



Syndicat Mixte de gestion du Parc naturel  
régional du Verdon  
Domaine de Valx  
04 360 Moustiers-Sainte-Marie

## Analyse de l'évolution du profil en long du Verdon dans les secteurs en déficit sédimentaire et de l'impact sur les ouvrages de protection, propositions d'intervention

*Rapport final – Janvier 2017*



1 bis Montée des Forts  
69300 Caluire et Cuire  
Tél : 04 27 78 23 80  
Mobile : 06 89 09 96 61  
Mail : [srobresco@sigosphere.com](mailto:srobresco@sigosphere.com)  
Site internet : [www.sigosphere.com](http://www.sigosphere.com)



Le Voley  
38 830 St Pierre d'Allevard  
Mobile : 06 24 24 64 78  
Mail : [sandrinelallias@yahoo.fr](mailto:sandrinelallias@yahoo.fr)  
Site internet :  
[www.morpheau.wix.com/morpheau-conseils](http://www.morpheau.wix.com/morpheau-conseils)

## Table des matières

1	Contexte de l'étude .....	6
1.1	Contexte général .....	6
1.2	Objectifs de l'étude .....	6
1.3	Présentation du bassin versant .....	6
1.3.1	Moyen Verdon.....	9
1.3.2	Bas Verdon.....	13
2	Evolution des profils en long .....	17
2.1	Données topographiques .....	17
2.1.1	Synthèse des données existantes.....	17
2.1.2	Acquisition des données en 2016.....	19
2.2	Méthodologie .....	21
2.3	Résultats sur le Moyen Verdon .....	24
2.3.1	Evolution à long terme (1907-2016).....	24
2.3.2	Evolution à court terme (2010-2016).....	26
2.4	Résultats sur Bas Verdon.....	30
2.4.1	Evolution à long terme (1907-2016).....	30
2.4.2	Evolution à court terme (2010-2016).....	31
3	Recensement des points de dysfonctionnement des ouvrages .....	41
3.1	Moyen Verdon.....	41
3.2	Bas Verdon.....	43
4	Propositions d'intervention de gestion .....	46
4.1	Propositions d'intervention sur le Moyen Verdon .....	47
4.2	Propositions d'intervention sur le Bas Verdon.....	47
4.3	Fiches action .....	48
5	Définition d'un protocole de suivi .....	68
6	Bibliographie.....	68
7	ANNEXES – Profils en travers.....	69

## Liste des figures

Figure 1 : Localisation du bassin versant du Verdon <i>Source : BD Carthage, IGN et fond Aster</i> .....	7
Figure 2 : Localisation des barrages hydroélectriques sur le Verdon <i>Source : BD Carthage, Scan25 IGN et SAGE Verdon 2006</i> .....	8
Figure 3 : Localisation du secteur du Moyen Verdon (aval du barrage de Chaudanne au lieu-dit de Brans) <i>Source : SIGosphere, 2016</i> .....	9
Figure 4 : Photographies du vallon des Angles <i>Source : SIGosphere, 2016</i> .....	10
Figure 5 : Photographies du seuil des Listes <i>Source : SIGosphere, 2016</i> .....	11
Figure 6 : Seuil EDF de Castellane, en amont de la restitution. A droite : à la fin de sa construction ( <i>Source : EDF</i> ). A gauche : En 2016 ( <i>Source : SIGosphere, 2016</i> ) .....	11
Figure 7 : Mur en enrochement le long de la zone artisanale <i>Source : SIGosphere, 2016</i> .....	12
Figure 8 : Série d'épis en aval du pont de Castellane <i>SIGosphere, 2016</i> .....	12
Figure 9 : Localisation du secteur du Bas Verdon (aval du barrage de Gréoux à la confluence Verdon / Durance) <i>Source : SIGosphere 2016</i> .....	13
Figure 10 : Vue du Verdon en aval de Gréoux entre 1820 et 1866. En rouge, le tracé actuel des digues et le seuil de Gréoux. <i>Source : Carte d'Etat-Major, IGN, Géoportail</i> .....	14
Figure 11 : Seuil EDF de Gréoux <i>Source : SIGosphere, 2016</i> .....	15
Figure 12 : Gué des Iscles <i>Source : SIGosphere, 2016</i> .....	15
Figure 13 : Seuil en amont de la restitution EDF, sur la commune de Vinon-sur-Verdon <i>Source : SIGosphere, 2016</i> .....	15
Figure 14. Seuil et parcours à canoë de Vinon-sur-Verdon <i>Source : SIGosphere, 2016</i> .....	16
Figure 15 : Digue fusible – lieu-dit "les Mians" <i>Source : SIGosphere, 2016</i> .....	16
Figure 16 : Localisation des profils en travers levés en 2016 sur le Moyen Verdon <i>Source : SIGosphere, 2016</i> .....	20
Figure 17 : Localisation des profils en travers levés en 2016 sur le Bas Verdon <i>Source : SIGosphere, 2016</i> ....	21
Figure 18 : Vieux barrage de Quinson sur le levé des GFH .....	22
Figure 19 : Illustration du linéaire de référence pour le Moyen Verdon <i>Source : SIGosphere, 2016</i> .....	23
Figure 20 : A gauche, boîte à moustache des différences d'altitude sur le Moyen Verdon. A droite, explication d'une boîte à moustache <i>Source : Morph'eau Conseils, 2016</i> .....	25
Figure 21 : Evolution du profil en long entre 1907 et 2016 sur le Moyen Verdon (fe : profil de la ligne d'eau, fd : profil du fond) <i>Source : Morph'eau Conseils, 2016</i> .....	27
Figure 22 : Résultat de l'analyse des profils en long entre 1907 et 2016 sur le Moyen Verdon <i>Source : SIGosphere, 2016</i> .....	28

Figure 23 : Résultat de l'analyse des profils en long entre 2010 et 2016 sur le Moyen Verdon <i>Source : SIGosphère, 2016</i> .....	29
Figure 24 : Boîte à moustache des différences d'altitude sur le Bas Verdon. * Données à partir du pont de Vinon pour 1907-2006 et 2006-2010 <i>Source : Morph'eau Conseils, 2016</i> .....	30
Figure 25 : A gauche, absence de seuil au niveau du pont de Vinon sur le levé des GFH. A droite, vue aérienne du pont de Vinon-sur-Verdon en 1944 <i>Source : IGN et <a href="http://vinon-sur-verdon.fr">http://vinon-sur-verdon.fr</a></i> .....	31
Figure 26 : Localisation des chenaux principaux levés en 2010 (vert) et 2016 (rouge) <i>Source : SIGosphère ...</i>	32
Figure 27 : Zone de la confluence avec la Durance. Evolution du profil en long entre 2010 et 2016 pour le chenal principal de 2016 et le chenal principal de 2010 <i>Source : Morph'eau Conseils, 2016</i> .....	32
Figure 28 : Evolution du profil en long entre 1907 et 2016 sur le Bas Verdon du pied de barrage de Gréoux au seuil EDF de Gréoux (fe : profil de la ligne d'eau, fd : profil du fond) <i>Source : Morph'eau Conseils, 2016</i> .....	34
Figure 29 : Evolution du profil en long entre 1907 et 2016 sur le Bas Verdon du seuil de Gréoux au seuil de Vinon <i>Source : Morph'eau Conseils, 2016</i> .....	35
Figure 30 : Evolution du profil en long entre 1907 et 2016 sur le Bas Verdon du seuil de Vinon à la confluence avec la Durance <i>Source : Morph'eau Conseils, 2016</i> .....	36
Figure 31 : Résultat de l'analyse des profils en long entre 1907 et 2016 sur le Bas Verdon, entre le barrage de Gréoux et le gué des Iscles <i>Source : SIGosphère, 2016</i> .....	37
Figure 32 : Résultat de l'analyse des profils en long entre 1907 et 2016 sur le Bas Verdon, entre le gué des Iscles et la confluence avec la Durance <i>Source : SIGosphère, 2016</i> .....	38
Figure 33 : Résultat de l'analyse des profils en long entre 2010 et 2016 sur le Bas Verdon, entre le barrage de Gréoux et le gué des Iscles <i>Source : SIGosphère, 2016</i> .....	39
Figure 34 : Résultat de l'analyse des profils en long entre 2010 et 2016 sur le Bas Verdon, entre le gué des Iscles et la confluence avec la Durance <i>Source : SIGosphère, 2016</i> .....	40
Figure 35. Buse terminale du Pesquier avant suppression <i>Source : SAGE Verdon, 2006</i> .....	42
Figure 36 : Affouillement des piles du pont sur le Pesquier à sa confluence avec le Verdon <i>Source : SIGosphère, 2016</i> .....	42
Figure 37 : Etat des lieux des aménagements sur le Moyen Verdon <i>Source : SIGosphère, 2016</i> .....	43
Figure 38 : Etat des lieux des aménagements sur le Bas Verdon – Secteur amont <i>Source : SIGosphère, 2016</i>	45
Figure 39 : Etat des lieux des aménagements sur le Bas Verdon – Secteur aval <i>Source : SIGosphère, 2016</i> ....	46
Figure 40 : Localisation du linéaire concerné par la fiche action.....	48
Figure 41 : Bouchon sédimentaire à la confluence Vallon des Angles / Verdon (a et b). Retenue dans le lit du Verdon en amont de la confluence (c). Ecoulement du Verdon dans sa ripisylve de rive gauche (d). Ecoulement du Verdon contre l'enrochement de protection de la zone artisanale (e). Banalisation des écoulements et présence de sédiments marneux (f).....	49

Figure 42 : Schéma de principe de l'opération.....	51
Figure 43 : Localisation du linéaire concerné par la fiche action .....	53
Figure 44 : Erosion sur la digue de la Barricade et déstructuration des enrochements du pied de digue .....	54
Figure 45 : Schéma de principe de l'opération.....	55
Figure 46 : Localisation du gué des Iscles.....	57
Figure 47 : Photographies du gué des Iscles .....	58
Figure 48 : Aménagement de principe d'un gué sur une rivière en Ardèche .....	58
Figure 49 : Localisation du linéaire concerné par la fiche action .....	60
Figure 50 : Photographies de l'enrochement de protection de la station d'épuration de Vinon-sur-Verdon..	61
Figure 51 : Schéma de principe de l'opération.....	62
Figure 52 : Localisation du linéaire concerné par la fiche action .....	64
Figure 53 : Erosion sur la digue de la Barricade et déstructuration des enrochements du pied de digue .....	65
Figure 54 : Schéma de principe de l'opération.....	66

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Description des 5 barrages hydroélectriques présents sur le Verdon (Source : SAGE Verdon, 2006) .....	8
Tableau 2 : Recensement des données topographiques levées sur le Moyen Verdon .....	17
Tableau 3 : Recensement des données topographiques levées sur le Bas Verdon .....	18
Tableau 4 : Récapitulatif des profils en travers.....	18
Tableau 5 : Liste des lâchers exceptionnels au barrage de Chaudanne (Source : EDF). .....	26
Tableau 6 : Liste des lâchers exceptionnels au barrage de Gréoux (Source : EDF). .....	33

# 1 Contexte de l'étude

## 1.1 Contexte général

Dans le cadre de la mise en œuvre du SAGE Verdon (2003), différents suivis sont prévus sur le bassin versant du Verdon et notamment le suivi du lit du cours d'eau. Ce suivi a pour but d'évaluer les impacts des aménagements du lit du Verdon sur le transit sédimentaire, comme les barrages hydro-électriques de Castillon-Chaudanne et de Gréoux. Le lit à l'aval de ces deux barrages présente un déficit sédimentaire important qui a tendance à provoquer une déstabilisation des ouvrages de protection, jalonnant le lit du Verdon.

Le SAGE préconise un suivi géomorphologique, tous les 5 ans ou suite à des crues importantes, du lit du Verdon sur le secteur du Moyen Verdon (traversée de Castellane) et sur le secteur du Bas Verdon (du barrage de Gréoux à la retenue de Cadarache).

## 1.2 Objectifs de l'étude

Le premier objectif de cette étude sera de lever un profil en long sur deux secteurs en déficit sédimentaire :

- Le Moyen Verdon, du pied du barrage de Chaudanne au lieu-dit des Brans (aval de la commune de Castellane), sur 8,7 km,
- Le Bas Verdon, du pied du barrage de Gréoux à la confluence avec la Durance, soit 16,2 km.

A la suite de ces levés, les profils en long des différents secteurs devront être comparés aux profils en long antérieurs pour mettre en évidence la dynamique alluviale (incision, exhaussement) et pour identifier les secteurs où l'évolution du lit est susceptible d'entraîner des désordres sur les ouvrages. Au vu des résultats, des interventions, pour le confortement des digues et des ouvrages de protection contre les inondations, devront être proposées.

Le deuxième objectif sera de lever 16 profils en travers au niveau des secteurs à enjeux (3 sur le Moyen Verdon et 13 sur le Bas Verdon).

Le dernier objectif sera d'optimiser le protocole de suivi mis en place.

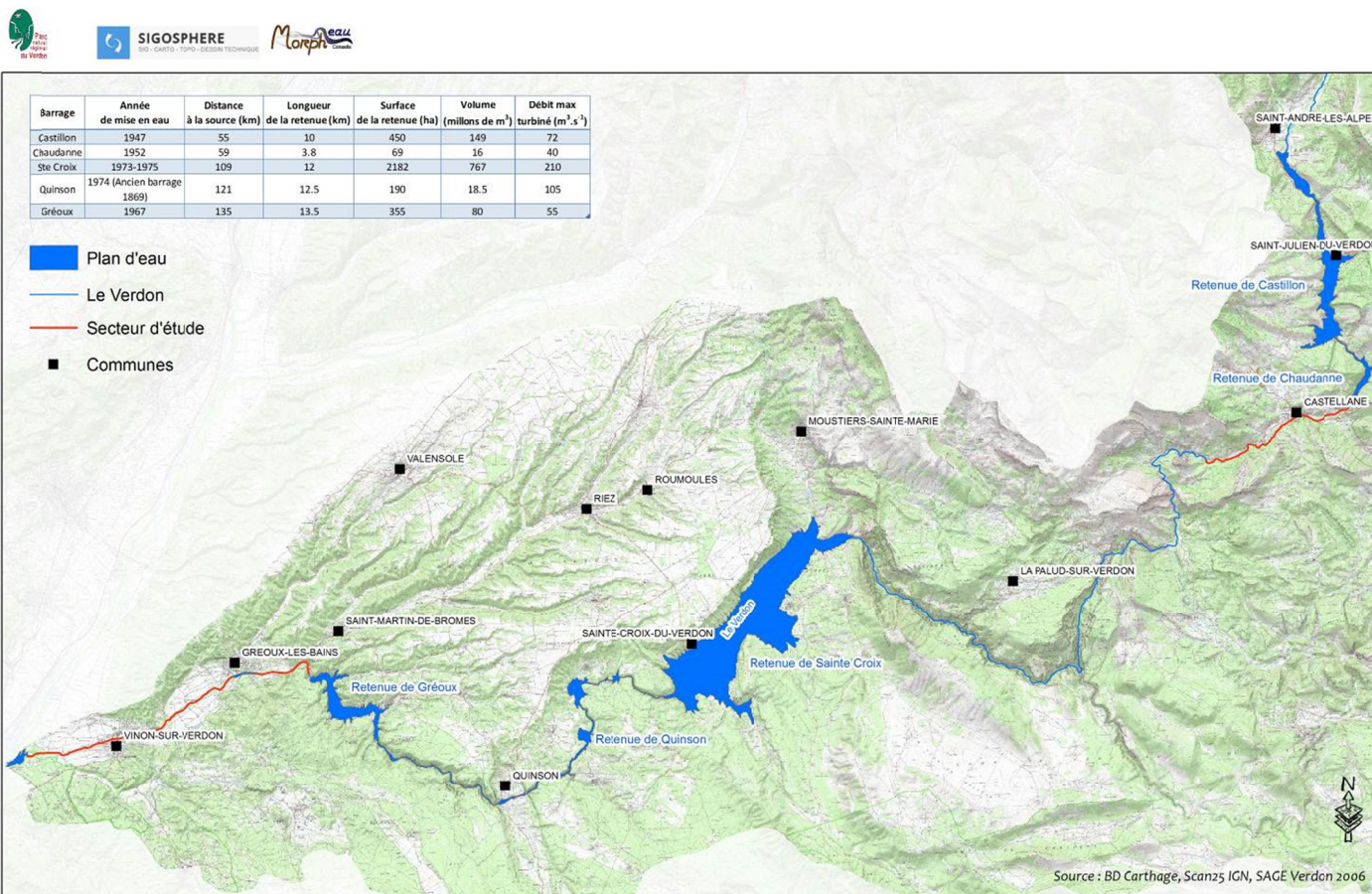
## 1.3 Présentation du bassin versant

Le Verdon, affluent de rive gauche de la Durance, prend sa source dans le massif des Trois Evêchés à 2 325 m d'altitude. Son bassin versant mesure 2 289 km<sup>2</sup> et se situe sur les départements des Alpes-de-Haute-Provence, des Alpes-Maritimes, des Bouches-du-Rhône et du Var. La confluence avec la Durance s'effectue dans la retenue de Cadarache à 237 m d'altitude (*Figure 1 et Carte 1 de l'atlas cartographique*). La pente moyenne de la rivière est de 1,29 % et sa longueur est de 165 km (*Source : SAGE Verdon*).



## Présentation des secteurs d'étude

Planche 2



Analyse de l'évolution du profil en long du Verdon dans les secteurs en déficit sédimentaire et de l'impact sur les ouvrages de protection, propositions d'intervention

Figure 2 : Localisation des barrages hydroélectriques sur le Verdon  
Source : BD Carthage, Scan25 IGN et SAGE Verdon 2006

Les caractéristiques des 5 barrages sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1 : Description des 5 barrages hydroélectriques présents sur le Verdon (Source : SAGE Verdon, 2006)

Barrage	Année de mise en eau	Distance à la source (km)	Longueur de la retenue (km)	Surface de la retenue (ha)	Volume (millions de m <sup>3</sup> )	Débit max turbiné (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )
Castillon	1947	55	10	450	149	72
Chaudanne	1952	59	3.8	69	16	40
Ste Croix	1973-1975	109	12	2182	767	210
Quinson	1974 (Ancien barrage 1869)	121	12.5	190	18.5	105
Gréoux	1967	135	13.5	355	80	55

Ainsi, sur le secteur du Moyen Verdon, le complexe hydroélectrique est celui de Castillon – Chaudanne. Il s'agit de deux retenues ; Castillon se trouvant en amont de Chaudanne. Nous ne parlerons ici que de Chaudanne car il s'agit du dernier ouvrage hydroélectrique impactant le secteur. La retenue de 69 ha a été mise en eau en 1952. La longueur de la retenue est de 3,8 km pour un volume stocké de 16 millions de m<sup>3</sup>.

Dans les zones fortement anthropisées, le lit et les berges du Verdon sont fortement aménagés avec des

protections de berges de type enrochement, des digues de protection contre les inondations et l'érosion, des ouvrages de franchissement (ponts...) et des aménagements de loisirs (accès à l'eau, parcours de canoë-kayak...). Le cours d'eau a aussi subi de nombreux recalibrages, rectifications et reprofilages. Les confluences des torrents sont souvent recalibrées et endiguées (*Source : SAGE Verdon, 2006*).

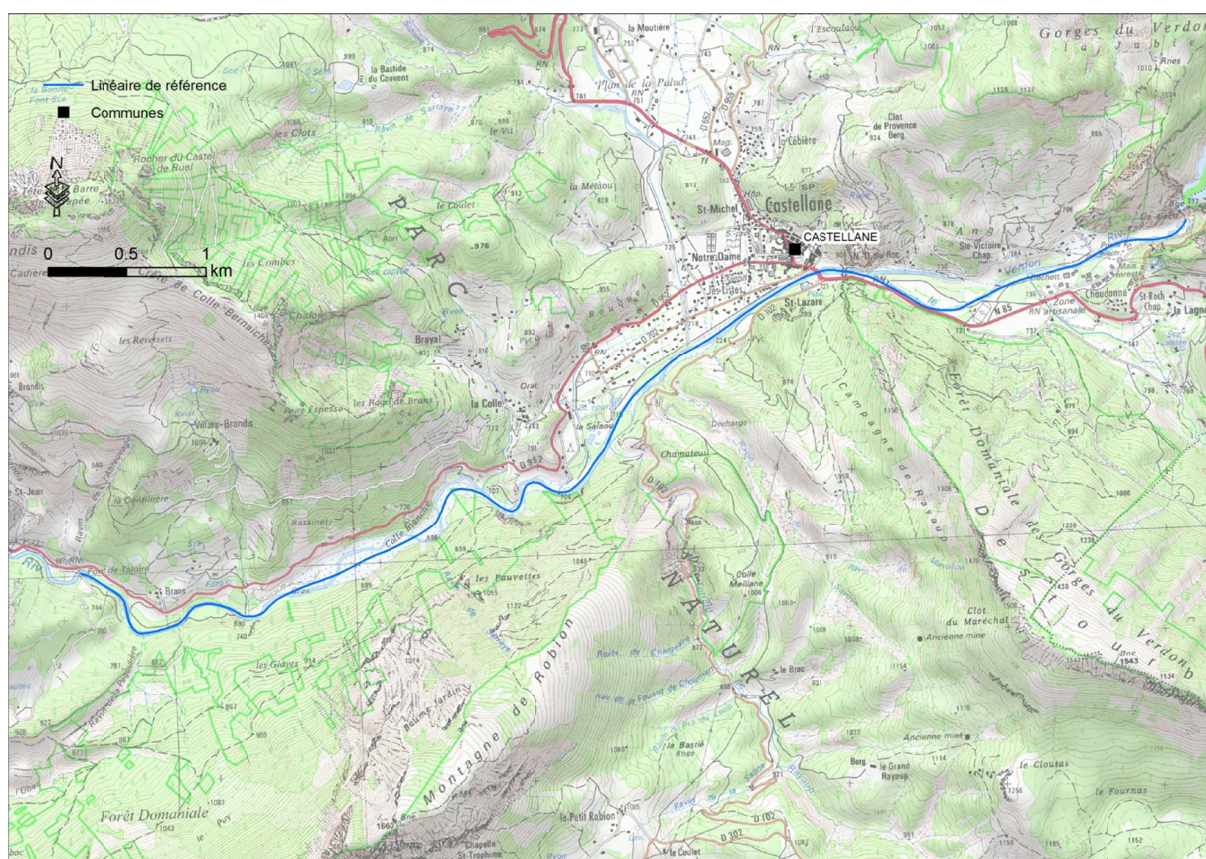
A Castellane, les premières tentatives d'endiguement dateraient du 15<sup>ème</sup> siècle. La digue de la « barricade » daterait de 17<sup>ème</sup> siècle pour la partie amont et de la deuxième moitié du 18<sup>ème</sup> siècle pour la partie aval. Au 19<sup>ème</sup> siècle, elle a été reprise et allongée (*Source : SCP, 2014*). A Vinon et Gréoux, la plaine a été aménagée par des épis puis par des endiguements longitudinaux au 19<sup>ème</sup> siècle (*Source : SAGE Verdon, 2006*).

Des extractions de granulats ont eu lieu à La Mure-Argens sur le Haut Verdon, à Thorame-Haute, au Priolat sur le Jabron, en aval de Castellane (secteur de la Colle Blanche) sur le Moyen Verdon. A Saint-André-les-Alpes, un curage de la queue de retenue est encore autorisé (*Source : SAGE Verdon, 2006*).

**Le périmètre de l'étude se situe sur le Moyen Verdon (traversée de Castellane) et sur le Bas Verdon (du barrage de Gréoux à la retenue de Cadarache) (*Carte 2 de l'atlas cartographique*).**

### 1.3.1 Moyen Verdon

Le site d'étude s'étend du pied de barrage de Chaudanne jusqu'en aval de la commune de Castellane au lieu-dit de Brans (*Figure 3*).



**Figure 3 : Localisation du secteur du Moyen Verdon (aval du barrage de Chaudanne au lieu-dit de Brans)**  
*Source : SIGosphère, 2016*

Les 2,25 km amont du secteur correspondent au tronçon court-circuité (TCC) de l'aménagement

hydroélectrique de Chaudanne. Il s'étend du pied du barrage (un barrage-voûte de près de 60 mètres de haut) à l'arrivée de la restitution du canal de fuite de l'usine en rive droite du Verdon en amont du vieux pont de Castellane. Ce tronçon se caractérise par un débit réservé, initialement de  $0,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  puis relevé depuis juin 2011 à  $1,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  de juillet à mi-septembre. Le reste de l'année, le débit est de  $3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Ponctuellement sont déversés les forts débits des évacuateurs de crues.

Deux petits affluents sont présents dans le TCC :

- Le vallon des Angles en rive droite (*Figure 4*),
- Le ravin de Destourbes en rive gauche.



**Figure 4 : Photographies du vallon des Angles**  
Source : SIGosphere, 2016

Noter qu'au droit de la confluence Verdon / Destourbes, l'affluent a déposé une grande quantité de sédiments qui a bouché le lit du Verdon et l'a rejeté sur sa rive gauche dans un passage très végétalisé.

Deux seuils sont présents sur ce secteur du Moyen Verdon :

- Le seuil des Listes,
- Le seuil EDF de Castellane, en amont de la restitution.

D'une hauteur de chute de 1,15 m, le seuil des Listes se trouve en amont de la confluence avec le ravin de Destourbes. Le seuil dispose d'une prise d'eau à vocation d'irrigation des parcelles de la commune de Castellane (*Figure 5*).



