

**Stabilisation du profil en long  
du torrent le Gazel  
au hameau de Rieussec**

**AVP**

Réf. TO13-049

Version 9

Septembre 2016

Financements :

Etat



Région Occitanie



Département de l'Aude



## SUIVI ET VISA DU DOCUMENT

Titre du document :

**Stabilisation du profil en long du torrent du Gazel  
au hameau de Rieussec  
AVP**

Réf. TO13-049

Date de remise : Septembre 2016

Statut du document : Définitif

Nom du document source : TO13-049\_AVP\_v9d.docx

Propriétaire du document : SIAHBAD

Diffusion :

- SIAHBAD
- SMMAR
- Mairie de Citou
- DDTM 11
- Onema

**Chef de projet : PC**

**Rédacteur : LV**

**Vérificateur : PC**

## SOMMAIRE

1. PREAMBULE .....	5
2. PRESENTATION DU CONTEXTE .....	6
2.1. LOCALISATION .....	6
2.2. RAPPELS DU DIAGNOSTIC .....	7
2.2.1. Etat du lit et des berges du ruisseau du Gazel .....	7
2.2.2. L'évènement pluvieux de mars 2011 .....	8
2.3. HYDROLOGIE.....	11
2.4. L'AVAL DU SECTEUR.....	11
3. INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES .....	13
3.1. RELEVES TOPOGRAPHIQUES .....	13
3.2. ETUDE GEOTECHNIQUE .....	13
3.3. MODELE NUMERIQUE.....	15
4. PROPOSITIONS D'AMENAGEMENTS .....	16
4.1. PRINCIPE GENERAL.....	16
4.2. NOTIONS D'HYDROMORPHOLOGIE .....	16
4.3. CALAGE ALTIMETRIQUE DES SEUILS.....	18
4.4. DESCRIPTION DES OUVRAGES SEUILS .....	20
4.5. TALUTAGE DE LA BERGE .....	20
4.5.1. Présentation et justification .....	20
4.5.2. Conception.....	21
4.5.3. Réutilisation des déblais .....	22
4.5.4. Equipement du talus .....	22
4.6. CONFORTEMENT DU SEUIL EXISTANT.....	23
5. CONTRAINTES DE REALISATION .....	24
5.1. ACCES.....	24
5.1.1. Accès au chantier .....	24
5.1.2. Accès aux parcelles après aménagements.....	25

5.2. FONCIER .....	26
5.3. PRESERVATION DES INFRASTRUCTURES EXISTANTES .....	29
5.3.1. Mur de mitoyenneté.....	29
5.3.2. Réseau d'irrigation .....	31
5.4. RACCORDEMENT DES SEUILS AU MUR .....	31
5.5. PERIODE D'INTERVENTION .....	32
5.6. REGLEMENTATION.....	32
6. CHIFFRAGE ESTIMATIF DES TRAVAUX.....	34
7. PIECES GRAPHIQUES.....	35

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation du site d'étude .....	6
Figure 2 : Analyse comparative des bandes actives du Gazel à Rieussec en 1954 et 2008.	7
Figure 3 : Seuil affouillé en aval du pont de la RD 615.....	9
Figure 4 : Localisation des enjeux concernés par le torrent de Gazel.....	10
Figure 5 : Vue aérienne de Gazel en aval du hameau .....	12
Figure 6 : Photo de l'aval du site .....	12
Figure 7 : Relevés d'affleurement – berge du Gazel à Rieussec .....	14
Figure 8 : Balance de Lane.....	17
Figure 9 : Localisation de l'implantation des seuils.....	19
Figure 10 : Affouillement en aval du seuil existant .....	23
Figure 11 : Limitation du tonnage sur le pont de la RD615.....	24
Figure 12 : Localisation de l'accès aux champs crée dans le cadre du projet.....	25
Figure 13 : Extrait du plan cadastral (geoportail.fr) .....	26
Figure 14 : Localisation du projet sur le cadastre .....	27
Figure 15 : Localisation de l'emprise du talutage sur vue aérienne.....	28
Figure 16 : Vue du mur mitoyen sur photo aérienne.....	29
Figure 17 : Photos du mur et du réseau d'irrigation.....	31

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Débits caractéristiques du Gazel à Rieussec .....	11
Tableau 2 : Principes généraux des aménagements .....	16
Tableau 3 : Calage altimétrique des seuils.....	18
Tableau 4 : Vitesse de l'écoulement en crue centennale .....	21
Tableau 5 : Terrains impactés par le talutage .....	28
Tableau 6 : Emprise de l'accès depuis la route départementale en rive droite.....	29
Tableau 7 : Chiffrage estimatif .....	34

## LISTE DES CARTES

Carte 1 : Profil en long du Gazel à Rieussec.....	36
Carte 2 : Vue en plan .....	37
Carte 3 : Coupe type des aménagements.....	38
Carte 4 : Profils en travers des aménagements.....	39

## 1. PRÉAMBULE

Lors de la crue de mars 2011, le ruisseau du Gazel s'est largement incisé dans les schistes, mettant à nu une conduite AEP (unique ressource du hameau de Rieussec) ainsi que les fondations des murs de soutènement de la route d'accès au village (la RD 615) ou encore des ouvrages d'art.

L'étude préliminaire de correction torrentielle du Gazel (Hydrétudes, 2012) a établi un diagnostic de l'enfoncement du lit et un premier programme d'aménagements.

La présente mission s'inscrit dans la continuité de l'étude préliminaire. Elle constitue la phase avant-projet de stabilisation du profil en long du Gazel à Rieussec. L'objectif est de concevoir des aménagements contre l'incision menaçant la route départementale 615 et les habitations situées derrière.

## 2. PRÉSENTATION DU CONTEXTE

### 2.1. LOCALISATION

Le site d'étude est localisé au niveau du hameau de Rieussec, sur la commune de Citou, dans le département de l'Aude. Il est traversé par les ruisseaux du Bosquet et du Gazel, drainant les forêts domaniales des Soulanes de Nore, sur les contreforts de la Montagne Noire.



Figure 1 : Localisation du site d'étude

Le lit du Gazel en aval du pont de la RD 615, est limité par le mur de la RD 615 en rive gauche et les jardins privés en rive droite. Les jardins ont été acquis sur l'espace de mobilité du ruisseau par remblais dans le lit majeur, comme précisé dans le paragraphe suivant.

L'avant-projet concerne le lit du torrent au droit du mur de la RD615, soit sur environ 130 ml.

## 2.2. RAPPELS DU DIAGNOSTIC

### 2.2.1. ETAT DU LIT ET DES BERGES DU RUISSEAU DU GAZEL

Le ruisseau du Gazel est un affluent rive droite de l'Argent-Double drainant un bassin versant d'environ 7 km<sup>2</sup>. Il est soumis à des pluies torrentielles qui lui confèrent de fortes capacités de transport des sédiments.

Il s'agit d'un torrent dont la morphologie est fortement liée au transport solide. Il a ainsi formé naturellement en aval du hameau, une zone de sur-largeur constituant un cône de déjection sur lequel les matériaux transportés sont déposés.

La photo aérienne de 1954 présentée ci-dessous illustre la capacité du cours d'eau à créer naturellement une sur-largeur en aval de la confluence avec le Bosquet.

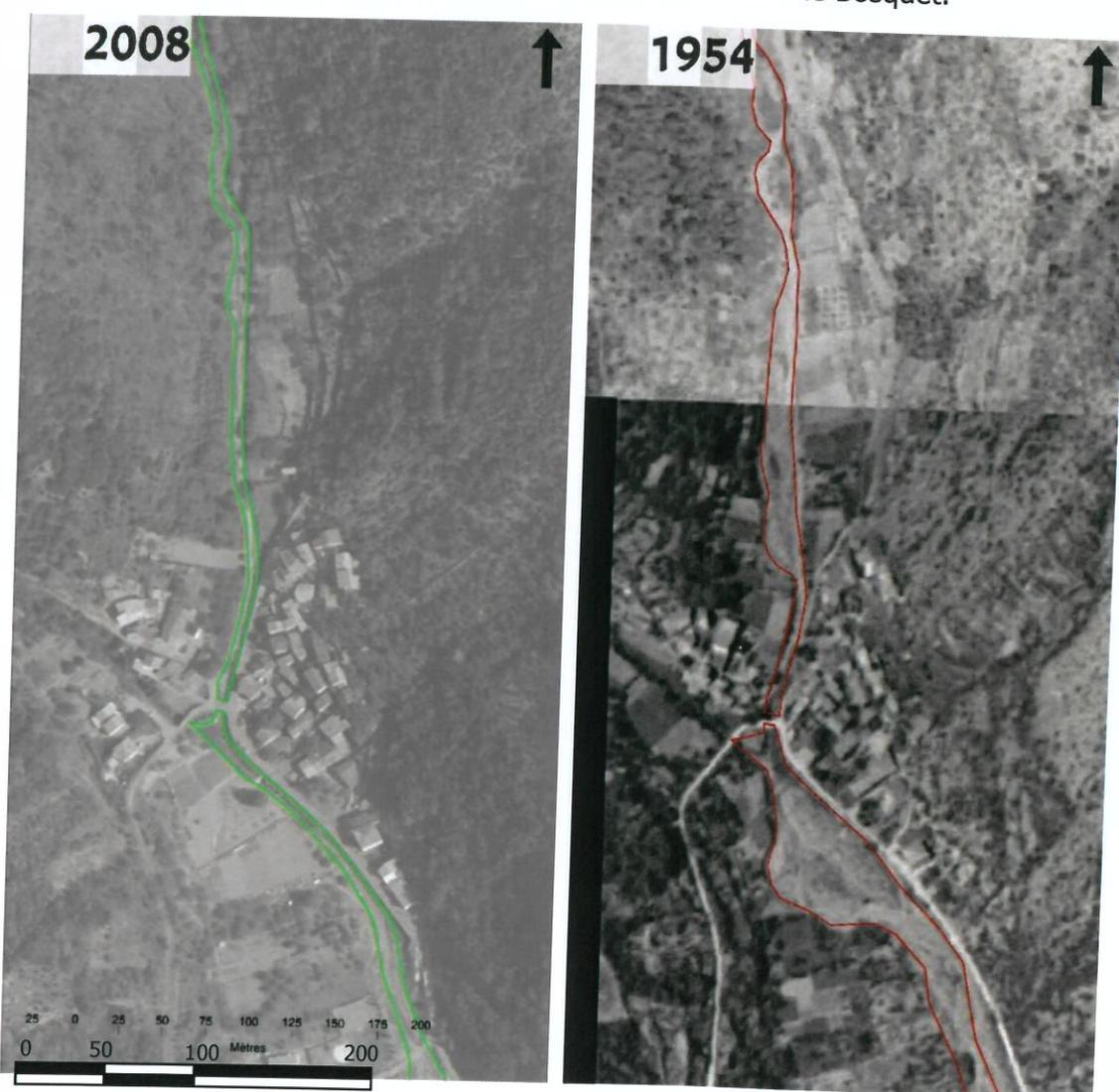


Figure 2 : Analyse comparative des bandes actives du Gazel à Rieussec en 1954 et 2008

L'analyse des archives historiques plus anciennes confirme qu'il s'agit d'une zone de forte respiration du ruisseau du Gazel au niveau de son cône de déjection puisqu'il est fait également état de problématiques de dépôts torrentiels dans la traversée de Rieussec.

