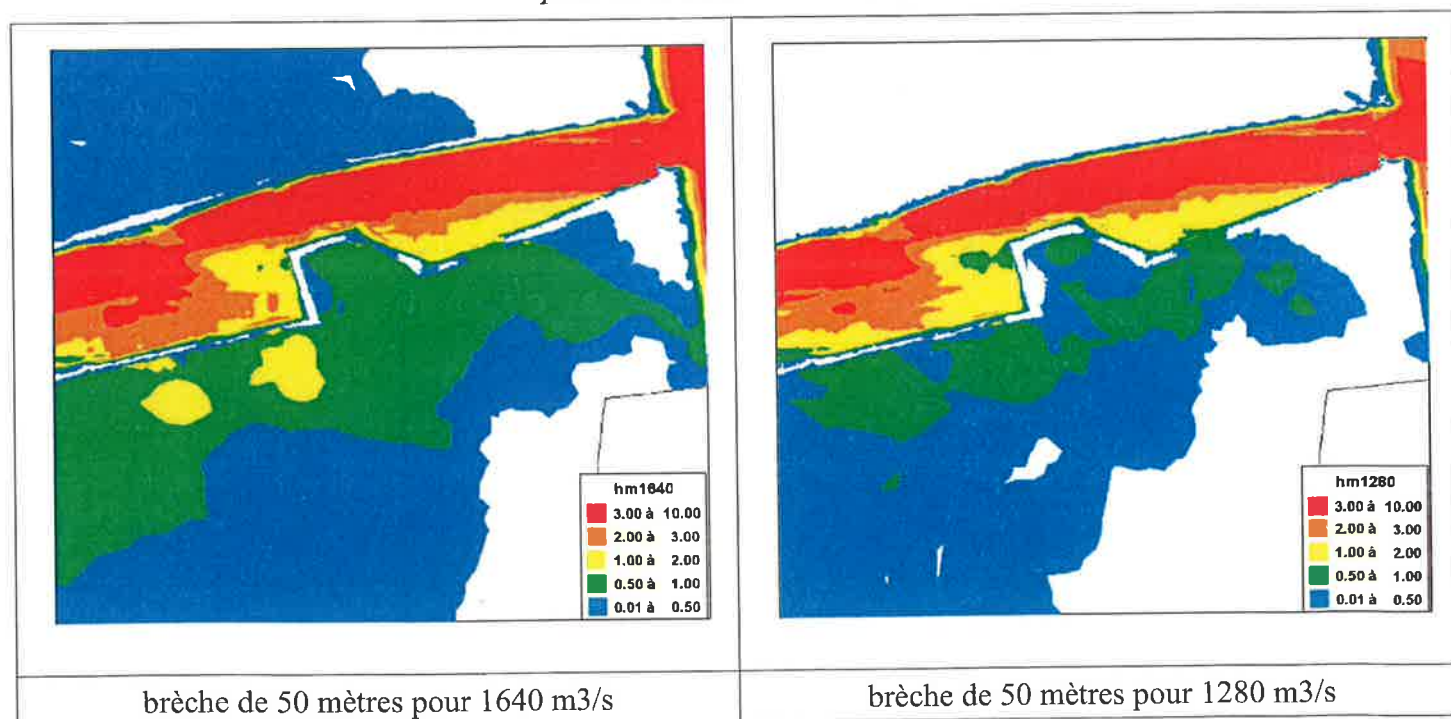


Figure 40: hauteurs maximales calculées aux abords de la brèche modélisée rive gauche pour 1640 m<sup>3</sup>/s et 1280 m<sup>3</sup>/s

Les figures 39 et 40 précédentes montrent que les vitesses et les hauteurs d'eau obtenues juste en aval de la brèche de 50 mètres de largeur, pour les deux débits testés, sont proches. Plus en aval, des différences existent puisque un débordement est visible pour le plus fort débit, sur la digue au niveau de l'école alors qu'il n'existe pas pour 1280 m<sup>3</sup>/s.

Ces remarques restent valables lorsque l'on reprend les seuils proposés à savoir : 0,5 m/s pour les vitesses et 0,5 m pour les hauteurs. Les figures 41 et 42 suivantes présentent la comparaison des emprises des vitesses et des hauteurs d'inondation obtenues en utilisant ces seuils pour les deux débits.

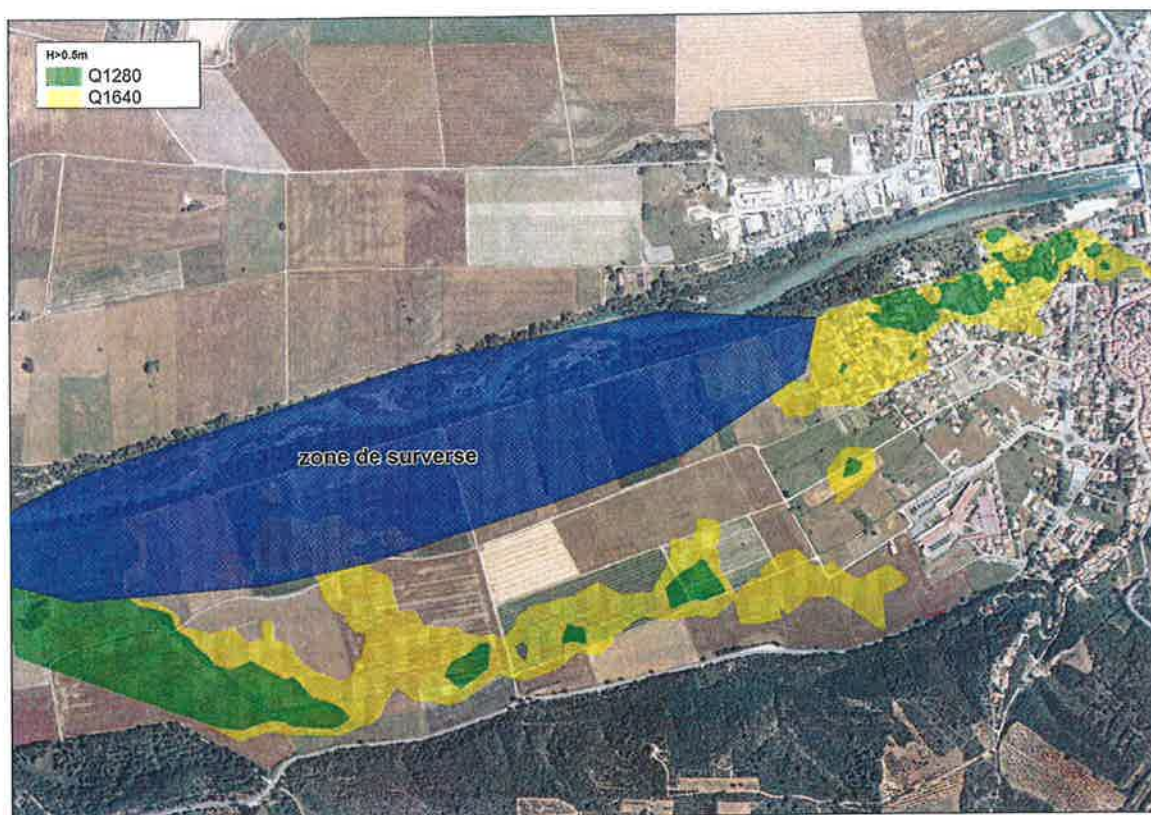


Figure 41: Comparaison des zones de hauteurs d'inondation en rive gauche supérieures à 0,5 m pour les débits de 1640 et 1280 m<sup>3</sup>/s

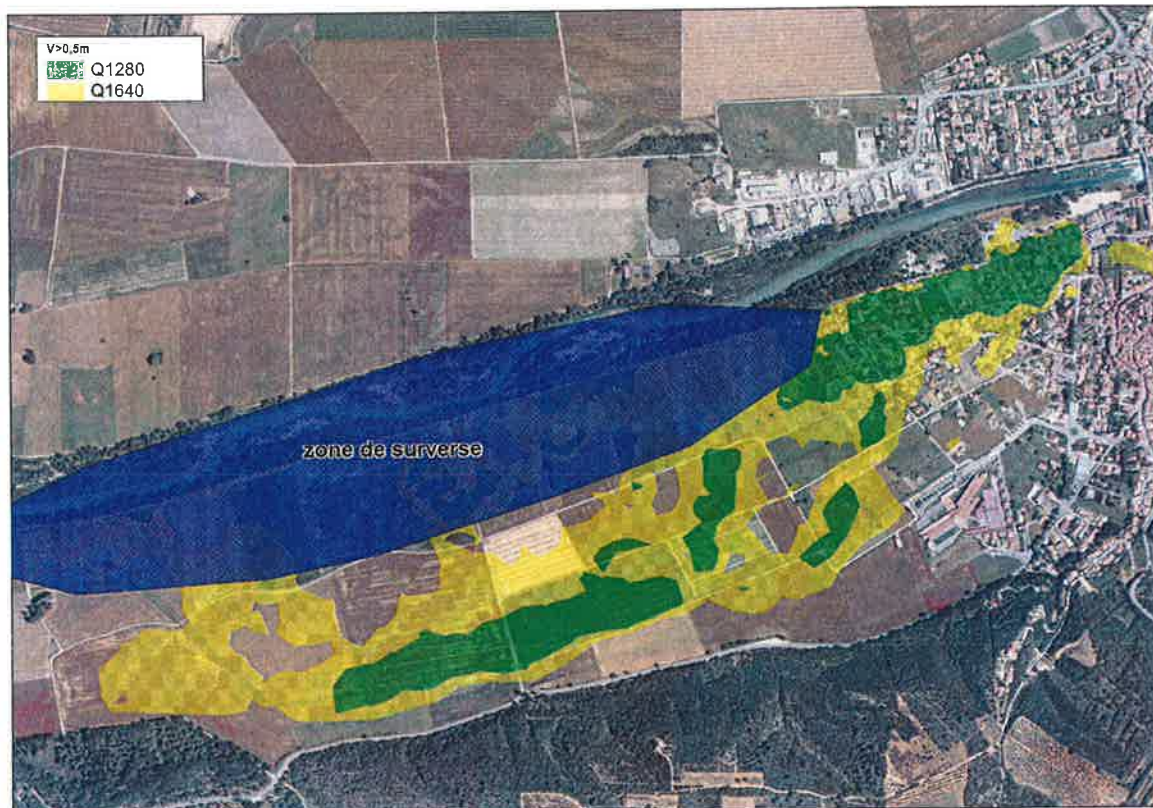


Figure 42: Comparaison des zones de vitesses en rive gauche supérieures à 0,5 m/s pour les débits de 1640 et 1280 m<sup>3</sup>/s

Le choix du débit de pointe a un effet sur les emprises des zones de vitesses supérieures à 0,5 m/s et des zones de hauteurs d'inondation supérieures à 0,5 m sur la rive gauche, puisque seulement pour le plus fort débit des surverses sont visibles sur la digue rive gauche. Toutefois, pour les deux débits testés les emprises des zones de vitesse supérieures à 0,5 m/s font apparaître les secteurs où les écoulements en rive gauche se concentrent.

## 5.6 Analyse des résultats produits sur les modélisations de rupture de digue

Le choix du débit de référence dans une gamme [1280 ; 1640] fournit les caractéristiques suivantes des écoulements à l'arrière des brèches de 50 mètres de largeur :

1. en rive droite, la distance à l'arrière de la brèche sur laquelle les vitesses sont supérieures à 1 m/s est supérieure à 100 mètres. En outre, jusqu'à 150 mètres à l'arrière de la brèche, les vitesses restent proches de 1 m/s.
2. En rive gauche, la distance à l'arrière de la brèche sur laquelle les vitesses sont supérieures à 1 m/s est supérieure à 50 mètres. Elle vaut plus du double pour le débit de 1640 m<sup>3</sup>/s.

*Ces distances ainsi estimées doivent être prises comme des ordres de grandeurs pour la définition d'une bande de sécurité à l'arrière des digues de Vinon. En effet, au delà de l'incertitude sur le débit à prendre en compte, la largeur de la brèche est un paramètre déterminant de la zone de fort écoulement à l'arrière de celle-ci; Or son estimation reste largement incertaine.*

3. les secteurs de concentration des écoulements identifiés à partir des zones de vitesses supérieures à 0,5 m/s, sont légèrement moins activés pour le plus faible débit testé, mais restent bien identifiables.