Figure 5 : Photographies du seuil des Listes  
Source : SIGosphère, 2016

Le seuil EDF de Castellane, en amont de la restitution, mis en service en 1953 et en même temps que la centrale de Chaudanne, dispose d'une hauteur de chute de 3,5 m (Figure 6). D'après EDF, en 1953, à la mise en service des aménagements hydroélectriques, les fonds en aval immédiat du seuil étaient à la cote 720 m NGF. Il a été signalé par EDF que cette valeur de 720 m NGF est la valeur de référence pour le contrôle de la zone aval du canal de fuite de l'usine (Source : EDF – Catherine Le Normant).

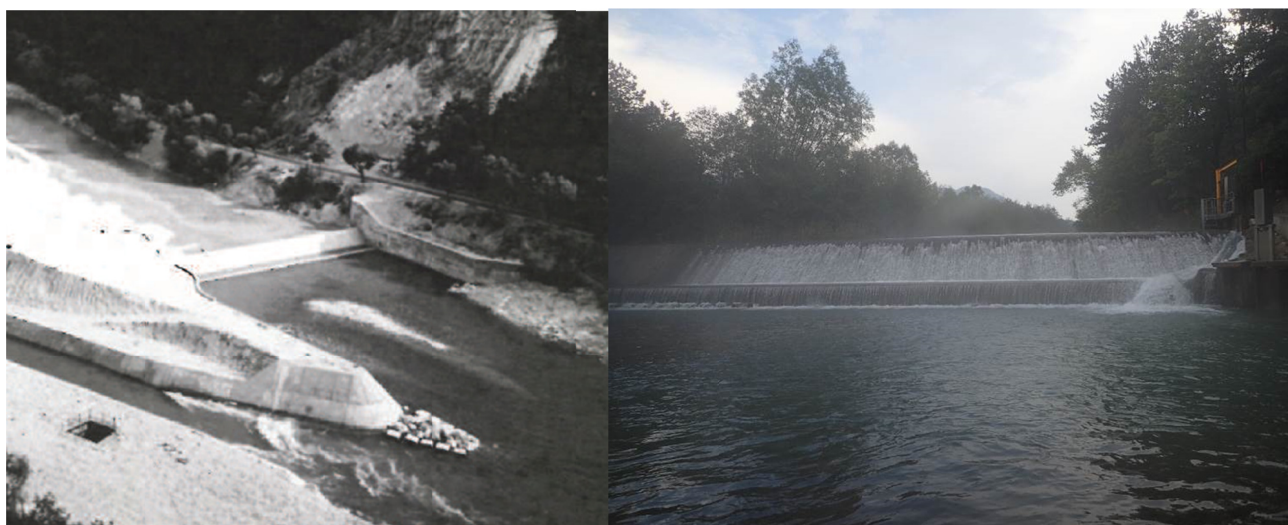


Figure 6 : Seuil EDF de Castellane, en amont de la restitution. A droite : à la fin de sa construction (Source : EDF). A gauche : En 2016 (Source : SIGosphère, 2016).

A l'aval de la confluence avec le vallon des Angles se trouve la zone artisanale de Castellane, qui est protégée par un enrochement, probablement construit en urgence suite à la crue de 1994 (Figure 7).

Des projets de restauration ont été proposés par Biotec (2013), il s'agit :

- De l'expérimentation de chasse de décolmatage,
- De l'aménagement du seuil des Listes en maintenant la prise d'eau,
- De l'aménagement d'épis pour dynamiser les écoulements dans les secteurs de la zone artisanale et en amont du seuil EDF,

- D'une gestion de la confluence avec le Destourbes.



Figure 7 : Mur en enrochement le long de la zone artisanale  
Source : SIGosphere, 2016

A partir du vieux pont de Castellane (Pont du Roc), le Verdon longe le centre de ville de Castellane. En aval du pont routier de Castellane, une série d'épis jalonne le cours d'eau et concentre les écoulements (Figure 8). Plus en aval, la digue de la Barricade protège en rive droite la plaine de Castellane en aval du centre-ville et jusqu'au camping "Le Domaine du Verdon". Cette digue avait pour vocation de protéger les berges de l'érosion. La digue protège de nombreuses habitations, des parcelles agricoles, des jardins et la station d'épuration de Castellane. Le principal affluent sur ce secteur est le ravin du Pesquier (appelé aussi "Palud" ou "Rouret").



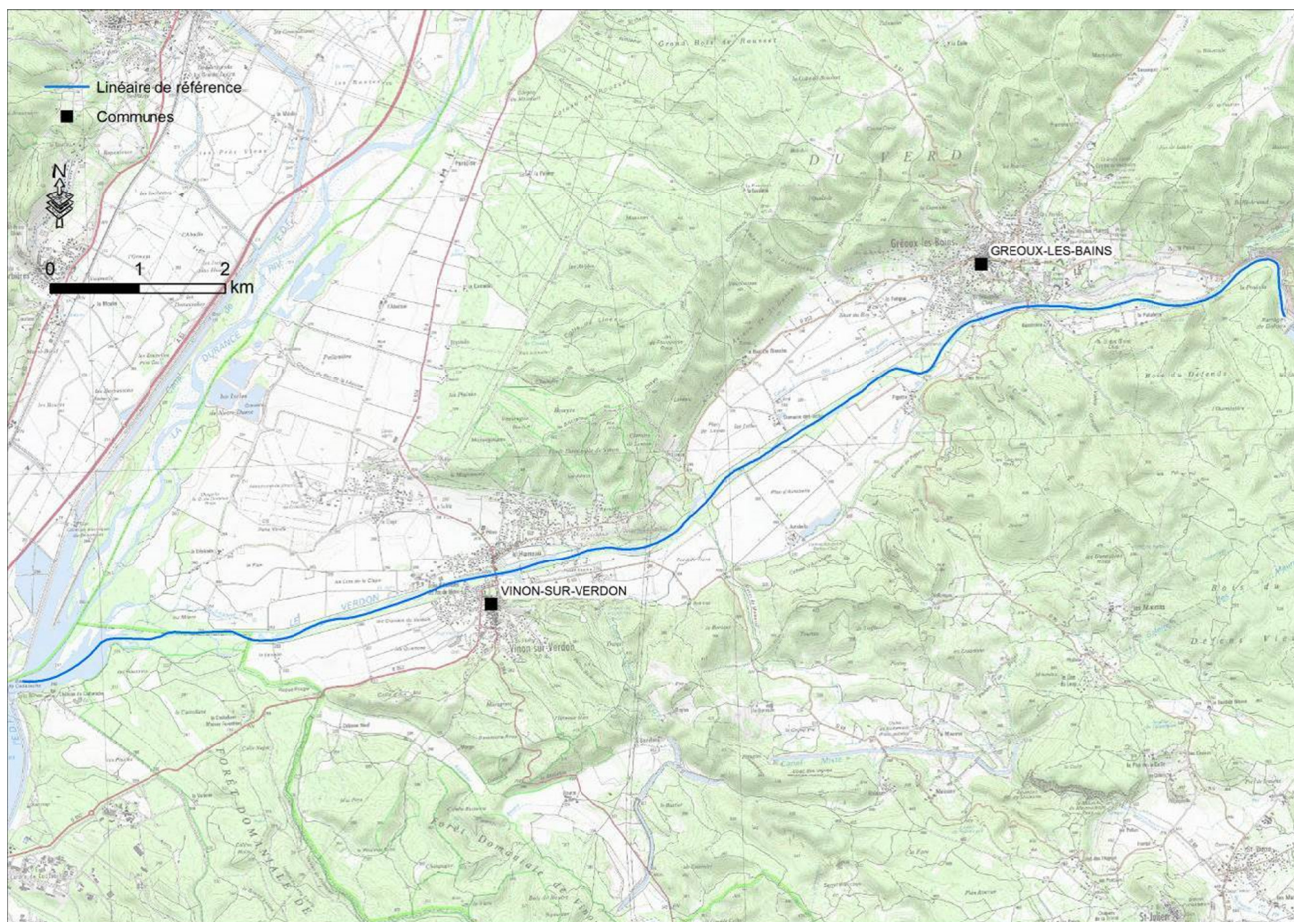
Figure 8 : Série d'épis en aval du pont de Castellane  
SIGosphere, 2016

En aval du camping « La Porte des Gorges du Verdon », la rivière présente un style à méandre contraint par des versants rocheux dans une zone à faible enjeu. En aval des méandres, le Verdon se caractérise par une réouverture de son fond de vallée sur près de 200 m de large et 1 km de long. Cette zone est une ancienne zone d'extraction de graviers (gravière de « la Colle Blanche »), qui a provoqué un enfoncement du lit. En aval, la rivière retrouve un style à méandre contraint jusqu'au pont de Taloire, qui marque l'entrée dans les gorges.

Le Moyen Verdon est sous l'influence du fonctionnement hydroélectrique de l'usine de Chaudanne. Le schéma global de gestion du Verdon (Sogreah, ETRM, Sibenson, BVA, 2002) a montré que les barrages piègent tous les apports solides grossiers provenant du Haut Verdon (~ 35 000 m<sup>3</sup> pour les apports annuels moyens et jusqu'à 130 000 m<sup>3</sup> pour une crue centennale).

### 1.3.2 Bas Verdon

Le site d'étude s'étend du pied du barrage de Gréoux jusqu'à la confluence avec la Durance au droit de la retenue de Cadarache (**Figure 9**).



**Figure 9 : Localisation du secteur du Bas Verdon (aval du barrage de Gréoux à la confluence Verdon / Durance)**  
*Source : SIGosphère 2016*

Le tronçon se caractérise par un tronçon court-circuité (TCC) du pied du barrage de Gréoux jusqu'à 240 m en amont du pont de Vinon-sur-Verdon. Sur ce secteur, le Verdon ne reçoit que :

- Le débit réservé défini à 2,2 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> depuis mi-avril 2011,
- Le débit de ses affluents, dont le principal est le Colostre,
- Les forts débits déversés au niveau du barrage en période de crue.

Plus en aval se trouve le seuil de Gréoux d'une hauteur de chute de 3,7 m (**Figure 11**), qui fait l'objet d'une étude de restauration des continuités écologiques (*Source : Artelia, 2014*). Le seuil de Gréoux a été construit entre 1966 et 1967 sur un affleurement rocheux. Celui-ci était déjà visible dans les années 1930 (cf.

vues aériennes du Verdon à Gréoux en 1934, 1950 et 1961, *source : Géoportail*). En aval de Gréoux, le Verdon est contraint par une digue en rive droite, appelée "barricade", et une digue en rive gauche débute en amont du hameau de Pigette. La carte d'Etat-Major (*Figure 10*) montre qu'à l'aval de Gréoux avant l'aménagement du lit du Verdon, le style fluvial du Verdon était un style en tresse. Les digues s'arrêtent en aval de la commune de Gréoux et recommencent en rive gauche au niveau de la confluence avec le ravin de Malaurie jusqu'au rejet de la centrale hydroélectrique (restitution). Une prise d'eau en rive droite est implantée dans le lit majeur au pied du relief du Collet des Fourches. Elle alimente un canal (canal du moulin de St André) qui longe le Verdon, en rive droite. Entre le seuil de Gréoux et la restitution EDF, se trouve le gué des Iscles (*Figure 12*), qui est endommagé. Environ 200 mètres en aval du gué des Iscles, un affleurement du substratum rocheux forme un seuil de 0,2 m de hauteur, difficilement franchissable, notamment par le Chabot (très répandu dans le secteur, d'après l'AAPPMA Verdon-Colostre. Sur ce secteur, le PNRV a engagé des travaux pour rétablir un bras secondaire de décharge en rive gauche d'une longueur de 600 m dont l'ouverture se situe 300 m en amont du gué des Iscles et la restitution 300 m en aval du gué. Deux seuils à vocation de loisirs et d'arrosage sont présents en amont de la restitution EDF de Vinon-sur-Verdon (*Figure 13*). Ces deux seuils font l'objet de projets d'arasement, qui sont à ce jour, bien avancés.

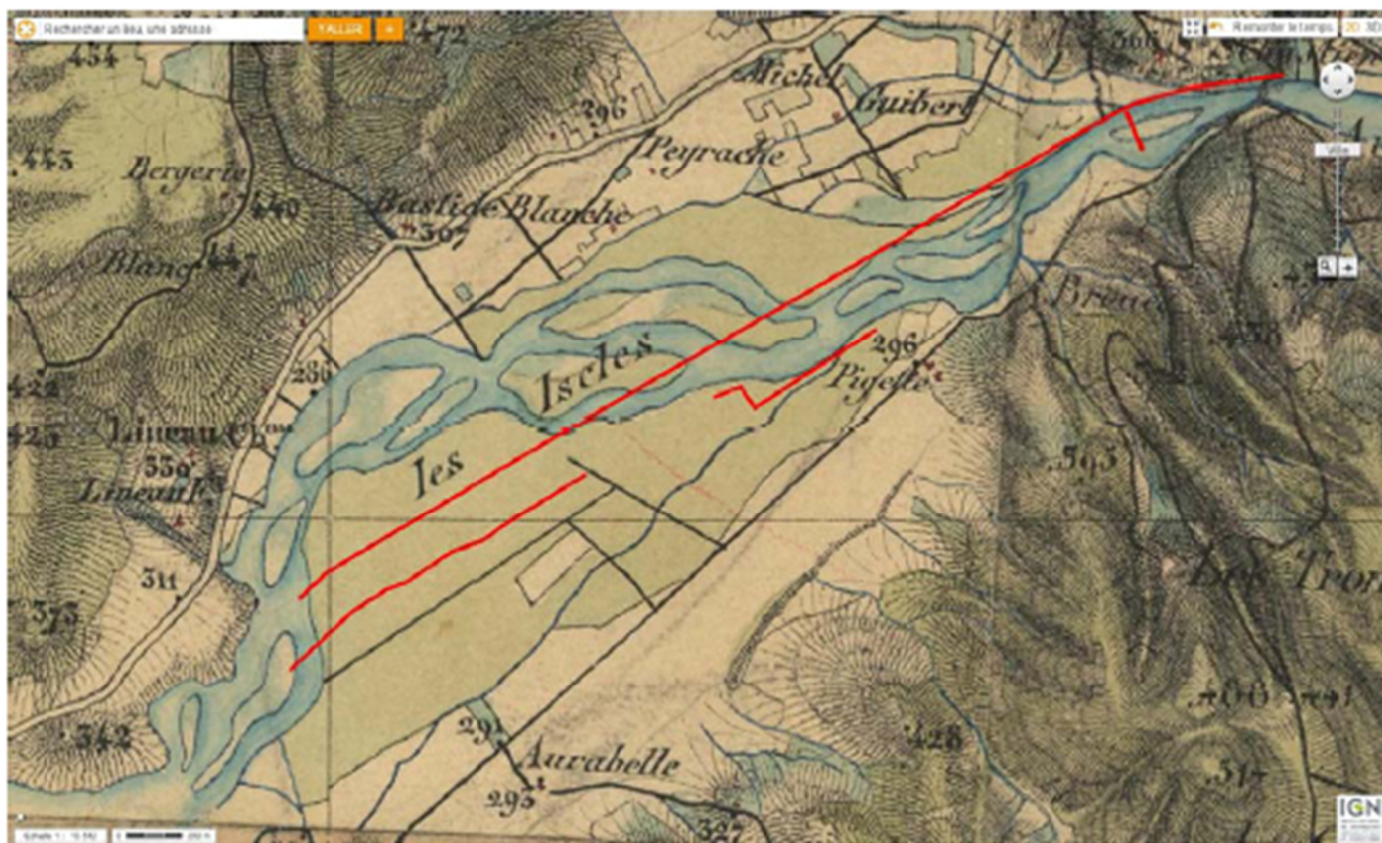


Figure 10 : Vue du Verdon en aval de Gréoux entre 1820 et 1866. En rouge, le tracé actuel des digues et le seuil de Gréoux.  
Source : Carte d'Etat-Major, IGN, Géoportail.



Figure 11 : Seuil EDF de Gréoux  
Source : SIGosphère, 2016



Figure 12 : Gué des Iscles  
Source : SIGosphère, 2016



Figure 13 : Seuil en amont de la restitution EDF, sur la commune de Vinon-sur-Verdon  
Source : SIGosphère, 2016

A Vinon-sur-Verdon, au niveau du pont, un affleurement de substratum constitue un seuil naturel d'origine anthropique de régulation des fonds et un parcours de canoë est situé en rive droite (**Figure 14**). En aval du seuil, l'enfoncement du lit est important et une chute de 2,5 m est présente. Des confortements en pied de berge ont été effectués après la crue de 1994.



Figure 14. Seuil et parcours à canoë de Vinon-sur-Verdon  
Source : SIGosphère, 2016

Le secteur entre l'aval du pont de Vinon et la confluence avec la Durance a fait l'objet d'une étude visant à des travaux d'essartement (Source : Lefort, 2006).

Une digue de graviers (digue fusible) est présente en rive droite, près du lieu-dit "les Mians" à 2 800 m en aval du pont de Vinon (Figure 15). Cette digue a été reconstruite après la crue de 1994. Elle est actuellement soumise à l'érosion et a fait l'objet d'une étude projetant le recul de cette dernière (Source : Lefort, 2010).



Figure 15 : Digue fusible – lieu-dit "les Mians"  
Source : SIGosphère, 2016

Le dernier élément qui perturbe le fonctionnement du Verdon, dans son cours aval, est le barrage de Cadarache qui génère une remontée importante du niveau d'eau et donc un dépôt en queue de retenue. Cela conduit à l'obstruction partielle du lit actuel qui est amplifiée par le faible entretien de la forêt domaniale à la confluence (Source : Sogreah, ETRM, Sibenson, BVA, 2002). Sur ce secteur, Lefort (2006) mettait en évidence que cette obstruction liée à la crue de 1994 était partiellement résorbée.

## 2 Evolution des profils en long

### 2.1 Données topographiques

#### 2.1.1 Synthèse des données existantes

L'ensemble des données topographiques existantes sur les deux secteurs d'étude a été recensé ([Tableau 2](#), [Tableau 3](#), [Tableau 4](#)).

Tableau 2 : Recensement des données topographiques levées sur le Moyen Verdon

Date	Source	Localisation	Type	Débits (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )
13/11/1907	Grandes Forces Hydrauliques	Pont de Castellane - Passerelle de Talloire	Profil en long ligne d'eau	? **
14/11/1952	Grandes Forces Hydrauliques	Barrage de Chaudanne - Pont de Castellane	Profil en long ligne d'eau	?
01/03/2001	SGGV (PNRV, 2003)	Ensemble du linéaire du Verdon*	Profil en long fond et ligne d'eau	?
18-22/10/2010	GEOA (PNRV)	Aval zone artisanale de Castellane - hameau de Brans	Profil en long fond et ligne d'eau	0,5
01/04/2011	Boyer Gilbert - Biotec (EDF)	TCC Chaudanne	Semis de points du secteur	
12-13/09/2016	SIGosphère-Morph'eau Conseils (PNRV)	Barrage de Chaudanne - Hameau de Brans	Profil en long fond et ligne d'eau	1,5
15/09/2016	SIGosphère-Morph'eau Conseils (PNRV)	Barrage de Chaudanne - Hameau de Brans	Profil en long fond et ligne d'eau	>3 (Intempéries)

\* Données indisponibles

\*\* En 1907, les débits moyens mensuels mesurés à Quinson ont été de 106 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> en novembre (Source : Société Hydrotechnique de France, 1950).

Les débits indiqués dans le tableau correspondent aux débits réservés fournis par EDF. Les débits turbinés étaient nuls au moment des levés. Les apports intermédiaires des affluents ne sont pas connus.

**Tableau 3 : Recensement des données topographiques levées sur le Bas Verdon**

Date	Source	Localisation	Type	Débits (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )
4-6/12/1907	Grandes Forces Hydrauliques	Bas Verdon	Profil en long ligne d'eau	? **
1962-64	Cabinet Ruby (Ceric)	Pont de Quinson à la confluence avec la Durance	Points ponctuels de niveau d'eau à différents débits	
1966	?	Retenue de Gréoux	Levé non daté de la future retenue de Gréoux	
1990-1993	?	?	Points ponctuels de ligne d'étiage	
29/03/1995	Lefort (Commune de Vinon)	Vinon à la Durance, digue rive droite	Profil en long ligne d'eau	
1995	SCP	Aval du pont de Vinon à la confluence avec la Durance	Profil en long fond et ligne d'eau	
Nov. 1995	Cabinet Petitjean, Lefort (Commune de Gréoux)	Gréoux : bras secondaire le long du parcours de santé, seuil de Gréoux-domaine des Iscles, niveau de la barricade	Profil en long de la ligne d'eau	
01/03/2001	SGGV (PNRV, 2003)	Aval de Vinon*	Profil en long fond et ligne d'eau	50 (à partir de la restitution)
10/05/2006	Lefort	Pont de Vinon à la queue de retenue de Cadarache	Profil en long ligne d'eau	
2009	Lefort	Aval du pont de Vinon, lieu-dit de Mans	Levé détaillé au 1/500 du lit mineur et terrain rive droite	
18-22/10/2010	GEOA (PNRV)	Pied du barrage de Gréoux - Confluence Durance	Profil en long fond et ligne d'eau	1
19-21/03/2016	SINTEGRA (EDF)	Pied du barrage de Gréoux - Confluence Durance	Nuage de points LiDAR	40 (à partir de la restitution)
10-11-17-18/09/2016	SIGosphère-Morph'eau Conseils (PNRV)	Pied du barrage de Gréoux - Confluence	Profil en long fond et ligne d'eau	2,2

\* Données disponibles seulement à partir de l'aval de Vinon

\*\* En 1907, les débits moyens mensuels mesurés à Quinson ont été de 65 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> en décembre 1907 (Source : Société Hydrotechnique de France, 1950). Dans l'étude de Lefort, il est fait état d'un débit de 80 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>.

Hormis en 2001 et mars 2016, les débits indiqués dans le tableau correspondent aux débits réservés fournis par EDF. Les débits turbinés étaient nuls pendant les levés et les apports intermédiaires des affluents ne sont pas connus. Pour 2001 et mars 2016, les débits correspondent aux débits turbinés.

Les données de 1962-64 et 1995 n'ont pas été exploitées, car soit les données étaient trop disparates, soit nous ne disposions pas des données brutes.

**Tableau 4 : Récapitulatif des profils en travers**

Date	Source	Localisation	Type
1995	SCP	Vinon	27 Profils en travers
2009	DDTM	Vinon	39 Profils en travers
2001	SGGV (PNRV, 2003)	?	Profils en travers
2011	Mairie de Gréoux	Gréoux	2 profils en travers
2013	Artelia	Gréoux	Profils en travers en amont et aval
2015	EDF	Gréoux	Semis de points
2014	SCP	Castellane	Profils en travers
2016	SIGosphère - Morph'eau Conseils (PNRV)	3 Moyen Verdon 13 Bas Verdon	16 profils en travers

### 2.1.2 Acquisition des données en 2016

Les levés topographiques ont été effectués du 10 au 18 septembre 2016, sous convention EDF, avec un GPS différentiel Trimble R8s, avec envoi des corrections de positionnement en temps réel par le réseau téléphonique Orange. Le système de projection est le RGF - Lambert 93 pour la planimétrie et le NGF - IGN 69 pour l'altimétrie. Noter que 500 m de profil en long sur le Moyen Verdon a fait l'objet d'un levé au tachéomètre Trimble S6 car le réseau téléphonique était absent (secteur des deux méandres contraints entre le camping de « la Porte des Gorges du Verdon » et l'ancienne gravière de la « Colle Blanche »).

Les levés ont été effectués pour des débits d'étiage :

- Pour le Moyen Verdon, du barrage de Chaudanne au camping « la Porte des Gorges du Verdon », le débit était de  $1,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , les 12 et 13 septembre 2016. Du camping jusqu'au lieu-dit de Brans, le débit était de  $3,3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , le 15 septembre. A partir du 14 septembre, le débit réservé passe de  $1,5$  à  $3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Noter que le 15 septembre, le débit était supérieur à  $3$  car de fortes intempéries avaient touchées la région de Castellane dans la nuit. Disposant de l'information de rehausse du débit réservé, nous avons fait le choix de traiter la partie du Verdon avec enjeux avec un débit similaire de  $1,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  afin que tout soit comparable. Les apports intermédiaires des affluents ne sont pas connus.
- Pour le Bas Verdon, l'intégralité du linéaire a été levée au débit d'étiage de  $2,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , les 10, 11, 15, 17 et 18 septembre. Les apports intermédiaires des affluents ne sont pas connus.

Pour l'acquisition des profils en long, les mesures de fond et de ligne d'eau ont été effectuées à pied. Trois secteurs ont été levés en embarcation pneumatique légère avec une perche télescopique supplémentaire pour le GPS. Il s'agit :

- De l'aval de la retenue de Chaudanne,
- De l'aval de la retenue de Gréoux,
- De l'amont et de l'aval de la retenue du seuil EDF de Gréoux les Bains.

Sur l'intégralité du linéaire (Moyen Verdon et Bas Verdon), l'interdistance moyenne des points topographiques est de 26,5 m. (27 m pour le Moyen Verdon et 26 m pour le Bas Verdon) contre 52,5 m en 2010 (52 m pour le Moyen Verdon et 53 m pour le Bas Verdon). Sur le terrain, les points ont été levés en fonction des singularités rencontrées (naturelles ou anthropiques), dans la veine principale de courant. Noter que les chenaux secondaires morphologiquement actifs ont également été levés (*cf. plan de masse des levés au format DWG*).