Ainsi, dans le Bulletin météorologique du département de l'Aude publié sous les auspices du Conseil général pour l'année 1876, il est fait mention d'un orage survenu les 17 et 18 Octobre 1876 sur le bassin versant de l'Argent-Double (lame d'eau de pluie de 312 mm à Lespinassière et 224 mm à Caunes) et ayant particulièrement affecté le hameau de Rieussec :

*« Un torrent, dit de Rieussec, affluent de l'Argent-Double, a son lit tellement rempli de pierres, qu'aujourd'hui ce lit est plus élevé que le chemin vicinal et que les jardins de Rieussec. Aussi ces jardins sont-ils à présent un vaste champ de pierres stériles, et le hameau de Rieussec, dépendant de la commune de Citou, est sérieusement menacé. Déjà plusieurs maisons ont le seuil de leurs portes plus bas que le lit du torrent, et à la première crue importante, une dizaine de maisons seront envahies, non seulement par les eaux, mais encore par les graviers. »*

L'analyse diachronique des photographies aériennes est d'ailleurs riche d'enseignements concernant la largeur de la bande active du ruisseau : les photographies ci-dessus montrent en effet la forte rétractation de la bande active du ruisseau entre 1954 et 2008 (réduction de superficie de l'ordre de 50-60%), la largeur du lit étant passée localement de près de 15 m à moins de 5 m, voire très localement au droit du mur de soutènement de la RD615 de près de 50 m à 10 m.

Le diagnostic du site et la compilation des données historiques montrent que **dans les secteurs où le torrent a pu éroder ses berges, le lit ne s'est pas enfoncé**. L'agriculture et notamment la culture de l'oignon doux de Citou ayant nécessité des terres, les parcelles ont été gagnées sur le fond de vallée et/ou le lit du ruisseau par la création de basses terrasses cultivables.

## 2.2.2. L'ÉVÈNEMENT PLUVIEUX DE MARS 2011

### **Diagnostic post crue 2011 :**

Lors de la crue de mars 2011, le ruisseau du Gazel s'est brusquement mis en eau avec des contraintes torrentielles telles qu'une grande partie de son lit a été « lessivée », entraînant :

- une incision marquée du chenal, sur une hauteur d'environ 1.5 m ;
- des berges fortement sapées en plusieurs points ;
- la ruine d'un seuil de fond en amont du pont de la RD615 ;
- en aval de la RD615, l'affouillement du radier du pont, du seuil de fond situé en aval du pont et des fondations du mur de soutènement de la RD615.

La charge grossière remobilisée par le Gazel s'est déposée en aval du hameau de Rieussec, au niveau d'une zone de sur-largeur, jusqu'à la confluence avec l'Argent-Double, formant un véritable cône de déjection.

D'après les relevés réalisés par Hydrétudes pour l'étude préliminaire de 2012, on peut estimer le volume de sédiments arraché au lit du Gazel à environ 2 000 m<sup>3</sup>, sur un linéaire d'environ 650 m. A la suite de cet épisode, l'incision du lit en aval du hameau s'est accentuée, avec affouillement d'une chute en blocs appareillés et bétonnés et mise à nu des ancrages de protection de talus en enrochement au droit du mur de soutènement de

la RD615. Le département de l'Aude a ainsi dû intervenir en urgence par la mise en œuvre de béton projeté (cf. photos ci-dessous).



Figure 3 : Seuil affouilli en aval du pont de la RD 615  
et béton projeté pour protéger le pied de mur

Outre les traces d'incision, les observations de terrain, réalisées dans le cadre de l'étude de 2012, montrent également des ajustements morphologiques du lit du Gazel par érosion latérale (érosion des berges), ayant conduit à un élargissement de la bande active (élargissement de la section à environ 10 m, par rapport à un gabarit moyen de l'ordre de 3 à 5 m de large). Sur ces tronçons à mobilité latérale, on constate d'ailleurs que l'érosion s'étant portée sur les berges du Gazel, le plancher alluvial est resté globalement stable.

### **Evolution du profil en long :**

L'érosion sur le Gazel est régressive : elle se propage de l'aval vers l'amont. Lorsque le fond est figé (ouvrage, substratum) ou qu'il est plus difficilement érodable (pavage du lit), l'érosion s'arrête et/ou est de moindre ampleur.

Ainsi, d'après les résultats des simulations effectuées en phase d'étude préliminaire, pour les crues moyennes à rares, **les phénomènes observés après la crue de mars 2011 risquent de s'accroître considérablement**. En outre, malgré les interventions réalisées post-crue par le département de l'Aude (injection de béton au niveau des fondations des murs, radiers de pont et seuils affouillis), il est probable qu'en cas de nouvelle évolution à l'enfoncement du lit, ces parois en béton projeté ne soient pas suffisantes pour assurer la stabilité des ouvrages.

De plus, l'analyse du transit sédimentaire en phase d'étude préliminaire confirme que l'enfoncement du lit peut s'accroître de nouveau en cas de crue du ruisseau.

La poursuite de l'incision du ruisseau constitue donc une menace pour la sécurité des biens et des personnes. En effet, son évolution risque d'entraîner la ruine de la route départementale 615 et la destruction des habitations situées derrière.

### **Il s'agit bien d'un enjeu de sécurité publique.**

L'affouillement du mur de soutènement de la RD615 puis de la RD615 elle-même, peut entraîner leur ruine partielle avec coupure des accès au hameau. Par ailleurs, comme lors de l'évènement de 1999, trois habitations sont directement menacées par la mobilité latérale du Gazel (après ruine de la RD615). Les réseaux d'alimentation électrique et de

télécommunication desservant le hameau de Rieussec pourraient également être coupés (poteaux situés en bordure de chaussée).

En rive opposée, l'érosion des berges fragilisées par l'enfoncement du lit risque de se poursuivre entraînant la divagation latérale du ruisseau, notamment au niveau des parcelles cultivées.

**Carte de localisation des enjeux concernés :**

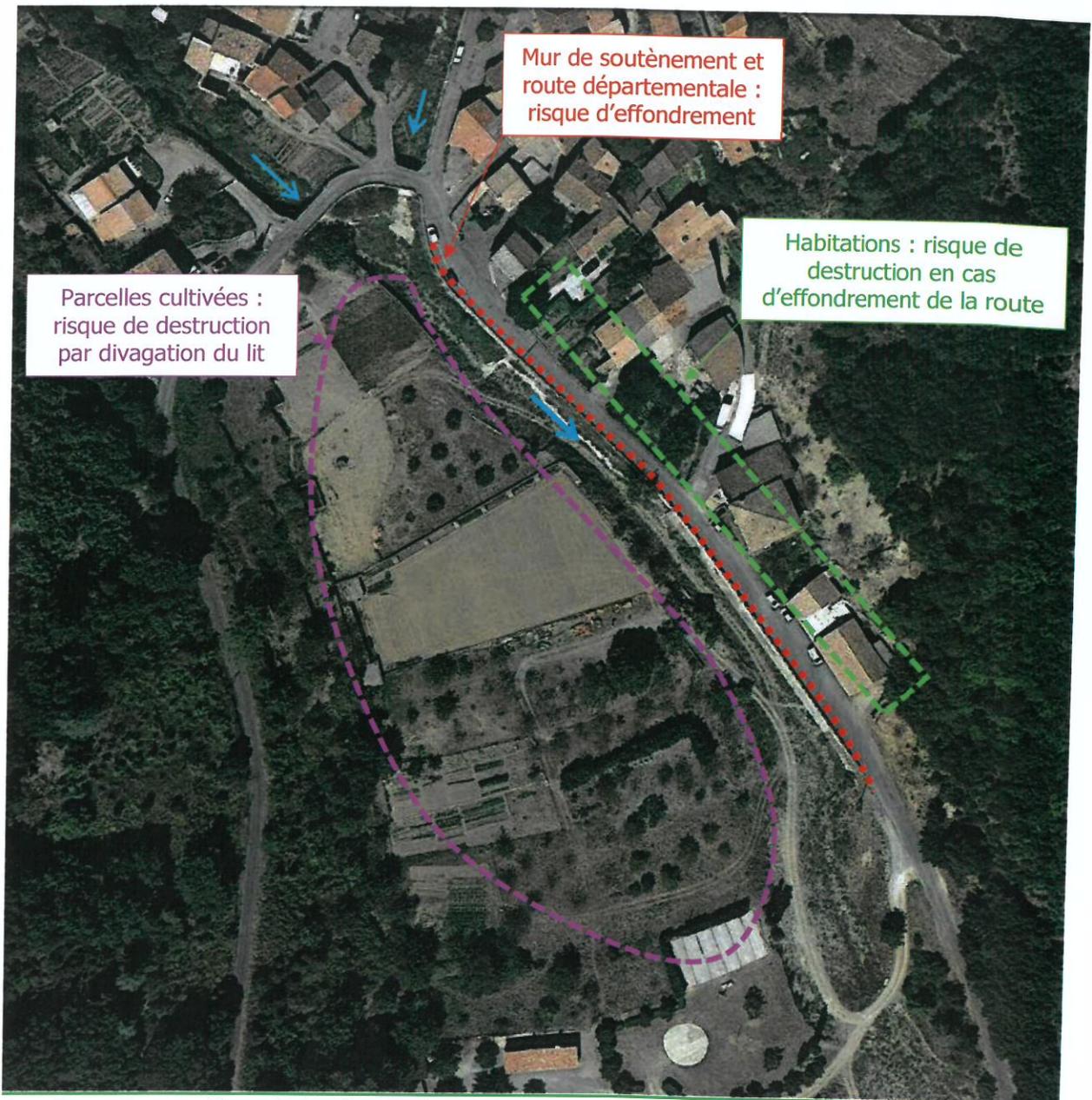


Figure 4 : Localisation des enjeux concernés par le torrent de Gazel

## 2.3. HYDROLOGIE

A partir des valeurs des maxima saisonniers des précipitations quotidiennes à la station de Castans, station la plus proche de la zone d'étude, des ajustements statistiques ont pu être réalisés permettant de déterminer les pluies journalières pour différentes périodes de retour.

