



# Plan Local d'Urbanisme PLU

Document 4b :

## Annexe 11 : Etudes ruissellements

Prescription : 02/12/2014

Arrêt : 04/09/2018

Enquête publique : 12/11/2019 au 13/12/2019

Approbation : 25/02/2020

AVERNES



Cr instantané  
DDTM34

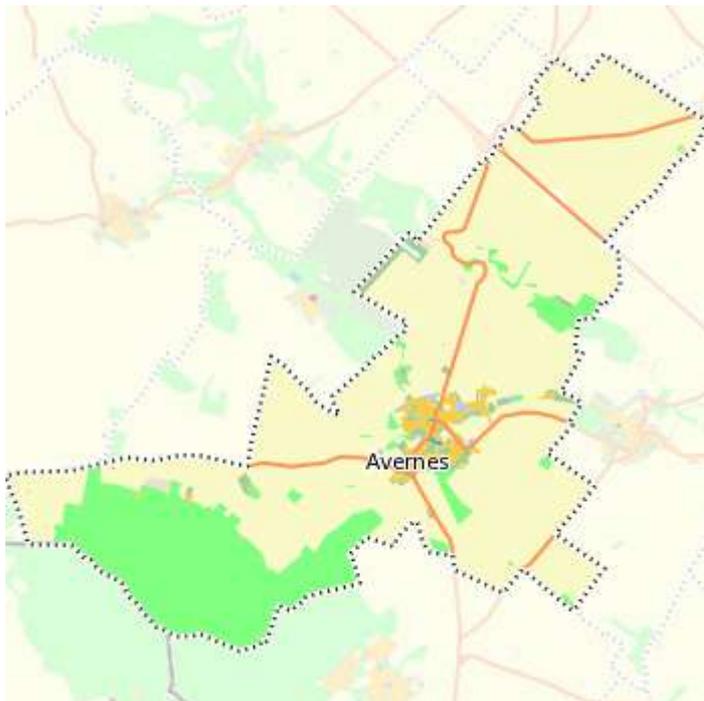
$$Cr = K1 * K2 * K3 * K4 * K5$$

Nature terrain	Sableux perméable	perméable non saturé	Peu perméable non sat ou perméable moyennement sat	imperméable ou sat.			
<b>K1</b>	0.65	0.75	0.85	0.95			
<b>Superficie max BV (km²)</b>	1000000	1000	1000	50	50		
Indice compacité Gravelius		Kc >2	Kc <2	Kc >2	Kc <2		
<b>K2</b>	0.85	0.9	0.95	0.95	1		
<b>Pente</b>	m < 1%	1% < m < 10%	10% < m				
<b>K3</b>	0.8	0.9	1				
<b>Intensité averse</b>	i < 15 mm/h	15 mm/h < i < 40 mm/h	i < 40 mm/h				
<b>K4</b>	0.7	0.8	0.9				
<b>Cultures</b>		Forêt dense	Boisé et cultivé	Cultures à forte demande en eau	Cultures à faible demande en eau	Végétation maigre et clairesemée	Sol dénudé
<b>K5</b>	été	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.95
	hiver	0.6	0.7	0.85	0.85	0.95	1

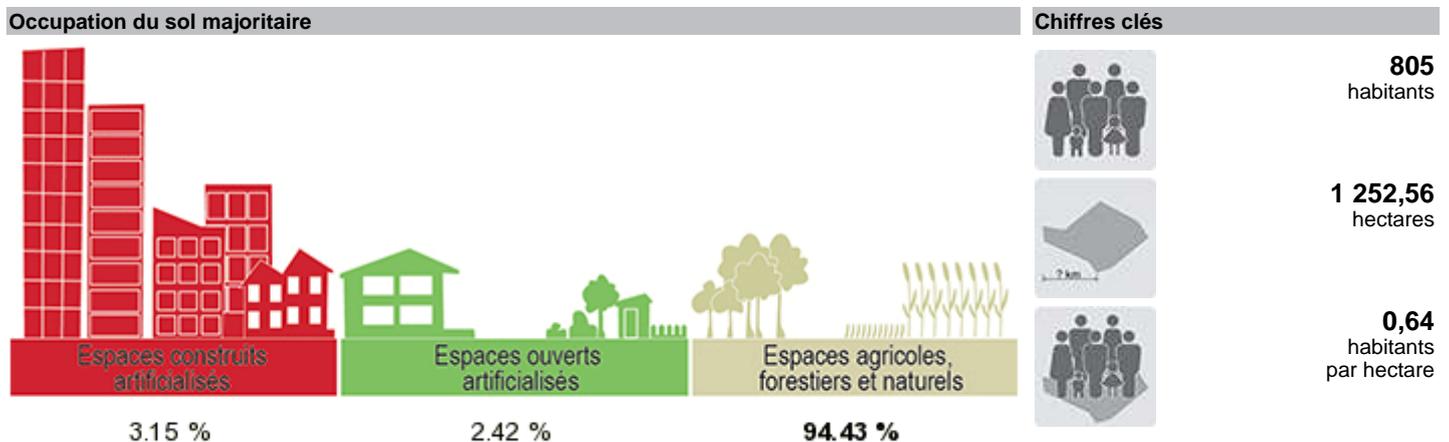
Guide méthodologique pour la gestion des eaux pluviales dans les projets d'aménagement