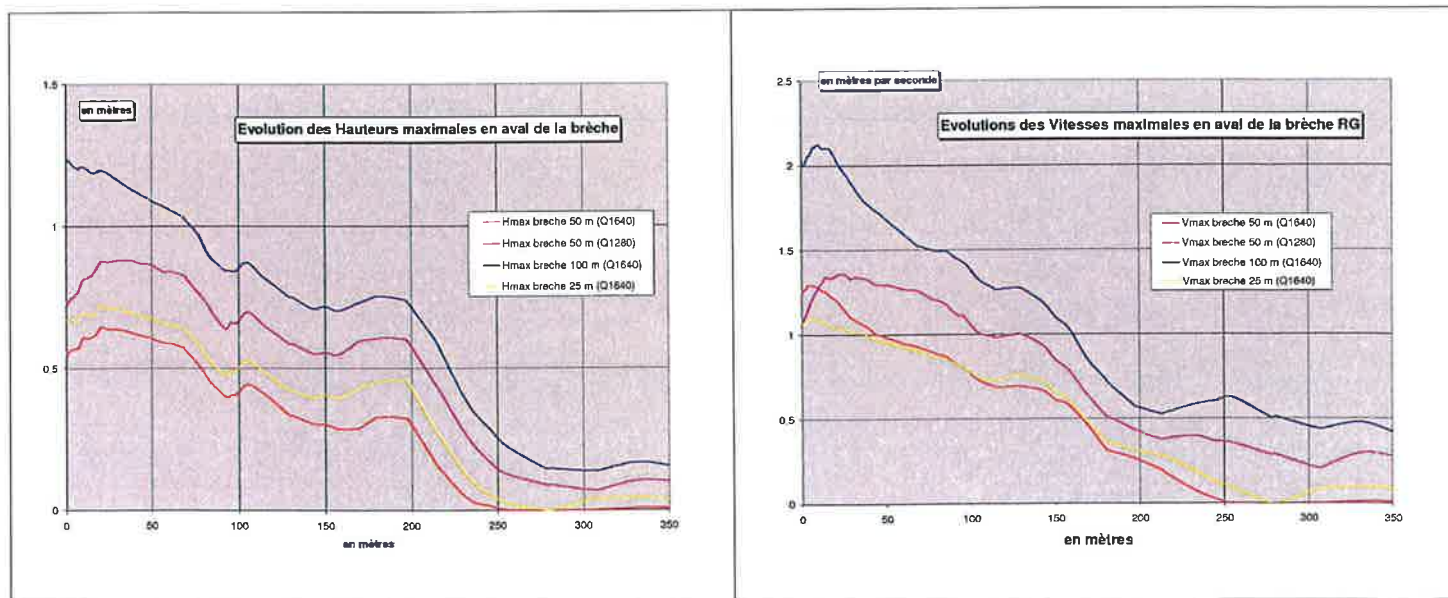


Figure 43: Évolutions des Vitesses et des Hauteurs d'eau en aval des brèches rive gauche pour 1640 m<sup>3</sup>/s et 1280 m<sup>3</sup>/s

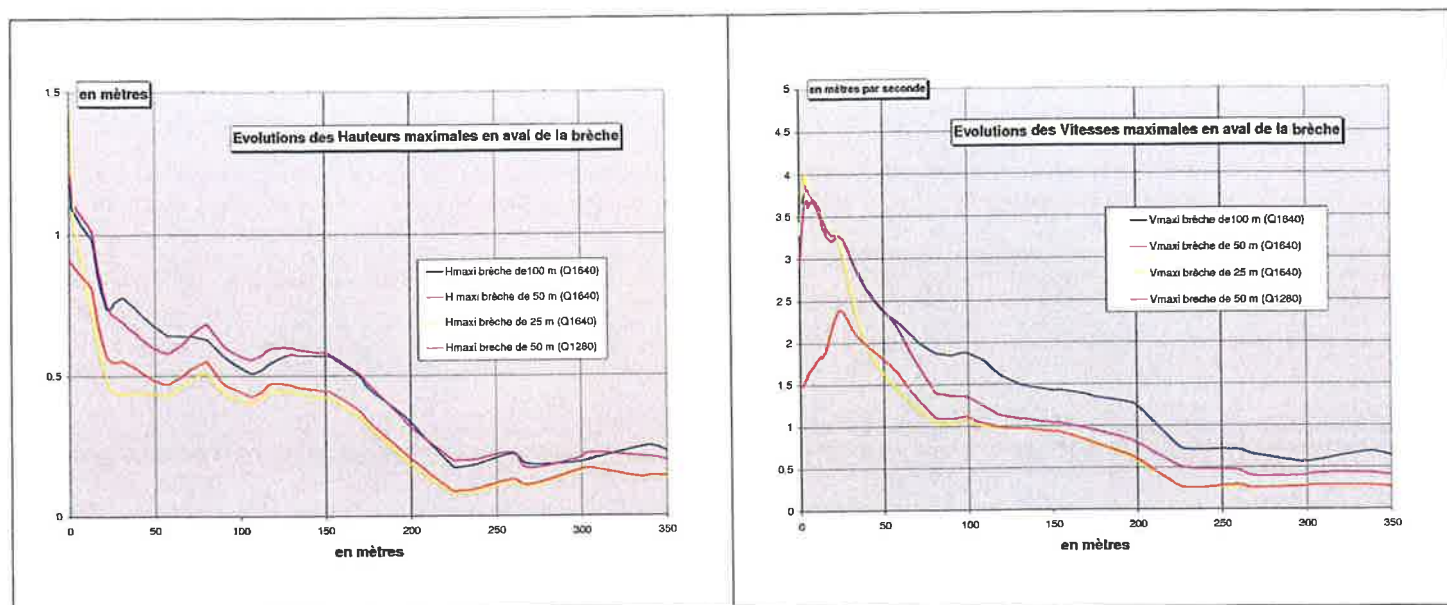


Figure 44: Évolutions des Vitesses et des Hauteurs d'eau en aval des brèches rive droite pour 1640 m<sup>3</sup>/s et 1280 m<sup>3</sup>/s

## 6 Éléments pour réaliser la cartographie de l'aléa

Une première cartographie de l'aléa a été produite à partir de l'événement de référence disposant du débit de pointe le plus fort (1640 m<sup>3</sup>/s). Cette première cartographie a été utilisée pour réaliser le Porté à connaissance du risque d'inondation produit par la DDTM du Var et transmis à la mairie de Vinon suite à la réunion du 28 septembre 2011.

### 6.1 Ré-évaluation du débit de l'événement de référence

La mairie de Vinon a missionné un expert, Philippe Lefort, qui avait travaillé antérieurement sur le retour d'expérience suite à la crue du Verdon de novembre 1994, pour réaliser une analyse des estimations existantes des débits de crues du Verdon et pour proposer les aménagements permettant de réduire les interdictions de construire en aval du pont de Vinon.

La mairie de Vinon a organisé une réunion le 7 septembre 2012 afin que Philippe Lefort puisse présenter les conclusions de son analyse des estimations des débits de crues du Verdon aux différents services : DDTM du Var, Parc Naturel Régional du Verdon, EDF, gestionnaire des barrages sur le Verdon, Syndicat Mixte d'Aménagement de la Vallée de la Durance, CETE.

La note de Philippe Lefort est fournie en annexe 4.

**Lors de cette réunion, la proposition de Philippe Lefort de retenir un débit de référence pour la crue centennale du Verdon à Vinon, de 1300 m<sup>3</sup>/s a été acceptée par la DDTM du Var.**

### 6.2 Commentaires sur l'analyse de Philippe Lefort

L'estimation du débit produite de la crue de 1843 est d'environ 1400 m<sup>3</sup>/s à Sainte Croix et de 1660 m<sup>3</sup>/s à Vinon. Ces valeurs ont été produites plus de dix ans après la crue par monsieur Auriol, qui reconnaissait déjà à l'époque, qu'elles ne possédaient pas une grande précision. Aujourd'hui, il nous semble que ces valeurs, certes incertaines, ne peuvent être totalement balayées sans une analyse poussée des documents d'époque, ce que l'ingénieur Imbeaux ne semble pas, à la lecture de la note de Philippe Lefort, avoir fait dans son mémoire en 1892, ni même monsieur Carzon dans sa thèse de 1957. En particulier, il nous semble qu'au delà des valeurs incertaines de débit proposées par Auriol, son analyse montre qu'il n'est pas exclu de considérer un débit de crue

du Verdon en état naturel au moins aussi fort à Vinon qu'à Sainte Croix. Ce qui revient à considérer une contribution « positive » du bassin intermédiaire entre ces deux lieux. Philippe Lefort s'attache à contredire ce point à partir de son analyse des débits de pointe de la crue de 1994, mesurés à l'entrée et à la sortie des retenues de Sainte Croix, Quinson et Gréoux, ainsi qu'à partir des conclusions de l'étude SOGREAH de 2002 qui met en évidence une atténuation de la crue de 1994 de 100 m<sup>3</sup>/s dans la plaine située entre Gréoux et Vinon. Toutefois, il nous semble que cet exercice, en ne tenant pas compte des incertitudes associées aux grandeurs manipulées (les débits de la crue de 1994 mesurés par EDF) et ne considérant qu'un seul événement, ne permet pas d'apporter une réponse définitive à la question suivante : les apports en crue du bassin intermédiaire (Collostre principalement) peuvent-ils être concomitants avec la crue du Verdon ? Nous rappelons que l'étude EDF de 1996 sur la crue 5 novembre 1994 annonce une incertitude sur les débits proposés/calculés supérieurs à 1000 m<sup>3</sup>/s de +/- 100 m<sup>3</sup>/s.

Aujourd'hui, l'aménagement de la vallée du Verdon pose la question de la gestion en périodes de crues des barrages existants et plus particulièrement du barrage de Sainte Croix, seul barrage du Verdon aval ayant un réel pouvoir écrêteur de crues selon [4]. Le débit maximum sortant par les vannes de ce barrage est annoncé à 1140 m<sup>3</sup>/s auquel il convient de rajouter le débit turbiné par l'exploitant qui peut atteindre 210 m<sup>3</sup>/s. Ainsi lors d'une crue supérieure à 1100 m<sup>3</sup>/s en entrée de retenue, le barrage devrait permettre, jusqu'au remplissage de la retenue à sa cote maximale, de limiter le débit en son aval immédiat à une valeur ne dépassant pas 1350 m<sup>3</sup>/s.

Cette dernière valeur nous semble donc être la valeur à considérer en aval de Sainte Croix, puisque rien n'empêche l'exploitant du barrage de turbiner le débit maximum en cas de forte crue. Pour apprécier plus précisément la valeur à retenir à Vinon, il conviendrait d'approcher l'amortissement dans la vallée par modélisation hydraulique intégrant les fonctionnements des barrages de Quinson et de Gréoux ainsi que les apports des affluents du verdon. Pour cela, il convient de réaliser en parallèle une analyse hydro-pluviométrique sur les crues anciennes incluant celle de 1843, pour vérifier les éventuelles concomitances des pluies et des crues du Verdon aval et de ses affluents, dont le Collostre.

### 6.3 Liste des éléments produits pour réaliser la cartographie de l'aléa

La cartographie de l'aléa à réaliser sur la commune de Vinon sera une superposition de plusieurs cartes :

1. **les cartes produites à partir de la modélisation hydraulique prenant en compte une transparence totale des digues, et ce pour le débit de 1280 m<sup>3</sup>/s, très proche de 1300 m<sup>3</sup>/s.**

Nous avons fourni à la DDTM du Var sous format vecteur, les tables MAPINFO donnant les hauteurs d'inondation ainsi calculées pour les classes suivantes :

[0 ; 0,5 m] / [0,5 ; 1 m] / [1 ; 1,5 m] / [1,5 ; 2 m] / > 2 m

Nous rappelons la proposition formulée pour l'estimation des vitesses d'écoulement en lit majeur (cf. page 24) :

- En amont du pont de Vinon la gamme de vitesse moyenne d'écoulement dans le lit majeur proposée est : [1 ; 1,5 m/s]
- En aval du pont de Vinon, la gamme de vitesse moyenne d'écoulement dans le lit majeur proposée est : [0,5 ; 1 m/s]

Nous avons vérifié que la proposition des gammes de vitesse, formulée à partir d'un calcul avec un débit de 1640 m<sup>3</sup>/s (cf. page 24), reste valable pour le débit de 1280 m<sup>3</sup>/s.

#### A noter :

Au droit du pont de Vinon pour ce débit, un déversement d'environ 13 m<sup>3</sup>/s est calculé en rive gauche. Cet écoulement se propageant en aval du pont dans un quartier fortement urbanisé, il ne peut être raisonnablement approché par notre modélisation 1D. Nous avons toutefois cherché à proposer la zone dans laquelle cet écoulement est susceptible de se produire (« zone d'écoulement en milieu urbain »).

**2. la carte produite à partir de la modélisation hydraulique prenant en compte la résistance des digues, et ce pour le débit de 1280 m<sup>3</sup>/s.**

Les faibles volumes surversant sur les digues pour le débit de 1280 m<sup>3</sup>/s induisent des hauteurs d'eau dans le lit majeur protégé, qui restent inférieures à celles obtenues pour le scénario digues transparentes. Aussi, cette carte est fournie pour information et **ne devrait pas être utilisée** pour cartographier l'aléa inondation dans les lits majeurs protégés par des digues.

A noter :

Les zones en eau du lit majeur ne sont pas continues et elles ne sont pas toujours reliées à l'écoulement entre digues. Ceci vient du type de modélisation utilisée (à casiers) et du fait que nous n'avons pas cherché à préciser le cheminement attendu des débordements puisque cette carte n'a pas vocation à être utilisée dans le PPRI.

Au droit du pont de Vinon, un déversement d'environ 13 m<sup>3</sup>/s est aussi calculé en rive gauche. De la même manière que précédemment, nous avons cherché à proposer la zone dans laquelle cet écoulement est susceptible de se produire (« zone d'écoulement en milieu urbain »). Un peu plus en aval, la « zone incertaine d'écoulement » représentée sur la carte matérialise l'exutoire naturel de ce déversement ainsi que pour le déversement de 5 m<sup>3</sup>/s identifié.

**3. Les emprises des zones d'écoulement préférentiel en cas de brèche, définies à partir des zones des emprises des secteurs voyant des vitesses d'écoulement supérieures à 0,5 m/s, dans les modélisations de brèche mises en oeuvre dans la présente étude, et ce pour 1280 m<sup>3</sup>/s.**

Nous avons fourni à la DDTM du Var sous format vecteur, les tables MAPINFO donnant pour chaque rive, les limites des zones voyant des vitesses d'écoulement supérieures à 0,5 m/s en aval des brèches de 50 mètres. Ceci revient à proposer une largeur de brèche de 50 mètres, comme



largeur représentative d'une brèche dans les digues de Vinon.