Le calcul des débits de crue du torrent est ensuite basé sur une transformation PLUIE-DEBIT simple (méthode rationnelle) sur la base de **l'approche hydrologique « PPR » développée par la DDT** dans le cadre de l'élaboration des PPR inondation sur différents bassins de l'Aude.

En effet, une nouvelle analyse statistique des pluies exceptionnelles à l'échelle du département a été effectuée et a conduit à arrêter de nouveaux coefficients de Montana pour la période de retour 100 ans. **Il s'agit de la « méthode audoise »**. Ces réflexions ont conduit à proposer de nouvelles approches quant à la définition des temps de concentration, coefficients de ruissellement et débits de référence associés au travers d'une formule rationnelle en fonction de la superficie du bassin versant, des pentes...

Cette formulation permet de se recaler sur de nombreuses évaluations réalisées à l'issue de la crue de novembre 1999.

Les débits de crues ainsi calculés sont synthétisés dans le tableau suivant.

Q <sub>10</sub>	Q <sub>30</sub>	Q <sub>100</sub>
19,5 m <sup>3</sup> /s	45,5 m <sup>3</sup> /s	73,0 m <sup>3</sup> /s

Tableau 1 : Débits caractéristiques du Gazel à Rieussec

Remarque : Pour l'ancrage des seuils stabilisateurs proposés plus loin, le débit de la crue centennale a été utilisé pour calculer les profondeurs d'affouillement prévisibles.

## 2.4. L'AVAL DU SECTEUR

En aval du secteur où la route départementale est à protéger, le torrent du Gazel est moins contraint et dispose d'une espace de divagation plus large. Il conflue avec l'Argent-Double, environ 1 km en aval du hameau de Rieussec.

Le secteur aval se caractérise par la présence de peu d'enjeux anthropiques : deux passages à gué et la route départementale.

Toutefois, il est à noter que, du fait de l'espace de divagation beaucoup plus important du cours d'eau, la route départementale n'est pas directement menacée comme dans la traversée du hameau.

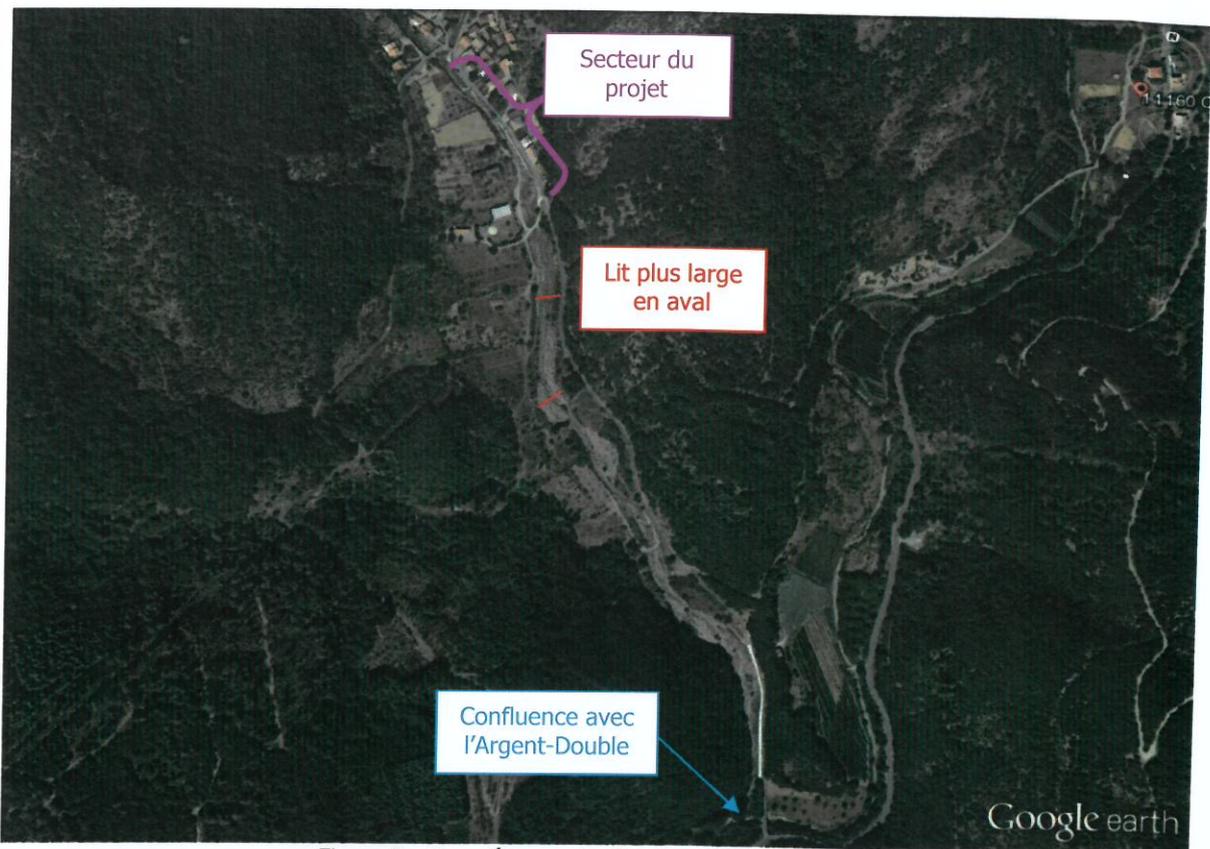


Figure 5 : Vue aérienne de Gazel en aval du hameau



Figure 6 : Photo de l'aval du site

## 3. INVESTIGATIONS COMPLÉMENTAIRES

### 3.1. RELEVES TOPOGRAPHIQUES

Un levé topographique a été réalisé en octobre 2014, par le cabinet de géomètres experts Gueneret. Il comporte le levé de détail du secteur par un semis de points ainsi que trois profils en travers en amont et trois profils en travers en aval.

Le levé confirme un enfoncement global du lit de plus d'1,5 m sous le pied du mur de la RD 615. Il sert de base à la construction du modèle numérique des écoulements présenté au paragraphe 3.3.

### 3.2. ETUDE GEOTECHNIQUE

Le bureau HYDROGEOTECHNIQUE Sud-Ouest a réalisé les missions G1 et G2 AVP au droit du secteur du Gazel en incision. Les éléments ci-dessous sont tirés du rapport de ces missions ; ils présentent une synthèse des résultats.

Au cours de l'analyse géotechnique, trois forages de reconnaissance géologique pour essais pressiométriques, cinq fouilles de reconnaissance à la pelle mécanique et un relevé géomorphologique et d'affleurement ont été réalisés.

Ces différents tests ont permis d'établir la composition du sol suivante :<sup>1</sup>

- Couche C0 : cailloux, cailloutis et blocs de schiste dans une matrice limoneuse brune plus ou moins abondante, sur une épaisseur 4 à 7 m sous le terrain naturel,
- Couche C1 : schiste brun plus ou moins altéré et fracturé de -7 à -10 m sous le terrain naturel.

Les matériaux du site sont insensibles à l'eau. La couche C0 de classe GTR C1B3 présente une compacité moyenne à très élevée. La couche C1 de classe GTR D3, présente une compacité élevée à très élevée.

L'analyse du site montre une géologie dépendante du régime torrentiel du Gazel. La berge de la rive droite est abrupte ou verticale et constituée de matériaux friables. Dans le rapport géotechnique, elle a été précisément décrite en trois points du secteur étudié, à savoir le Gazel au droit du mur de soutènement de la RD 615.

---

<sup>1</sup> Les valeurs d'épaisseur et de profondeur de couche sont schématiques. Celles-ci ne sont sûres qu'au droit des sondages réalisés. La couche C1 n'a pu être atteinte que par les trois forages de reconnaissances géologiques réalisés en berge rive droite. Le terrain naturel fait globalement référence à la berge rive droite.