Pour l'acquisition des profils en travers, les mesures ont été effectuées à pied. Un point a été pris à chaque singularité et chaque profil en travers dispose d'un point de ligne d'eau (*cf. plan de masse des levés au format DWG et annexes*). La localisation des profils en travers est présentée à la *Figure 16* pour le Moyen Verdon et la *Figure 17* pour le Bas Verdon. Ces profils en travers représentent un état 0 du Verdon. Il conviendra, à l'avenir, de lever ces profils aux mêmes emplacements qu'en 2016. Dans cette étude, les profils en travers ne seront pas commentés car ils témoignent d'un état 0 sans la possibilité de les comparer à des dates antérieures.

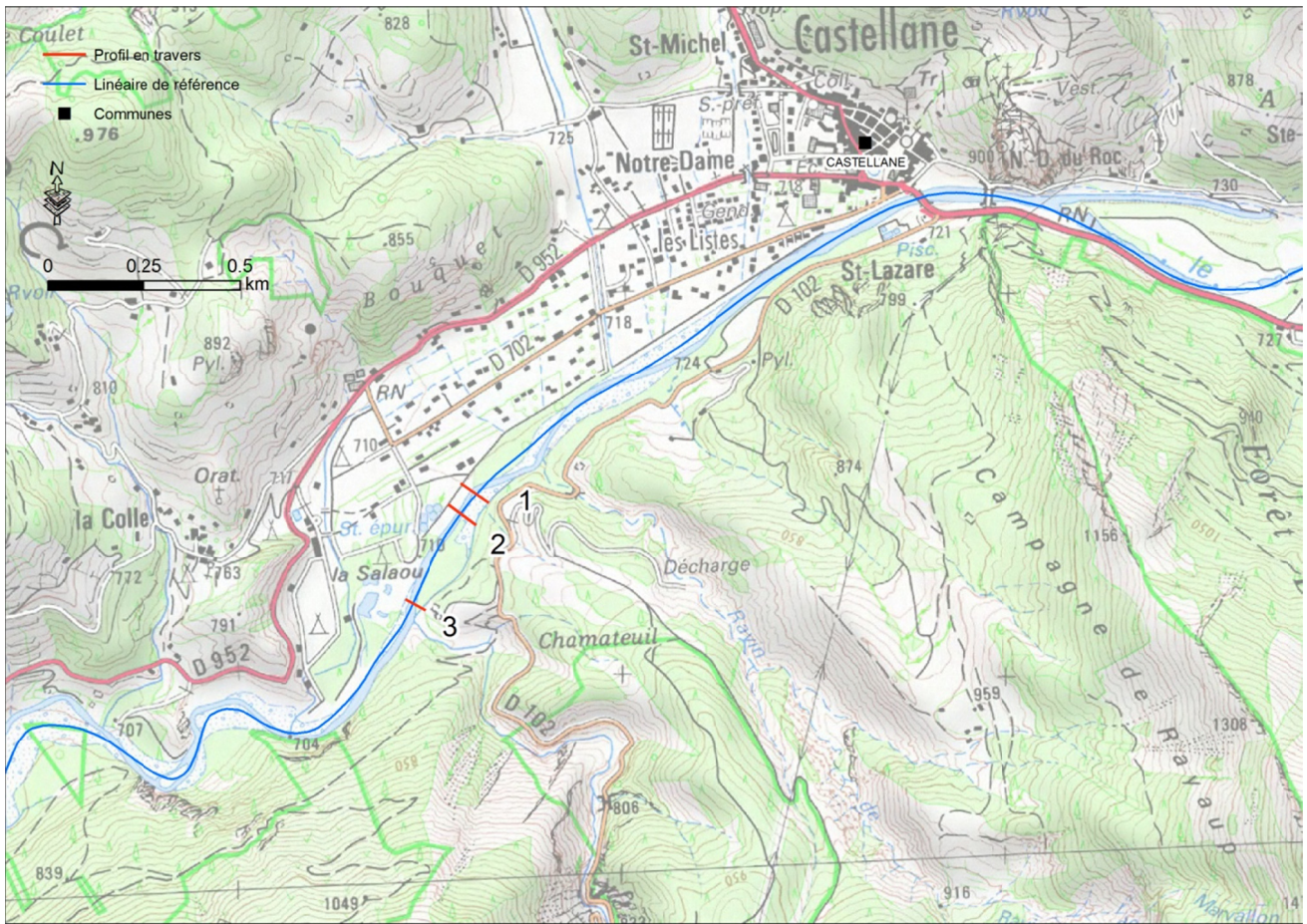


Figure 16 : Localisation des profils en travers levés en 2016 sur le Moyen Verdon  
Source : SIGosphere, 2016

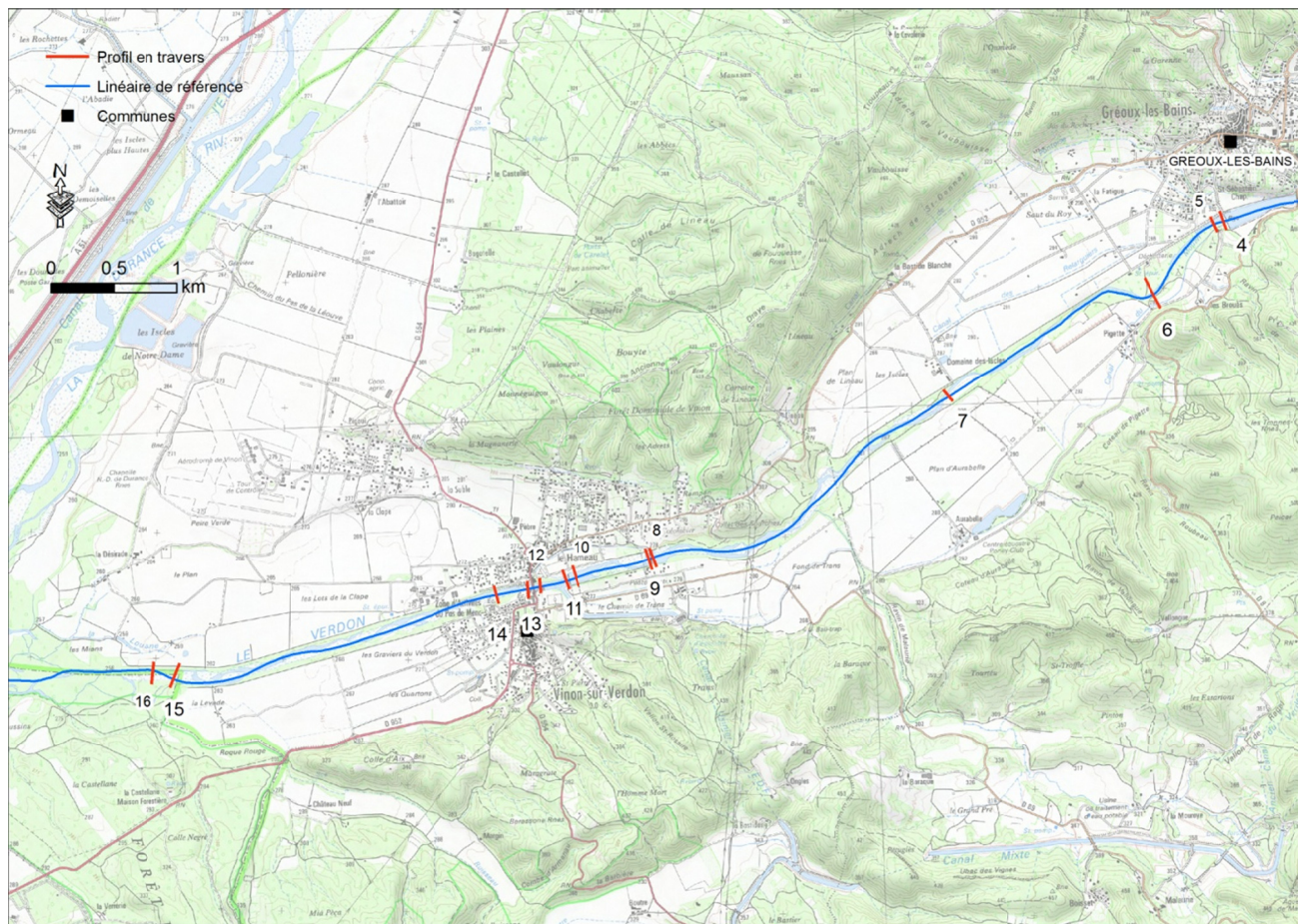


Figure 17 : Localisation des profils en travers levés en 2016 sur le Bas Verdon  
Source : SIGosphère, 2016

## 2.2 Méthodologie

Pour l'étude de l'évolution du profil en long, il a été choisi de comparer, pour le secteur du Moyen Verdon (*Cf. Localisation des levés - Planche 3 de l'atlas cartographique*) :

- Le profil en long levé par le Service de Nivellement Général de la France pour le compte des Grandes Forces Hydrauliques (GFH). Il a été réalisé à la mi-novembre 1907, à l'aval du pont du Roc et en 1952 pour l'amont du pont. Le profil en long de 1907 est une indication du niveau de la ligne d'eau avant les aménagements hydroélectriques. Pour le levé de 1952, les barrages de Castillon et Chaudanne viennent d'être mis en eau, respectivement, en 1947 et 1952. **Attention à ces données car les débits du Verdon étaient autour des  $90 - 100 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  contrairement aux autres profils où les débits étaient à l'étiage. Les résultats issus de la comparaison de ce profil seront probablement surestimés (de l'ordre du mètre comme le faisait remarquer Lefort en 2006).**
- Le profil en long levé par GEOA, à la fin octobre 2010,
- Le profil en long levé lors de cette étude à la mi-septembre 2016.

Pour le secteur du Bas Verdon, il a été choisi de comparer (*Cf. Localisation des levés- Planches 4 et 5 de*

*l'atlas cartographique*) :

- Le profil en long levé par le Service de Nivellement Général de la France pour le compte des Grandes Forces Hydrauliques (GFH). Il a été réalisé début décembre 1907. Seul le "vieux" barrage de Quinson, construit en 1867, était en fonctionnement (**Figure 18**), Attention à ces données car les débits du Verdon étaient autour des  $80 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  contrairement aux autres profils où les débits étaient à l'étiage. Les résultats issus de la comparaison de ce profil seront probablement surestimés (de l'ordre de 0,5 à 1 mètre comme le faisait remarquer Lefort en 2006).

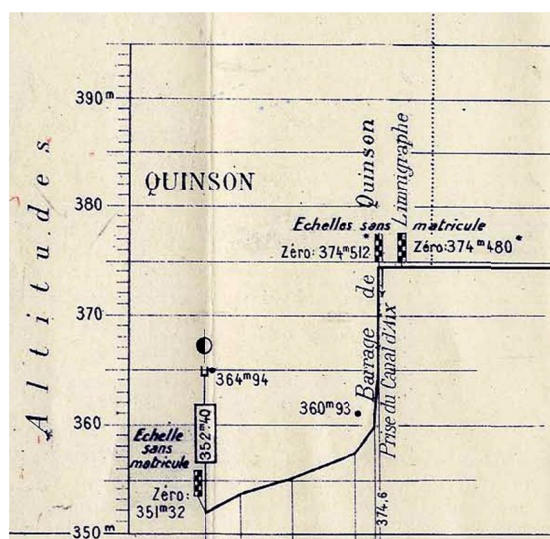


Figure 18 : Vieux barrage de Quinson sur le levé des GFH.

- Le profil en long levé en mars 2001, à partir du seuil de Vinon-sur-Verdon,
- Le profil en long levé en mai 2006, à partir du seuil de Vinon-sur-Verdon,
- Le profil en long levé par GEOA, fin octobre 2010 ;
- Le profil en long dérivé des données LiDAR de 2016. La ligne centrale du chenal principal a été digitalisée et segmentée en points tous les 25 m et au niveau des ouvrages. Pour chaque point, l'altitude du MNT a été extraite. Ce profil correspond à la ligne d'eau car le faisceau d'onde infrarouge du LiDAR ne traverse pas les surfaces en eau mais des échos peuvent être renvoyés par la hauteur d'eau est peu profonde et par les rugosités de la surface en eau ;
- Le profil en long levé lors de cette étude, levé mi-septembre 2016.

Afin de comparer les différents profils, une ligne suivant l'axe général de la rivière et suivant les méandres stables a été créée pour calculer le linéaire de référence (**Figure 19**).



Figure 19 : Illustration du linéaire de référence pour le Moyen Verdon  
Source : SIGosphère, 2016

Le profil des GFH a été calé par rapport à cette ligne en se basant sur des repères fixes (pont, repères NGF, confluence fixe ...) et le linéaire entre chaque point fixe a été ajusté pour rendre comparable les données entre elles. En effet, il faut corriger les différences de linéaire car les linéaires évoluent avec les changements planimétriques du cours d'eau. Les altitudes du profil des GFH en NGF-Lallemand ont été corrigées en altitudes NGF-IGN 1969, en fonction de la grille Provence et du numéro du Scan 25 associé au secteur. **Ce profil étant calé seulement à partir de quelques points de repères fixes, le calage est approximatif et les résultats sont à considérer avec précaution.**

Les points X, Y, Z des autres profils ont été projetés sur cette ligne de référence afin de calculer les distances de référence pour chaque point. Ainsi, ces profils sont bien superposés.

L'évolution des profils en long se base majoritairement sur l'analyse des profils de ligne d'eau, les profils des fonds étant rarement disponibles en particulier pour les profils anciens. Les profils de ligne d'eau sont donc dépendants des débits. **Les différences de hauteur d'eau liées au débit entre les levés sont à prendre en compte dans l'interprétation des résultats.**

Pour le profil de la ligne d'eau des GFH, levé en novembre et décembre 1907, les débits pendant les levés ne sont pas connus. Cependant, quelques recherches ont permis d'identifier que l'automne 1907 a été particulièrement pluvieux dans les régions méditerranéennes. A Quinson, les débits moyens mensuels ont été de  $99 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  en octobre,  $106 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  en novembre et  $65 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  en décembre 1907 (Source : Société Hydrotechnique de France, 1950). Ce profil correspond donc fort probablement à un profil de hautes eaux. Pour le levé du 14 novembre 1952, une usine provisoire était en place dès 1948 en aval immédiat du barrage de Chaudanne. Ainsi les conditions de débit pendant le levé ne sont pas connues.

Le profil de 2001 et le levé LiDAR 2016, en aval de la restitution EDF à Vinon sur Verdon correspondent à des débits turbinés (avec respectivement,  $50$  et  $40 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ).

Les profils de novembre 2010 et septembre 2016 correspondent à des levés en basses eaux.

Il a été choisi de ne pas corriger les données topographiques en fonction des hauteurs d'eau mais de le discuter dans l'interprétation des résultats. Il est en effet difficile d'estimer une différence de hauteur entre

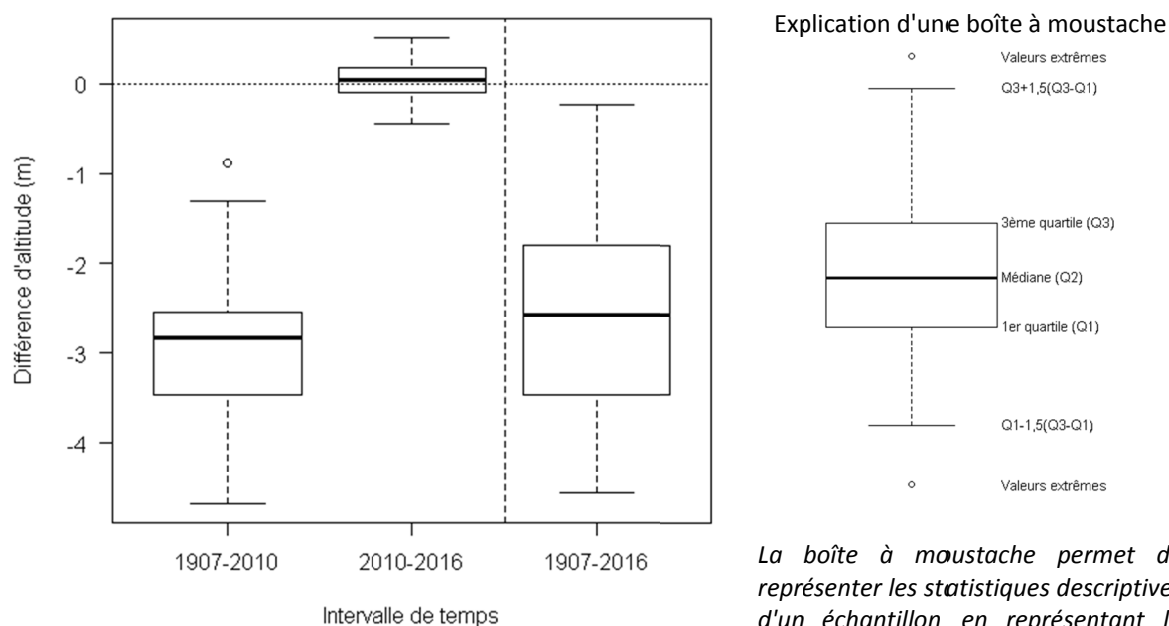
le levé des GFH et les levés en basses eaux de 2010 et 2016 car nous n'avons d'une part qu'un ordre d'idée du débit pendant les levés des GFH et d'autre part en 1907 la géométrie du lit n'était pas comparable à celle d'aujourd'hui. En effet, le lit était bien plus large qu'aujourd'hui et parfois en tresse, selon les secteurs. Concernant les profils en travers, les données brutes n'ayant pas été disponibles, l'analyse diachronique n'a pu être opérée. En effet, pour pouvoir comparer des données de profils en travers, il faut que ceux-ci soient précisément localisés. Cependant, les profils levés pendant cette étude peuvent servir « d'état 0 » pour les levés à venir.

## 2.3 Résultats sur le Moyen Verdon

La superposition des profils en long sur le Moyen Verdon est présentée sur la [Figure 21](#) et est présentée de façon cartographique sur les [planches 7 à 9 de l'atlas cartographique](#).

### 2.3.1 Evolution à long terme (1907-2016)

Lorsque l'on compare les levés des lignes d'eau 1907-1952 avec le levé de 2016, le Moyen Verdon, entre le pied du barrage de Chaudanne et le pont de Taloire, a subi une incision généralisée de son lit sur l'ensemble du linéaire. En effet, quand on regarde la boîte à moustache des valeurs de 1907-2016 ([Figure 20](#)), on peut observer que le 1<sup>er</sup> quartile des données est à - 3,5 m. La médiane (2<sup>ème</sup> quartile) est de - 2,6 m. Le 3<sup>ème</sup> quartile est à -1,8 m, soit que 75 % des points mesurés présentent une incision supérieure à 1,8 m. L'incision maximum est de - 4,6 m.



La boîte à moustache permet de représenter les statistiques descriptives d'un échantillon en représentant la médiane, le premier et le 3<sup>ème</sup> quartile ainsi que l'étendue.

Le 1er quartile d'une série est tel qu'au moins 25% des valeurs de la série lui sont inférieures ou égales.

Le 2e quartile est la donnée de la série qui sépare la série en deux parties égales (50%) de la série (médiane).

Le 3e quartile est la donnée est qu'au moins 75% des valeurs de la série lui sont inférieures ou égales.

Figure 20 : A gauche, boîte à moustache des différences d'altitude sur le Moyen Verdon. A droite, explication d'une boîte à moustache

Source : Morph'eau Conseils, 2016

Entre le barrage de Chaudanne et le seuil EDF de Castellane, l'incision est moins importante que sur le reste du linéaire, les seuils des Listes et d'EDF permettant de fixer le lit. Des valeurs d'incision importantes sont tout de même observées à l'aval du barrage de Chaudanne (à l'aval des plans d'eau, -2 m) et à l'aval du seuil des Listes (-2,5 m).

A l'aval du seuil EDF et dans la traversée de Castellane, l'incision est très forte avec des valeurs maximales de 4,5 m au pied du seuil EDF. D'après EDF, cette valeur d'incision semble erronée car au moment de la construction du seuil, le pied de ce dernier avait été mesuré à 720 m NGF (valeur proche de la valeur actuelle de 719,5 m). Durant le temps de l'étude, nous ne disposons pas de document ou profil en travers attestant de cette altitude.

L'incision diminue ensuite progressivement à partir de la confluence avec le Pesquier jusqu'en aval du camping "Le Domaine du Verdon", qui marque l'entrée dans un secteur où la rivière méandre entre les versants rocheux et correspond à un resserrement du fond de vallée. Plus en aval, l'incision augmente dans la zone de l'ancienne gravière pour diminuer progressivement au pont de Taloire.

Ces valeurs sont surestimées car le levé des GFH a été levé en hautes eaux alors que celui de 2016

correspond à un levé de basses eaux. Les valeurs d'incision étant très élevées, cela ne remet pas en cause les tendances à l'incision.

### 2.3.2 Evolution à court terme (2010-2016)

Le profil en long n'a pas évolué entre 2010 et 2016. Les différences d'altitudes entre les deux levés sont faibles comprises entre -0,4 et 0,5 m. La moyenne des données est de 0,04 m (*Figure 20*). Des différences d'altitude locales sont observables mais elles restent faibles (< 0,5 m) et elles peuvent être dues à la localisation de la mesure topographique en elle-même ou à la mobilité des formes sédimentaires. Par exemple, les différences d'altitude peuvent être liées à des dépôts locaux (apport sédimentaire du Pesquier, entrée de la zone des méandres contraints, etc...,) ou des zones d'affouillement localisées (aval du camping "Le Domaine du Verdon") (*Cf. Planche 8 de l'atlas cartographique*).

Les débits élevés déversés lors des épisodes pluvieux de novembre 2011 et mai 2013 avec des débits maximums de respectivement, 70 et 80 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>, n'ont pas eu d'impact sur le profil en long. Cette stabilité montre aussi l'absence d'apport sédimentaire sur l'ensemble du secteur.

Tableau 5 : Liste des lâchers exceptionnels au barrage de Chaudanne (Source : EDF).