En outre une bande de sécurité sera appliquée à l'arrière des digues. La largeur de cette bande sera définie à l'aide de la distance à l'aval de la brèche à partir de laquelle les vitesses seront considérées comme faibles ou acceptables. Le paragraphe 5.6 propose des ordres de grandeurs pour la largeur de cette bande en rives droite et gauche, à partir du seuil de vitesse de 1 m/s.

Toutefois, les largeurs de la bande de sécurité seront en définitive choisies par la DDTM du Var compte tenu notamment des incertitudes existantes sur les estimations du débit de référence et des largeurs réalistes de brèches.

## ANNEXES

### Annexe 1 : cartes des débits de premiers débordements

### Annexe 2 : PHE relevées lors de la campagne topographique de 2009

### Annexe 3 : Résultats de calculs en lit mineur

- Comparaison des résultats SCP et CETE Méditerranée pour la crue de 1994 avec les fonds de 1994
- Résultats CETE Méditerranée pour la crue de 1994 avec les fonds de 2009
- Résultats CETE Méditerranée pour les 3 débits centennaux étudiés et en hauteurs d'eau maximales, simulation sans digue
- Résultats CETE Méditerranée pour le débit de 1640 m<sup>3</sup>/s sans digue, comparaison des vitesses d'écoulement en lit majeur pour Ks=20 et Ks = 18
- Résultats CETE Méditerranée pour le débit de référence, simulation avec digue

### Annexe 4 : Note de Philippe Lefort (septembre 2012)

#### Pièces jointes au rapport :

---

- Cartographie des hauteurs maximales de submersion pour le débit de référence, simulation sans digue
- Cartographie des hauteurs maximales de submersion pour le débit de référence, simulation avec digues

## ***Annexe 1 : cartes des débits de premiers débordements***

***Annexe 2 : PHE relevées lors de la  
campagne topographique de 2009***

***source CAGC***

Au droit du Profil N°20

Au Camping du VERDON à VINON sur VERDON

## Commune de VINON sur VERDON



Localisation :

X=880062.6 m

Y=164671.3 m

Les coordonnées sont dans le système de projection Lambert III

## En Rive Droite du VERDON

Distance à la rivière : 50m

PK :

La petite fenêtre sur le mur du Bâtiment d'accueil du Camping est totalement noyée.

## Source des données

Observation : visite sur le terrain et photos du journal

" Var Matin » du lendemain de la crue

Date de relevé : 06/11/2009

| Date de crue    | Crue de référence | Matérialisation | Côte d'eau | Altitude levée | Hauteur au sol | Etat du repère | Fiabilité |
|-----------------|-------------------|-----------------|------------|----------------|----------------|----------------|-----------|
| 05/06/nov. 1994 | Novembre 1994     | Photo journal   |            | 276.24 m       | 1.84 m         | Bon            | Bonne     |

Les altitudes sont dans le système de nivellement IGN 69

## Nivellement

Numéro du macaron de nivellement : P.C.L3U3.30

Altitude normale : 272.992 m

Type de macaron : repère cylindrique IGN

## Nivellement

## Source de l'information

P.AC - 49

rue

DDEA du VAR - Service d'Aménagement Durable

Bt

24

83

Origine : Visite sur le terrain

Date de visite sur le terrain : 06/07/2006

Au droit du Profil N°20

Au Moulin de Saint André à VINON sur VERDON

**Commune de VINON sur VERDON***Localisation :* $X=879999\text{ m}$  $Y=164619\text{ m}$ *Les coordonnées sont dans le système de projection Lambert III***En Rive Droite du VERDON**

Distance à la rivière : 10m

PK :

**Les fenêtres vitrées du Moulin de Saint André sont submergées****Source des données**

Observation : visite sur le terrain et photos du journal

" Var Matin » du lendemain de la crue

Date de relevé : 01/04/2009

| Date de crue           | Crue de référence | Matérialisation     | Côte d'eau | Altitude levée  | Hauteur au sol | Etat du repère | Fiabilité |
|------------------------|-------------------|---------------------|------------|-----------------|----------------|----------------|-----------|
| 05 et 06 novembre 1994 | Novembre 1994     | Témoignage pompiers |            | <b>276.16 m</b> | 4.74m          |                | Bonne     |

*Les altitudes sont dans le système de nivellement IGN 69***Nivellement**

Numéro du macaron de nivellement : I.C.L3U3-30

Altitude normale : 272.992m

Type de macaron : repère cylindrique IGN

**Nivellement****Source de l'information**

: P.AC - 49

ue

Origine : Visite sur le terrain

DDEA du VAR – Service d'Aménagement Durable

B1

24

83

Date de visite sur le terrain : 06/07/2006

Au droit du Profil N°20

Stade A.COMBES de VINON sur VERDON

**Commune de VINON sur VERDON***Localisation :* $X=880071 \text{ m}$  $Y=164499.4 \text{ m}$ *Les coordonnées sont dans le système de projection Lambert III***En Rive Gauche du VERDON**

Distance à la rivière : 60m

PK :

Le larmier de la fenêtre sur le mur du vestiaire est noyé

**Source des données**

Observation : visite sur le terrain et photos du journal

" Var Matin » du lendemain de la crue

Date de relevé : 06/11/2009

*Les altitudes sont dans le système de nivellement IGN 69*

| Date de crue    | Crue de référence | Matérialisation | Côte d'eau | Altitude levée  | Hauteur au sol | Etat du repère | Fiabilité |
|-----------------|-------------------|-----------------|------------|-----------------|----------------|----------------|-----------|
| 05/06/nov. 1994 | Novembre 1994     | Photo journal   |            | <b>276.19 m</b> | 2.23 m         | Bon            | Bonne     |

**Nivellement**

Numéro du macaron de nivellement : I'C.L3U3.30

Altitude normale : 272.992 m

Type de macaron : Repère cylindrique IGN

**Nivellement****Source de l'information**

: P.AC - 49

ue

DDFA du VAR –Service d'Aménagement Durable  
 Bt  
 24  
 83

Origine : Visite sur le terrain

Date de visite sur le terrain : 06/07/2006

Au droit du Profil N°20

Stade A.COMBES de VINON sur VERDON

## Commune de VINON sur VERDON

Localisation :

X=880072.3 m

Y=164468.7 m

Les coordonnées sont dans le système de  
projection Lambert III

En Rive Gauche du VERDON

Distance à la rivière : 95m

PK :

La fenêtre du mur du Sporting  
Club Vinonnais est submergée.



## Source des données

Observation : visite sur le terrain et photos du journal

" Var Matin » du lendemain de la crue

Date de relevé : 01/04/2009

| Date de crue       | Crue de référence | Matérialisation        | Côte d'eau | Altitude levée | Hauteur au sol | Etat du repère | Fiabilité |
|--------------------|-------------------|------------------------|------------|----------------|----------------|----------------|-----------|
| 05/06/nov.<br>1994 | Novembre<br>1994  | Témoignage<br>pompiers |            | 276.22 m       | 2.29 m         |                | Bonne     |

Les altitudes sont dans le système de nivellement IGN 69

## Nivellement

Numéro du macaron de nivellement : P.C.L3U3-30

Altitude normale : 272.992m

## Nivellement

## Source de l'information

P.AC - 49

ue

Origine : Visite sur le terrain

DDFA du VAR -Service d'Aménagement Durable  
Bt  
24  
83

Date de visite sur le terrain : 06/07/2006

## **ANNEXE 3 : RÉSULTATS DE CALCULS**

Résultats du calage Modèle CETE / modèle SCP

| n° profil en travers | X modèle CETE (m) | Cote du fond topo 1994<br>en NGF | Zmax modèle CETE topo 1994<br>en NGF | PT modèle SCP | X modèle SCP (m) | Zmax modèle SCP<br>en NGF | DZ en cm |
|----------------------|-------------------|----------------------------------|--------------------------------------|---------------|------------------|---------------------------|----------|
| 1                    | 0                 |                                  |                                      |               |                  |                           |          |
| 2                    | 200               |                                  |                                      |               |                  |                           |          |
| 3                    | 400               |                                  |                                      |               |                  |                           |          |
| 4                    | 530               | 280.76                           | 284.37                               | VP26          | 0                | 284.38                    | -1.5     |
| 5                    | 830               | 277.5                            | 281.73                               | VP25          | 430              | 281.72                    | 0.9      |
| 6                    | 1200              | 276.29                           | 280.53                               | VP24          | 790              | 280.5                     | 2.5      |
| 7                    | 1520              | 274.46                           | 279.19                               | VP23          | 1240             | 279.25                    | -6.1     |
| 8                    | 1940              | 273.5                            | 278.13                               | VP22          | 1560             | 278.31                    | -17.9    |
| 9                    | 1975              | 275.5                            | 277.55                               | VP21          | 1570             | 278.05                    | -49.8    |
| 10                   | 2120              | 273.2                            | 277.83                               | VP20          | 1615             | 278.14                    | -30.6    |
| 11                   | 2240              | 272.5                            | 277.11                               | VP19          | 1830             | 277.2                     | -8.7     |
| 12                   | 2610              | 271.75                           | 276.30                               | VP18          | 2220             | 276.34                    | -3.7     |
| 13                   | 2635              | 273                              | 276.27                               | VP17          | 2240             | 276.04                    | 23       |
| 14                   | 2670              | 271                              | 276.27                               | VP16          | 2260             | 276.25                    | 1.6      |
| 15                   | 2800              | 269.76                           | 276.25                               | VP15          | 2400             | 276.14                    | 11.3     |
| 16                   | 2900              | 270.95                           | 276.21                               | VP14          | 2515             | 275.75                    | 46       |
| 17                   | 2935              | 270.95                           | 276.14                               | VP13          | 2535             | 274.28                    | 185.5    |
| 18                   | 2950              |                                  |                                      |               |                  |                           |          |
| 19                   | 2980              | 266.5                            | 272.74                               | VP12          | 2565             | 272.95                    | -21.4    |
| 20                   | 3120              | 266.4                            | 272.54                               | VP11bis       | 2735             | 272.63                    | -8.6     |
| 21                   | 3200              |                                  |                                      |               |                  |                           |          |
| 22                   | 3280              | 266.98                           | 271.67                               | VP11          | 2885             | 271.61                    | 5.7      |
| 23                   | 3380              |                                  |                                      |               |                  |                           |          |
| 24                   | 3530              | 266.24                           | 270.96                               | VP10bis       | 3145             | 270.96                    | -0.5     |
| 25                   | 3780              | 265.8                            | 270.17                               | VP10          | 3395             | 270.24                    | -6.8     |
| 26                   | 4030              | 265.3                            | 269.28                               | VP9bis        | 3635             | 269.35                    | -7.3     |
| 27                   | 4270              | 263.89                           | 268.67                               | VP9           | 3915             | 268.71                    | -4.3     |
| 28                   | 4550              | 263.15                           | 268.05                               | VP8bis        | 4175             | 268.09                    | -4.2     |
| 29                   | 4820              | 261.75                           | 267.15                               | VP8           | 4425             | 267.16                    | -1.4     |
| 30                   | 5080              | 262                              | 266.02                               | VP7bis        | 4685             | 265.98                    | 3.6      |
| 31                   | 5360              | 259.5                            | 264.94                               | VP7           | 4975             | 264.96                    | -2.2     |
| 32                   | 5650              | 259.4                            | 264.16                               | VP6bis        | 5235             | 264.3                     | -14.1    |
| 33                   | 5790              |                                  |                                      |               |                  |                           |          |
| 34                   | 5910              | 259.39                           | 263.32                               | VP6           | 5495             | 263.32                    | 0        |
| 35                   | 6210              |                                  |                                      |               |                  |                           |          |
| 36                   | 6610              |                                  |                                      |               |                  |                           |          |
| 37                   | 6990              |                                  |                                      |               |                  |                           |          |