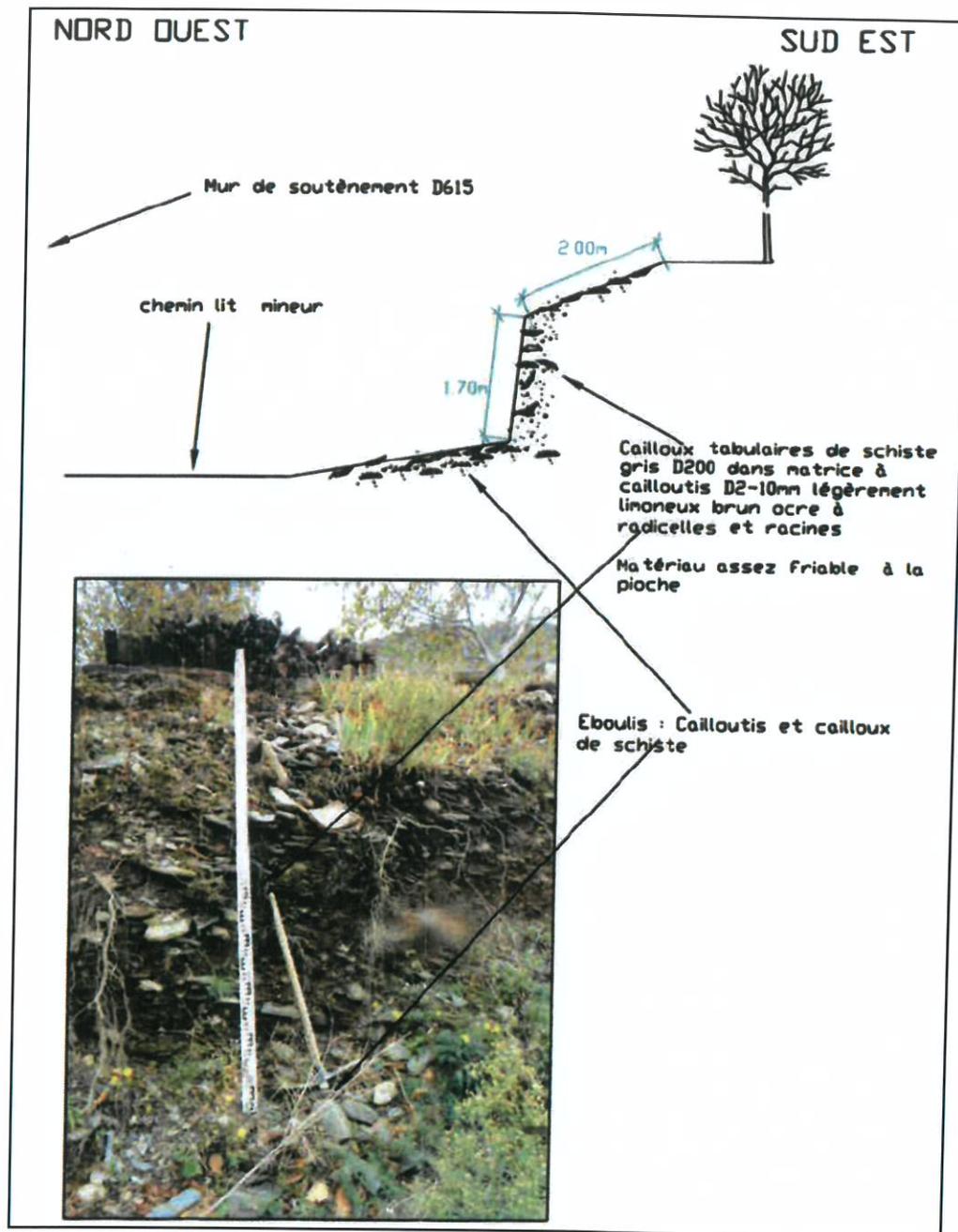


Figure 7 : Relevés d'affleurement – berge du Gazel à Rieussec

Les jardins en rive droite sont potentiellement constitués par des remblais et/ou par les dépôts successifs de sédiments amenés par le torrent. Il s'agit d'espaces gagnés sur le lit du ruisseau, sachant que celui-ci pouvait divaguer avant aménagement de ces parcelles sur une largeur plus importante que la largeur actuelle de son lit.

**L'étude géotechnique préconise la mise en place d'un seuil béton ou en enrochement maçonné fondé dans la couche C0, au-delà de l'horizon d'affouillabilité.**

### 3.3. MODELE NUMERIQUE

Les écoulements du Gazel ont été simulés sur le logiciel HecRas 4.1.0. Le modèle numérique est construit sur la base des relevés topographiques effectués. Le seuil existant a été intégré au modèle en tant qu'ouvrage au fil de l'eau.

Le calage des coefficients de rugosité est basé sur les observations de terrain. Compte tenu des matériaux du site, le coefficient de Strickler retenu est  $K_s = 20$  en fond de lit et en berges.

Les résultats du modèle, ainsi que les résultats de relevés granulométriques ont été utilisés pour déterminer les caractéristiques de l'écoulement et de l'évolution prévisible du lit. Notamment la formule de Shalash permet de calculer pour un événement centennal, une profondeur d'affouillement de 80 cm.

$$P_a = 0,137 \cdot q^{0,4} \cdot V_c \cdot d_{50}^{-0,4}$$

$P_a$  : profondeur d'affouillement

$q$  : débit de référence par unité de largeur

$V_c$  : vitesse maximale

$d_{50}$  : donnée granulométrique

## 4. PROPOSITIONS D'AMÉNAGEMENTS

### 4.1. PRINCIPE GENERAL

L'enfoncement du lit du Gazel menace la RD 615 et à terme les habitations situées derrière. Les travaux réalisés post-cruie par le département de l'Aude, permettent de fixer temporairement le talus au pied du mur de la RD 615. Pourtant la poursuite du processus d'incision risque de déstabiliser les ouvrages.

Il est donc préconisé de stabiliser le lit et les berges du Gazel sur environ 150 m, entre le chemin du Gazel et le passage à gué en aval du hameau. Les travaux préconisés et l'objectif associé sont synthétisés dans le tableau suivant :

Objectif	Aménagement
Maintien du profil en long sur tout le linéaire amont (pérennité des ouvrages d'art implantés moins d'une centaine de mètres en amont)	Confortement du seuil existant en aval du pont de la RD615, en disposant un tapis de blocs en aval
Protection du mur de soutènement de la RD615 par rehausse et stabilisation du fond du lit	Construction de trois seuils en enrochements bétonnés avec fosses de dissipation en enrochement libres
Stabilisation du profil en travers du Gazel et réduction du risque de contournement des seuils par la reconstitution d'une section d'écoulement adaptée à l'évacuation des débits liquides et solides.	Reprofilage de la berge rive droite et stabilisation par géonatte coco, grillage pare-blocs et végétalisation (ensemencement, plantations)

Tableau 2 : Principes généraux des aménagements

La rehausse du lit grâce aux seuils assure la protection du mur. La solution propose de rétablir une situation d'équilibre du profil en long en re-calibrant la section d'écoulement par talutage des berges. La pérennité des aménagements est ainsi assurée vis-à-vis des crues et du transport sédimentaire associé.

### 4.2. NOTIONS D'HYDROMORPHOLOGIE

Pour mémoire, le torrent du Gazel, en aval de sa confluence avec le Bousquet, avait formé une plage de dépôt et disposait d'une zone de divagation comme le montre la photographie aérienne de 1954 (cf. Figure 2, page 7).

Cette zone permettait de « réguler » le transport solide entre :

- une zone amont constituée de deux torrents traversant des gorges et transportant des quantités de matériaux importantes. Il sera simplement rappelé à ce stade, que la puissance de ce cours d'eau en crue lui permet de mobiliser de grande quantité

de matériaux :  $5\text{m}^3 / \text{m}$  linéaire lors de la crue de 1999 (d'après l'article *impacts hydromorphologiques des fortes précipitations des 12-13 novembre 1999 sur la retombée méridionale de la Montagne Noire : l'exemple de l'Argent-Double (Aude)*, M. Fort et al., 2002) ;

- une zone aval, après la confluence, plus large dans laquelle le cours d'eau peut modifier son cours.

Cette régulation consistait en un dépôt des matériaux et/ou une reprise de ceux-ci au fil des crues, selon leur intensité et selon les apports de matériaux provenant de l'amont. Cela se traduisait par une morphologie caractéristique du cours d'eau à savoir une zone de surlargeur du lit mineur, des changements de lit principal. Aujourd'hui, le Gazel se trouve corseté, à l'aval de la confluence avec le Bosquet, entre le mur de soutènement de la RD 615 et les terrains agricoles conquis sur sa zone de mobilité historique. De plus, l'amont du bassin versant a connu un processus de reboisement massif qui limite l'érosion des sols (et donc la quantité de matériaux solides transportés par le cours d'eau).

Dans ce contexte de concentration des écoulements (et donc de l'énergie du cours d'eau) et de diminution de la charge alluviale disponible en amont, l'évolution prévisible est la suivante :

1. le cours d'eau va « chercher » des matériaux là où ils sont « disponibles » (les plus facilement érodables) pour dissiper son énergie ;
2. l'incision va se poursuivre de façon très marquée, évoluant de manière visible à chaque crue ;
3. la déstabilisation des berges va se poursuivre et elles risquent de s'effondrer après incision, entraînant la ruine des enjeux présents ;
4. dans le meilleur des cas, s'il n'y a aucun obstacle à l'écoulement, un « réajustement » de la largeur du lit mineur va se produire, jusqu'à l'équilibre entre le débit liquide et le débit solide.

Cet équilibre entre le débit liquide et le débit solide dépend de variables secondaires telles que la pente du lit, la granulométrie des matériaux disponibles, le volume de matériaux disponibles... La balance de Lane permet de schématiser cet équilibre.

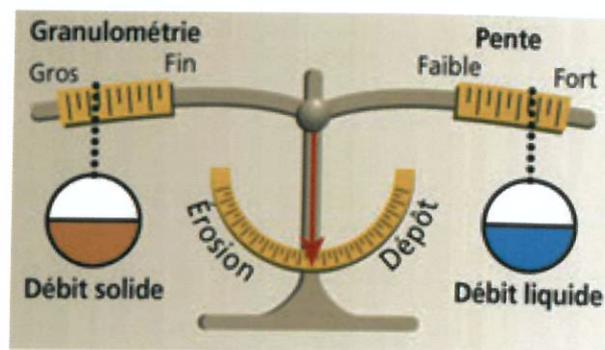


Figure 8 : Balance de Lane

Le torrent du Gazel a donc été fortement perturbé au cours des dernières décennies. Le fragile équilibre entre le débit liquide et le débit solide a été déstabilisé. Pour autant, les

aménagements urbains doivent être protégés, puisqu'ils représentent un enjeu de sécurité publique.

**Dans ce contexte, un nouvel équilibre du cours d'eau doit être recherché.**

**L'objectif des aménagements proposés ci-après est de stabiliser le tracé du torrent et d'éviter les mouvements du lit et des berges, afin que les aménagements construits à proximité soient protégés.**

### 4.3. CALAGE ALTIMETRIQUE DES SEUILS

Les seuils sont destinés à retenir les matériaux au droit du mur de la RD 615, afin de d'éviter l'affouillement sous les fondations de celui-ci.