Date	Débit maximum enregistré à Chaudanne (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )
Nov-2011	70
Mai-2013	80

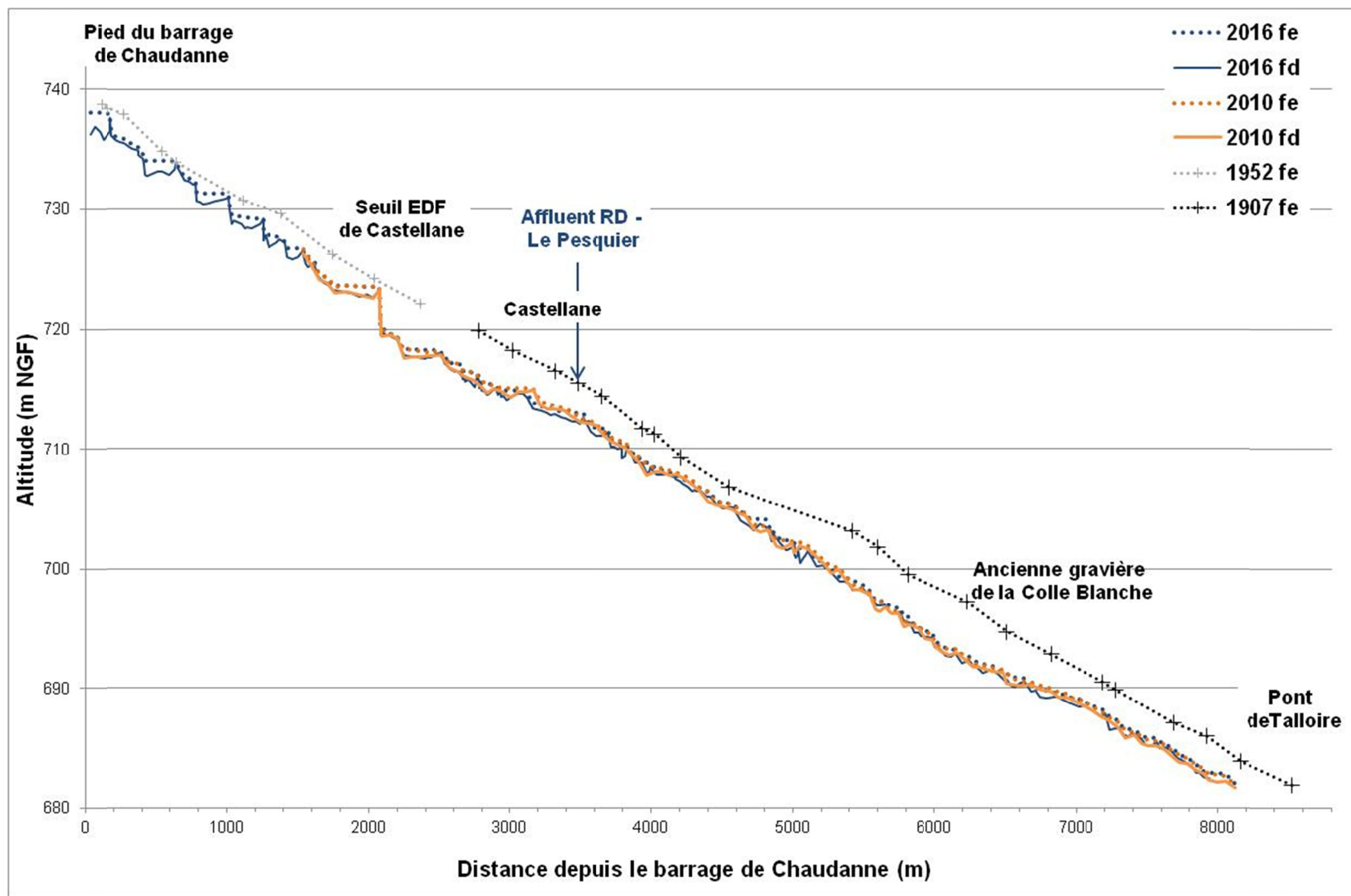
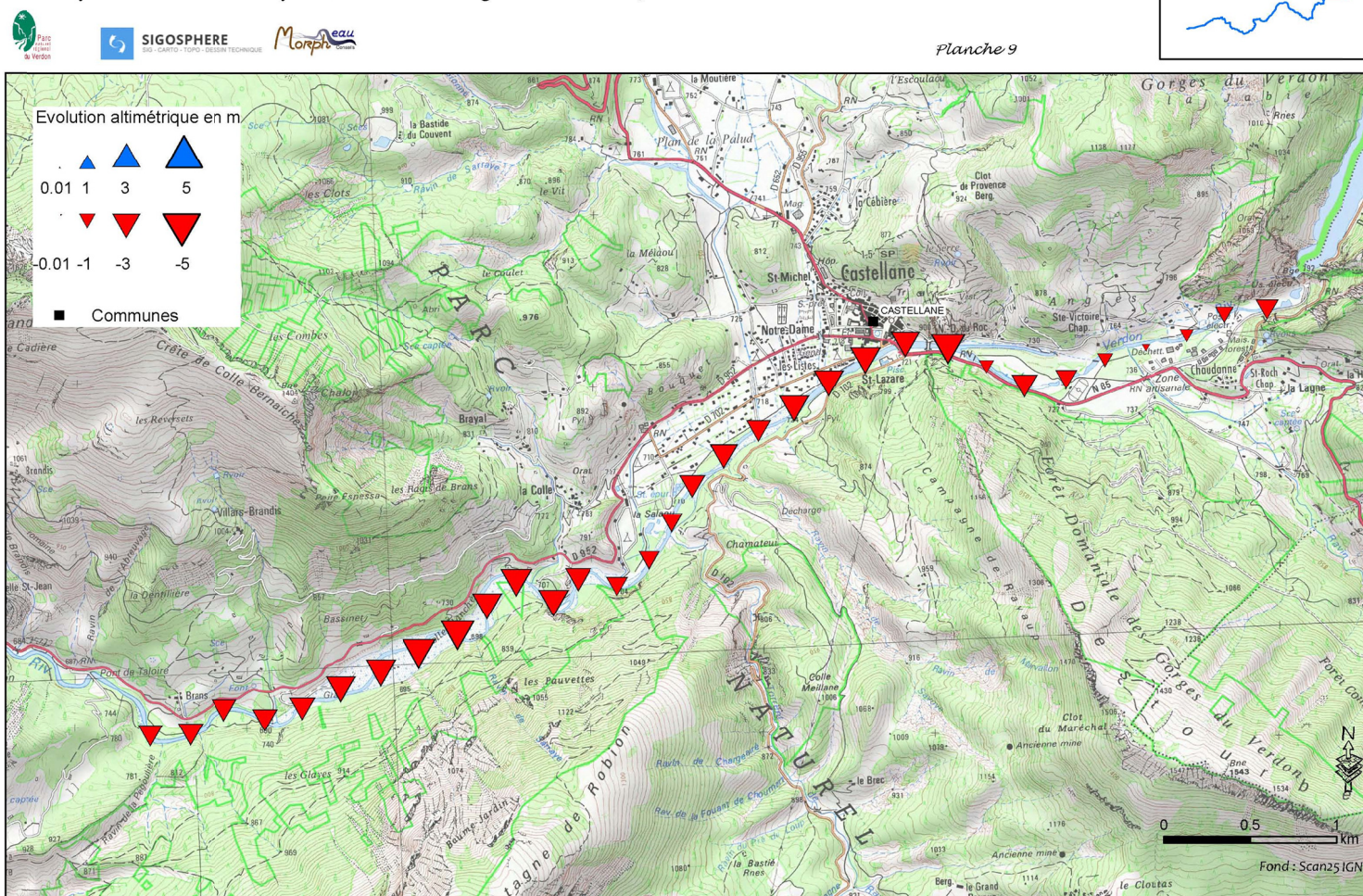


Figure 21 : Evolution du profil en long entre 1907 et 2016 sur le Moyen Verdon (fe : profil de la ligne d'eau, fd : profil du fond)

Source : Morph'eau Conseils, 2016

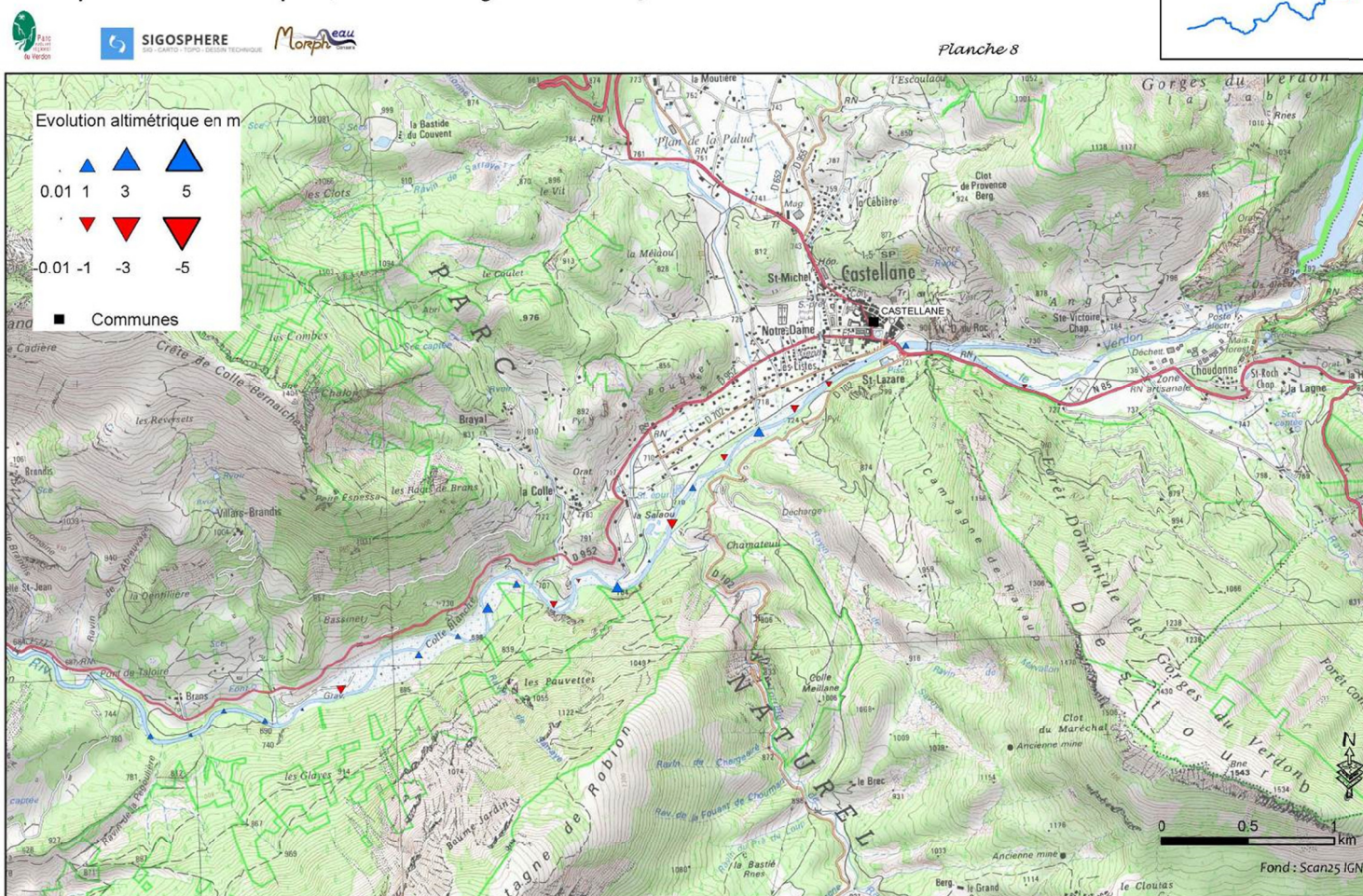
Comparaison des profils en long sur le Moyen Verdon - 1907 - 2016



Analyse de l'évolution du profil en long du Verdon dans les secteurs en déficit sédimentaire et de l'impact sur les ouvrages de protection, propositions d'intervention

Figure 22 : Résultat de l'analyse des profils en long entre 1907 et 2016 sur le Moyen Verdon  
Source : SIGosphère, 2016

Comparaison des profils en long sur le Moyen Verdon - 2010 - 2016



Analyse de l'évolution du profil en long du Verdon dans les secteurs en déficit sédimentaire et de l'impact sur les ouvrages de protection, propositions d'intervention

Figure 23 : Résultat de l'analyse des profils en long entre 2010 et 2016 sur le Moyen Verdon  
Source : SIGosphère, 2016

## 2.4 Résultats sur Bas Verdon

La superposition des profils en long sur le Bas Verdon est présentée sur les [Figure 28](#), [Figure 29](#), [Figure 30](#) et présentée de façon cartographique sur les [planches 10 à 13 de l'atlas cartographique](#).

### 2.4.1 Evolution à long terme (1907-2016)

La comparaison des profils en long de 1907 et 2016 montre que le Bas Verdon a subi une incision généralisée de l'ensemble de son linéaire. Cette incision est liée à l'absence d'apport sédimentaire depuis la construction des différents barrages (premier barrage - ancien barrage de Quinson, dès 1869) et des endiguements qui ont concentré les écoulements. A l'aval du seuil EDF de Gréoux, les valeurs d'incision sont les plus élevées. Elles sont comprises entre -3,5 et -4,9 m. Noter que d'après Lefort (2006), l'enfoncement du lit a été de plus de 2 m avant 1964 (avant la construction du barrage).

L'enfoncement du plancher alluvial diminue en amont du seuil de Vinon. A l'aval du seuil naturel de Vinon (affleurement rocheux), les valeurs d'incision sont à nouveau importantes avec un maximum de -3,9 m puis diminuent progressivement jusqu'à la confluence. Au niveau du pont de Vinon, le seuil créé par l'affleurement rocheux n'était pas observable sur le levé des GFH ([Figure 25](#)). Ce seuil est par ailleurs peu observable en 1944, comme l'atteste la photographie aérienne du pont ([Figure 25](#)). L'état actuel du seuil est dû à la crue de 1994. **Les premières données topographiques mettant en évidence une incision du lit du Verdon sont les données du Cabinet Ruby (Ceric) en 1964-1965, où une incision était observable à partir de Gréoux (Source : Lefort, 1995).**

Ces valeurs sont surestimées car le levé des GFH a été levé en hautes eaux alors que celui de 2016 correspond à un levé de basses eaux. Les valeurs d'incision étant très élevées, cela ne remet pas en cause les tendances à l'incision.

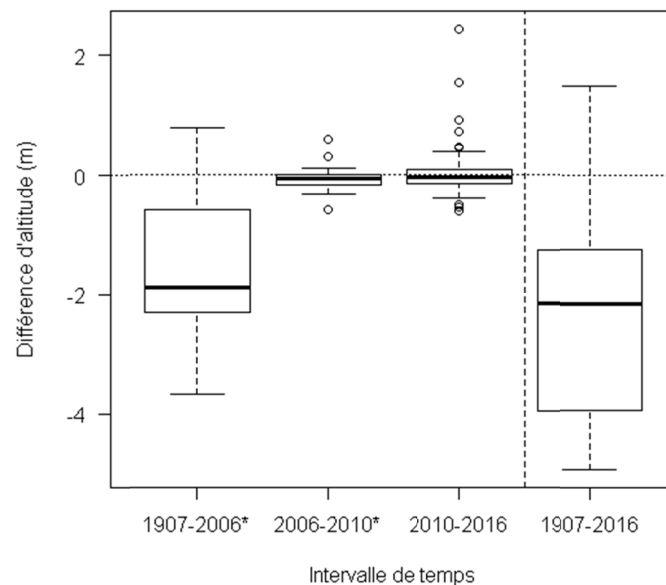


Figure 24 : Boîte à moustache des différences d'altitude sur le Bas Verdon. \* Données à partir du pont de Vinon pour 1907-2006 et 2006-2010

Source : Morph'eau Conseils, 2016

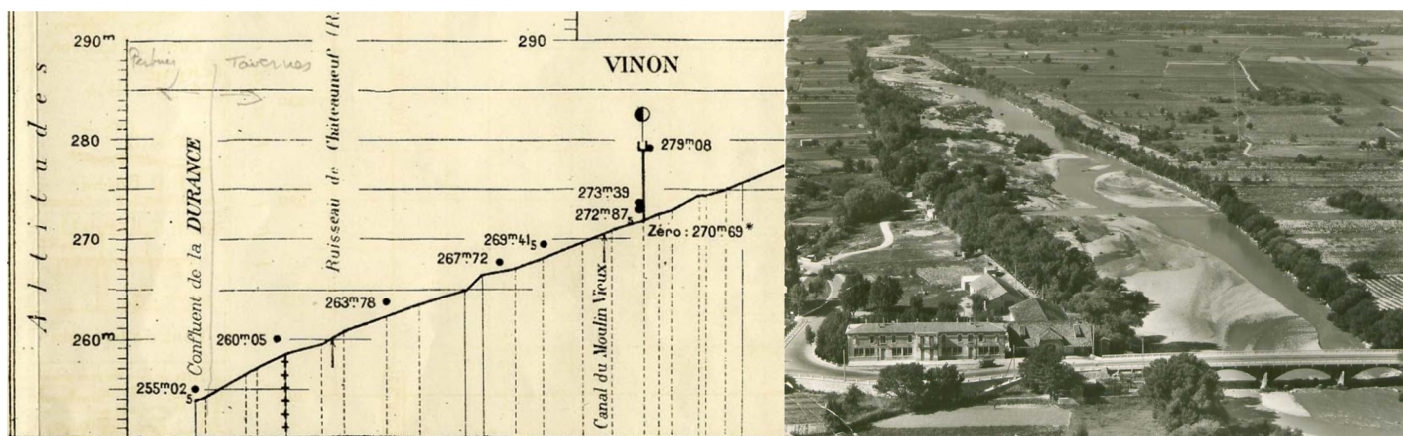


Figure 25 : A gauche, absence de seuil au niveau du pont de Vinon sur le levé des GFH. A droite, vue aérienne du pont de Vinon-sur-Verdon en 1944

Source : IGN et <http://vinon-sur-verdon.fr>

Entre 2006 et 2010, le profil en long ne présente pas de changements notables (*Planches 11 de l'atlas cartographique*).

#### 2.4.2 Evolution à court terme (2010-2016)

Les profils en long des lignes d'eau et du fond entre octobre 2010 et mars (levés LiDAR EDF) et septembre 2016 (levés terrestre SIGosphère et Morph'EAU Conseils) sont quasi-identiques. Cela montre que les différences de débit entre les levés ( $1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  en 2010 et  $2,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  en 2016) impactent de façon négligeable les hauteurs d'eau.

Entre le barrage de Gréoux et l'amont du seuil EDF de la commune de Gréoux, le profil est stable. Dans la retenue du seuil EDF de Gréoux, on observe des altitudes de ligne d'eau différentes entre les levés de 2010, de mars 2016 et septembre 2016, qui sont liées aux conditions de fonctionnement du seuil. En effet, contrairement aux levés de septembre 2016, en octobre 2010 et mars 2016, la baudruche située au-dessus de la crête du seuil était dégonflée. Ceci est clairement observable sur le profil en long de la ligne d'eau de mars 2016, qui se situe 1,4 m en dessous de la ligne d'eau de septembre 2016. La ligne de fond de 2010 est supérieure à celle de sept. 2016. Cela peut s'expliquer par le fait que les deux levés n'ont pas suivi le même cheminement ; le levé de septembre 2016 se situant plus dans le centre du chenal que celui de 2010. A l'aval du seuil EDF, la différence entre les deux profils de fond d'octobre 2010 et septembre 2016 sont probablement dues à une absence de points dans la fosse, en 2010.

Entre le seuil EDF de Gréoux et la confluence avec la Durance, le profil est stable. Des différences ponctuelles d'altitude un peu plus élevées sont observables (entre 0,5 et 1 m) mais elles ne reflètent pas un mécanisme d'exhaussement ou d'incision mais plutôt la dynamique locale de la rivière. Par exemple, l'amont de la confluence avec la Durance a complètement changé entre 2010 et 2016 avec une avulsion du chenal principal de 2010 (*Figure 26*). Un banc sédimentaire s'est déposé à l'entrée de l'ancien chenal de 2010. Le chenal de 2016 présente une altitude plus basse que le chenal de 2010 (*Figure 27 et Planche 12.2 de l'atlas cartographique*).

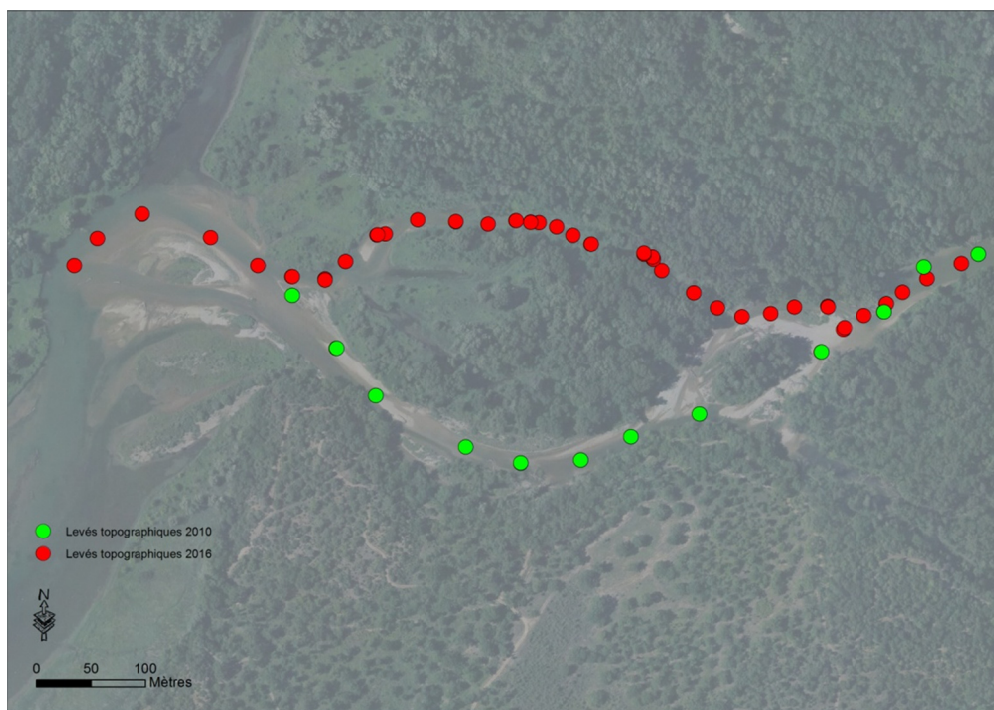


Figure 26 : Localisation des chenaux principaux levés en 2010 (vert) et 2016 (rouge)  
Source : SIGosphere

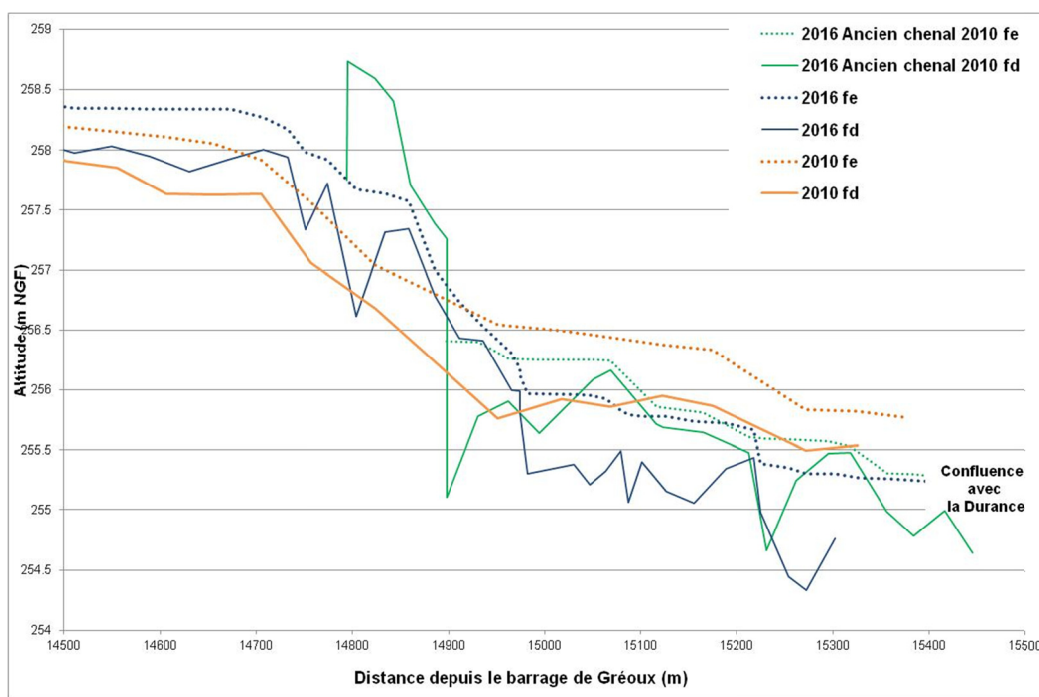


Figure 27 : Zone de la confluence avec la Durance. Evolution du profil en long entre 2010 et 2016 pour le chenal principal de 2016 et le chenal principal de 2010  
Source : Morph'eau Conseils, 2016

Les débits élevés déversés lors des épisodes de crue d'avril-mai 2013 avec un débit maximum de  $150 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  et lors des épisodes de février-mars et novembre-décembre 2014 avec des lâchers de  $50 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  n'ont pas eu

d'impact sur le profil en long. Cette stabilité montre aussi l'absence de dynamique de la rivière et l'absence d'apport sédimentaire sur l'ensemble du secteur.

**Tableau 6 : Liste des lâchers exceptionnels au barrage de Gréoux (Source : EDF).**

Période	Débit maximum enregistré à Gréoux (m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> )
Avr-Mai 2013	150
Fév-Mars-2014	50
Nov-Déc-2014	50

Noter que d'une manière globale, le Verdon dispose d'un stock sédimentaire non négligeable, notamment dans ses marges alluviales et entre les seuils de Vinon-sur-Verdon. Attention, car ce stock sédimentaire représente un potentiel de recharge naturelle à court ou moyen termes car ce dernier ne sera pas renouvelé par des apports amont. Il ne faudra donc compter que sur des apports ponctuels. La suppression prévue des seuils de Vinon pourra aller dans le sens d'une recharge ponctuelle. Cependant, une étude spécifique sur la granulométrie et sur les capacités de transport doit être engagée afin d'évaluer le stock sédimentaire stocké en amont du premier seuil et entre les deux seuils. Cette analyse permettra d'estimer les volumes qui pourraient se déplacer et qui pourraient potentiellement recharger les secteurs en déficit ou en érosion (fosse du seuil de Vinon, érosion des pieds de digues, etc...).

De manière générale, avant d'investir dans des opérations de recharges ponctuelles, il faudrait investir dans des opérations de déstockage du matériel sédimentaire présent dans le lit mineur du Verdon. Cela passera par un déboisement des bancs, suivi d'un charruage de ces derniers. Suite à des études sur les capacités de transport de la rivière et en accord avec EDF, des lâchers pourraient être organisés à des débits permettant de déplacer les sédiments.