Résultats du calage Modèle CETE / modèle SCP

| n° profil en travers | X modèle CETE (m) | Cote du fond topo 1994<br>en NGF | Vitesse lit mineur modèle CETE<br>topo 1994<br>en m/s | PT modèle SCP | X modèle SCP (m) | Vitesse lit mineur<br>modèle SCP<br>en m/s | DV en cm/s |
|----------------------|-------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------|------------------|--------------------------------------------|------------|
| 1                    | 0                 |                                  |                                                       |               |                  |                                            |            |
| 2                    | 200               |                                  |                                                       |               |                  |                                            |            |
| 3                    | 400               |                                  |                                                       |               |                  |                                            |            |
| 4                    | 530               | 280.76                           | 2.80                                                  | VP26          | 0                | 2.74                                       | 6          |
| 5                    | 830               | 277.5                            | 3.13                                                  | VP25          | 430              | 3.13                                       | 0          |
| 6                    | 1200              | 276.29                           | 2.73                                                  | VP24          | 780              | 2.75                                       | -2         |
| 7                    | 1520              | 274.46                           | 2.47                                                  | VP23          | 1240             | 2.42                                       | 5          |
| 8                    | 1940              | 273.5                            | 2.83                                                  | VP22          | 1560             | 2.65                                       | 18         |
| 9                    | 1975              | 275.5                            | 4.27                                                  | VP21          | 1570             | 3.35                                       | 92         |
| 10                   | 2120              | 273.2                            | 2.64                                                  | VP20          | 1615             | 2.38                                       | 26         |
| 11                   | 2240              | 272.5                            | 2.28                                                  | VP19          | 1830             | 3.1                                        | -82        |
| 12                   | 2610              | 271.75                           | 2.06                                                  | VP18          | 2220             | 2.12                                       | -6         |
| 13                   | 2635              | 273                              | 1.69                                                  | VP17          | 2240             | 3.06                                       | -137       |
| 14                   | 2670              | 271                              | 2.15                                                  | VP16          | 2260             | 2.11                                       | 4          |
| 15                   | 2800              | 269.78                           | 1.48                                                  | VP15          | 2400             | 1.93                                       | -45        |
| 16                   | 2900              | 270.95                           | 2.82                                                  | VP14          | 2515             | 2.78                                       | 4          |
| 17                   | 2935              | 270.95                           | 5.84                                                  | VP13          | 2535             | 5.69                                       | 15         |
| 18                   | 2950              |                                  |                                                       |               |                  |                                            |            |
| 19                   | 2980              | 266.5                            | 9.56                                                  | VP12          | 2565             | 2.89                                       | 667        |
| 20                   | 3120              | 266.4                            | 2.86                                                  | VP11bis       | 2735             | 2.31                                       | 5          |
| 21                   | 3200              |                                  |                                                       |               |                  |                                            |            |
| 22                   | 3280              | 266.98                           | 3.73                                                  | VP11          | 2885             | 3.98                                       | -25        |
| 23                   | 3380              |                                  |                                                       |               |                  |                                            |            |
| 24                   | 3530              | 266.24                           | 2.76                                                  | VP10bis       | 3145             | 2.76                                       | 0          |
| 25                   | 3780              | 265.8                            | 2.59                                                  | VP10          | 3395             | 2.49                                       | 9          |
| 26                   | 4030              | 265.3                            | 2.80                                                  | VP9bis        | 3635             | 2.77                                       | 3          |
| 27                   | 4270              | 263.89                           | 2.13                                                  | VP9           | 3915             | 2.18                                       | -5         |
| 28                   | 4550              | 263.15                           | 2.50                                                  | VP8bis        | 4175             | 2.44                                       | 6          |
| 29                   | 4820              | 261.75                           | 2.86                                                  | VP8           | 4425             | 2.87                                       | 1          |
| 30                   | 5080              | 262                              | 2.99                                                  | VP7bis        | 4685             | 3.06                                       | -7         |
| 31                   | 5360              | 259.5                            | 2.67                                                  | VP7           | 4975             | 2.66                                       | 1          |
| 32                   | 5650              | 259.4                            | 2.52                                                  | VP6bis        | 5235             | 2.41                                       | 11         |
| 33                   | 5780              |                                  |                                                       |               |                  |                                            |            |
| 34                   | 5810              | 259.39                           | 2.53                                                  | VP6           | 5495             | 2.49                                       | 4          |
| 35                   | 6210              |                                  |                                                       |               |                  |                                            |            |
| 36                   | 6610              |                                  |                                                       |               |                  |                                            |            |
| 37                   | 6990              |                                  |                                                       |               |                  |                                            |            |

Tableau comparaison Cotes maxi CETE / PHE LEFORT

| X modèle CETE (m) | X modèle SCP(m) | Zmax modèle CETE topo<br>1994 | Enveloppe de crue<br>LEFORT | Dz=  Zlefort-ZCETE  <br>en cm |
|-------------------|-----------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| 1930              | 1530            | 278.25                        | 279.0                       | 75                            |
| 1980              | 1580            | 277.55                        | 278.0                       | 45                            |
| 2230              | 1830            | 277.11                        | 276.8                       | 31                            |
| 2330              | 1930            | 276.72                        | 276.6                       | 12                            |
| 2480              | 2080            | 276.42                        | 276.5                       | 8                             |
| 2630              | 2230            | 276.29                        | 276.0                       | 29                            |
| 2760              | 2360            | 276.25                        | 275.9                       | 35                            |
| 2850              | 2450            | 276.23                        | 276.2                       | 1                             |
| 2915              | 2515            | 276.21                        | 276.2                       | 5                             |
| 2930              | 2530            | 276.13                        | 275.9                       | 23                            |
| 2940              | 2540            | 275.05                        | 273.4                       | 165                           |
| 3180              | 2780            | 272.39                        | 272.2                       | 19                            |
| 3230              | 2830            | 272.12                        | 272.2                       | 8                             |
| 3630              | 3230            | 270.70                        | 271.0                       | 30                            |
| 4280              | 3880            | 268.72                        | 268.5                       | 21                            |
| 4930              | 4530            | 266.71                        | 266.2                       | 51                            |

| X modèle CETE (m) | X modèle SCP(m) | Zmax modèle CETE topo | PHE CAGC | Dz en m |
|-------------------|-----------------|-----------------------|----------|---------|
| 2915              | 2515            | 276.16                | 276.21   | 0.05    |
| 2850              | 2450            | 276.22                | 276.23   | 0.01    |
| 2850              | 2450            | 276.24                | 276.23   | -0.01   |
| 2850              | 2450            | 276.19                | 276.23   | 0.04    |

Comparaison des lignes d'eau (cote de 1000 m3/s) avec les topos 1994 et 2009

| n° profil en travers | X modèle CETE (m) | X modèle SCF (m) | Cote du fond topo 1994<br>en NGF | Zmax modèle CETE topo 1994<br>en NGF | Cote du fond topo 2009<br>en NGF | Zmax modèle CETE<br>topo 2009<br>en NGF | DZ TN en cm | DZ Heau en cm |
|----------------------|-------------------|------------------|----------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------|-------------|---------------|
| 1                    | 0                 |                  |                                  |                                      |                                  |                                         |             |               |
| 2                    | 200               |                  |                                  |                                      |                                  |                                         |             |               |
| 3                    | 400               |                  |                                  |                                      |                                  |                                         |             |               |
| 4                    | 530               | 0                | 280.78                           | 284.37                               | 277.84                           | 282.87                                  | 282         | 155           |
| 5                    | 630               | 430              | 277.5                            | 281.73                               | 278.86                           | 281.56                                  | 84          | 16            |
| 6                    | 780               | 780              | 278.29                           | 280.53                               | 278.20                           | 280.83                                  | 9           | -11           |
| 7                    | 1200              | 1240             | 274.46                           | 279.19                               | 275.02                           | 279.27                                  | -58         | -8            |
| 8                    | 1560              | 1560             | 273.5                            | 278.13                               | 273.21                           | 278.84                                  | 29          | -51           |
| 9                    | 1975              | 1570             | 275.5                            | 277.55                               | 274.82                           | 277.95                                  | 68          | -40           |
| 10                   | 2120              | 1615             | 273.2                            | 277.83                               | 273.44                           | 277.40                                  | -24         | -40           |
| 11                   | 2240              | 1830             | 272.5                            | 277.11                               | 272.59                           | 277.81                                  | -8          | 11            |
| 12                   | 2610              | 2220             | 271.75                           | 276.30                               | 272.08                           | 276.25                                  | -33         | 5             |
| 13                   | 2835              | 2240             | 273                              | 278.27                               | 273.01                           | 278.05                                  | -1          | 22            |
| 14                   | 2870              | 2280             | 271                              | 278.27                               | 270.90                           | 278.28                                  | 10          | -1            |
| 15                   | 2800              | 2400             | 288.76                           | 278.25                               | 270.81                           | 278.12                                  | -105        | 13            |
| 16                   | 2800              | 2515             | 270.95                           | 278.21                               | 270.83                           | 275.85                                  | 32          | 36            |
| 17                   | 2835              | 2535             | 270.85                           | 278.14                               | 270.38                           | 275.86                                  | 57          | 47            |
| 18                   | 2850              |                  |                                  |                                      |                                  |                                         |             |               |
| 19                   | 2980              | 2585             | 272.74                           | 272.74                               | 268.60                           | 272.88                                  | -30         | -14           |
| 20                   | 3120              | 2795             | 268.4                            | 272.54                               | 267.05                           | 272.44                                  | -85         | 10            |
| 21                   | 3200              |                  |                                  |                                      |                                  |                                         |             |               |
| 22                   | 3280              | 2685             | 268.98                           | 271.67                               | 268.51                           | 271.42                                  | 47          | 24            |
| 23                   | 3360              |                  |                                  |                                      |                                  |                                         |             |               |
| 24                   | 3530              | 3145             | 268.24                           | 270.88                               | 268.22                           | 270.74                                  | 2           | 21            |
| 25                   | 3780              | 3395             | 265.8                            | 270.17                               | 265.12                           | 269.86                                  | 68          | 21            |
| 26                   | 4030              | 3635             | 265.3                            | 268.26                               | 263.70                           | 269.36                                  | 43          | -3            |
| 27                   | 4270              | 3915             | 263.89                           | 268.67                               | 263.70                           | 269.36                                  | 19          | 29            |
| 28                   | 4550              | 4175             | 263.15                           | 268.05                               | 263.11                           | 267.19                                  | 4           | 66            |
| 29                   | 4820              | 4425             | 261.75                           | 267.15                               | 262.59                           | 268.46                                  | -84         | 69            |
| 30                   | 5080              | 4685             | 262                              | 268.02                               | 261.47                           | 265.88                                  | 53          | 34            |
| 31                   | 5380              | 4875             | 259.5                            | 264.94                               | 260.89                           | 264.36                                  | -139        | 58            |
| 32                   | 5650              | 5235             | 259.4                            | 264.16                               | 259.32                           | 263.87                                  | 8           | 49            |
| 33                   | 5790              |                  |                                  |                                      |                                  |                                         |             | 0             |
| 34                   | 5910              | 5495             | 258.39                           | 263.32                               | 259.01                           | 263.32                                  | -38         | 0             |
| 35                   | 6210              |                  |                                  |                                      |                                  |                                         |             |               |
| 36                   | 6810              |                  |                                  |                                      |                                  |                                         |             |               |
| 37                   | 6890              |                  |                                  |                                      |                                  |                                         |             |               |



Résultats de calcul pour les débits 1640 / 1430 et 1280 m<sup>3</sup>/s

| n° profil en travers | X modèle<br>CETE (m) | Cote du fond<br>topo 2009<br>en NGF | Zmax Q=1640 m <sup>3</sup> /s<br>en NGF | Zmax Q=1430 m <sup>3</sup> /s<br>en NGF | DZ = Z <sub>01640</sub> - Z <sub>01430</sub><br>en cm | Zmax Q=1280 m <sup>3</sup> /s<br>en NGF | DZ = Z <sub>01430</sub> - Z <sub>01280</sub><br>en cm |
|----------------------|----------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 1                    | 0                    | 279.42                              | 285.88                                  | 285.73                                  | 15                                                    | 285.59                                  | 14                                                    |
| 2                    | 200                  | 279.21                              | 284.85                                  | 284.69                                  | 16                                                    | 284.52                                  | 17                                                    |
| 3                    | 330                  | 279.11                              | 283.97                                  | 283.81                                  | 16                                                    | 283.65                                  | 16                                                    |
| 3b                   | 400                  | 279.06                              | 283.57                                  | 283.41                                  | 16                                                    | 283.26                                  | 15                                                    |
| 4                    | 530                  | 277.94                              | 283.35                                  | 283.19                                  | 16                                                    | 283.03                                  | 16                                                    |
| 5                    | 830                  | 276.66                              | 282.34                                  | 282.17                                  | 17                                                    | 282.01                                  | 16                                                    |
| 6                    | 1200                 | 276.20                              | 280.54                                  | 280.42                                  | 12                                                    | 280.29                                  | 13                                                    |
| 7                    | 1520                 | 275.02                              | 279.34                                  | 279.2                                   | 14                                                    | 279.07                                  | 13                                                    |
| 8                    | 1940                 | 273.21                              | 278.44                                  | 278.21                                  | 23                                                    | 278                                     | 21                                                    |
| 9                    | 1975                 | 274.62                              | 278.35                                  | 278.1                                   | 25                                                    | 277.87                                  | 23                                                    |
| 10                   | 2000                 | 274.45                              | 278.3                                   | 278.04                                  | 26                                                    | 277.8                                   | 24                                                    |
| 10b                  | 2120                 | 273.44                              | 278.08                                  | 277.76                                  | 32                                                    | 277.42                                  | 34                                                    |
| 11                   | 2240                 | 272.59                              | 278.03                                  | 277.69                                  | 34                                                    | 277.32                                  | 37                                                    |
| 12                   | 2610                 | 272.08                              | 277.92                                  | 277.58                                  | 34                                                    | 277.19                                  | 39                                                    |
| 13                   | 2635                 | 273.01                              | 277.83                                  | 277.49                                  | 34                                                    | 277.09                                  | 40                                                    |
| 14                   | 2670                 | 272.74                              | 277.82                                  | 277.47                                  | 35                                                    | 277.07                                  | 40                                                    |
| 15                   | 2800                 | 271.54                              | 277.78                                  | 277.42                                  | 36                                                    | 277.01                                  | 41                                                    |
| 16                   | 2900                 | 270.63                              | 277.78                                  | 277.42                                  | 36                                                    | 276.99                                  | 43                                                    |
| 17                   | 2935                 | 270.13                              | 276.27                                  | 276.04                                  | 23                                                    | 275.75                                  | 29                                                    |
| 18                   | 2950                 | 266.63                              | 272.16                                  | 272.03                                  | 13                                                    | 271.96                                  | 7                                                     |
| 19                   | 2980                 | 266.80                              | 272.39                                  | 272.33                                  | 6                                                     | 272.26                                  | 7                                                     |
| 20                   | 3120                 | 267.05                              | 272.42                                  | 272.34                                  | 8                                                     | 272.26                                  | 8                                                     |
| 21                   | 3200                 | 267.22                              | 272.26                                  | 272.19                                  | 7                                                     | 272.12                                  | 7                                                     |
| 22                   | 3280                 | 266.51                              | 272.03                                  | 271.97                                  | 6                                                     | 271.9                                   | 7                                                     |
| 23                   | 3380                 | 266.49                              | 271.53                                  | 271.44                                  | 9                                                     | 271.35                                  | 9                                                     |
| 24                   | 3530                 | 266.22                              | 270.62                                  | 270.53                                  | 9                                                     | 270.43                                  | 10                                                    |
| 25                   | 3780                 | 265.12                              | 269.76                                  | 269.67                                  | 9                                                     | 269.58                                  | 9                                                     |
| 26                   | 4030                 | 264.87                              | 269.09                                  | 268.99                                  | 10                                                    | 268.89                                  | 10                                                    |
| 27                   | 4270                 | 263.70                              | 268.3                                   | 268.17                                  | 13                                                    | 268.07                                  | 10                                                    |
| 28                   | 4550                 | 263.11                              | 267.04                                  | 266.95                                  | 9                                                     | 266.87                                  | 8                                                     |
| 29                   | 4820                 | 262.59                              | 265.9                                   | 265.8                                   | 10                                                    | 265.7                                   | 10                                                    |
| 30                   | 5080                 | 261.47                              | 265.11                                  | 265.03                                  | 8                                                     | 264.94                                  | 9                                                     |
| 31                   | 5360                 | 260.89                              | 264.08                                  | 264                                     | 8                                                     | 263.93                                  | 7                                                     |
| 32                   | 5650                 | 259.32                              | 262.89                                  | 262.79                                  | 10                                                    | 262.7                                   | 9                                                     |
| 33                   | 5790                 | 259.58                              | 262.55                                  | 262.46                                  | 9                                                     | 262.38                                  | 8                                                     |
| 34                   | 5910                 | 259.01                              | 262.13                                  | 262.05                                  | 8                                                     | 261.96                                  | 9                                                     |
| 35                   | 6210                 | 258.15                              | 260.91                                  | 260.84                                  | 7                                                     | 260.78                                  | 6                                                     |
| 36                   | 6610                 | 256.49                              | 260.55                                  | 260.54                                  | 1                                                     | 260.53                                  | 1                                                     |
| 37                   | 6990                 | 254.99                              | 260.5                                   | 260.5                                   | 0                                                     | 260.5                                   | 0                                                     |