A partir des données topographiques, granulométriques et des résultats de la simulation numérique la pente d'équilibre du torrent a été estimée à 2,5 %. Il s'agit d'un équilibre dynamique entre les apports solides provenant de l'amont et la capacité de transport sur site, dépendant fortement de la pente.

Sur la distance de 130 ml de mur à protéger, un faisceau de pentes variant de 2 à 3 % a été étudié, afin d'assurer le recouvrement correct des fondations tout en anticipant les évolutions ponctuelles (autant dans le temps que dans l'espace) du fond du lit, en fonction de la succession de crues d'intensité variable.

Il apparaît ainsi que trois seuils sont nécessaires en aval du seuil existant pour stabiliser le profil en long du Gazel au droit du hameau de Rieussec.

→ Carte 1 : Profil en long du Gazel à Rieussec, page 36.

Après aménagement, le fond en amont de chaque seuil atteindra à terme cette pente d'équilibre. Les trois seuils nécessaires pour retenir les matériaux au droit du mur de la RD 615 présentent les crêtes de déversement suivantes :

	Seuil 1	Seuil 2	Seuil 3
Distance par rapport au seuil existant	34 ml	70 ml	130 ml
Crête de déversement	364,80 mNGF	363,66 mNGF	361,47 mNGF

Tableau 3 : Calage altimétrique des seuils



Figure 9 : Localisation de l'implantation des seuils

→ Carte 2 : Vue en plan, page 37.

Le seuil 3 est positionné en limite aval du mur. Sa crête de déversement est calée au niveau altimétrique du chemin d'accès existant.

Le seuil 2 est positionné une soixantaine de mètres en amont du seuil 3, afin d'assurer une couverture suffisante des fondations du mur de la RD615. En effet, une pente du lit qui s'établirait à 2% depuis le seuil 3, risquerait de laisser à nu une partie du pied du mur à protéger (cf. page 36 : Profil en long du Gazel à Rieussec).

Enfin, le seuil 1 est positionné juste en aval du seuil existant dans le but de rehausser efficacement le lit en aval de cet ouvrage menaçant fortement de s'effondrer (cf. Figure 3, page 9).

## 4.4. DESCRIPTION DES OUVRAGES SEUILS

Les seuils, destinés à rétablir le profil en long d'équilibre du torrent, seront comblés en amont à l'aide des déblais issus du terrassement des berges. Ils seront constitués en enrochements bétonnés de façon à présenter un poids suffisant pour assurer leur position dans les matériaux du site. Les écoulements hyporhéiques pourront traverser les seuils grâce à la mise en place de barbacanes. Ces dispositifs permettront d'éviter les pressions souterraines de l'eau et les écoulements souterrains autour du seuil et donc potentiellement sous le mur à protéger.

Du fait de leur positionnement en succession dans le lit du Gazel (cf. Figure 9), le seuil 1 et le seuil 2 seront implantés sur un tronçon stabilisé par la présence du seuil 3. Ainsi, le seuil 1 comme le seuil 2 seront faiblement ancrés dans le sol existant, car ils sont peu exposés au risque de déstabilisation. En amont, les matériaux issus du terrassement seront déposés afin de combler le lit et de rétablir une pente d'équilibre. En aval, un tapis en enrochement libre sera disposé, qui pourra suivre un éventuel mouvement local d'affaissement du lit derrière les seuils, en assurant la protection des ouvrages.

Pour protéger le seuil 3 d'une érosion régressive du torrent du Gazel, celui-ci sera en revanche, solidement ancré dans le sol en place, à 1,7 m de profondeur par rapport au fond du lit actuel (environ 360,6 mNGF). La profondeur d'ancrage a été calée en fonction des modifications prévisibles de la pente du torrent en aval du linéaire protégé.

En plus d'être solidement ancré dans le terrain naturel, le seuil 3 comportera comme les autres ouvrages, un tapis en enrochement libre en aval, qui saura s'affaisser pour suivre les éventuels enfoncements du lit en protégeant l'aval du seuil.

Les seuils 1 et 2 seront donc de dimensions plus modestes car moins sollicités. Ils sont calés respectivement à 1,8 m et 1,4 m du fond actuel. Tous les ouvrages seront constitués en enrochements bétonnés, présentant une crête d'environ 0,5 m et un parement incliné à 1h/1v en aval.

→ Carte 3 : Coupe type des aménagements, page 38.

## 4.5. TALUTAGE DE LA BERGE

### 4.5.1. PRESENTATION ET JUSTIFICATION

En plus de l'implantation des seuils, il est nécessaire d'élargir la section d'écoulement en talutant la berge de la rive droite.

En effet, comme l'a montré l'analyse géologique du site, les berges très abruptes, voire verticales sont constituées de matériaux friables et sans cohésion (cf. page 13). En crue, ces berges seront instables et risquent de s'effondrer. De plus, le fond du lit étant bloqué par la mise en place de seuils, le cours d'eau ne pourra qu'éroder ses berges en rive droite (cf les notions d'hydromorphologie du chapitre 4.2). Des brèches d'érosion ouvertes dans les berges permettraient au Gazel de sortir de son lit, voire à terme de créer des chenaux secondaires dans les jardins de la rive droite.

Donc sans talutage de la berge rive droite, les seuils pourraient être contournés et ne joueraient plus leur rôle de maintien du fond du lit. Les seuils, s'ils sont contournés, constitueraient au contraire des points durs, et les écoulements pourraient :

- s'engouffrer dans le lit majeur rive droite, c'est-à-dire, dans l'espace aménagé par les riverains (risque de changement du tracé du lit),
- et / ou venir déstabiliser les seuils par un affouillement aval et latéral, entraînant à terme leur ruine.

Le talutage permettra de diminuer la puissance érosive du torrent, par élargissement de la section et par réduction de la pente des berges, et contribuera à stabiliser les berges. Le talutage sera consolidé par la mise en place de grillage pare-blocs.

#### 4.5.2. CONCEPTION

Pour des granulats de dimensions caractéristiques 1 à 10 cm, l'angle de stabilité varie de 24 à 41 degrés maximums (G. Degoutte, Transport solide en hydraulique fluviale). D'après les investigations géotechniques présentée page 13, l'angle de stabilité des matériaux du site du projet est de 34 degrés, soit un fruit de talus de 3h/2v.

Le talutage de la berge a été intégré au modèle numérique. Un fruit de 3h/1v a été retenu afin de réduire suffisamment les contraintes tractrices et d'assurer une section d'écoulement suffisante au transport sédimentaire.

→ Carte 4 : Profils en travers des aménagements, page 39.

Les vitesses d'écoulement en crue centennale sont données pour chaque tronçon de torrent en amont des seuils à implanter, en état initial et selon le stade d'aménagement.

	Etat initial	Etat projet sans talutage	Etat projet avec talutage
Tronçon seuil 1	5,0 m/s	4,9 m/s	3,1 m/s
Tronçon seuil 2	4,6 m/s	3,5 m/s	2,7 m/s
Tronçon seuil 3	3,9 m/s	2,4 m/s	2,0 m/s

Tableau 4 : Vitesse de l'écoulement en crue centennale

Comme il a été justifié précédemment, l'implantation des seuils est indispensable à la stabilisation du lit. Pourtant, cet aménagement entraîne des contraintes tractrices supérieures à 300 N/m<sup>2</sup>. Avec le talutage de la berge rive droite, la contrainte tractrice maximale est abaissée à 250 N/m<sup>2</sup>. Ainsi, outre une meilleure stabilité géotechnique, l'abaissement du fruit de la berge permet de réduire les forces de frottement liées à l'écoulement des crues.

Le talutage réduit le risque d'érosion de la berge rive droite et donc le risque de divagation du Gazel en lit majeur rive droite (contournement des seuils).

Le talutage de la berge permet au torrent de récupérer une largeur de lit suffisante pour rééquilibrer sa pente et sa capacité de transport. Il est ainsi indispensable à la stabilisation du Gazel dans un espace limité par le pied du mur de soutènement de la RD65.

L'aménagement proposé permet de fixer le lit du Gazel dans un nouvel état stable, pour qu'il ne menace pas la pérennité de la route et des habitations situées en arrière. **Les travaux proposés visent à protéger les habitations du hameau de Rieussec et l'infrastructure publique que représente la RD615.**

#### 4.5.3. RÉUTILISATION DES DÉBLAIS

Les matériaux issus des terrassements pour reprofilage de berges seront disposés dans le lit du Gazel afin de combler l'amont des seuils, et tendre vers la pente d'équilibre proche de 2,5%<sup>2</sup>.

En effet, les volumes de matériaux terrassés pour la mise en œuvre ont été estimés à :

- 870 m<sup>3</sup> de déblais sur les berges,
- 820 m<sup>3</sup> de remblais en amont des seuils pour une pente de 2 %.

Bien que ces estimatifs soient à affiner en fonction de la solution retenue pour accéder aux parcelles de M. Houlés et M. Fabre, les ordres de grandeur montrent qu'il n'y aura pas de « piège à matériaux » en amont des seuils.

#### 4.5.4. EQUIPEMENT DU TALUS

Afin de stabiliser le talus et de limiter encore l'érosion en berge, il est proposé de recouvrir la rive droite d'un **grillage pare-blocs**. Il s'agit de disposer un écran grillagé du type des équipements utilisés pour stopper les chutes de blocs rocheux sur les routes.

Le grillage pare-blocs sera agrafé en haut et bas de berge par des tiges métalliques. Il sera ensemencé et planté d'essences arbustives adaptées à ce terrain peu humide (type oued), dans un contexte de torrent assez violent en crue. Il est ainsi proposé de planter :

- du Saule drapé (*Salix eleagnos*),
- du Genêt (genre *Cytisus* ou *Cytisophyllum*),

et dans une moindre mesure :

- du Tilleul commun (*Tilia x europaea*),
- du Peuplier blanc (*Populus alba*) ou Peuplier noir (*Populus nigra*).

<sup>2</sup> le volume de matériaux terrassés en berge est estimé à 870 m<sup>3</sup> pour un volume de remblai en amont des seuils estimé à 820 m<sup>3</sup> pour une pente de 2%.