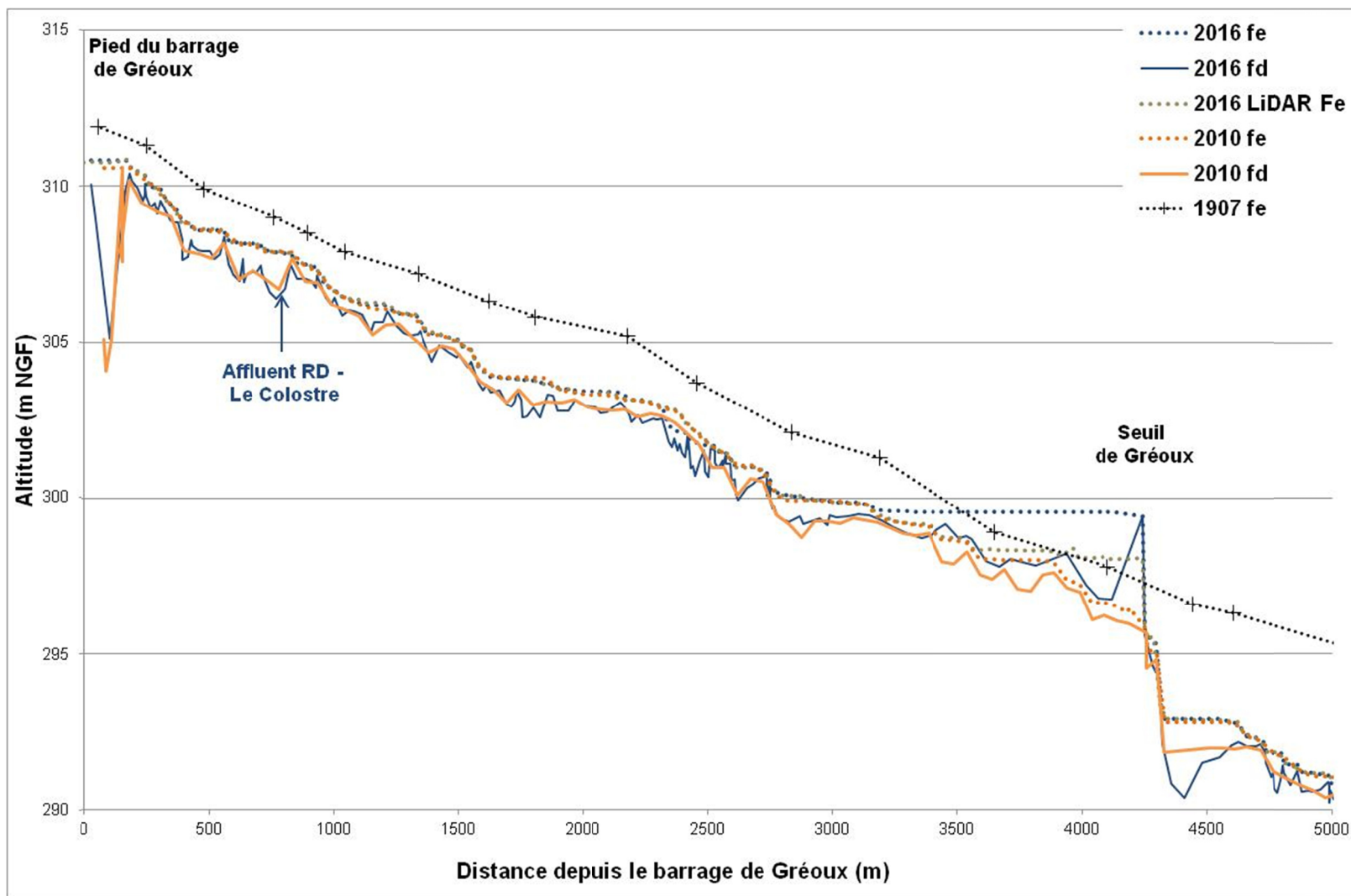


Figure 28 : Evolution du profil en long entre 1907 et 2016 sur le Bas Verdon du pied de barrage de Gréoux au seuil EDF de Gréoux  
(fe : profil de la ligne d'eau, fd : profil du fond)  
Source : Morph'eau Conseils, 2016

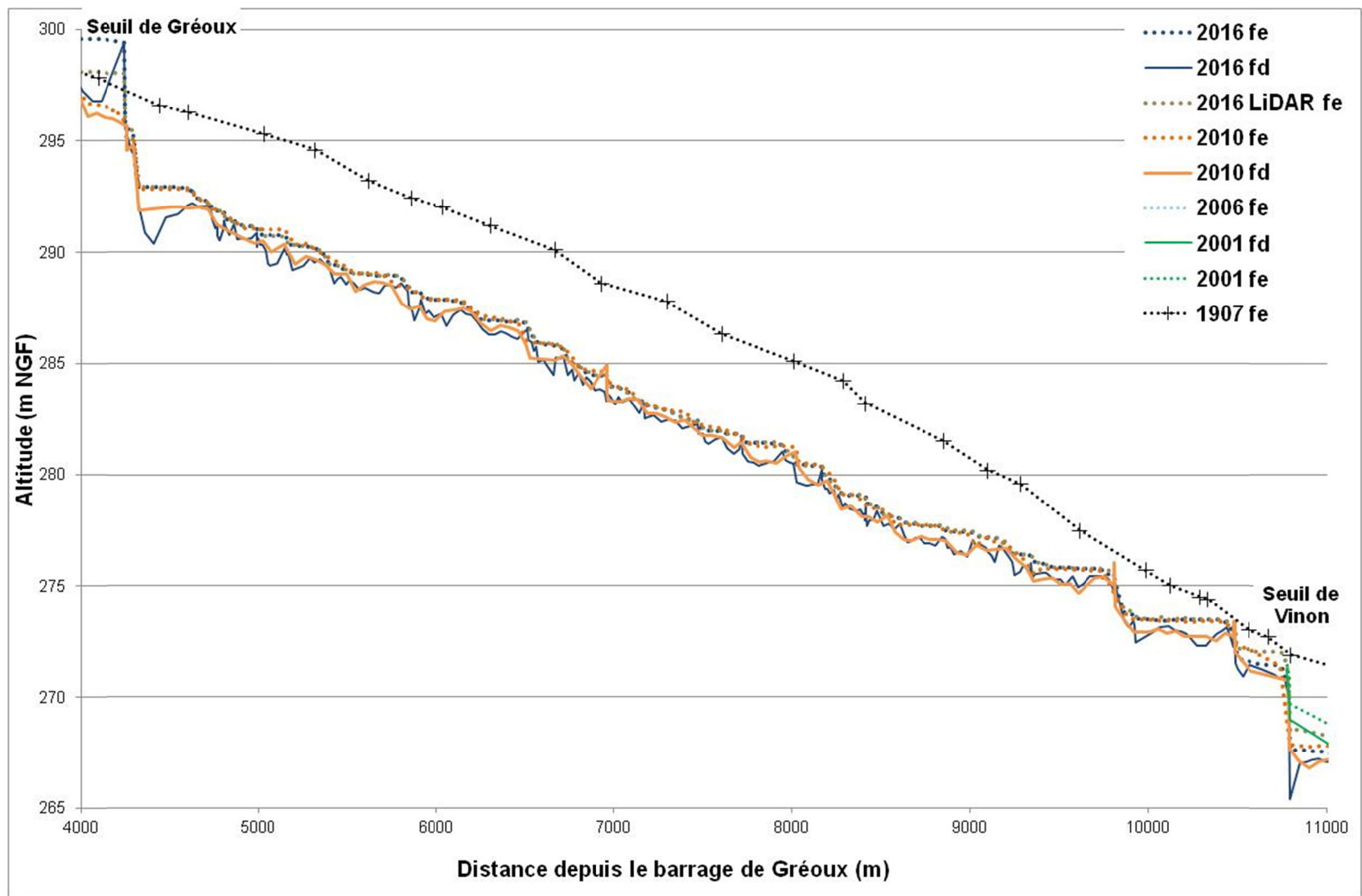


Figure 29 : Evolution du profil en long entre 1907 et 2016 sur le Bas Verdon du seuil de Gréoux au seuil de Vinon

Source : Morph'eau Conseils, 2016

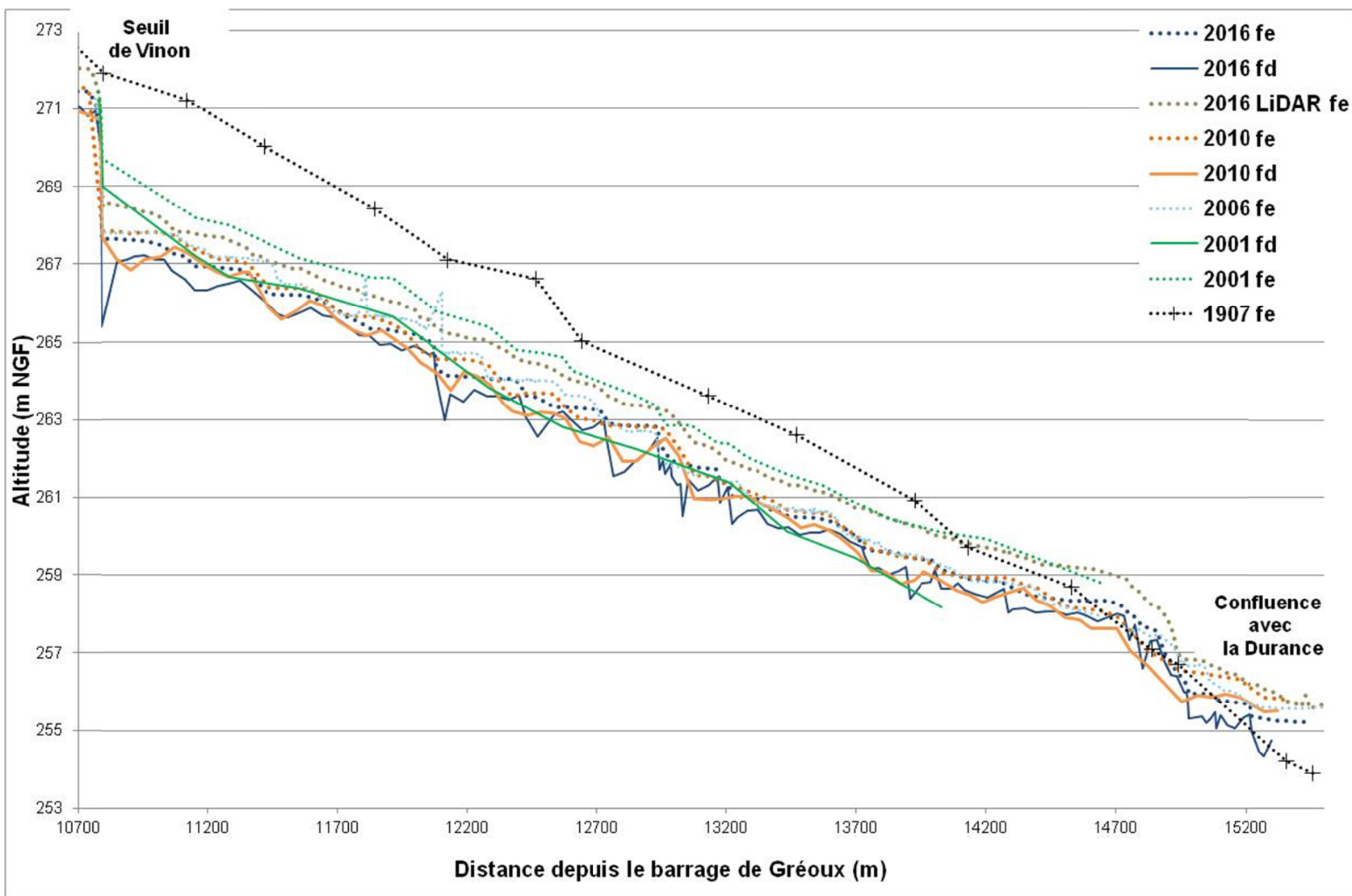
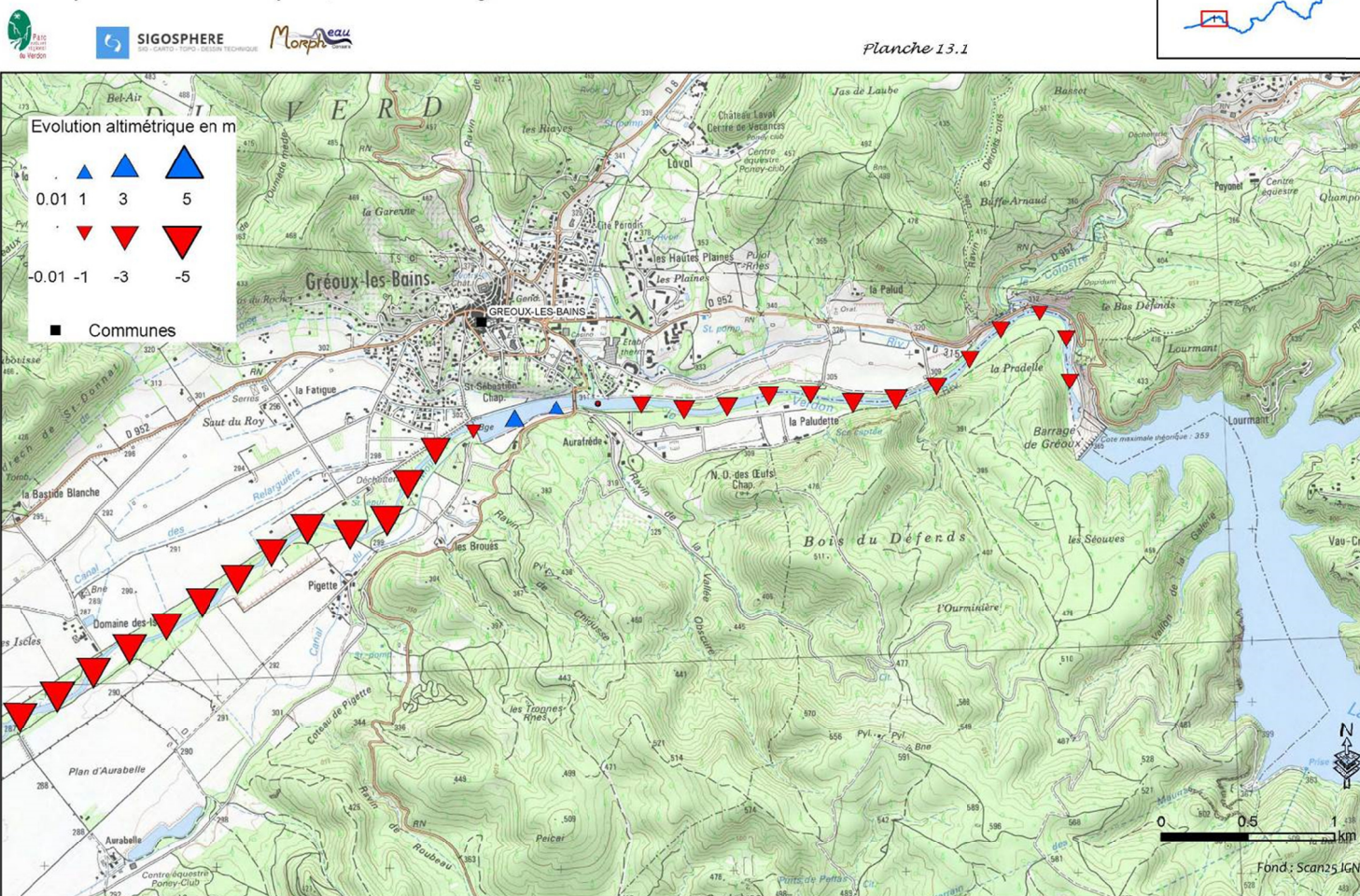


Figure 30 : Evolution du profil en long entre 1907 et 2016 sur le Bas Verdon du seuil de Vinon à la confluence avec la Durance

Source : Morph'eau Conseils, 2016

### Comparaison des profils en long sur le Bas Verdon - 1907 - 2016



*Analyse de l'évolution du profil en long du Verdon dans les secteurs en déficit sédimentaire et de l'impact sur les ouvrages de protection, propositions d'intervention*

**Figure 31 : Résultat de l'analyse des profils en long entre 1907 et 2016 sur le Bas Verdon, entre le barrage de Gréoux et le gué des Iscles**  
Source : SIGosphère, 2016

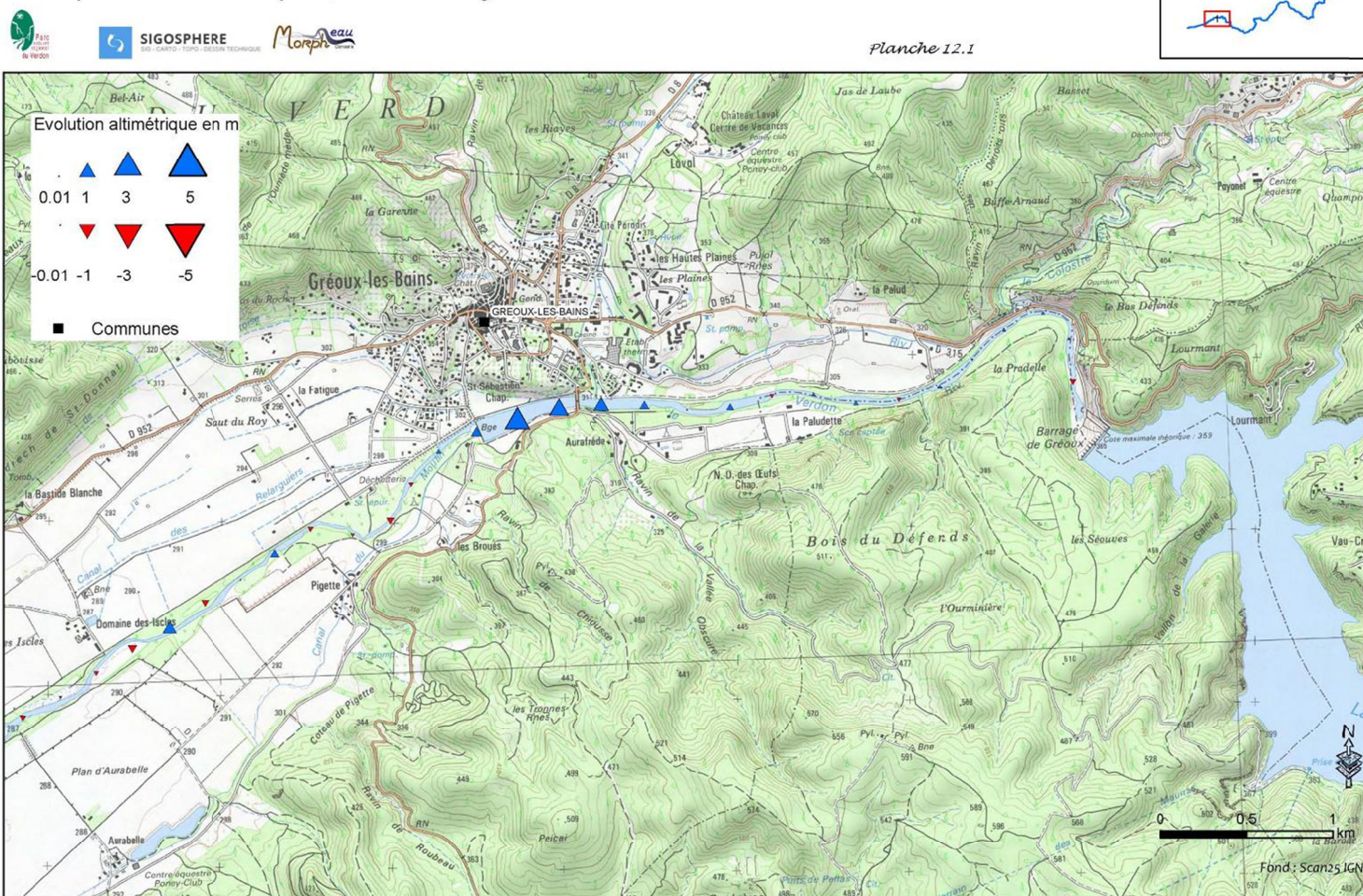
Comparaison des profils en long sur le Bas Verdon - 1907 - 2016



Analyse de l'évolution du profil en long du Verdon dans les secteurs en déficit sédimentaire et de l'impact sur les ouvrages de protection, propositions d'intervention

Figure 32 : Résultat de l'analyse des profils en long entre 1907 et 2016 sur le Bas Verdon, entre le gué des Iscles et la confluence avec la Durance  
Source : SIGOSPHERE, 2016

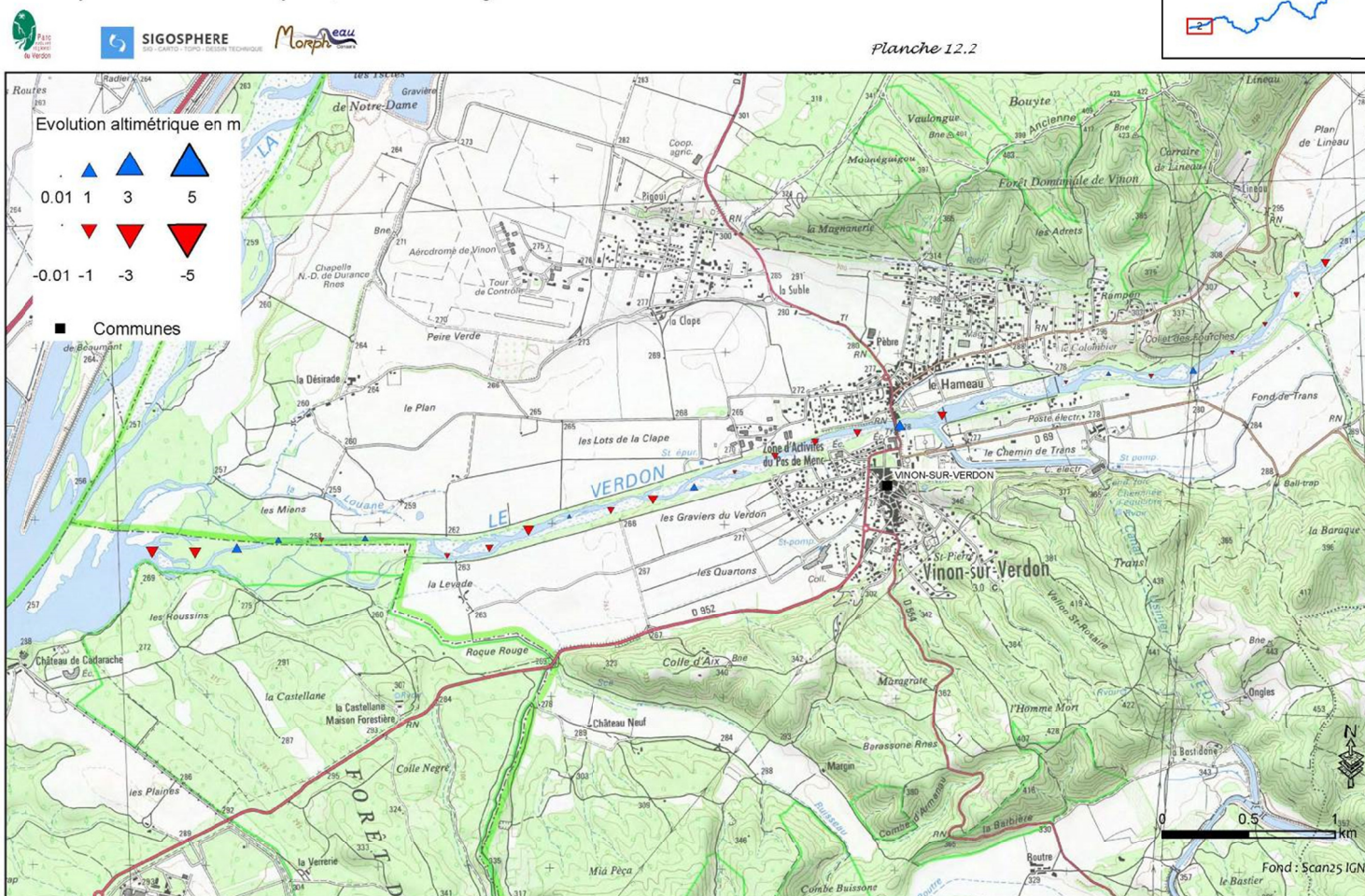
### Comparaison des profils en long sur le Bas Verdon - 2010 - 2016



Analyse de l'évolution du profil en long du Verdon dans les secteurs en déficit sédimentaire et de l'impact sur les ouvrages de protection, propositions d'intervention

Figure 33 : Résultat de l'analyse des profils en long entre 2010 et 2016 sur le Bas Verdon, entre le barrage de Gréoux et le gué des Iscles  
Source : SIGOSPHERE, 2016

Comparaison des profils en long sur le Bas Verdon - 2010 - 2016



Analyse de l'évolution du profil en long du Verdon dans les secteurs en déficit sédimentaire et de l'impact sur les ouvrages de protection, propositions d'intervention

Figure 34 : Résultat de l'analyse des profils en long entre 2010 et 2016 sur le Bas Verdon, entre le gué des Iscles et la confluence avec la Durance  
Source : SIGOSPHERE, 2016

## 3 Recensement des points de dysfonctionnement des ouvrages

### 3.1 Moyen Verdon

Suite à nos observations de terrain et aux résultats de la comparaison des profils en long, un classement des ouvrages, selon leur état, a été mis en place. En fonction de cela et des enjeux annexes, des possibilités d'interventions sous la forme de fiche action ont été rédigées. Noter que le recensement des points de dysfonctionnement ne s'est pas seulement arrêté aux ouvrages car nous avons également pris en compte les dysfonctionnements naturels du Verdon et de ses affluents.

Les enrochements situés sur le Moyen Verdon sont majoritairement en bon état (*Figure 37 et planche 14 de l'atlas cartographique*). Ils protègent le plan d'eau au pied du barrage de Chaudanne, la zone artisanale de Castellane et la traversée de Castellane.

La digue de la Barricade, qui protège en rive droite la plaine de Castellane en aval du centre-ville et jusqu'au camping "Le Domaine du Verdon", présente un affouillement en amont de la station d'épuration. Cet affouillement crée une zone de fragilité au niveau de la digue. A cet endroit, la sinuosité du lit envoie directement les écoulements sur la digue provoquant une érosion.

Plus en aval, une portion d'un vieux mur de protection de berge est effondrée en rive droite du camping du « Domaine du Verdon ». Cependant, ce mur est secondé par un enrochement en bon état en retrait du mur effondré. Un enrochement déstructuré est aussi présent en rive droite à l'aval du camping "La Porte des Gorges du Verdon", dans une zone sans enjeu direct.