Comparaison des vitesses en lit majeur pour le débit de 1640 m<sup>3</sup>/s et Ks(lit majeur) = 20 puis 18

| n° profil en travers | X modèle<br>CETE (m) | Cote du fond<br>topo 2009<br>en NGF | Ks lit mineur = 25 et Ks lit majeur = 20      |                        |                        | Ks lit mineur = 25 et Ks lit majeur = 18   |                        |                        | DV = V <sub>Ks=20</sub> - V <sub>Ks=18</sub><br>en cm/s |
|----------------------|----------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------------------------------------|
|                      |                      |                                     | Zmax<br>Q=1640<br>m <sup>3</sup> /s<br>en NGF | V Lit Mineur<br>en m/s | V Lit Majeur<br>en m/s | Zmax<br>Q=1640 m <sup>3</sup> /s<br>en NGF | V Lit Mineur<br>en m/s | V Lit Majeur<br>en m/s |                                                         |
| 1                    | 0                    | 279.418                             | 285.88                                        | 2.7                    | 0.5                    | 285.93                                     | 2.6                    | 0.5                    | -5                                                      |
| 2                    | 200                  | 279.208                             | 284.95                                        | 3.2                    | 1.8                    | 284.89                                     | 3.2                    | 1.5                    | -4                                                      |
| 3                    | 330                  | 279.111                             | 283.97                                        | 2.8                    | 2.2                    | 284.02                                     | 2.7                    | 2.1                    | -5                                                      |
| 3b                   | 400                  | 279.06                              | 283.57                                        | 2.6                    | 2.2                    | 283.64                                     | 2.5                    | 2.1                    | -7                                                      |
| 4                    | 530                  | 277.941                             | 283.35                                        | 2.0                    | 1.2                    | 283.4                                      | 2.0                    | 1.1                    | -5                                                      |
| 5                    | 830                  | 276.863                             | 282.34                                        | 3.1                    | 1.8                    | 282.38                                     | 3.0                    | 1.6                    | -4                                                      |
| 6                    | 1200                 | 276.197                             | 280.54                                        | 2.9                    | 1.2                    | 280.59                                     | 2.9                    | 1.1                    | -5                                                      |
| 7                    | 1520                 | 275.019                             | 279.34                                        | 2.8                    | 1.4                    | 279.42                                     | 2.7                    | 1.3                    | -8                                                      |
| 8                    | 1940                 | 273.213                             | 278.44                                        | 1.8                    | 1.1                    | 278.5                                      | 1.9                    | 1.1                    | -6                                                      |
| 9                    | 1975                 | 274.618                             | 278.35                                        | 2.0                    | 1.5                    | 278.41                                     | 2.0                    | 1.5                    | -6                                                      |
| 10                   | 2000                 | 274.45                              | 278.3                                         | 2.1                    | 1.5                    | 278.36                                     | 2.1                    | 1.4                    | -6                                                      |
| 10b                  | 2120                 | 273.442                             | 278.08                                        | 3.1                    | 1.1                    | 278.13                                     | 3.1                    | 1.1                    | -5                                                      |
| 11                   | 2240                 | 272.585                             | 278.03                                        | 2.0                    | 0.8                    | 278.06                                     | 2.0                    | 0.8                    | -3                                                      |
| 12                   | 2610                 | 272.076                             | 277.92                                        | 1.2                    | 0.7                    | 277.94                                     | 1.2                    | 0.7                    | -2                                                      |
| 13                   | 2635                 | 273.011                             | 277.83                                        | 2.7                    | 1.3                    | 277.85                                     | 2.7                    | 1.3                    | -2                                                      |
| 14                   | 2670                 | 272.7361                            | 277.82                                        | 2.7                    | 1.2                    | 277.84                                     | 2.6                    | 1.2                    | -2                                                      |
| 15                   | 2800                 | 271.5445                            | 277.78                                        | 2.3                    | 1.0                    | 277.79                                     | 2.3                    | 0.9                    | -1                                                      |
| 16                   | 2900                 | 270.628                             | 277.78                                        | 1.8                    | 0.8                    | 277.78                                     | 1.8                    | 0.7                    | 0                                                       |
| 17                   | 2935                 | 270.132                             | 276.27                                        | 5.5                    | 0.0                    | 276.27                                     | 5.5                    | 0.0                    | 0                                                       |
| 18                   | 2950                 | 265.631                             | 272.16                                        | 3.7                    | 0.0                    | 272.23                                     | 3.6                    | 0.0                    | -7                                                      |
| 19                   | 2980                 | 266.795                             | 272.39                                        | 2.5                    | 1.8                    | 272.45                                     | 2.5                    | 1.7                    | -6                                                      |
| 20                   | 3120                 | 267.045                             | 272.42                                        | 1.5                    | 0.9                    | 272.46                                     | 1.5                    | 0.8                    | -4                                                      |
| 21                   | 3200                 | 267.222                             | 272.26                                        | 2.0                    | 1.0                    | 272.29                                     | 2.0                    | 0.9                    | -3                                                      |
| 22                   | 3280                 | 265.508                             | 272.03                                        | 2.1                    | 1.3                    | 272.05                                     | 2.1                    | 1.2                    | -2                                                      |
| 23                   | 3380                 | 266.487                             | 271.53                                        | 2.9                    | 1.3                    | 271.56                                     | 2.8                    | 1.2                    | -3                                                      |
| 24                   | 3530                 | 266.221                             | 270.62                                        | 2.5                    | 1.0                    | 270.67                                     | 2.5                    | 0.9                    | -5                                                      |
| 25                   | 3780                 | 265.12                              | 269.76                                        | 2.0                    | 0.9                    | 269.81                                     | 2.0                    | 0.8                    | -4                                                      |
| 26                   | 4030                 | 264.87                              | 269.09                                        | 2.6                    | 0.8                    | 269.13                                     | 2.6                    | 0.8                    | -5                                                      |
| 27                   | 4270                 | 263.701                             | 268.3                                         | 2.9                    | 0.9                    | 268.35                                     | 2.9                    | 0.8                    | -5                                                      |
| 28                   | 4550                 | 263.11                              | 267.04                                        | 3.3                    | 1.1                    | 267.08                                     | 3.2                    | 1.0                    | -4                                                      |
| 29                   | 4820                 | 262.59                              | 265.9                                         | 2.3                    | 0.9                    | 265.95                                     | 2.3                    | 0.9                    | -5                                                      |
| 30                   | 5080                 | 261.47                              | 265.11                                        | 2.2                    | 1.0                    | 265.15                                     | 2.2                    | 0.9                    | -4                                                      |
| 31                   | 5360                 | 260.89                              | 264.08                                        | 2.6                    | 1.1                    | 264.13                                     | 2.5                    | 1.0                    | -5                                                      |
| 32                   | 5650                 | 259.316                             | 262.89                                        | 2.4                    | 1.0                    | 262.95                                     | 2.3                    | 0.9                    | -6                                                      |
| 33                   | 5790                 | 259.577                             | 262.55                                        | 1.6                    | 1.1                    | 262.6                                      | 1.7                    | 1.0                    | -5                                                      |
| 34                   | 5910                 | 259.008                             | 262.13                                        | 2.2                    | 1.3                    | 262.18                                     | 2.1                    | 1.2                    | -5                                                      |
| 35                   | 6210                 | 258.152                             | 260.91                                        | 1.4                    | 1.1                    | 260.93                                     | 1.4                    | 1.0                    | -2                                                      |
| 36                   | 6610                 | 256.49                              | 260.55                                        | 0.7                    | 0.5                    | 260.58                                     | 0.7                    | 0.5                    | -1                                                      |
| 37                   | 6990                 | 254.99                              | 260.5                                         | 0.4                    | 0.0                    | 260.5                                      | 0.4                    | 0.0                    | 0                                                       |

Résultats de la modélisation avec digues pour le débit de 1640 m<sup>3</sup>/s

| n° profil en travers | X modèle CETE (m) | Cote du fond topo 2009 en NGF | Zmax Q=1640 m <sup>3</sup> /s en NGF | Vitesse Lit Mineur maximum en m/s |
|----------------------|-------------------|-------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|
| 1                    | 0                 | 279.42                        | 285.92                               | 2.6                               |
| 2                    | 200               | 279.21                        | 284.93                               | 3.0                               |
| 3                    | 330               | 279.11                        | 284.28                               | 2.4                               |
| 3b                   | 400               | 279.06                        | 284.09                               | 2.1                               |
| 4                    | 530               | 277.94                        | 283.85                               | 1.9                               |
| 5                    | 830               | 276.66                        | 282.72                               | 3.8                               |
| 6                    | 1200              | 276.20                        | 281.31                               | 3.0                               |
| 7                    | 1520              | 275.02                        | 280.38                               | 2.9                               |
| 8                    | 1940              | 273.21                        | 279.45                               | 2.4                               |
| 9                    | 1975              | 274.62                        | 278.79                               | 4.1                               |
| 10                   | 2000              | 274.45                        | 278.59                               | 4.0                               |
| 10b                  | 2120              | 273.44                        | 278.00                               | 3.3                               |
| 11                   | 2240              | 272.59                        | 278.05                               | 2.2                               |
| 12                   | 2610              | 272.08                        | 277.95                               | 1.4                               |
| 13                   | 2635              | 273.01                        | 277.93                               | 1.5                               |
| 14                   | 2670              | 272.74                        | 277.82                               | 1.7                               |
| 15                   | 2800              | 271.54                        | 277.77                               | 1.4                               |
| 16                   | 2900              | 270.63                        | 277.77                               | 1.1                               |
| 17                   | 2935              | 270.13                        | 276.27                               | 5.5                               |
| 18                   | 2950              | 265.63                        | 273.93                               | 3.2                               |
| 19                   | 2980              | 266.80                        | 273.79                               | 3.4                               |
| 20                   | 3120              | 267.05                        | 273.42                               | 3.2                               |
| 21                   | 3200              | 267.22                        | 273.15                               | 3.3                               |
| 22                   | 3280              | 266.51                        | 271.87                               | 5.3                               |
| 23                   | 3380              | 266.49                        | 272.16                               | 3.3                               |
| 24                   | 3530              | 266.22                        | 271.51                               | 3.2                               |
| 25                   | 3780              | 265.12                        | 270.72                               | 2.9                               |
| 26                   | 4030              | 264.87                        | 269.96                               | 2.9                               |
| 27                   | 4270              | 263.70                        | 269.15                               | 3.1                               |
| 28                   | 4550              | 263.11                        | 268.00                               | 3.4                               |
| 29                   | 4820              | 262.59                        | 267.13                               | 2.9                               |
| 30                   | 5080              | 261.47                        | 266.23                               | 3.3                               |
| 31                   | 5360              | 260.89                        | 264.97                               | 3.5                               |
| 32                   | 5650              | 259.32                        | 264.11                               | 2.7                               |
| 33                   | 5790              | 259.58                        | 263.35                               | 3.6                               |
| 34                   | 5910              | 259.01                        | 262.71                               | 3.2                               |
| 35                   | 6210              | 258.15                        | 261.04                               | 2.5                               |
| 36                   | 6610              | 256.49                        | 260.61                               | 0.9                               |
| 37                   | 6990              | 254.99                        | 260.50                               | 0.6                               |