#### 4.6. CONFORTEMENT DU SEUIL EXISTANT

Le diagnostic a mis en évidence différents désordres liés à l'incision du lit parmi lesquels l'affouillement du seuil existant en place en aval du pont de la RD 615.



Figure 10 : Affouillement en aval du seuil existant

Le projet prévoit donc le confortement de l'aval de ce seuil par une fosse de dissipation en enrochement libre. D'après le levé topographique du site, un volume de 60 m<sup>3</sup> de blocs sera nécessaire.

De plus, il est préconisé de mettre en place des blocs de diamètre moyen 0,75 m, soit de masse moyenne comprise dans le fuseau 540/690 kg.

Les blocs seront mis en place en deux couches, et la couche supérieure présentera une face rugueuse afin de freiner au maximum les écoulements des crues.

Il est rappelé que les matériaux issus des terrassements du chantier seront utilisés pour combler l'amont des trois seuils prévus au projet. Ainsi, la chute en aval du seuil existant sera fortement diminuée (cf. Profil en long, page 35). Cependant, la mise en place des blocs permet de constituer une fosse de dissipation, capable de mieux résister à l'érosion que les matériaux issus des terrassements. Elle protégera ainsi le seuil existant des futures crues.

## 5. CONTRAINTES DE RÉALISATION

### 5.1. ACCÈS

#### 5.1.1. ACCÈS AU CHANTIER

Les contraintes de réalisation des travaux envisagés sont très fortes, du fait notamment des accès au hameau de Rieussec, limités actuellement à 5 tonnes par le pont de la RD 615 sur l'Argent-Double.



Figure 11 : Limitation du tonnage sur le pont de la RD615

Pourtant, le département de l'Aude a fait réaliser une étude de la capacité portante de l'ouvrage (Arcadis, 2014). Celle-ci a vérifié la portance sous le passage de convois Bc du fascicule 61 titre II (soit deux camions de 30 tonnes présentant une charge maximale de 12 tonnes par essieu). Il apparaît ainsi que malgré la prise en compte d'hypothèses sécuritaires, les charges Bc sont admissibles sur le pont vis-à-vis des exigences réglementaires.

De ce fait, le département de l'Aude a donné son accord pour laisser passer les camions de 30 tonnes pendant les travaux. Dans cette situation, l'approvisionnement du chantier pour les aménagements proposés en enrochements bétonnés pourra se faire par transit des camions sur le pont de la RD 615.

Remarque : Les observations ont également indiqué un phénomène d'affouillement mis en évidence par le confinement de la culée jusqu'au toit des alluvions par une couche de béton projeté.

« Cette structure en béton a été partiellement affouillée par les crues successives de L'Argent Double. Bien que l'ouvrage semble être dans un état structurel sain et reposer sur des fondations stables, il est recommandé de renforcer le dispositif anti-affouillement. La mise en place d'un bloc en maçonnerie au droit de la culée sur 1 m de profondeur à partir du lit de la rivière pourrait constituer une solution de renforcement préventif. »

Le Département de l'Aude demande ainsi à être prévenu avant le démarrage des travaux afin de suivre l'évolution de l'affouillement et d'éventuelles fissures.

### 5.1.2. ACCÈS AUX PARCELLES APRÈS AMÉNAGEMENTS

Le projet prévoit l'aménagement d'une rampe d'accès depuis la route D615 côté nord, (comme indiqué sur la figure ci-après). Il est rappelé que le passage d'engins dans le cours d'eau est interdit, en vertu de l'article L362-1 du code de l'environnement.

#### **Création d'une rampe depuis la route départementale**



Figure 12 : Localisation de l'accès aux champs créée dans le cadre du projet

La création de cette rampe permettra d'éviter que les propriétaires des champs situés sur la partie amont du secteur ne passent par le lit du cours d'eau.

Au stade avant-projet, il est proposé de réaliser une rampe de 2,5 m de large avec une pente 25%. L'emplacement de la rampe est en limite des données topographiques disponibles pour la présente étude. En revanche, par extrapolation à partir des points pris en haut de berge rive droite juste en aval du pont, et des points sur la route, il est possible d'estimer que le volume de matériaux nécessaire à la création de cette rampe est proche de 30 m<sup>3</sup>.

Ce volume de matériaux sera bien disponible dans les déblais issus du projet, sachant que le comblement des seuils devrait laisser environ 50 m<sup>3</sup> de matériaux inutilisés (cf. estimation en fin de paragraphe 4.5.2.). L'aménagement de cette rampe n'entraîne donc pas de plus-value significative.

## 5.2. FONCIER

L'élargissement du lit du Gazel par reprofilage de berge notamment, nécessite d'utiliser des bandes de terrain en rive droite. Ces terrains ont été gagnés par les propriétaires sur l'espace de mobilité du Gazel. D'après le cadastre, l'emprise prévue pour les aménagements n'est pas située sur des parcelles.

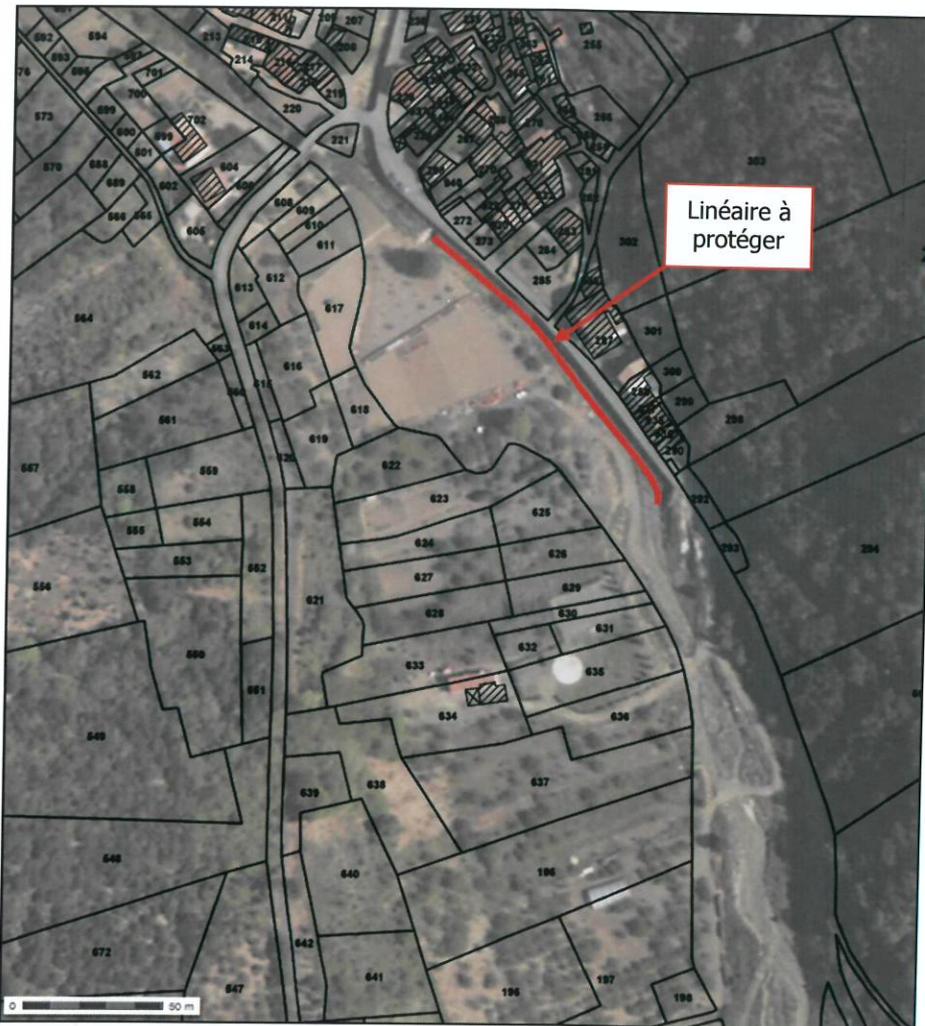


Figure 13 : Extrait du plan cadastral (geoportail.fr)

Les riverains sont propriétaires du cours d'eau jusqu'au milieu du lit (code de l'environnement, articles L215-1 à L215-6). Ils sont tenus à un entretien régulier de ce cours d'eau dans l'objectif notamment de maintenir son profil d'équilibre (code de l'environnement, article L215-14). Dans ce contexte, la situation administrative devra être clarifiée avant la mise en œuvre des aménagements.

En tout état de cause, il est rappelé qu'au titre de l'article L211-12 du code de l'environnement, une servitude d'utilité publique peut être établie sur ces terrains dans l'objectif de « restaurer les caractères hydrologiques et géomorphologiques essentiels » du cours d'eau.

En première approche, une bande riveraine de l'ordre de 750 m<sup>2</sup> serait nécessaire, soit une largeur comprise entre 2 et 8 m depuis le haut de berge actuel (cf. Carte 2, page 37).