Nous avons noté un point de dysfonctionnement naturel au droit de la confluence du Verdon / Vallon des Angles. Cette zone présente un bouchon sédimentaire créé par le cône de déjection du Vallon des Angles. Ceci perturbe l'écoulement du Verdon et crée :

- Une vaste retenue en amont de la confluence,
- Un écoulement contraint en rive gauche et qui longe en aval l'enrochement de la zone artisanale de Castellane et donc une accentuation des pressions hydrauliques sur l'ouvrage.

Le Pesquier, affluent de rive gauche du Verdon à Castellane, présente une incision marquée de son lit avec un affouillement des piles du pont, situé au niveau de sa confluence avec le Verdon. Cette incision est liée à la récente suppression de la buse terminale du Pesquier. Le niveau du lit du Pesquier étant plus élevé que celui du Verdon, une incision régressive s'est produite. La pile du pont est incisée sur environ 1 m. Noter que la Mairie de Castellane a commandé un levé topographique du Pesquier et de ses affluents sur 3,5 km (profil en long et profils en travers tous les 50 m, effectué par le groupement SIGosphere – Morph'eau Conseils en octobre 2016). Ce levé a mis en évidence que l'érosion du Pesquier se propage jusqu'au seuil de prise d'eau des Listes, soit 330 m. Une étude à part entière doit être menée sur le Pesquier et ses affluents. Cette étude devrait être lancée sous peu, d'après le Parc du Verdon. Dans ces conditions, nous ne proposerons pas de fiche action.

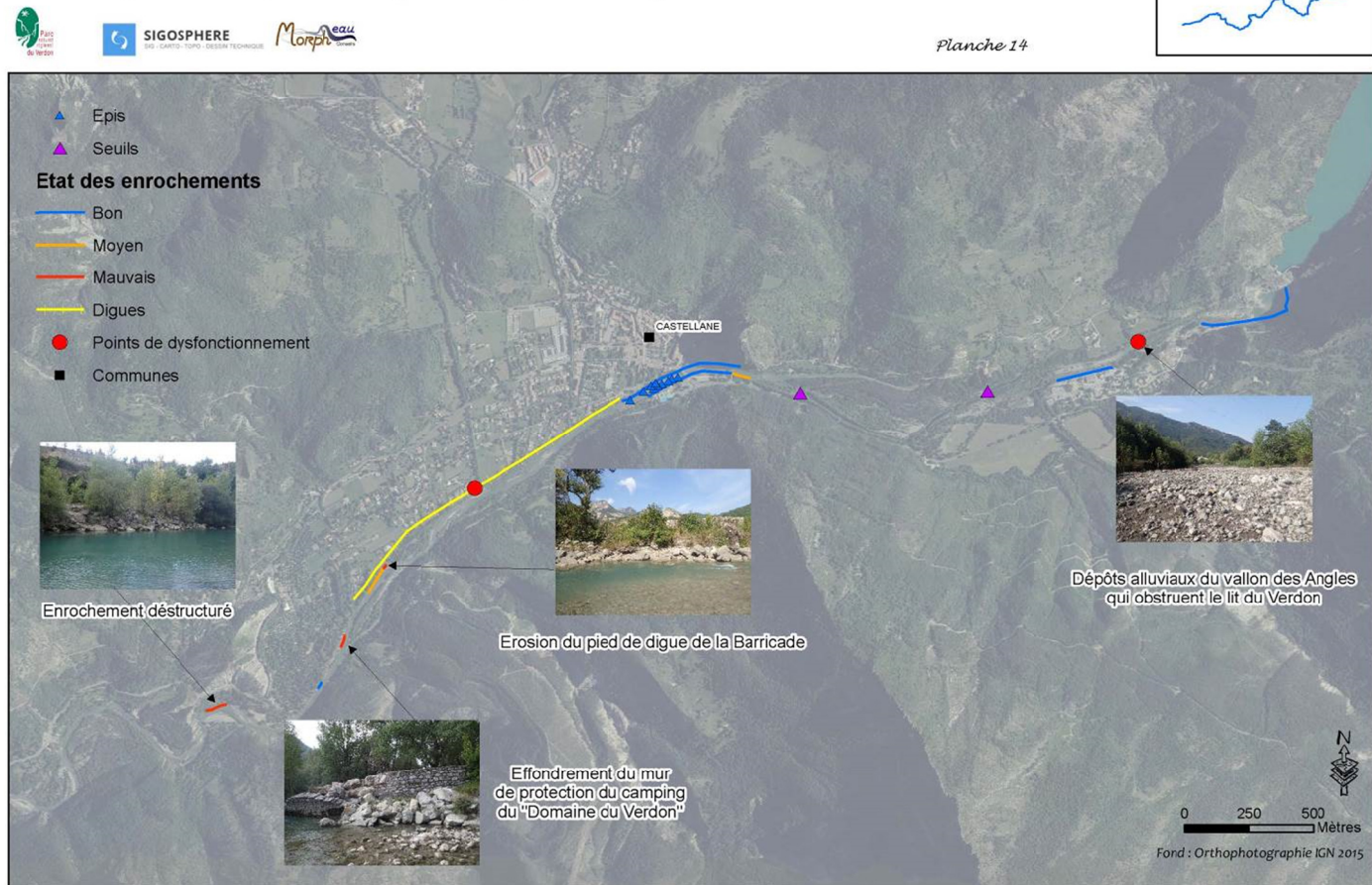


Figure 35. Buse terminale du Pesquier avant suppression  
Source : SAGE Verdon, 2006



Figure 36 : Affouillement des piles du pont sur le Pesquier à sa confluence avec le Verdon  
Source : SIGosphère, 2016.

## Etat des lieux des aménagements sur le Moyen Verdon



Analyse de l'évolution du profil en long du Verdon dans les secteurs en déficit sédimentaire et de l'impact sur les ouvrages de protection, propositions d'intervention

Figure 37 : Etat des lieux des aménagements sur le Moyen Verdon

Source : SIGosphère, 2016

### 3.2 Bas Verdon

A l'exception de la partie en amont de Gréoux, le lit du Verdon est contraint par une digue. Cette dernière est présente, soit sur une rive, soit sur les deux (Figure 38 et Figure 39).

La présence d'une érosion importante au lieu-dit de Pigette (rive gauche) peut être considérée comme un dysfonctionnement si on se place du côté des riverains. Nous pensons, cependant, le contraire car il s'agit d'une des seules opportunités pour le Verdon de se recharger naturellement. Le recoupement de ce méandre (par sa rive droite) ne serait pas une bonne idée car cela diminuerait le linéaire de rivière qui aura pour conséquence une augmentation de la pente et donc une augmentation de l'incision. De plus, les matériaux présents en rive droite correspondent à un dépôt de matériaux de divers chantier de génie civil de la commune de Gréoux (Source : Plan de Préventions des Risques Naturels Prévisibles de Gréoux, 2014).

Sur le terrain, nous avons constaté la présence d'enrochement déstructuré voir affouillé. Leur utilité est semble-t-il, dans certains cas, désuète. Les enrochements en mauvais état ne sont pas forcément tous problématiques. En effet, seul un ouvrage en mauvais état (enrochement) est problématique. Il s'agit de l'enrochement de protection de la station d'épuration de Vinon-sur-Verdon (cf. fiche action

**n°4**). Noter cependant qu'une digue est érodée en son pied (sur une dizaine de mètre) en aval du premier seuil de Vinon. Cette érosion est problématique puisque des enjeux riverains sont présents en arrière de la digue (*cf. fiche action n°5*). Le degré d'urgence est important mais avant d'intervenir sur cette problématique, il faudrait dans un premier temps supprimer le seuil de Vinon car cet ouvrage dirige les écoulements vers la digue. La suppression du seuil pourrait redéfinir les conditions d'écoulements.

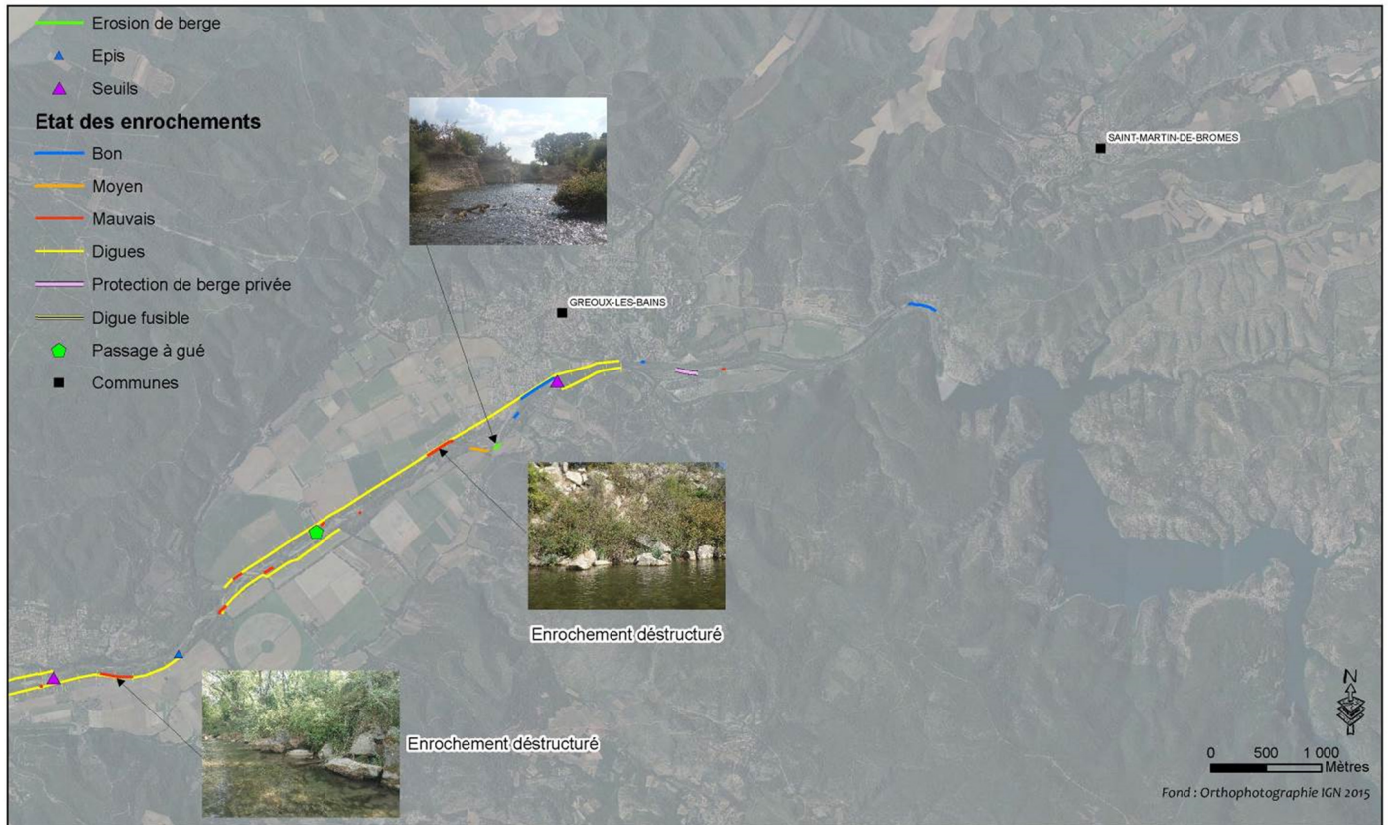
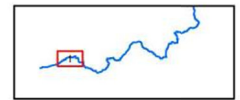
A Vinon, les enrochements en bon état correspondent aux ouvrages au droit du pont routier (protection en rive gauche et droite et protection du parcours de canoë) et à l'ouvrage récent au niveau de la passerelle piétonne de Vinon (protection en rive droite).

La zone de confluence Verdon/Durance est une des seules zones où la dynamique de la rivière peut s'exprimer. En effet, le Verdon compte de multiples bras. Comme nous l'avons vu précédemment, le bras principal de 2010 ne correspond plus au bras principal de 2016. D'un point de vue géomorphologique et écologique, le secteur doit rester en l'état car la multiplicité des bras et la présence d'embâcles dans le lit engendrent une bonne diversification des habitats et faciès. D'un point de vue hydraulique, le secteur mériterait une analyse plus fine. Il faudra mettre en place une campagne de levés topographiques (profil en long et profils en travers) afin de définir, grâce à une modélisation hydraulique, les hauteurs d'eau en fonction des débits caractéristiques du Verdon. Les volumes des atterrissements pourront être définis lors de cette même campagne de levés topographiques.

Etat des lieux des aménagements sur le Bas Verdon



Planche 15.1



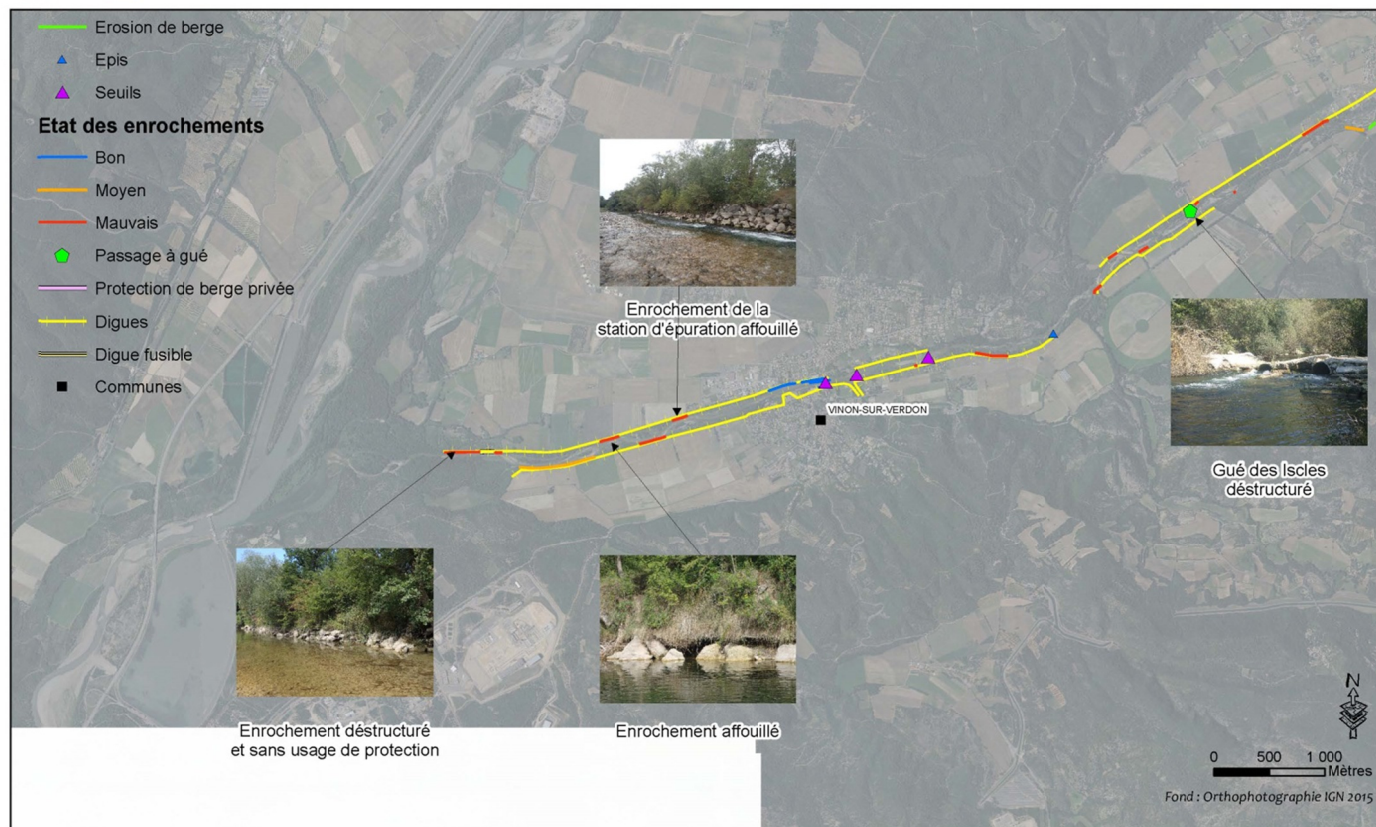
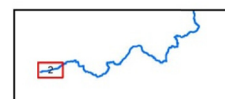
Analyse de l'évolution du profil en long du Verdon dans les secteurs en déficit sédimentaire et de l'impact sur les ouvrages de protection, propositions d'intervention

Figure 38 : Etat des lieux des aménagements sur le Bas Verdon – Secteur amont  
Source : SIGosphère, 2016

## Etat des lieux des aménagements sur le Bas Verdon



Planche 15.2



Analyse de l'évolution du profil en long du Verdon dans les secteurs en déficit sédimentaire et de l'impact sur les ouvrages de protection, propositions d'intervention

Figure 39 : Etat des lieux des aménagements sur le Bas Verdon – Secteur aval

Source : SIGosphere, 2016

## 4 Propositions d'intervention de gestion

L'étude diachronique du profil en long a mis en évidence que le Verdon, dans le secteur du Moyen et du Bas Verdon a subi une incision généralisée. Cependant, entre 2010 et 2016, aucune évolution n'a été constatée. Ainsi, la dynamique verticale, sur la période, n'a pas créé de désordres supplémentaires sur les digues ou les ouvrages de protection. Les dysfonctionnements observés sont plus liés à la faible dynamique latérale de la rivière ou à des enrochements déjà en mauvais état.

Comme évoqué précédemment, des fiches actions ont été rédigées (avec un ordre de priorité) afin de mettre en lumière les secteurs nécessitant une intervention.

#### 4.1 Propositions d'intervention sur le Moyen Verdon

Sur le Moyen Verdon, nous proposons les actions suivantes :

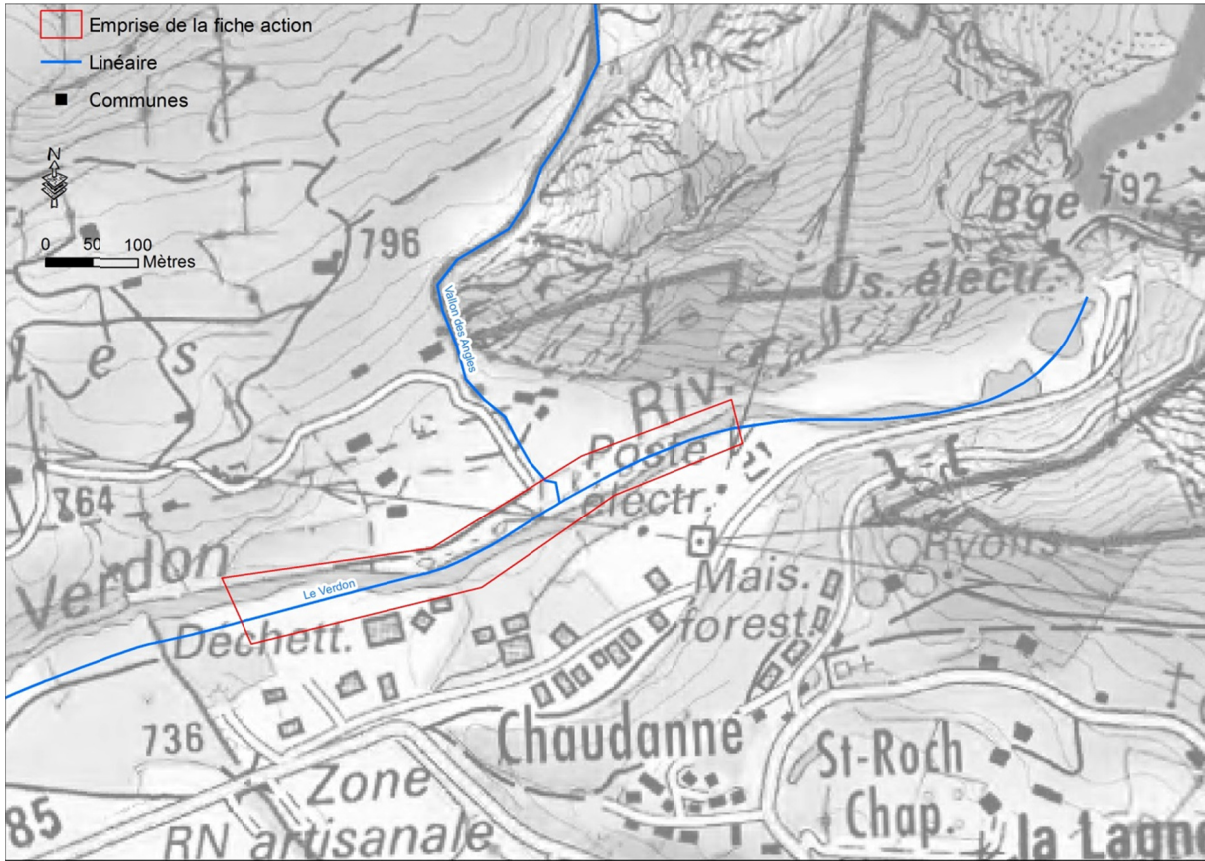
- Suppression du bouchon sédimentaire créé par les apports du Vallon des Angles (*fiche action n°1 – Priorité moyenne*). Cette fiche action vise à améliorer le fonctionnement sédimentaire du secteur en améliorant la diversité des écoulements et des habitats. De plus, cette action permettra de réduire les pressions sur l'enrochement de protection de la zone artisanale de Castellane (rive gauche).
- Confortement du pied de digue de la Barricade en amont de la station d'épuration de Castellane (*fiche action n°2 – Priorité forte*). Cette fiche action est un projet ambitieux qui vise à remettre en eau un chenal de décharge de rive gauche par une intervention en génie dynamique.
- Le Pesquier doit faire l'objet d'une étude complémentaire sur le transit sédimentaire afin de proposer des actions de limitation de l'incision en cours.

#### 4.2 Propositions d'intervention sur le Bas Verdon

Sur le Bas Verdon, nous proposons les actions suivantes :

- Reprise du passage à gué des Iscles (*fiche action n°3 – Priorité faible*). Avec l'accord des propriétaires, cette action vise, soit à supprimer le passage à gué, soit à le mettre en conformité avec les objectifs de continuité sédimentaire. L'ouvrage est en mauvais état, il faudra soit le reconstruire à l'identique, soit changer sa configuration comme le propose la fiche action n°3.
- Confortement de l'enrochement de protection de la station d'épuration de Vinon-sur-Verdon (*fiche action n°4 – Priorité moyenne*). L'option la plus ambitieuse serait de contourner l'enrochement par la création d'un chenal en rive gauche du Verdon. Cette option permettrait de remobiliser, au moins à court terme, un stock sédimentaire du cours d'eau.
- Confortement du pied de digue dans la commune de Vinon-sur-Verdon à l'aval du premier seuil (*fiche action n°5 – Priorité forte*). L'objectif est de conforter le pied de digue par un enrochement avec une semelle en fond de lit afin d'éviter le sapement de la protection par le fond.

### 4.3 Fiches action

Fiche action 01 – Priorité moyenne		
<u>Cours d'eau :</u> Verdon	<u>Maître d'ouvrage :</u> Parc Naturel Régional du Verdon	<u>Communes concernées :</u> Castellane
<b>Suppression du bouchon sédimentaire créé par les apports du Vallon des Angles et redynamisation du Verdon</b>		
<b>Thématiques</b> Suppression d'un bouchon alluvial / Réduction du risque d'inondation / Recharge sédimentaire / Restauration de la dynamique alluviale		
<b>Contexte</b>		
<p><b><u>Contexte géographique</u></b></p> <p>Cette action concerne un linéaire de 500 m environ à la confluence du Vallon des Angles et du Verdon. Le linéaire soumis à la fiche action s'étend sur 250 m de part et d'autre de la confluence.</p> 		
Figure 40 : Localisation du linéaire concerné par la fiche action		

### Contexte géomorphologique

A la suite d'une importante crue, le Vallon des Angles a déposé une quantité importante de sédiments à la confluence avec le Verdon qui crée un bouchon sédimentaire. Le volume de sédiment est tel que :

- Le Verdon a vu son cours dévier vers sa rive gauche à travers une zone de ripisylve importante,
- En amont de la confluence, le bouchon sédimentaire crée une vaste retenue dans le lit du Verdon qui pénalise fortement la diversité des habitats,
- A l'aval de la confluence, le bouchon sédimentaire contraint le Verdon sur sa rive gauche et l'impose de longer l'enrochement de protection de la zone artisanale. Dans ce secteur, le lit est banalisé et les matériaux alluviaux sont en majorité des marnes. Le Verdon s'incise au pied de l'enrochement et risque de déstabiliser l'ouvrage.



Figure 41 : Bouchon sédimentaire à la confluence Vallon des Angles / Verdon (a et b). Retenue dans le lit du Verdon en amont de la confluence (c). Ecoulement du Verdon dans sa ripisylve de rive gauche (d). Ecoulement du Verdon contre l'enrochement de protection de la zone artisanale (e). Banalisation des écoulements et présence de sédiments marneux (f).

## Nature de l'intervention

L'objectif est de restaurer la dynamique alluviale du secteur, en diversifiant les écoulements et en améliorant la qualité du milieu. En plus de la suppression du bouchon alluvial, la zone à l'aval immédiat de la confluence présente des potentialités de restauration intéressantes permettant la création d'un chenal de dérivation. Cela permettrait de :

- Diriger les écoulements en rive droite,
- Limiter la pression sur l'ouvrage en enrochement,
- Diversifier les écoulements.