Résultats de la modélisation avec digues pour le débit de 1280 m<sup>3</sup>/s

| n° profil en travers | X modèle CETE (m) | Cote du fond topo 2009 en NGF | Zmax Q=1280 m <sup>3</sup> /s en NGF | Vitesse Lit Mineur maximum en m/s |
|----------------------|-------------------|-------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|
| 1                    | 0                 | 279.42                        | 285.47                               | 2.6                               |
| 2                    | 200               | 279.21                        | 284.55                               | 2.8                               |
| 3                    | 330               | 279.11                        | 283.83                               | 2.3                               |
| 3b                   | 400               | 279.06                        | 283.59                               | 2.0                               |
| 4                    | 530               | 277.94                        | 283.34                               | 1.8                               |
| 5                    | 830               | 276.66                        | 282.27                               | 3.4                               |
| 6                    | 1200              | 276.20                        | 280.93                               | 2.7                               |
| 7                    | 1520              | 275.02                        | 280.05                               | 2.6                               |
| 8                    | 1940              | 273.21                        | 279.18                               | 2.3                               |
| 9                    | 1975              | 274.62                        | 278.54                               | 3.9                               |
| 10                   | 2000              | 274.45                        | 278.21                               | 3.9                               |
| 10b                  | 2120              | 273.44                        | 277.40                               | 3.6                               |
| 11                   | 2240              | 272.59                        | 277.38                               | 2.5                               |
| 12                   | 2610              | 272.08                        | 277.18                               | 1.7                               |
| 13                   | 2635              | 273.01                        | 277.13                               | 3.1                               |
| 14                   | 2670              | 272.74                        | 277.06                               | 2.9                               |
| 15                   | 2800              | 271.54                        | 277.00                               | 2.4                               |
| 16                   | 2900              | 270.63                        | 276.99                               | 1.8                               |
| 17                   | 2935              | 270.13                        | 275.75                               | 4.9                               |
| 18                   | 2950              | 265.63                        | 273.55                               | 2.9                               |
| 19                   | 2980              | 266.80                        | 273.42                               | 3.1                               |
| 20                   | 3120              | 267.05                        | 273.03                               | 3.1                               |
| 21                   | 3200              | 267.22                        | 272.74                               | 3.1                               |
| 22                   | 3280              | 266.51                        | 271.82                               | 4.6                               |
| 23                   | 3380              | 266.49                        | 271.82                               | 3.3                               |
| 24                   | 3530              | 266.22                        | 271.18                               | 3.0                               |
| 25                   | 3780              | 265.12                        | 270.39                               | 2.8                               |
| 26                   | 4030              | 264.87                        | 269.63                               | 2.8                               |
| 27                   | 4270              | 263.70                        | 268.85                               | 2.9                               |
| 28                   | 4550              | 263.11                        | 267.72                               | 3.2                               |
| 29                   | 4820              | 262.59                        | 266.89                               | 2.7                               |
| 30                   | 5080              | 261.47                        | 266.04                               | 3.1                               |
| 31                   | 5360              | 260.89                        | 264.81                               | 3.4                               |
| 32                   | 5650              | 259.32                        | 263.99                               | 2.5                               |
| 33                   | 5790              | 259.58                        | 263.27                               | 3.4                               |
| 34                   | 5910              | 259.01                        | 262.61                               | 3.1                               |
| 35                   | 6210              | 258.15                        | 260.89                               | 2.2                               |
| 36                   | 6610              | 256.49                        | 260.61                               | 0.7                               |
| 37                   | 6990              | 254.99                        | 260.50                               | 0.5                               |

## **ANNEXE 4 : NOTE LEFORT**

*(version de septembre 2012 transmise en séance lors de la réunion de  
septembre 2012 en mairie de Vinon)*

## Remarques sur le débit maximum des crues dans le cours inférieur du Verdon

Le « porter à connaissance » transmis par la DDTM à la commune de Vinon en vue de l'élaboration du PPRI de la commune retient un débit de référence de  $1640 \text{ m}^3/\text{s}$ , valeur haute de la fourchette des estimations antérieures du débit. Ce document indique qu'il n'y a qu'une faible variation de l'aléa « inondation » et de l'emprise de la zone inondable selon les débits modélisés ( $1280$ ,  $1430$ ,  $1640 \text{ m}^3/\text{s}$ ) pour l'aléa sans digues. Il ajoute : « Les zones d'enjeux étant intégralement incluses dans l'emprise du plus petit débit, la valeur de  $1640 \text{ m}^3/\text{s}$  paraît la plus pertinente, car elle met en évidence la possibilité de débordement en rive gauche du pont de Vinon ( $140 \text{ m}^3/\text{s}$ ) et dans une moindre mesure en rive droite ( $5 \text{ m}^3/\text{s}$ ) et permet ainsi d'avoir une perception globale en terme de prévention des risques d'inondation en cas de crue majeure, la sécurité des personnes étant la priorité absolue. »

La commune de Vinon sur Verdon souhaite connaître les aménagements qui permettraient de réduire les interdictions de construire en aval du pont de Vinon. Le choix du débit de référence conditionne la possibilité d'une telle réduction : en effet retenir un débit de  $1640 \text{ m}^3/\text{s}$  n'a sans doute pas d'incidence sur l'étendue des débordements en l'absence de digues, mais il est lourd de conséquences en ce qui concerne les hauteurs d'eau, les vitesses et les risques de rupture, notamment en ce qui concerne la digue rive gauche du pont. Pour contenir un tel débit, une élévation des digues serait nécessaire, ce qui aggraverait à leur proximité les contraintes résultant du risque de rupture. Le coût de tels aménagements serait exorbitant en regard des bénéfices attendus.

En 1995, les Conseils Généraux 04 et 83 nous ont sollicité pour réaliser plusieurs expertises de la crue de novembre 1994, tant en ce qui concerne son importance que ses effets <sup>1</sup>. A cette occasion, nous avons pu calculer à partir de laisses de crue précises, le débit écoulé sous le pont de Vinon, soit  $1085 \text{ m}^3/\text{s}$ . Nous avons alors conclu notre analyse en retenant que « la crue de novembre 1994 a pu être, en considérant les débits instantanés entrants à Sainte Croix, de période de retour centennale ou un peu inférieure ». Or aucun débordement n'a été constaté dans les zones urbanisées en aval du pont de Vinon; la revanche offerte par la digue rive droite était de l'ordre du mètre sur une distance de  $400 \text{ m}$  en aval du pont puis décroissait pour s'annuler à  $800 \text{ m}$  du pont. La valeur du débit de référence de  $1640 \text{ m}^3/\text{s}$  est très supérieure à notre estimation de 1994. Ce choix nous interpelle, car il ne correspond pas à notre analyse antérieure. Il nous semble alors que cette majoration est trop forte, ce qui va nous conduire à reprendre l'analyse des données et calculs originaux qui ont incité la DDTM à effectuer ce choix.

---

<sup>1</sup> Communes : Allos, Saint André des Alpes, Castellane, Gréoux, Vinon - Affluents : Jabron, Artuby

Nous examinerons donc ci après :

- Les données concernant la crue de 1843 : rapport Imbeaux (1892).
- Une analyse des données hydrométriques de la station de Quinson, présentées dans la thèse de J. Carzon (1957).
- Les études hydrologiques EDF et SOGREAH des débits maxima annuels réalisées à partir des pluies.
- L'analyse de la crue de novembre 1994 réalisée dans le cadre de l'élaboration du schéma global de gestion du Verdon, incluant l'impact du barrage de Sainte Croix sur les débits des fortes crues dans la basse vallée du Verdon.

## La crue de 1843

Les renseignements concernant la crue du 2 novembre 1843 proviennent d'un mémoire rédigé par E. Imbeaux, ingénieur des Ponts et Chaussées, publié dans les Annales des Ponts et Chaussées en 1892. L'appréciation de la valeur du débit maximum de cette crue du Verdon ayant été une donnée essentielle du choix du débit de référence, nous citons in extenso les commentaires qui accompagnent l'estimation de ce débit.

*« Nous avons pu réunir sur la crue mémorable du 2 novembre 1843 les renseignements suivants, dont une bonne partie est empruntée au travail de M. Auriol, daté du 20 décembre 1859, et relatif aux remèdes à apporter contre les inondations de la Durance. Monsieur Auriol était alors ingénieur en chef du Service Spécial de la Durance, qui fut créé en 1856, mais ne dura malheureusement que peu d'années. Il reconnaît lui même que les données qu'il fournit sur la crue de 1843 n'ont pas une grande précision, n'ayant été recueillies que plus de 13 ans après : quelques unes sont en effet manifestement erronées.*

*La crue fut produite par une très forte averse, qui dura du 1<sup>er</sup> novembre vers 13 heures jusqu'au 2 dans la matinée...*

*... Le maximum du Verdon s'est produit à Sainte Croix, avec 1400 m<sup>3</sup>/s le 1<sup>er</sup> novembre à 16 heures : il aurait mis 5h30 pour se propager de Sainte Croix à Vinon et 1h30 de là à Mirabeau où il serait ainsi arrivé à 23 heures, soit 2h30 avant la Durance ; le débit au confluent aurait atteint 1660 m<sup>3</sup>/s. »*

Dans sa thèse de 1957 sur le régime du Verdon, J. Carzon remarque à juste titre que les dates fournies pour les pluies et les débits semblent contradictoires : le débit maximum serait passé à Sainte Croix 3 heures après le début de l'averse et plus de 12 heures avant la fin de la pluie.

Postérieurement à cette étude, aucune autre indication n'a permis aujourd'hui de préciser l'importance de la crue de 1843 en regard de celles qui lui ont succédé. A Sainte Croix, la submersion des terrains ne permet pas d'apprécier la fiabilité de l'estimation du débit de 1400 m<sup>3</sup>/s. A Vinon, le pont était alors facilement contourné en rive gauche ; la mesure des niveaux amont et aval et des sections sous le pont, en rive gauche et de part d'autre du pont aurait été nécessaire pour un calcul en régime noyé. Or ces données n'ont pu être recueillies 13 ans après la crue. On ne voit pas alors par quelle mesure sur le terrain M. Auriol a pu évaluer un débit maximum de 1660 m<sup>3</sup>/s à Vinon. Il est donc très probable que son estimation à Vinon résulte d'une extrapolation du débit évalué à Sainte Croix, basée uniquement sur la superficie des bassins.

Il faut nous arrêter sur une précision qui peut être importante : l'évaluation du débit maximum de la crue de 1843 a été faite par Auriol à Sainte Croix et non à Quinson. Or J. Carzon a observé que la plaine des Salles était, avant la construction du barrage de Sainte Croix, fermée à son aval par le goulet de Baudinard qui retenait les forts débits et permettait l'accumulation de volumes qu'il évalue à 100 millions de m<sup>3</sup>. Ce chiffre nous semble trop élevé, mais, coïncidence ou non, il est égal au volume de la tranche réservée

pour l'écrêtement des fortes crues dans le barrage de Sainte Croix. La partie aval de la plaine des Salles constituait ainsi, avant la construction du barrage, un bassin écrêteur de crue, susceptible d'atténuer le débit maximum sortant du goulet de Baudinard et donc le débit maximum de Quinson à Vinon. Le profil en long des lignes d'eau levé par le Cabinet Ruby en 1963-1964, donc avant construction du barrage de Ste Croix, montre que la différence entre la ligne d'eau à 405 m<sup>3</sup>/s et le niveau d'étiage est en amont du goulet de Baudinard de 5.60 m alors qu'elle n'est que de 1.50 m dans la plaine des Salles en amont. L'impact de cet « étroit » pourrait être estimé si la topographie de la cuvette de Sainte Croix et du goulet de Baudinard a été levée avec précision avant l'édification du barrage.

D'autres sites pouvaient permettre une atténuation des forts débits, mais avec des volumes moindres.

Nous verrons que les estimations du débit centennal à Vinon à partir des pluies n'ont pas jusqu'à présent considéré l'atténuation hydrodynamique liée aux rétentions de volumes en amont des étroits et dans les plaines inondables.

## Les débits maxima instantanés annuels d'automne à la station de jaugeage de Quinson

La station de jaugeage de Quinson a été exploitée de 1873 à 1954, à l'amont d'un seuil fixe de 15 m de hauteur et 40 m de largeur construit en 1870 pour l'alimentation du canal d'Aix. C'est sans doute l'une des stations les plus fidèles implantées sur une rivière torrentielle; ce n'est que dans les dernières années de fonctionnement que l'engravement du lit consécutif à la construction du seuil a comblé le lit à proximité du seuil de Quinson et a de ce fait un peu modifié la courbe de tarage à l'amont du seuil fixe, en abaissant le niveau à débit donné. De 1873 à 1905, la mesure des niveaux a été faite à l'échelle implantée sur le seuil, lue quotidiennement. A partir de 1905 jusqu'en 1954, la mesure a été effectuée au limnigraphe implanté à 50 m en amont du seuil.

J. Carzon a procédé <sup>2</sup> à une étude critique du fonctionnement de la station tout à fait remarquable, dans sa thèse primée par la SHF en 1958. Il a pu corriger les courbes de tarage reliant hauteur et débit, en utilisant les jaugeages effectués au pont de Quinson et les corrélations effectuées entre les échelles de mesure successives. Il est difficile de mieux faire et nous utiliserons les données de débits maxima des semestres d'automne (septembre à janvier) et de printemps (février à août) qu'il a publiées et que nous reportons en annexe.