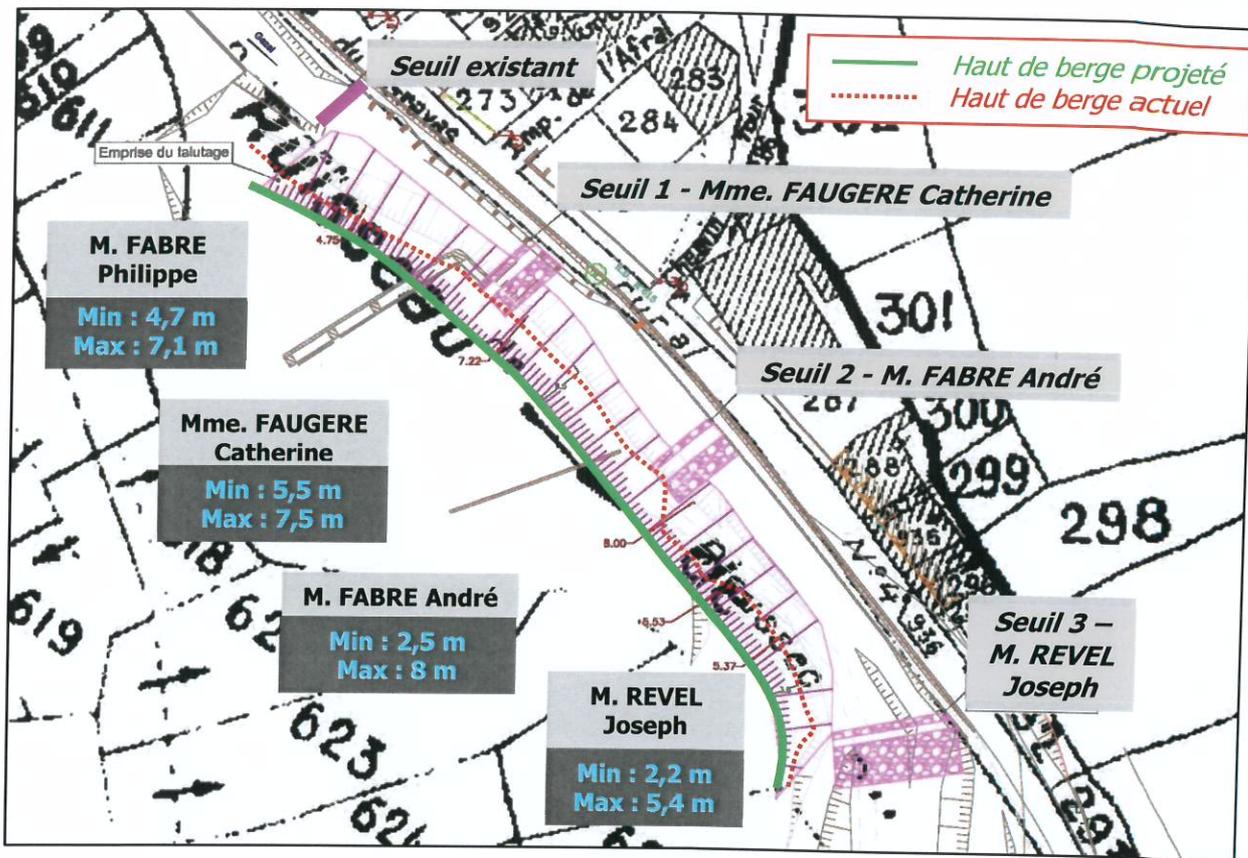


Figure 14 : Localisation du projet sur le cadastre

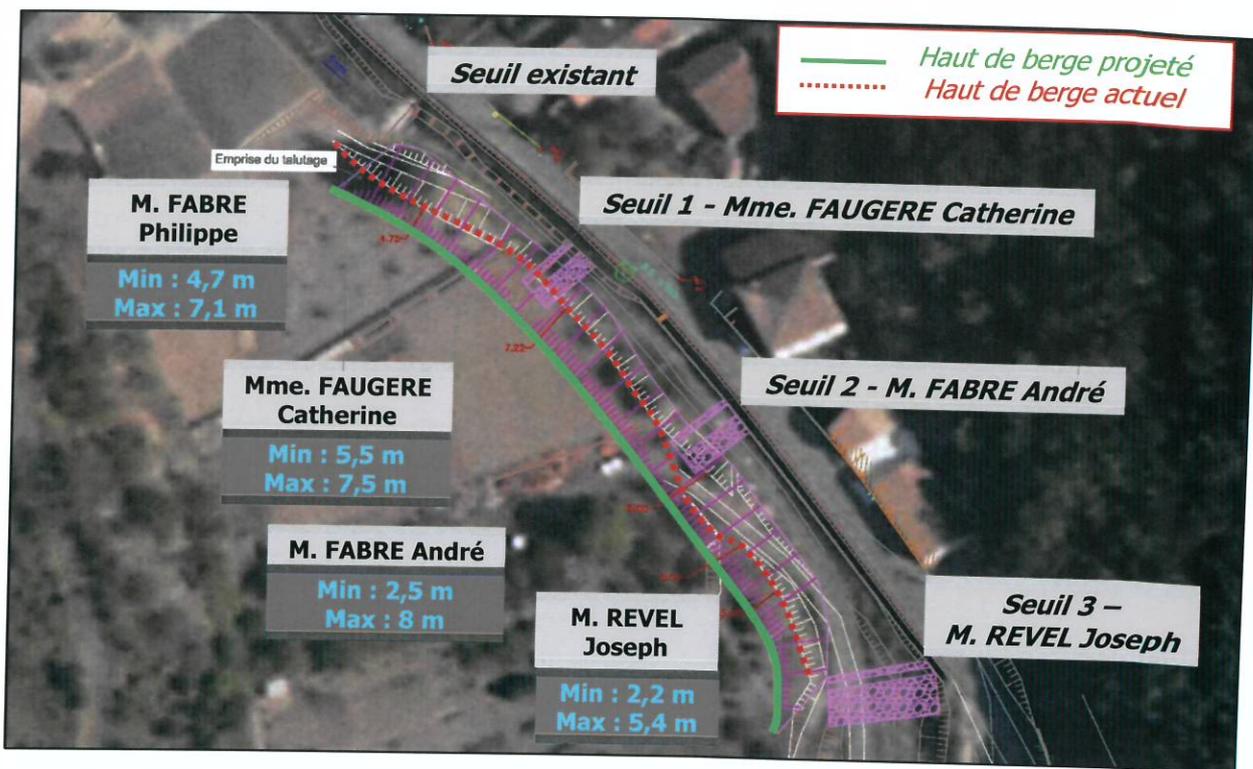


Figure 15 : Localisation de l'emprise du talutage sur vue aérienne

Tableau des largeurs et superficie de terrain impacté

Nom du riverain concerné	Parcelle concernée	Largeur minimum en m	Largeur maximum en m	Superficie en m <sup>2</sup>	Linéaire de berge en m
M. FABRE Philippe	C617	4.7	7.1	133	26.4
Mme. FAUGERE Catherine	C618	5.5	7.5	270	39.2
M. FABRE André	C622	6	8	89	12
M. FABRE André	C623	2.5	5.6	65	18
M. REVEL Joseph	C625	2.2	5.4	120	27.8

Tableau 5 : Terrains impactés par le talutage

Pour la création d'un accès depuis la route départementale (paragraphe 5.1.2, page 25), l'emprise de la rampe et du chemin jusqu'en haut du talutage a été estimé pour chaque parcelle traversée. Il s'agit de l'estimation d'un ordre de grandeur des emprises, étant donné la précision du cadastre utilisé. Il est supposé que les parcelles traversées sont la propriété de M. Houlés Gilbert.

N° de parcelle	Emprise de l'accès estimée
608	45 m <sup>2</sup>
609	22 m <sup>2</sup>
610	16 m <sup>2</sup>
611	38 m <sup>2</sup>

Tableau 6 : Emprise de l'accès depuis la route départementale en rive droite

### 5.3. PRESERVATION DES INFRASTRUCTURES EXISTANTES

#### 5.3.1. MUR DE MITOYENNETÉ

Un mur sépare les champs installés rive droite, dans la prolongation des parcelles 617 et 618.

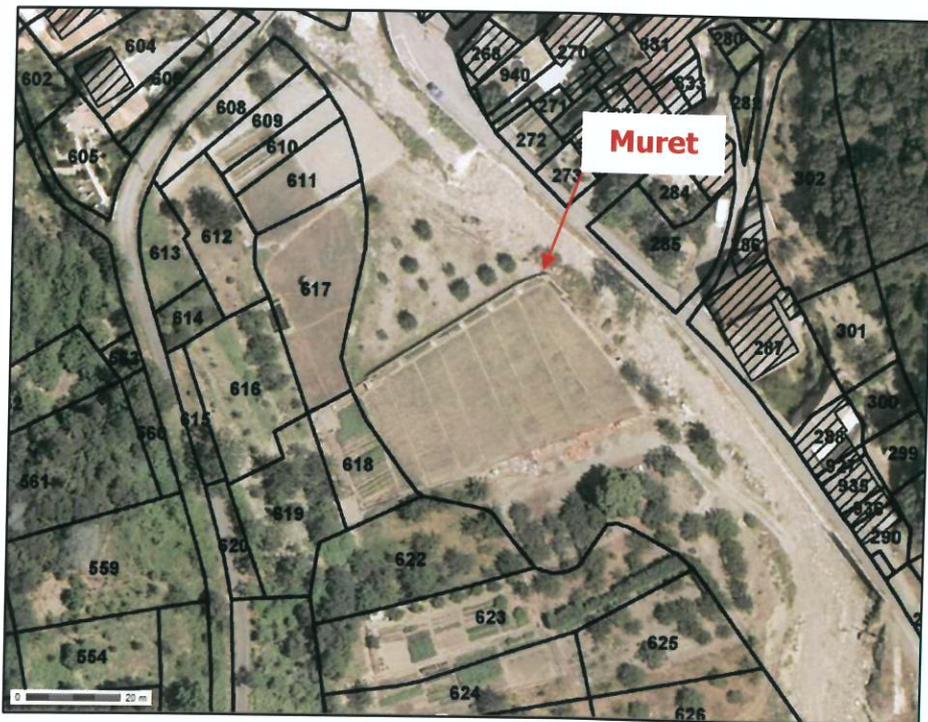
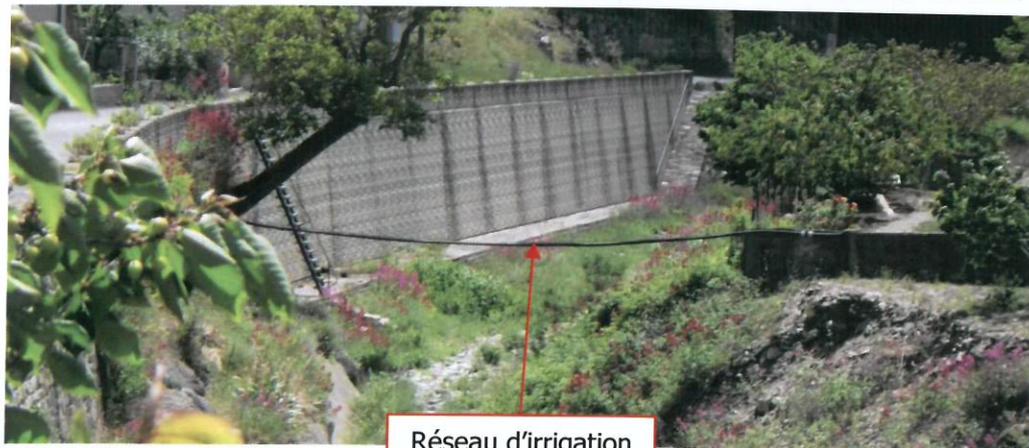


Figure 16 : Vue du mur mitoyen sur photo aérienne

Ce mur devra être raccourci pour permettre le talutage nécessaire de la berge. Il sera donc détruit sur une longueur d'environ 10 m dans la direction perpendiculaire au cours d'eau. Cela correspond au retrait de la première « barrette » du mur localisée sur la photo ci-après. Les déblais seront retirés et évacués en décharge. La maçonnerie du mur sera reprise de façon à reconstruire la nouvelle extrémité du mur.