L'intervention repose sur 3 opérations :

- **Suppression du bouchon alluvial à la confluence Vallon des Angles / Verdon**

La suppression de ce bouchon permettra de vider la retenue créée en amont et de recréer un écoulement caractéristique d'une rivière. La qualité des habitats en amont sera améliorée. Au droit de la confluence, le Verdon pourra de nouveau cheminer dans son lit ce qui impliquera moins de pression sur la ripisylve et donc, en cas de crue, moins d'apport de bois qui pourrait provoquer des embâcles.

- **Création d'un entonnement et d'une amorce d'un chenal de dérivation dans le banc alluvial de rive droite en aval de la confluence**

Le banc de galets présent en rive droite en aval immédiat de la confluence est perché, quasiment 2 m au-dessus de la ligne d'eau du chenal actuel de rive gauche. La création d'un entonnement dans ce banc permettrait de faire passer le Verdon sur sa rive droite et de réduire les pressions sur l'ouvrage de protection.

- **Mise en place d'épis pour diriger les écoulements dans l'entonnement**

Une partie des sédiments issue de la création de l'entonnement et de la suppression du bouchon alluvial pourra être réinjectée sur place afin de créer des épis ou des merlons. Ceci permettrait d'orienter les écoulements dans l'entonnement et ainsi réduire les pressions sur l'ouvrage de protection.

Toutes ces actions demandent des études plus précises pour la définition d'une gestion dynamique des écoulements.

## Schéma de principe

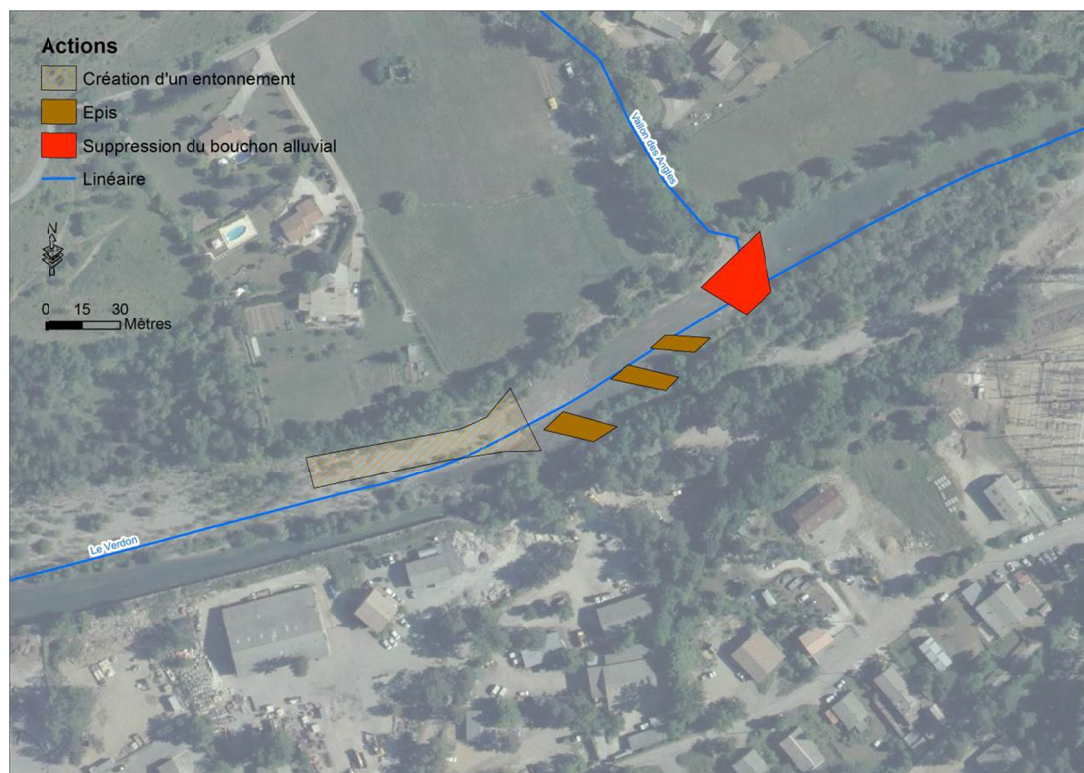


Figure 42 : Schéma de principe de l'opération

### Etude(s) complémentaire(s) et contexte réglementaire

Au-delà de la maîtrise foncière, la mise en œuvre des opérations, citées précédemment, nécessite un certain nombre d'études complémentaires et la rédaction d'un Dossier Loi sur l'Eau (DLE).

<b>Diagnostic/Etat des lieux précis</b>	Le secteur devra faire l'objet d'un état des lieux précis afin d'intégrer toutes les problématiques du site
<b>Topographie</b>	L'étude topographique permettra de détailler la zone d'intervention ainsi que la zone d'influence du projet. Elle sera nécessaire pour la modélisation hydraulique, pour le dimensionnement de l'entonnement, de l'amorce du chenal, des épis et pour la définition du projet et des coûts
<b>Modélisation hydraulique</b>	Définition des lignes d'eau avant et après travaux, calage de l'altitude de l'entonnement et du chenal
<b>DLE</b>	Rédaction du Dossier Loi sur l'Eau + DIG si besoin
<b>Incidence Natura 2000</b>	Rédaction d'un dossier d'incidence si le site est en zone Natura 2000
<b>ACT, EXE, DET, OPC, AOR</b>	Maîtrise d'œuvre complète pour la réalisation de l'opération

### **Estimation financière**

**Travaux : 45 000 € HT**

**Etudes complémentaires : 15 000 € HT**

**DLE et DIG : 5 000 € HT**

**Fiche action 02 – Priorité forte**

Cours d'eau :  
Verdon

Maître d'ouvrage :  
Parc Naturel Régional du Verdon

Communes concernées :  
Castellane

**Confortement de la digue de la Barricade**

**Thématiques**

Protection d'une érosion de berge et de la digue de la barricade / Restauration de la dynamique alluviale

**Contexte**

**Contexte géographique**

Cette action concerne un linéaire de 200 m environ au droit d'une érosion sur la digue de la Barricade, en amont de la station d'épuration de la commune de Castellane.



Figure 43 : Localisation du linéaire concerné par la fiche action

**Contexte géomorphologique**

Dans ce secteur, le Verdon présente de légères sinuosités avec de nombreux bancs de galets, alternativement en rive gauche et rive droite. Le profil en long est fixé par de nombreux radiers

naturels. La rive droite de la rivière est protégée par la digue de la Barricade. Le pied de digue est endommagé dans une sinuosité de la rivière. Le Verdon a créé une érosion dans la digue et a déstructuré les enrochements servant de protection au pied de digue.



Figure 44 : Erosion sur la digue de la Barricade et destructuration des enrochements du pied de digue

### Nature de l'intervention

L'objectif est de protéger le pied de digue afin d'éviter une brèche dans la digue de la Barricade. La rive gauche du Verdon présente aussi des potentialités intéressantes qu'il conviendra de mettre en place pour réduire les pressions sur la digue de la Barricade.

L'intervention repose sur 3 opérations :

#### - Protection du pied de berge et de la berge de rive droite

La protection du pied de digue passera par le réagencement des enrochements disposés dans le lit du Verdon. Le réagencement sera fait du sommet de digue à l'aide d'une pince hydraulique. La redistribution des blocs devra être soignée dans sa conception afin d'assurer une liaison correcte avec la protection existante (*Etude SCP, 2014 Digue de la Barricade, diagnostic initial de sûreté et VTA*). L'extrémité amont des enrochements devra être intégrée dans la berge afin que les sapements du Verdon, en hautes eaux ou en crue, ne viennent compromettre sa tenue. La protection de la berge pourra être complétée par l'installation d'un caisson en bois végétalisé qui viendrait se placer sur le sommet des enrochements. Les espèces végétales à implanter seraient les mêmes que celles présentes sur place (peupliers noirs, saules).

Il serait utile de prolonger l'extrémité amont de l'enrochement sur 10 ml.

#### - Utilisation du chenal de décharge de rive gauche

Un chenal de décharge est présent en rive gauche, à 70 m en amont de l'érosion. Ce chenal doit

probablement être en eau lors des hautes eaux du Verdon. Il conviendrait de redonner du potentiel à ce chenal afin de réduire les pressions sur la digue de la Barricade et ainsi de limiter le retour de l'érosion en pied de berge. Pour cela, l'entonnement devra être repris et décaissé à une cote permettant le passage du débit d'étiage.

- **Mise en place d'épis pour diriger les écoulements dans l'entonnement**

Les sédiments issus de la création de l'entonnement pourront être réinjectés sur place afin de créer des épis ou des merlons. Ceci permettrait d'orienter une partie ou la totalité des écoulements dans l'entonnement et ainsi de rééquilibrer le plancher alluvial en réduisant les pressions sur la digue. Les sédiments issus du creusement du chenal de décharge, pourront être réinjectés afin de créer les épis.

**Schéma de principe**

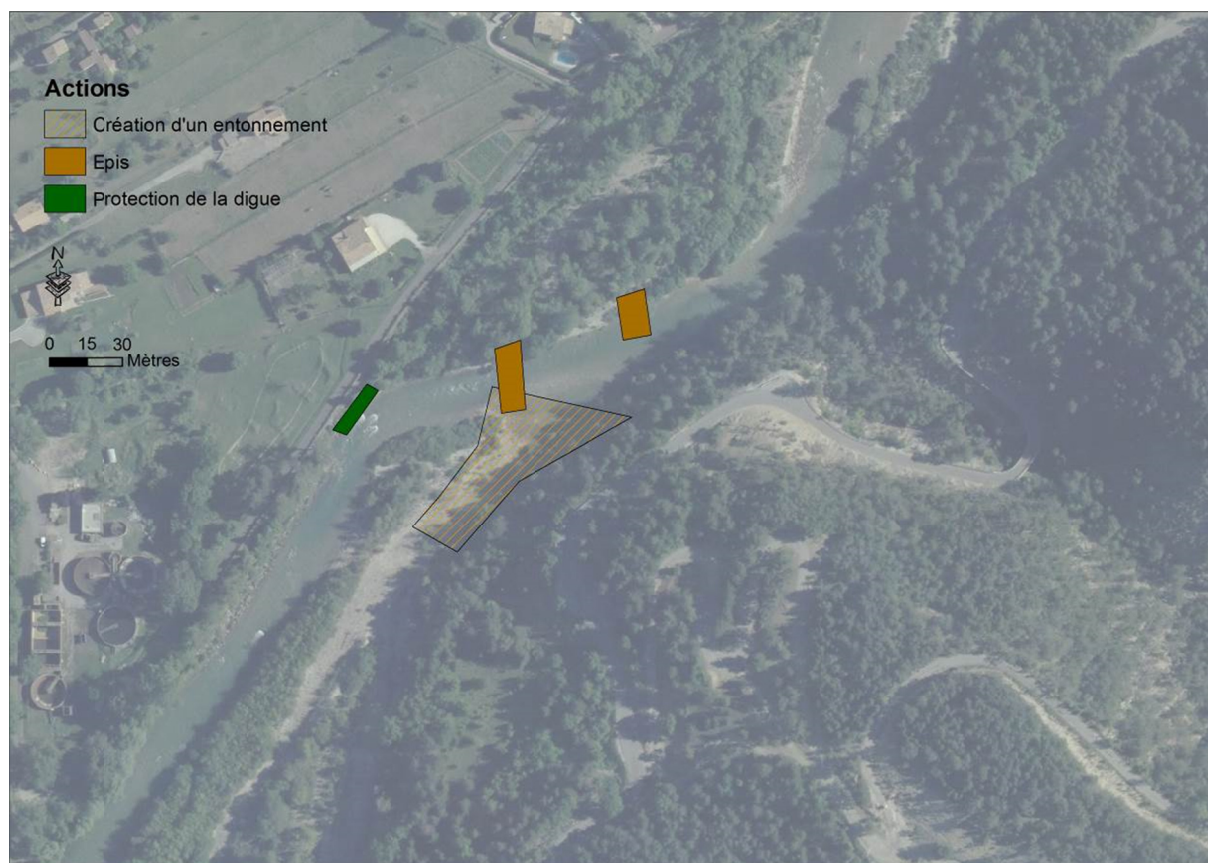


Figure 45 : Schéma de principe de l'opération

### Etude(s) complémentaire(s) et contexte réglementaire

Au-delà de la maîtrise foncière, la mise en œuvre des opérations, citées précédemment, nécessite un certain nombre d'études complémentaires et la rédaction d'un Dossier Loi sur l'Eau (DLE).

<b>Diagnostic/Etat des lieux précis</b>	Le secteur devra faire l'objet d'un état des lieux précis afin d'intégrer toutes les problématiques du site
<b>Topographie</b>	L'étude topographique permettra de détailler la zone d'intervention ainsi que la zone d'influence du projet. Elle sera nécessaire pour la modélisation hydraulique, pour le dimensionnement de l'entonnement et des épis et pour la définition du projet et des coûts
<b>Modélisation hydraulique</b>	Définition des lignes d'eau avant et après travaux, calage de l'altitude de l'entonnement
<b>DLE</b>	Rédaction du Dossier Loi sur l'Eau et DIG si besoin
<b>Incidence Natura 2000</b>	Rédaction d'un dossier d'incidence si le site est en zone Natura 2000
<b>ACT, EXE, DET, OPC, AOR</b>	Maîtrise d'œuvre complète pour la réalisation de l'opération

### Estimation financière

#### Travaux :


**Reprise de l'enrochement existant et caisson végétalisé : 25 000 € HT**

**Prolongation de l'enrochement sur 10 ml : 25 000 € HT**

**Génie dynamique (entonnement + épis) : 35 000 € HT**

**Etudes complémentaires : 19 000 € HT**

**DLE et DIG : 5 000 € HT**

Fiche action 03 – Priorité faible		
<u>Cours d'eau :</u> Verdon	<u>Maître d'ouvrage :</u> Parc Naturel Régional du Verdon	<u>Communes concernées :</u> Gréoux les Bains
<b>Restauration du gué des Iscles</b>		
<b>Thématiques</b> Restauration du passage à gué / Restauration de la continuité écologique		
<b>Contexte</b>		
<b><u>Contexte géographique</u></b>		
<p>Cette action concerne le passage à gué des Iscles sur la commune de Gréoux les Bains.</p>		
		
Figure 46 : Localisation du gué des Iscles		
<b><u>Contexte géomorphologique</u></b>		
<p>Dans ce secteur, le Verdon est très banalisé et chenalisé. Il s'écoule sous une ripisylve dense en forme de tunnel. Le chenal mesure environ 10 m de large. L'ouvrage de franchissement des Iscles crée une discontinuité écologique. Le passage est complètement déstructuré, suite à une crue en 2015. L'ouvrage se compose de 3 passages busés. Noter que 200 m en aval du gué, la roche mère</p>		

affleure et crée une marche de 0,2 m de hauteur.



Figure 47 : Photographies du gué des Iscles

### Nature de l'intervention

Si les propriétaires de l'ouvrage sont d'accord, les objectifs de rétablissement de la continuité écologique pourraient passer par la suppression de l'ouvrage. Dans ce cas, la continuité serait totalement rétablie.

Dans le cas où les propriétaires souhaiteraient conserver le passage à gué, l'ouvrage pourra être reconstruit sous la forme d'un dalot avec une chaussée la plus basse possible afin d'obstruer le moins possible le cours du Verdon (**Figure 48**).

### Schéma de principe

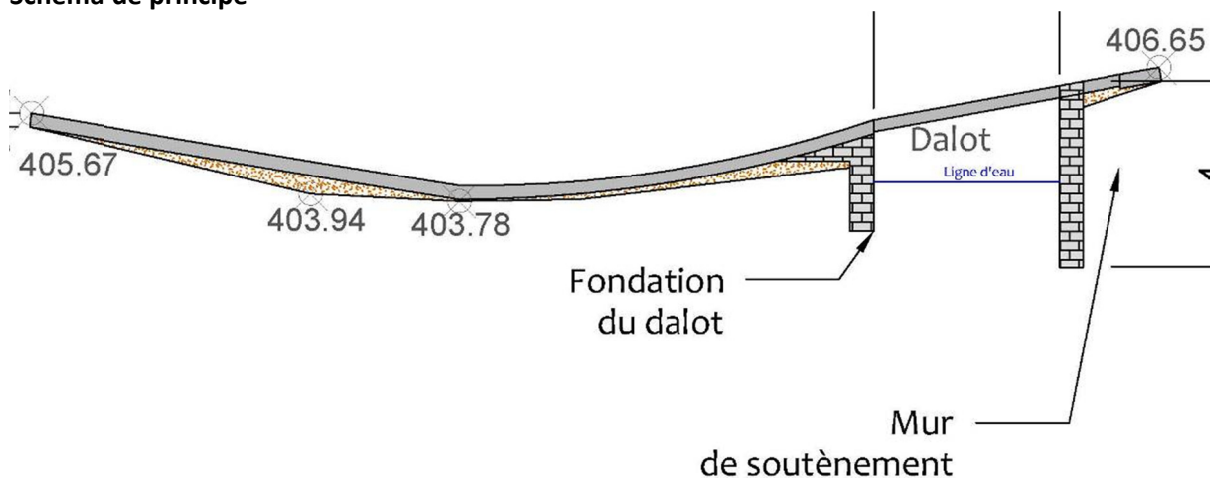


Figure 48 : Aménagement de principe d'un gué sur une rivière en Ardèche

### Etude(s) complémentaire(s) et contexte réglementaire

Au-delà de la maîtrise foncière, la mise en œuvre des opérations, citées précédemment, nécessite un certain nombre d'études complémentaires et la rédaction d'un Dossier Loi sur l'Eau (DLE).

**Noter que, d'après le Comité de Pilotage de l'étude en date du 12/12/2016, le gué des Iscles sera totalement supprimé. Ainsi, la continuité écologique sera rétablie et le transport solide pourra combler le seuil naturel formé 200 m à l'aval du gué.**

<b>Diagnostic/Etat des lieux précis</b>	Le secteur devra faire l'objet d'un état des lieux précis afin d'intégrer toutes les problématiques du site
<b>Topographie</b>	L'étude topographique permettra de détailler la zone d'intervention ainsi que la zone d'influence du projet. Elle sera nécessaire pour la modélisation hydraulique, pour le dimensionnement du dalot, pour la cote minimale de la chaussée et pour la définition du projet et des coûts
<b>Modélisation hydraulique</b>	Définition des lignes d'eau avant et après travaux, calage de l'altitude de la chaussée et de la taille du dalot
<b>DLE</b>	Rédaction du Dossier Loi sur l'Eau (vérifier la consistance légale de l'ouvrage)
<b>Incidence Natura 2000</b>	Rédaction d'un dossier d'incidence si le site est en zone Natura 2000
<b>ACT, EXE, DET, OPC, AOR</b>	Maîtrise d'œuvre complète pour la réalisation de l'opération

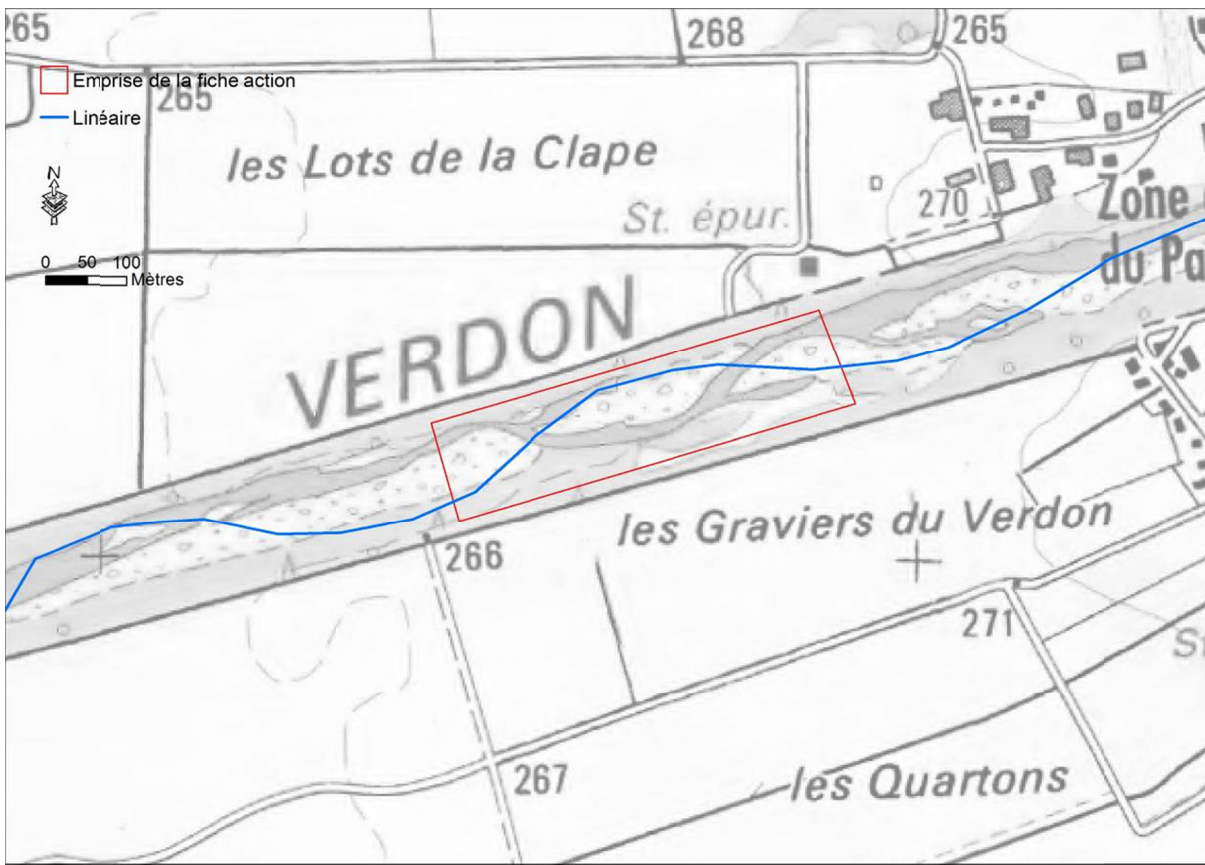
### Estimation financière

**Taux de subvention de 80 % si le projet est accepté par l'Agence de l'eau dans le cadre de la continuité écologique**

**Travaux : 65 000 € HT**

**Etudes complémentaires : 18 000 € HT**

**DLE : 4 000 € HT**

Fiche action 04 – Priorité moyenne		
<u>Cours d'eau :</u> Verdon	<u>Maître d'ouvrage :</u> Parc Naturel Régional du Verdon	<u>Communes concernées :</u> Vinson-sur-Verdon
<b>Confortement de l'énrochement de protection de la station d'épuration de Vinon-sur-Verdon</b>		
<b>Thématiques</b> Confortement d'un enrochement		
<b>Contexte</b>		
<p><b><u>Contexte géographique</u></b></p> <p>Cette action concerne un linéaire de 400 m environ au droit d'un enrochement de protection de la station d'épuration de Vinon-sur-Verdon.</p>		
		
Figure 49 : Localisation du linéaire concerné par la fiche action		
<p><b><u>Contexte géomorphologique</u></b></p> <p>Dans ce secteur, le Verdon se présente sous la forme d'une alternance de plats lenticulaires et de</p>		

radiers peu mobiles. L'enrochement de la station d'épuration se trouve dans une sinuosité du chenal et à l'aval immédiat d'un radier. D'après nos observations de terrain, le pied de l'enrochement est affouillé sur une grande partie du linéaire.



Figure 50 : Photographies de l'enrochement de protection de la station d'épuration de Vinon-sur-Verdon

### Nature de l'intervention

Afin que l'ouvrage ne s'effondre à la suite des sapements du Verdon, une solution alternative à la reprise de l'enrochement serait de créer un nouveau chenal sur le banc de galets, en rive gauche.

L'intervention repose sur 2 opérations :

- **Création d'un chenal sur le banc de galets de rive gauche sur 300 m**

L'ouverture d'un nouveau chenal permettra de :

- De concentrer les écoulements en rive gauche,
- De réduire les pressions sur l'ouvrage de protection,
- De remobiliser un stock sédimentaire et de créer, à court termes, des apports vers l'aval. Cette remobilisation pourra, au moins à court termes, transporter des sédiments dans des zones en déficit ou en érosion (notamment dans les secteurs de berges affouillées).

- **Mise en place d'épis pour diriger les écoulements dans le nouveau chenal**

Les sédiments issus de la création du chenal pourront être réinjectés sur place afin de créer des épis ou des merlons. Ceci permettrait d'orienter la totalité des écoulements dans le chenal et ainsi réduire les pressions sur l'enrochement et ses enjeux proches.

## Schéma de principe



Figure 51 : Schéma de principe de l'opération

### Etude(s) complémentaire(s) et contexte réglementaire

Au-delà de la maîtrise foncière, la mise en œuvre des opérations, citées précédemment, nécessite un certain nombre d'études complémentaires et la rédaction d'un Dossier Loi sur l'Eau (DLE).