Le traitement statistique des débits maxima d'automne permet à J. Carzon de proposer les valeurs suivantes des débits maxima d'automne en fonction de la période de retour :

| Période de retour,                | 2 ans | 10 ans | 25 ans | 100 ans |
|-----------------------------------|-------|--------|--------|---------|
| Débit maximum (m <sup>3</sup> /s) | 265   | 600    | 780    | 1030    |

Le rapport entre débit centennal et débit décennal est égal à 1.72, ce qui aujourd'hui est jugé relativement faible pour un bassin de type dominant méditerranéen. Ce résultat peut s'expliquer de trois façons :

- L'allongement important du bassin détermine un comportement caractéristique d'un bassin de superficie plus importante : ainsi, dans le bassin contigu de la Durance, le rapport entre débit centennal et débit décennal avant aménagement est de 1.67.
- La variabilité des largeurs et l'étroitesse des goulets favorise une atténuation des débits croissante avec leur importance.

<sup>2</sup> Thèse présentée le 29 juin 1957 à la Faculté des Sciences de Grenoble – Le régime du Verdon – Exemple original à la bibliothèque de l'ENSE3

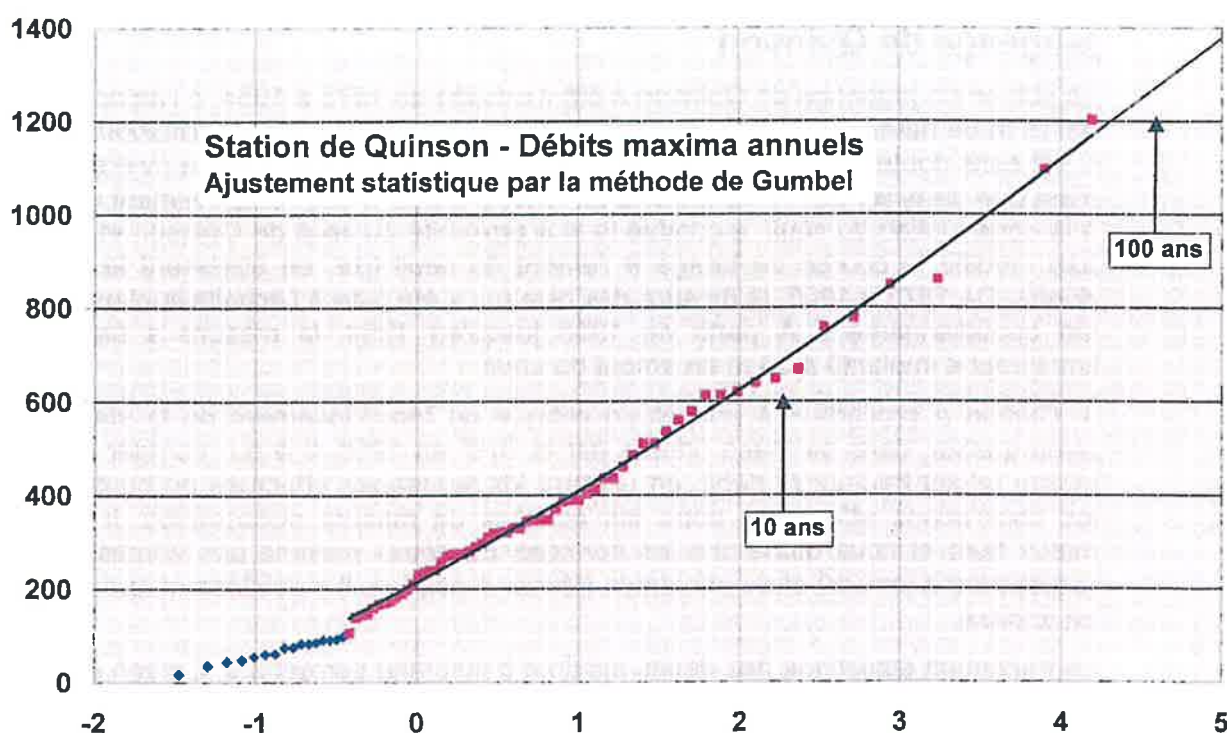
- Les plus fortes crues ont été enregistrées au cours de la séquence 1873-1905 avec une seule valeur journalière, donc pas nécessairement au maximum de la crue qui est donc sous-estimé.

Nous avons donc jugé prudent de corriger les valeurs maxima antérieures à 1905 en les majorant de 18 %.

Nous avons aussi modifié légèrement la période de retour expérimentale des deux plus fortes crues de l'échantillon de Carzon (1882 et 1886) en observant que les deux plus fortes crues des 200 dernières années « naturelles » sont les crues de 1843 et 1994. Les crues de 1882 et 1886 se classent alors au 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> rang, ce qui leur donne une période de retour de 50 et 67 ans.

Le graphique d'ajustement statistique des débits résultant de cette correction est figuré ci après et donne les valeurs suivantes des débits maxima d'automne en fonction de la période de retour :

|                                   |       |        |        |         |
|-----------------------------------|-------|--------|--------|---------|
| Période de retour,                | 2 ans | 10 ans | 25 ans | 100 ans |
| Débit maximum (m <sup>3</sup> /s) | 275   | 670    | 910    | 1270    |



### Estimation des débits maxima annuels à partir des pluies (hors présence des barrages)

Ces estimations sont faites à partir des pluies et de l'appréciation du ruissellement. Elles ne peuvent prendre en compte l'atténuation de l'onde de crue dans les plaines situées en amont de rétrécissements telles que les plaines de Salles, Quinson et Gréoux-Vinon.

### Estimation EDF (1995)

EDF DTG a effectué plusieurs études des débits maxima instantanés annuels à partir de la pluviométrie. Ces estimations utilisent la méthode du gradex pour l'extrapolation aux fréquences rares. L'estimation la plus récente à notre connaissance a été publiée en 1995

et est reproduite dans le tome 2 (SOGREAH) de l'étude du schéma global de gestion. Nous la résumons dans le tableau suivant :

| Période de retour | Verdon Ste Croix       | Verdon Quinson         | Verdon Gréoux          |
|-------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Bassin versant    | 1590 km <sup>2</sup>   | 1667 km <sup>2</sup>   | 1820 km <sup>2</sup>   |
| 10 ans            | 570 m <sup>3</sup> /s  | 590 m <sup>3</sup> /s  | 640 m <sup>3</sup> /s  |
| 100 ans           | 1390 m <sup>3</sup> /s | 1440 m <sup>3</sup> /s | 1570 m <sup>3</sup> /s |

On remarque que l'estimation du débit centennal à Quinson et Gréoux (en amont du Colostre) est basée sur un accroissement du débit maximum proportionnel à la superficie. Cette majoration est très exagérée. En effet les apports aval ne sont pas concomitants avec la crue du Verdon amont et les maxima ne peuvent donc s'additionner. D'autre part, les pluies sur le bassin aval sont inférieures aux pluies sur le bassin amont, ce qui diminue encore la contribution du bassin versant aval.

En outre l'accroissement du débit de Ste Croix à Quinson devrait être diminué de la valeur de l'atténuation du débit maximum dans la plaine de Salles.

L'accroissement du débit de Quinson à Gréoux doit être inférieur à celui calculé. Il peut même être de l'ordre de grandeur de l'atténuation du débit maximum dans les plaines inondables : la majoration du débit maximum entre Quinson et Gréoux peut donc être négligeable. Nous reviendrons sur ce point lors de l'analyse de la crue de novembre 1994.

### Estimation Sogreah (2002)

Elle est basée sur la méthode Speed, qui est une variante de la méthode du gradex.

| Période de retour | Verdon Quinson         | Verdon Vinon           | Colostre (St Martin)  |
|-------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|
| Bassin versant    | 1667 km <sup>2</sup>   | 2190 km <sup>2</sup>   | 216 km <sup>2</sup>   |
| 10 ans            | 554 m <sup>3</sup> /s  | 680 m <sup>3</sup> /s  | 69 m <sup>3</sup> /s  |
| 100 ans           | 1413 m <sup>3</sup> /s | 1734 m <sup>3</sup> /s | 235 m <sup>3</sup> /s |

Le débit à Vinon a été calculé à partir des débits à Quinson et proportionnellement au rapport des superficies à la puissance 3/4, ce qui donne un résultat plus faible que le rapport adopté par EDF, mais reste trop élevé : la surface du bassin du Verdon et sa forme justifieraient mieux un exposant 1/2.

La modération des fortes pluies sur le bassin du Colostre n'est pas non plus prise en compte, alors que le débit maximum estimé du Colostre justifierait un abattement.

Comme avec EDF, l'atténuation du débit maximum dans les plaines de Salles, Quinson et Gréoux n'est pas comptabilisée; or la simulation de la crue de novembre 1994 effectuée dans le tome 4 « Analyse de l'inondabilité », sur la seule plaine de Gréoux à Vinon, calcule une atténuation du débit maximum de l'ordre de 100 m<sup>3</sup>/s. On notera que, dans sa conclusion du tome 2, SOGREAH ne prend pas en compte cette atténuation, mais suggère de le faire, en refaisant le calcul avec les débits adoptés pour une crue centennale.

## Incidence du barrage de Sainte Croix : analyse de la crue de novembre 1994

Nous avons rassemblé dans le tableau suivant les caractéristiques des trois retenues de Ste Croix, Quinson, et Gréoux concernant leur gestion en forte crue.

|                                                       | STE CROIX   | QUINSON    | GREOUX     |
|-------------------------------------------------------|-------------|------------|------------|
| Retenue normale RN (NGF)                              | 477         | 404        | 359        |
| Retenue maximum Rmax (NGF)                            | 481.7       | 404.5      | 361        |
| Superficie plan d'eau à la cote RN (km <sup>2</sup> ) | 21.8        | 1.9        | 3.55       |
| Capacité à la cote RN (m <sup>3</sup> )               | 767 000 000 | 18 500 000 | 80 000 000 |
| Débit max. "évacuable" à cote RN (m <sup>3</sup> /s)  | 1100        | 1200       | 1460       |
| Débit déversé à la cote Rmax (m <sup>3</sup> /s)      | 1139        | 1293       | 2175       |

Le barrage de Ste Croix présente une capacité importante d'écrêtement des fortes crues, soit 106 millions de m<sup>3</sup> réservés à cet usage. Lorsque le débit entrant est inférieur au débit maximum "évacuable" sous la cote RN, soit 1100 m<sup>3</sup>/s, les vannes sont réglées pour évacuer le débit entrant. Lorsque le débit entrant est supérieur au débit de 1100 m<sup>3</sup>/s, le débit sortant est régulé par les vannes de fond et varie peu.

Le volume de 106 millions de m<sup>3</sup> accumulé entre les cotes Rmax et RN doit en théorie permettre l'accumulation d'une crue déca-millénaire, le débit évacué par les vannes pendant cette phase de remplissage étant peu variable.

SOGREAH a récapitulé les données communiquées par EDF sur le fonctionnement des retenues en novembre 1994.

|                                                       | STE CROIX  | QUINSON | GREOUX    |
|-------------------------------------------------------|------------|---------|-----------|
| Cote normale de la retenue (NGF)                      | 476.68     | 403     | 358.5     |
| Cote maximum de la retenue (NGF)                      | 477.60     | 404.48  | 359.28    |
| Débit max. entrant dans retenue (m <sup>3</sup> /s)   | 1403       | 1130    | 1073      |
| Débit max. vannes (m <sup>3</sup> /s)                 | 1105       | 1200    | 1000      |
| Débit turbiné à la pointe de crue (m <sup>3</sup> /s) | 73         | 0       | 50        |
| Total débit sortant (m <sup>3</sup> /s)               | 1159       | 1200    | 1050      |
| Volume accumulé en nov.1994 au dessus cote RN         | 13 000 000 | 910 000 | 1 000 000 |

On remarque, au maximum de la crue, qu'un débit de 73 m<sup>3</sup>/s a été turbiné : ce renseignement est incomplet ; il serait nécessaire de connaître le débit turbiné pendant toute la crue et les règles suivies pour la production électrique lors de crues supérieures à 1100 m<sup>3</sup>/s.

L'écrêtement de la crue de novembre 1994 n'a utilisé que 13% du volume réservé à cette fonction; si devaient survenir des crues très supérieures à la crue de 1994, le débit sortant ne devrait donc pas augmenter de façon appréciable.

## Synthèse

Même si l'on n'accorde qu'un crédit limité à l'estimation de la crue de 1843 proposée par Auriol, on doit constater que les estimations du débit maximum à Ste Croix ( $1400 \text{ m}^3/\text{s}$ ) sont les mêmes pour les crues de 1843 et 1994. A Ste Croix la période de retour expérimentale de ces deux crues est donc de 100 ou 200 ans.

Les analyses d'EDF à Ste Croix et de SOGREAH et EDF à Quinson calculent un débit centennal de l'ordre de  $1400 \text{ m}^3/\text{s}$ , mais ne prennent pas en compte l'atténuation entre Sainte Croix et Quinson.

Avant construction du barrage de Ste Croix, le remous créé par le goulet de Baudinard dans la plaine de Salles a déterminé une atténuation du débit à Quinson. Il est donc normal que notre estimation du débit centennal à Quinson ( $1275 \text{ m}^3/\text{s}$ ) soit inférieure aux maxima des deux plus fortes crues survenues aux 19<sup>ème</sup> et 20<sup>ème</sup> siècles, même si l'atténuation d'alors était plus faible que celle qui résulte aujourd'hui de la consigne de crue du barrage. Si des levés de la cuvette et du goulet de Baudinard effectués avant construction du barrage pouvaient être retrouvés, un calcul classique permettrait de vérifier l'atténuation avant construction des barrages du débit maximum entre Sainte Croix et Quinson.