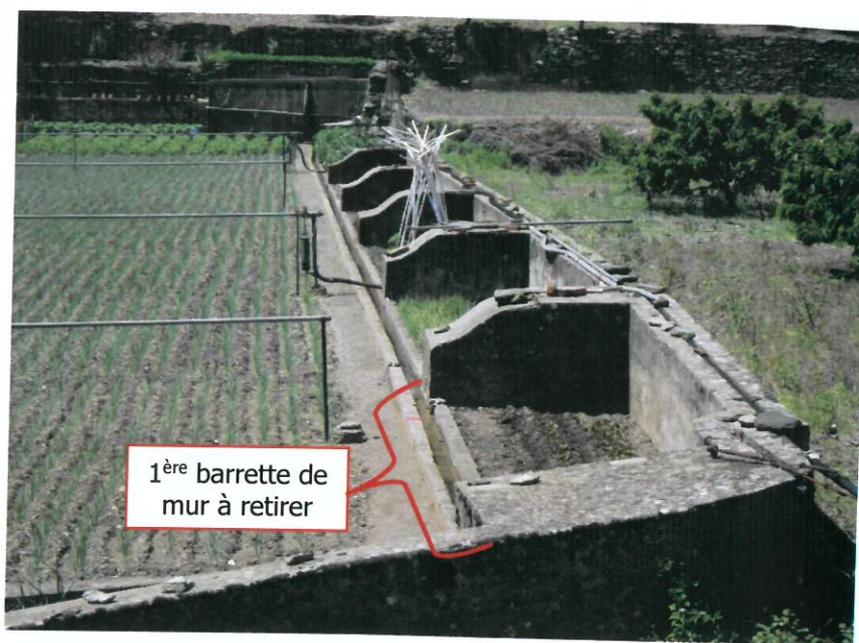
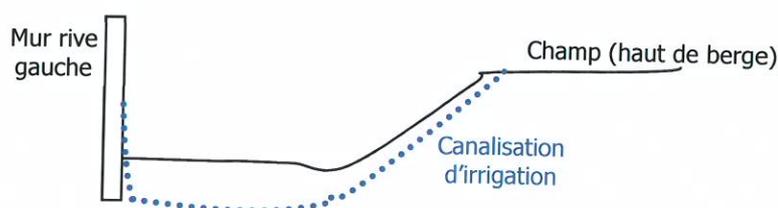


Figure 17 : Photos du mur et du réseau d'irrigation

### 5.3.2. RÉSEAU D'IRRIGATION

Sur le mur présenté dans le paragraphe précédent, est connecté un réseau d'irrigation depuis la rive gauche du torrent.

Lors du chantier, il est prévu d'intégrer ce réseau existant dans le seuil n°1. Le tuyau sera disposé dans un fourreau fixé au mur de la RD en rive gauche, traversant le torrent dans l'ouvrage seuil et ressortant en limite du champ rive gauche.



### 5.4. RACCORDEMENT DES SEUILS AU MUR

Le rapport d'études géotechniques précise que le raccordement des ouvrages en rive gauche doit permettre de constituer une zone d'appui. Ils doivent être suffisamment profonds et ou protégés par des ouvrages anti affouillement.

Ce raccordement pourra se faire par un ancrage (solidarisation des ouvrages) ou non (ouvrages indépendants). A ce stade, nous préconisons un ouvrage qui empêchera les circulations d'eau entre les seuils et le mur.

L'ancrage solidaire au mur entrainerait un risque de dégradation du mur, en cas de rupture des seuils. Le Département de l'Aude, contacté par téléphone, a approuvé cette analyse.

Il s'agit de compléments techniques qui doivent être étudiés, précisés, et discutés avec le Département de l'Aude, en phase PRO.

### 5.5. PERIODE D'INTERVENTION

Au regard du site et du régime torrentiel du Gazel, il est impératif d'intervenir lors d'un assec. Cela facilitera la mise en œuvre et évitera de perturber le milieu naturel inhérent aux écoulements d'eau. De plus, pour des raisons de sécurité, les saisons orageuses seront évitées.

La période d'intervention doit éviter de perturber :

- le du milieu naturel (faibles enjeux sur le site)
- les récoltes.

Le chantier se déroulera donc sur cinq semaines, entre mi-septembre et fin octobre.

### 5.6. RÉGLEMENTATION

Les opérations en rivière risquent d'avoir un impact sur les milieux aquatiques ou sur la sécurité publique. Elles peuvent être soumises à déclaration, voire à autorisation, au titre des articles L.214-1 à L.214-3 du code de l'environnement.

L'aménagement de seuils dans le torrent est concerné par les rubriques suivantes :

<b>3.1.1.0. Installation, ouvrages, remblais et épis, dans le lit mineur d'un cours d'eau, constituant :</b>
1°) Un obstacle à l'écoulement des crues ..... Autorisation
2°) <b>Un obstacle à la continuité écologique :</b>
<b>a. Entraînant une différence de niveau supérieure ou égale à 50 cm, pour le débit moyen annuel de la ligne d'eau entre l'amont et l'aval de l'ouvrage ou de l'installation ..... Autorisation</b>
b. Entraînant une différence de niveau supérieure à 20 cm mais inférieure à 50 cm pour le débit moyen annuel de la ligne d'eau entre l'amont et l'aval de l'ouvrage ou de l'installation.....Déclaration
<i>Au sens de la présente rubrique, la continuité écologique des cours d'eau se définit par la libre circulation des espèces biologiques et par le bon déroulement du transport naturel des sédiments.</i>
<i>Les seuils, juste après leur mise en place, rehausseront localement la ligne d'eau. A terme, leurs retenues amont seront comblées (objectif de rééquilibre du profil en long), et ces ouvrages de fond seront à peine affleurants.</i>

<b>3.1.2.0. Installation, ouvrages, travaux ou activités conduisant à modifier le profil en long ou le profil en travers du lit mineur d'un cours d'eau, à l'exclusion de ceux visés à la rubrique 3.1.4.0., ou conduisant à la dérivation d'un cours d'eau :</b>
---

1°) Sur une longueur supérieure ou égale à 100 m..... Autorisation

2°) **Sur une longueur inférieure à 100 m..... Déclaration**

*Le lit mineur d'un cours d'eau est l'espace recouvert par les eaux coulant à pleins bords avant débordement.*

*Le but de l'aménagement est de modifier le profil en long et le profil en travers du torrent afin de retrouver un état d'équilibre permettant le transit des crues (écoulements liquides et solides).*

**3.1.4.0. Consolidation ou protection des berges, à l'exclusion des canaux artificiels, par des techniques autres que végétales vivantes :**

1°) Sur une longueur supérieure ou égale à 200 m..... Autorisation

2°) **Sur une longueur supérieure à 20 m mais inférieure à 200 m..... Déclaration**

*La mise en place des trois seuils sera accompagnée de protection en enrochement de la berge rive droite sur une dizaine de mètres environ pour chaque seuil.*

**3.1.5.0. Installations, ouvrages, travaux ou activités dans le lit mineur d'un cours d'eau, étant de nature à détruire les frayères, les zones de croissance ou les zones d'alimentation de la faune piscicole, des crustacés et des batraciens :**

1°) Destruction de plus de 200 m<sup>2</sup> de frayères..... Autorisation

2°) Dans les autres cas ..... Déclaration

*Au sens de la présente rubrique, le linéaire de cours d'eau impacté par l'aménagement peut être considéré, comme zone d'alimentation de la faune piscicole, des crustacés et batraciens.*

*La réalisation des terrassements empiète sur moins de 200 m<sup>2</sup>.*

*Le Gazel est à sec une grande partie de l'année, il n'est pas le siège d'une vie piscicole pérenne. A priori, le projet n'est pas concerné par cette rubrique.*

Le projet est donc soumis à **autorisation**.

## 6. CHIFFRAGE ESTIMATIF DES TRAVAUX

Les aménagements proposés ont été chiffrés en phase avant-projet, sur la base des prix unitaires basés sur notre expérience de maître d'œuvre sur des travaux spécifiques de terrassement et d'aménagement de cours d'eau et sur une analyse des prix pratiqués sur le département de l'Aude, lors des derniers marchés de travaux de ce type.

Le chiffrage intègre un poste de divers et imprévus de 10%.

⇒ **Montant estimatif des travaux sans option est de 85 000 € HT.**

Ce montant ne tient pas compte du coût éventuel des acquisitions foncières. Pour mémoire, l'emprise minimale serait de l'ordre de 750 m<sup>2</sup>, soit une largeur comprise entre 2 et 6,5 m depuis le haut de berge actuel (cf. Carte 2, page 37).

DESCRIPTIF DES PRIX	Prix total HT
INSTALLATIONS ET PREPARATION	10 300.00 €
CONFORTEMENT DU SEUIL EN PLACE	4 050.00 €
TERRASSEMENTS	7 000.00 €
CONSTRUCTION DES OUVRAGES <sup>3</sup>	50 730.00 €
VEGETALISATION	5 087.50 €
Imprévus (~10 %)	7 832.50 €
TOTAL HT	85 000.00 €

Tableau 7 : Chiffrage estimatif

<sup>3</sup> y compris reprise des infrastructures comme indiqué au paragraphe 5.3

## 7. PIÈCES GRAPHIQUES

Carte 1 : Profil en long du Gazel à Rieussec.....	36
Carte 2 : Vue en plan .....	37
Carte 3 : Coupe type des aménagements.....	38
Carte 4 : Profils en travers des aménagements .....	39