<b>Diagnostic/Etat des lieux précis</b>	Le secteur devra faire l'objet d'un état des lieux précis afin d'intégrer toutes les problématiques du site
<b>Topographie</b>	L'étude topographique permettra de détailler la zone d'intervention ainsi que la zone d'influence du projet. Elle sera nécessaire pour la modélisation hydraulique, pour le dimensionnement de l'entonnement, des épis et pour la définition du projet et des coûts
<b>Modélisation hydraulique</b>	Définition des lignes d'eau avant et après travaux, calage de l'altitude de l'entonnement
<b>DLE</b>	Rédaction du Dossier Loi sur l'Eau + DIG si besoin
<b>Incidence Natura 2000</b>	Rédaction d'un dossier d'incidence si le site est en zone Natura 2000
<b>ACT, EXE, DET, OPC, AOR</b>	Maîtrise d'œuvre complète pour la réalisation de l'opération

### **Estimation financière**

**Travaux : 40 000 € HT**

**Etudes complémentaires : 15 000 € HT**

**DLE et DIG : 5 000 € HT**

**Fiche action 05 – Priorité forte**

Cours d'eau :  
Verdon

Maître d'ouvrage :  
Parc Naturel Régional du Verdon

Communes concernées :  
Vinson-sur-Verdon

**Confortement du pied de digue,  
rive gauche en aval du 1<sup>er</sup> seuil de Vinon-sur-Verdon**

**Thématiques**

Protection d'une érosion de berge et de la digue rive gauche de Vinon / Restauration de la dynamique alluviale

**Contexte**

**Contexte géographique**

Cette action concerne une érosion du pied de digue protégeant la rive gauche de la commune de Vinon-sur-Verdon. L'érosion se situe, en rive gauche, à l'aval du 1<sup>er</sup> seuil de la commune.

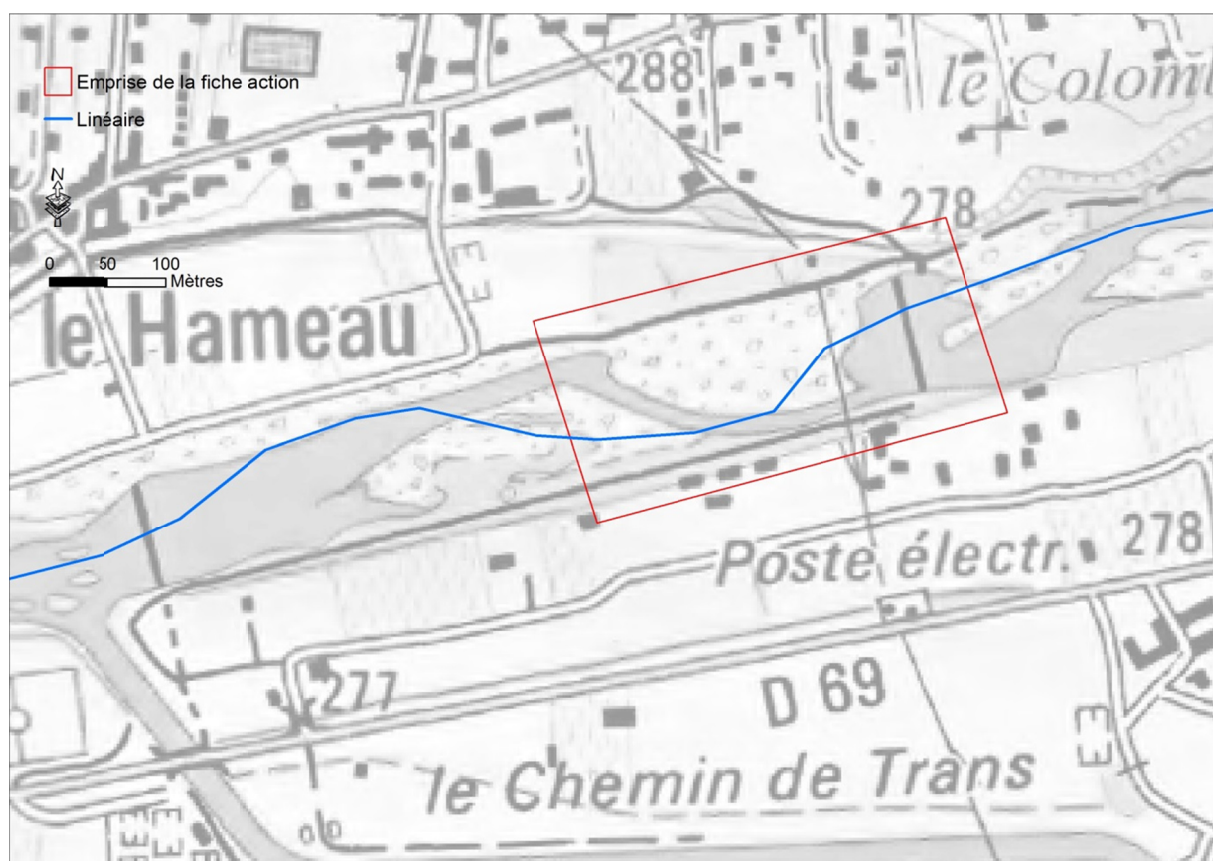


Figure 52 : Localisation du linéaire concerné par la fiche action

### **Contexte géomorphologique**

Dans ce secteur, le Verdon est contraint par les deux seuils de Vinon et par des digues positionnées sur chaque rive. La chute créée par le seuil dirige les écoulements vers la rive gauche et contre le pied de digue. L'érosion du pied de digue se situe en rive gauche de la rivière. Le Verdon a déstructuré les enrochements servant de protection au pied de digue. Les enjeux à l'arrière de la digue sont proches. Il s'agit principalement d'habitat.



Figure 53 : Erosion sur la digue de la Barricade et déstructuration des enrochements du pied de digue

### **Nature de l'intervention**

L'objectif est de protéger le pied de digue afin d'éviter une brèche dans l'ouvrage et de compromettre la sécurité des habitations situées à l'arrière de la digue. La rive droite du Verdon présente aussi des potentialités intéressantes qu'il conviendra de mettre en place pour réduire les pressions sur la digue.

L'intervention repose sur 3 opérations :

#### **- Protection du pied de berge**

La protection du pied de digue pourra se faire en deux temps :

- Dans un premier temps, il s'agira d'enrocher le pied de berge avec une semelle en fond de lit de la rivière afin d'éviter tout sapement par le fond. Les travaux seront effectués depuis le haut de la berge. L'extrémité amont des enrochements devra être intégrée dans la berge afin que les sapements du Verdon, en hautes eaux ou en crue, ne viennent compromettre sa tenue.
- Dans un deuxième temps, la protection de la berge pourra être complétée par l'installation d'un caisson en bois végétalisé qui viendrait se placer sur le sommet des enrochements. Les espèces végétales à planter seraient les mêmes que celles présentes sur place (peupliers noirs, saules).

#### **- Utilisation du chenal de décharge de rive droite**

Un chenal de décharge est présent en rive droite. Ce chenal doit probablement être en eau lors des hautes eaux du Verdon. Il conviendrait de redonner du potentiel à ce chenal afin de réduire les pressions sur la digue et ainsi de limiter le retour de l'érosion en pied de berge. Pour cela, l'entonnement devra être repris et décaissé à une cote permettant le passage du débit d'étiage.

- **Mise en place d'épis pour diriger les écoulements dans l'entonnement**

Les sédiments issus de la création de l'entonnement pourront être réinjectés sur place afin de créer des épis ou des merlons. Ceci permettrait d'orienter une partie ou la totalité des écoulements dans l'entonnement et ainsi de rééquilibrer le plancher alluvial en réduisant les pressions sur la digue. Les sédiments issus du creusement du chenal de décharge, pourront être réinjectés afin de créer les épis.

Noter cependant, qu'avant de se lancer dans ce type d'opération et de gaspiller des deniers publics, il serait préférable de supprimer dans un premier temps le seuil de Vinon car c'est cet ouvrage et par extension la chute créée qui dirige les écoulements vers la rive gauche du Verdon. La suppression du seuil entraînera très probablement une redistribution des écoulements sur la totalité du lit du Verdon et limitera naturellement les pressions sur le pied de digue.

**Schéma de principe**

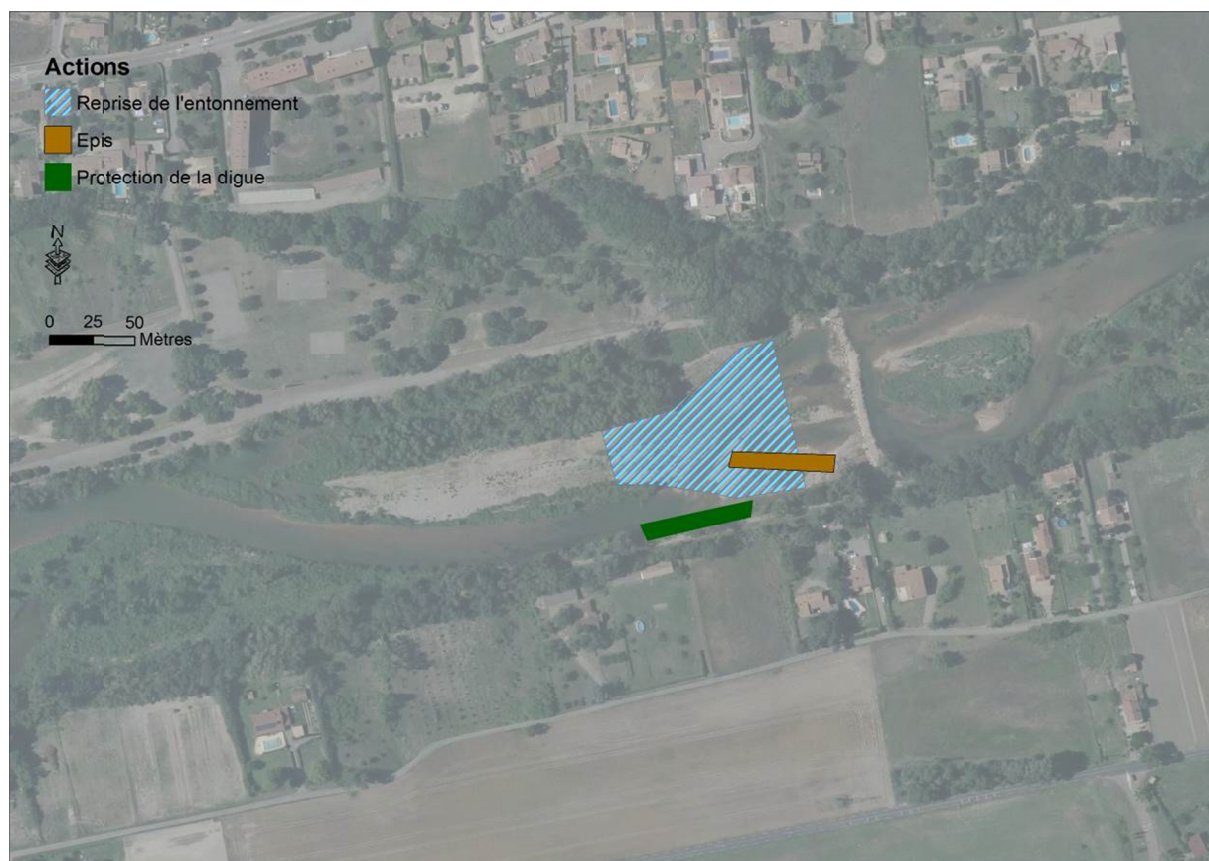


Figure 54 : Schéma de principe de l'opération

### Etude(s) complémentaire(s) et contexte réglementaire

Au-delà de la maîtrise foncière, la mise en œuvre des opérations, citées précédemment, nécessite un certain nombre d'études complémentaires et la rédaction d'un Dossier Loi sur l'Eau (DLE).

<b>Diagnostic/Etat des lieux précis</b>	Le secteur devra faire l'objet d'un état des lieux précis afin d'intégrer toutes les problématiques du site
<b>Topographie</b>	L'étude topographique permettra de détailler la zone d'intervention ainsi que la zone d'influence du projet. Elle sera nécessaire pour la modélisation hydraulique, pour le dimensionnement de l'entonnement et des épis et pour la définition du projet et des coûts
<b>Modélisation hydraulique</b>	Définition des lignes d'eau avant et après travaux, calage de l'altitude de l'entonnement
<b>DLE</b>	Rédaction du Dossier Loi sur l'Eau et DIG si besoin
<b>Incidence Natura 2000</b>	Rédaction d'un dossier d'incidence si le site est en zone Natura 2000
<b>ACT, EXE, DET, OPC, AOR</b>	Maîtrise d'œuvre complète pour la réalisation de l'opération

### Estimation financière

**Travaux :**

**Création de l'enrochement et de la semelle béton et caisson végétalisé : 25 000 € HT**

**Génie dynamique (entonnement + épis) : 35 000 € HT**

**Etudes complémentaires : 19 000 € HT**

**DLE et DIG : 5 000 € HT**

## 5 Définition d'un protocole de suivi

En l'état, le suivi de la dynamique verticale du Verdon doit être conservé avec un rythme d'un levé topographique tous les 5 ans. Cependant, nous préconisons de le faire encore pour deux campagnes de mesures, soit 10 ans (levé du profil en long / des profils en travers et comparaison). En fonction des résultats de la comparaison des profils et si les résultats montrent, comme dans la présente étude pour la période 2010-2016, une très faible dynamique, alors il serait plus judicieux de déclencher un levé topographique immédiatement après une crue importante.

## 6 Bibliographie

*Artelia Eau et Environnement, 2014. Etude pour la restauration des continuités écologiques du seuil de Gréoux, phase 3 : étude de la solution retenue - investigations complémentaires, cahier des charges techniques pour la réalisation d'un levé topographique et bathymétrique*

*Biotec, 2013. Etude et projet de restauration du tronçon court-circuité du Verdon, du barrage de Chaudanne à Castellane (04) : Note technique et estimation des coûts.*

*Lefort, 1995. Rivière : Le Verdon, Crue de Novembre 1994, Expertise hydraulique, Commune de Gréoux.*

*Lefort, 1995. Rivière : Le Verdon, Crue de Novembre 1994, Expertise hydraulique, Commune de Vinon.*

*Lefort, 2006. Incidence des essartements projetés dans le lit du Verdon en aval du pont de Vinon, Note technique*

*Lefort, 2010. Définition d'une digue fusible en rive droite du Verdon en aval de Vinon, Note technique.*

*SAGE Verdon, 2006. Synthèse de l'état des lieux et diagnostic du bassin versant.*

*Société Hydrotechnique de France, 1950. Stations hydrométriques françaises, nomenclature et caractéristiques, région des Alpes.*

*SCP, 2014. Digue de la Barricade, Commune de Castellane (04), Diagnostic initial de sûreté et VTA.*

*Sogreah, ETRM, Sibenson, BVA, 2002. Schéma global de gestion du Verdon, Dynamique du Verdon, du Jabron et de l'Artuby, Tome 5.*

## 7 ANNEXES – Profils en travers

## Profil n°: 1

Profil en travers du Verdon sur le Moyen Verdon - Erosion sur la digue de la Barricade



Ligne d'eau 708.86 m NGF le 12/09/2016



Echelle des longueurs : 1/500

Echelle des altitudes : 1/200

PC : 701.00 m

Altitudes du terrain naturel	713.06	710.36	710.17	710.59	710.66	710.51	710.48	709.21	708.87	708.61	708.42	707.97	707.74	708.63	711.38	712.49	714.05	713.07	712.87	712.69	
Distances cumulées	0.000	3.939	8.374	15.280	24.331	33.904	42.320	45.569	47.965	51.198	55.310	57.505	59.452	61.020	62.333	64.471	66.557	68.171	73.204	76.750	88.980

## Profil n°: 2

Profil en travers du Verdon sur le Moyen Verdon - Digue de la Barricade



Ligne d'eau 708.67 m NGF le 12/09/2016



Echelle des longueurs : 1/500

Echelle des altitudes : 1/200

PC : 702.00 m

Altitudes du terrain naturel	715.04	710.13	710.32	710.41	710.37	710.38	710.26	709.78	708.67	708.24	708.17	708.36	708.42	708.37	708.44	708.65	708.99	711.71	711.83	713.64	712.69	712.17	712.40
Distances cumulées	0.000	2.429	5.320	8.443	15.238	19.273	25.201	38.073	40.368	43.553	45.745	47.445	50.342	53.221	55.653	60.060	63.862	66.541	74.049	75.944	80.146	81.563	88.919

### Profil n°: 3

Profil en travers du Verdon sur le Moyen Verdon - Camping du Domaine du Verdon



Ligne d'eau 707.19 m NGF le 12/09/2016

Echelle des longueurs : 1/500

Echelle des altitudes : 1/200

PC : 700.00 m

Altitudes du terrain naturel	713.26	708.60	708.06	708.40	707.88	707.22	706.65	706.36	706.16	706.36	706.39	707.19	709.65	709.60
Distances cumulées	0.000	5.222	12.522	21.701	32.072	35.430	36.908	40.966	44.358	47.085	49.117	51.782	55.356	60.483

### Profil n°: 4

Profil en travers du Bas Verdon - Aval du seuil de Gréoux



Ligne d'eau - Canal : 297.95 m NGF  
 Verdon : 295.65 m NGF le 10/09/2016

Echelle des longueurs : 1/500

Echelle des altitudes : 1/200

PC : 288.00 m

Altitudes du terrain naturel	0,000	302,77	302,65	300,51	300,37	297,02	295,34	294,63	294,47	294,33	294,68	294,87	294,63	294,74	295,58	295,29	295,31	295,07	295,05	295,30	295,59	294,99	295,11	295,55	295,16	294,84	294,65	294,24	300,14	300,40	301,95	301,92
Distances cumulées	0,000	8,229	12,066	18,418	26,790	29,292	37,449	38,874	43,043	45,570	50,627	53,819	55,373	57,306	58,528	60,828	63,540	65,798	67,472	72,116	80,420	82,822	88,425	95,959	98,276	101,329	105,802	114,104	119,910	128,780		

## Profil n°: 5

Profil en travers Bas du Verdon - Aval du seuil de Gréoux



Echelle des longueurs : 1/500

Echelle des altitudes : 1/200

PC : 285.00 m

Altitudes du terrain naturel	301.55	297.37	299.22	299.34	296.82	296.26	293.29	292.73	292.22	291.77	292.00	293.00	294.46	294.98	301.55	301.10
Distances cumulées	0.000	4.253	6.583	13.156	19.893	30.408	44.605	48.639	53.462	56.136	66.872	68.658	71.760	76.203	83.650	90.740

Profil n°: 6

Profil en travers du Bas Verdon - Secteur de la grande érosion de rive gauche



Ligne d'eau 290.67 m NGF le 10/09/2016



Echelle des longueurs : 1/500

Echelle des altitudes : 1/200

PC : 283.00 m

Altitudes du terrain naturel	295.58	295.60	295.62	295.49	289.49	289.48	290.17	290.90	290.72	290.81	291.68	291.66	292.63	292.82	293.39	293.95	294.71	294.80
Distances cumulées	0.000	12.470	31.675	38.438	39.991	44.741	49.206	55.475	58.375	62.417	64.319	72.752	83.540	106.592	135.860	156.989	163.588	171.133

## Profil n°: 7

Profil en travers du Bas Verdon - Aval du gué des Iscles



Ligne d'eau 283.96 m NGF le 11/09/2016



Echelle des longueurs : 1/500

Echelle des altitudes : 1/200

PC : 276.00 m

Altitudes du terrain naturel	285.76	286.02	286.03	285.48	283.58	283.56	283.40	283.44	283.71	282.76	285.78	288.14
Distances cumulées	0.000	8.763	16.936	26.013	30.551	34.681	37.275	41.101	44.720	46.395	52.057	59.680

## Profil n°: 8

Profil en travers du Bas Verdon - Seuil amont dans la traversée de Vinon-sur-Verdon



Ligne d'eau 275.50 m, 275.43, 275.46 m NGF le 11/09/2016

Echelle des longueurs : 1/500

Echelle des altitudes : 1/200

PC : 268.00 m

Altitudes du terrain naturel	0.000	277.01	277.01	276.16	274.75	274.66	275.15	275.57	275.39	275.39	275.42	275.71	275.85	275.74	275.74	275.48	275.79	275.85	275.56	275.42	275.79	275.45	275.70	275.82	275.63	275.22	275.15	275.34	275.28	275.74	276.70	277.00
Distances cumulées	0.000	6.361	10.735	13.137	22.535	32.769	37.095	39.981	41.841	43.113	46.369	48.164	53.175	58.207	62.251	64.274	66.683	72.725	77.077	83.261	87.802	89.349	91.799	93.894	98.081	99.898	102.566	104.885	106.019	110.426	114.217	118.174

## Profil n°: 9

Profil en travers du Bas Verdon - Seuil amont dans la traversée de Vinon-sur-Verdon



Ligne d'eau 274.18 m NGF le 11/09/2016



Echelle des longueurs : 1/500

Echelle des altitudes : 1/200

PC : 267.00 m

Altitudes du terrain naturel	277.54	277.64	278.46	277.26	276.93	274.18	274.30	274.28	273.69	273.68	273.79	274.08	274.17	273.71	274.05	273.90	273.94	273.88	273.77	274.07	273.65	273.21	273.59	273.95	273.79	273.89	274.08	275.83	277.67	277.89
Distances cumulées	0.000	1.604	4.232	7.939	13.073	25.991	32.703	41.336	46.232	48.516	53.594	55.469	58.905	61.885	65.348	71.567	76.377	81.743	85.922	91.447	97.213	100.037	105.374	108.989	111.867	116.676	119.587	123.187	128.907	132.156



## Profil n°: 11

Profil en travers du Bas Verdon - Seuil aval dans la traversée de Vinon-sur-Verdon



Ligne d'eau 271.94 et 271.70 m NGF le 17/09/2016



Echelle des longueurs : 1/500

Echelle des altitudes : 1/200

PC : 265.00 m

Altitudes du terrain naturel	0.000	17.645	18.956	22.629	27.667	31.944	39.980	42.859	45.564	50.125	55.496	61.606	65.178	68.723	71.687	75.119	80.830	80.643	89.452	106.789	113.583	124.763	134.398	154.905
Distances cumulées	274.62	274.88	275.03	272.67	272.96	271.78	271.73	271.64	272.21	272.28	272.37	272.08	271.71	271.46	271.42	271.35	271.88	272.46	272.53	272.70	272.24	272.67	274.38	274.60

## Profil n°: 12

Profil en travers du Bas Verdon - Amont du pont de Vinon-sur-Verdon



Ligne d'eau 271.50 m NGF le 17/09/2016



Echelle des longueurs : 1/500

Echelle des altitudes : 1/200

PC : 264.00 m

Altitudes du terrain naturel	0.000	273.56	271.48	270.90	270.84	270.82	270.85	270.92	270.85	270.89	270.97	271.50	271.92	272.51	273.01	273.94	274.16
Distances cumulées	0.000	1.938	6.074	14.207	22.952	31.977	40.904	49.769	55.006	58.275	62.122	66.266	68.275	72.317	80.225	83.532	

### Profil n°: 13

Profil en travers du Bas Verdon - Aval du seuil de Vinon-sur-Verdon



Ligne d'eau 267.67 m et 269.12 m NGF le 17/09/2016



Echelle des longueurs : 1/500

Echelle des altitudes : 1/200

PC : 260.00 m

Altitudes du terrain naturel	0.000	275.00	274.82	272.09	271.84	269.84	268.59	268.20	266.84	266.55	266.32	266.69	266.86	267.56	270.58	269.43	268.45	268.94	269.12	269.63	270.64	271.08	274.40
Distances cumulées	0.000	7.904	15.263	21.520	26.261	32.106	42.692	56.730	59.240	64.683	67.500	69.211	71.158	74.303	80.792	83.339	85.873	89.005	91.699	93.132	97.160	105.297	

## Profil n°: 14

Profil en travers du Bas Verdon - Amont de la passerelle piéton de Vinon-sur-Verdon



Ligne d'eau 267.08 m NGF le 17/09/2016



Echelle des longueurs : 1/500

Echelle des altitudes : 1/200

PC : 260.00 m

Altitudes du terrain naturel	271.40	271.14	271.02	268.63	267.21	267.00	266.82	266.83	267.57	267.69	267.99	267.76	267.50	272.91	273.23	271.65	271.82
Distances cumulées	0.000	17.420	30.785	34.157	37.805	41.573	48.599	53.852	64.121	68.859	77.529	86.700	91.924	100.976	103.329	104.633	111.440

## Profil n°: 15

Profil en travers du Bas Verdon



Ligne d'eau 259.65 m NGF le 17/09/2016



Echelle des longueurs : 1/500

Echelle des altitudes : 1/200

PC : 253.00 m

Altitudes du terrain naturel	0,000	10,463	21,096	23,291	25,021	27,037	31,042	33,723	37,295	46,656	53,682	58,960	61,843	71,334	78,583	80,602	85,936	95,305	97,486	100,890	103,110	111,724	115,926	122,474	125,220	129,861	135,352	146,106	150,083	153,371	166,253
Distances cumulées	261,68	261,70	260,61	259,65	259,29	259,16	259,19	259,48	259,62	260,10	260,59	260,69	261,02	261,38	261,39	261,22	260,98	260,50	260,13	260,11	260,90	261,05	261,00	260,84	259,80	259,69	262,96	263,02	261,47	261,44	261,06

## Profil n°: 16

Profil en travers du Bas Verdon



Ligne d'eau 259.39 m NGF le 17/09/2016

Echelle des longueurs : 1/500

Echelle des altitudes : 1/200

PC : 252.00 m

Altitudes du terrain naturel	0,000	260,76	261,11	260,98	261,19	261,08	260,19	260,05	259,49	258,88	258,64	258,33	258,20	259,18	260,56	261,64	261,10	261,09	261,05	260,98
Distances cumulées	0,000	13,524	23,846	28,224	35,056	50,546	54,009	59,043	65,823	71,236	73,516	78,633	81,727	85,056	87,007	88,974	91,385	95,148	102,166	260,98