Il y a une très bonne concordance entre les différentes estimations, si l'on admet que, lors d'une crue centennale, une centaine de  $\text{m}^3/\text{s}$  était écrêtée dans la plaine de Salles avant mise en service du barrage.

**La crue de novembre 1994 peut être considérée comme une crue centennale à Sainte Croix. La crue de 1843 n'est pas supérieure à la crue de 1994 à Sainte Croix; le débit maximum de cette crue à Vinon ne peut pas avoir été mesuré et n'est donc qu'une extrapolation hypothétique du débit mesuré ou estimé à Ste Croix.**

Le modèle hydrologique présenté par Sogreah de la crue dite « crue centennale type 1994 » calcule à Quinson un débit maximum sans barrage de  $1600 \text{ m}^3/\text{s}$ , mais ce débit est plus que centennal, comme le précise d'ailleurs l'auteur de l'étude. Cette évaluation ne peut donc être considérée.

La consigne de fonctionnement du barrage de Sainte Croix au delà d'un débit entrant de  $1100 \text{ m}^3/\text{s}$  permet de maintenir jusqu'à la crue déca-millénale un débit sortant à peine supérieur et au maximum de  $1139 \text{ m}^3/\text{s}$ .

**Pour un événement centennal, le débit de consigne à la sortie du barrage de Sainte Croix sera donc très voisin de  $1100 \text{ m}^3/\text{s}$ , mais seulement si aucun débit n'est turbiné simultanément. Cette restriction devrait faire l'objet d'une concertation avec EDF et les services de l'Etat.**

A partir des laisses de la crue de novembre 1994 relevées en amont du pont de Vinon, nous avons estimé le débit maximum écoulé sous le pont à  $1085 \text{ m}^3/\text{s} \pm 10 \%$  en observant que le niveau aval du pont n'influait pas le niveau amont.

Entre le barrage de Ste Croix et le pont de Vinon, le débit maximum, diminue de  $74 \text{ m}^3/\text{s}$ . Cette diminution est la somme des apports des affluents (positifs) et des atténuations du bassin versant intermédiaire (négatives).

Entre Ste Croix et la sortie du barrage de Gréoux, le débit maximum aurait diminué de  $100 \text{ m}^3/\text{s}$  environ, ce qui semble excessif. Une telle diminution n'aurait été possible que si l'atténuation dans les retenues de Quinson et Gréoux, et dans la plaine de Quinson avait dépassé  $100 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Mais d'autre part la concordance entre l'estimation EDF (1050 m<sup>3</sup>/s) du débit sortant de la retenue de Gréoux) et notre estimation à Vinon est bonne. L'apport du Colostre et de la Malaurie (en décrue) semblerait à 35 m<sup>3</sup>/s près compensé par l'atténuation du débit maximum dans la plaine de Gréoux à Vinon ; or la simulation hydrodynamique réalisée par SOGREAH pour l'étude d'inondabilité (tome 4) évalue à 100 m<sup>3</sup>/s cette atténuation. C'est donc l'atténuation entre le barrage de Sainte Croix et le barrage de Gréoux qui pose problème.

## **Conclusion**

Deux options sont possibles en définitive pour le choix du débit de référence centennal à Vinon :

1. **On considère que les atténuations sont faibles entre Quinson et Vinon et que le débit sortant à Sainte Croix est celui estimé par Sogreah pour la crue de 1994. Le débit de référence centennal à Vinon sera celui proposé par Sogreah en conclusion de son étude hydrologique, soit 1300 m<sup>3</sup>/s.**
2. **Si ce débit est jugé excessif, une étude complémentaire devra approfondir la connaissance hydrodynamique de la propagation de la crue et affinera la quantification des apports du bassin intermédiaire : si l'atténuation mesurée entre Sainte Croix et Vinon est confirmée par la simulation, le débit de référence pourra alors être pris égal au débit minimum sortant du barrage de Sainte Croix, soit 1100 m<sup>3</sup>/s. Cette option ne peut être envisagée que si nous disposons d'une topographie simplifiée des cuvettes et précise des plaines de Quinson et Gréoux-Vinon.**

\*

**Il apparaît que, préalablement au choix de l'une ou l'autre option, il est nécessaire qu'une concertation entre la commune de Vinon, le Parc régional du Verdon, la DDTM et EDF critique la présente note et éventuellement la complète à partir de données omises ou ignorées.**

**Les clauses techniques de l'étude des aménagements seront définies à partir des conclusions de cette concertation.**

## ANNEXE

### Débits maxima annuels corrigés par J. Carzon

| Année | Printemps |       | Automne |       | Année   |       |
|-------|-----------|-------|---------|-------|---------|-------|
|       | Date      | Débit | Date    | Débit | Date    | Débit |
| 1873  | 19-mars   | 312   | 04-nov  | 294   | 01-janv | 390   |
| 1874  | 13-avr    | 120   | 05-janv | 77    | 13-avr  | 120   |
| 1875  | 13-avr    | 104   | 28-janv | 52    | 13-avr  | 104   |
| 1876  | 10-mai    | 204   | 05-déc  | 252   | 05-déc  | 252   |
| 1877  | 31-mai    | 254   | 13-nov  | 70    | 31-mai  | 254   |
| 1878  | 29-juin   | 117   | 28-nov  | 272   | 28-nov  | 272   |
| 1879  | 29-mai    | 520   | 08-sept | 77    | 29-mai  | 520   |
| 1880  | 13-mai    | 163   | 09-nov  | 178   | 09-nov  | 178   |
| 1881  | 27-mai    | 128   | 01-déc  | 219   | 01-déc  | 219   |
| 1882  | 05-mai    | 253   | 28-janv | 930   | 28-janv | 930   |
| 1883  | 01-juin   | 200   | 28-nov  | 37    | 14-janv | 324   |
| 1884  | 04-juin   | 181   | 05-sept | 90    | 04-juin | 181   |
| 1885  | 03-févr   | 395   | 02-nov  | 273   | 03-févr | 395   |
| 1886  | 10-avr    | 128   | 26-janv | 1020  | 26-janv | 1020  |
| 1887  | 07-avr    | 186   | 19-nov  | 200   | 19-nov  | 200   |
| 1888  | 28-mars   | 145   | 23-déc  | 730   | 23-déc  | 520   |
| 1889  | 14-juin   | 154   | 03-janv | 263   | 01-janv | 730   |
| 1890  | 17-avr    | 395   | 25-sept | 520   | 25-sept | 520   |
| 1891  | 18-mars   | 293   | 26-janv | 370   | 26-janv | 370   |
| 1892  | 30-mars   | 220   | 14-janv | 295   | 14-janv | 295   |
| 1893  | 23-mai    | 254   | 30-sept | 232   | 23-mai  | 254   |
| 1894  | 25-mai    | 177   | 15-janv | 550   | 17-nov  | 218   |
| 1895  | 08-juin   | 177   | 10-janv | 168   | 15-janv | 550   |
| 1896  | 28-juil   | 103   | 31-janv | 370   | 31-janv | 370   |
| 1897  | 09-juin   | 67    | 10-janv | 280   | 02-janv | 221   |
| 1898  | 18-avr    | 290   | 26-nov  | 455   | 26-nov  | 455   |
| 1899  | 22-juin   | 125   | 03-janv | 350   | 06-nov  | 219   |
| 1900  | 22-mars   | 201   | 29-sept | 490   | 29-sept | 490   |
| 1901  | 20-mars   | 490   | 04-janv | 520   | 04-janv | 520   |
| 1902  | 01-mars   | 140   | 12-janv | 330   | 12-janv | 330   |
| 1903  | 10-juin   | 705   | 12-déc  | 295   | 10-juin | 705   |
| 1904  | 12-févr   | 108   | 26-sept | 40    | 12-févr | 108   |
| 1905  | 06-mai    | 93    | 19-sept | 330   | 19-sept | 330   |
| 1906  | 06-juil   | 260   | 08-nov  | 850   | 08-nov  | 850   |
| 1907  | 14-juin   | 270   | 09-nov  | 460   | 09-nov  | 460   |
| 1908  | 25-avr    | 120   | 26-sept | 60    | 25-avr  | 120   |
| 1909  | 30-mars   | 195   | 11-sept | 55    | 30-mars | 195   |
| 1910  | 25-mai    | 180   | 09-déc  | 560   | 09-déc  | 560   |
| 1911  | 24-mai    | 167   | 24-nov  | 330   | 24-nov  | 330   |
| 1912  | 02-juin   | 200   | 01-déc  | 92    | 02-juin | 200   |
| 1913  | 28-mars   | 130   | 29-janv | 640   | 29-janv | 640   |

**Printemps : février à août**

**Automne : septembre à janvier**

## Débits maxima annuels (suite)

| Année | Printemps |       | Automne |       | Année   |       |
|-------|-----------|-------|---------|-------|---------|-------|
|       | Date      | Débit | Date    | Débit | Date    | Débit |
| 1914  | 27-mai    | 290   | 31-janv | 760   | 31-janv | 760   |
| 1915  | 30-mai    | 270   | 06-nov  | 85    | 30-mai  | 270   |
| 1916  | 05-avr    | 224   | 31-déc  | 320   | 13-déc  | 320   |
| 1917  | 21-mai    | 700   | 23-janv | 75    | 21-mai  | 700   |
| 1918  | 14-avr    | 340   | 08-janv | 275   | 14-avr  | 340   |
| 1919  | 21-févr   | 175   | 07-janv | 190   | 08-janv | 184   |
| 1920  | 17-mars   | 254   | 08-janv | 386   | 08-janv | 386   |
| 1921  | 23-mai    | 90    | 03-déc  | 17    | 23-mai  | 90    |
| 1922  | 22-mai    | 115   | 30-janv | 232   | 30-janv | 232   |
| 1923  | 22-avr    | 185   | 29-nov  | 485   | 29-nov  | 485   |
| 1924  | 21-juin   | 135   | 05-janv | 670   | 05-janv | 670   |
| 1925  | 15-févr   | 580   | 01-nov  | 240   | 15-févr | 580   |
| 1926  | 16-mai    | 400   | 13-nov  | 780   | 19-nov  | 780   |
| 1927  | 13-mars   | 120   | 23-nov  | 270   | 23-nov  | 270   |
| 1928  | 08-avr    | 150   | 28-janv | 510   | 28-janv | 510   |
| 1929  | 04-mai    | 95    | 27-janv | 370   | 04-mai  | 95    |
| 1930  | 07-mai    | 152   | 02-janv | 83    | 27-janv | 370   |
| 1931  | 20-mai    | 229   | 13-nov  | 403   | 13-nov  | 403   |
| 1932  | 08-mai    | 198   | 10-janv | 145   | 08-mai  | 198   |
| 1933  | 04-mars   | 145   | 17-nov  | 620   | 17-nov  | 620   |
| 1934  | 01-mai    | 2,75  | 15-nov  | 280   | 15-nov  | 280   |
| 1935  | 16-mai    | 152   | 11-nov  | 510   | 11-nov  | 510   |
| 1936  | 26-mars   | 375   | 28-janv | 147   | 26-mars | 375   |
| 1937  | 21-mai    | 190   | 30-janv | 345   | 30-janv | 345   |
| 1938  | 18-mai    | 170   | 22-nov  | 240   | 22-nov  | 240   |
| 1939  | 25-févr   | 160   | 20-déc  | 98    | 25-févr | 160   |
| 1940  | 24-juin   | 290   | 18-nov  | 140   | 24-juin | 290   |
| 1941  | 09-juin   | 220   | 13-nov  | 175   | 09-juin | 220   |
| 1942  | 30-avr    | 130   | 17-déc  | 170   | 17-déc  | 170   |
| 1943  | 22-avr    | 135   | 17-déc  | 275   | 17-déc  | 275   |
| 1944  | 18-avr    | 55    | 19-janv | 75    | 19-janv | 75    |
| 1945  | 07-févr   | 50    | 19-déc  | 290   | 19-déc  | 290   |
| 1946  | 14-mars   | 184   | 13-janv | 35    | 14-mars | 184   |
| 1947  | 07-mars   | 155   | 28-janv | 182   | 02-déc  | 126   |
| 1948  | 23-avr    | 185   | 02-janv | 167   | 23-avr  | 185   |
| 1949  | 03-mai    | 138   | 20-nov  | 160   | 02-janv | 167   |
| 1950  | 06-févr   |       |         |       |         |       |
| 1951  | 14-févr   | 233   | 12-nov  | 650   | 12,11   | 650   |
| 1952  | 07-mai    | 173   | 29-sept | 78    | 7,5     | 173   |
| 1953  | 13-mars   | 75    | 15-janv | 290   | 15,1    | 290   |
| 1954  | 18-mai    | 105   | 10-déc  | 400   | 10,12   |       |

Ressources, territoires, habitats et logement  
Énergie et climat  
Prévention des risques  
Développement durable  
Infrastructures, transports et mer

**Présent  
pour  
l'avenir**

CETE  
Méditerranée  
Département DREC  
Service RILH  
Pôle d'activités des Milles, Avenue Albert Einstein  
CS 70499 - 13593 Aix-en-Provence cedex 3  
Téléphone : 04 42 24 76 76  
Télécopie : 04 42 60 79 00

[www.cete-mediterranee.fr](http://www.cete-mediterranee.fr)

avec dispositions immédiatement opposables  
lié à la présence du

VERDON

Commune de : VINON-SUR-VERDON

### 3- CARTE REGLEMENTAIRE

Direction  
Départementale  
des Territoires  
et de la Mer  
VAR  

---

Service Aménagement  
Durable  

---

Pôle Risques

Juillet 2014  
Fond edigeo©IGN2007  
Echelle : 1 / 5 000