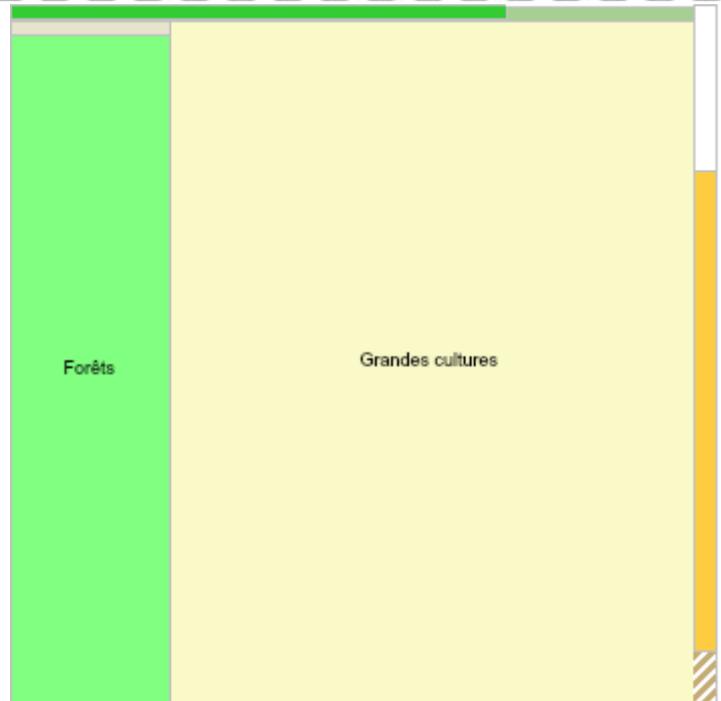
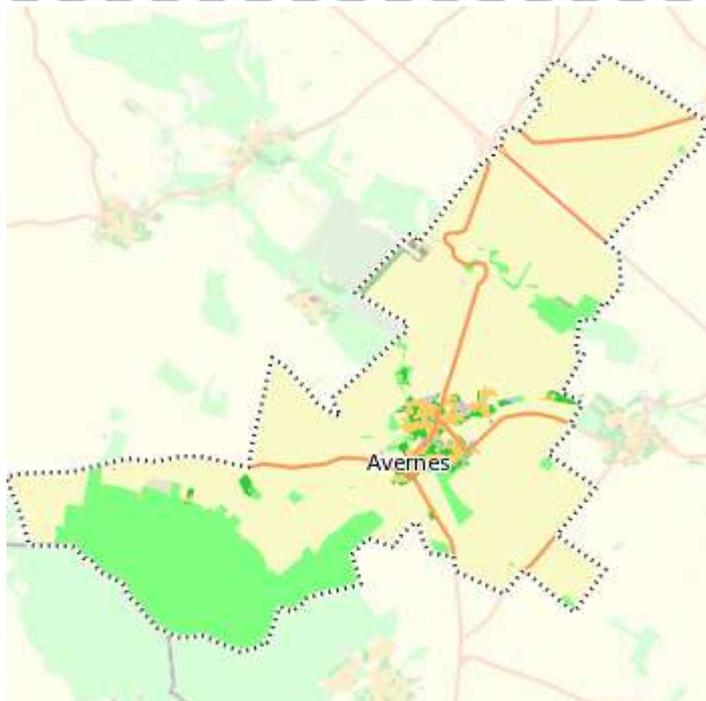
TOME 2 : Méthodes d'investigation et de dimensionnement



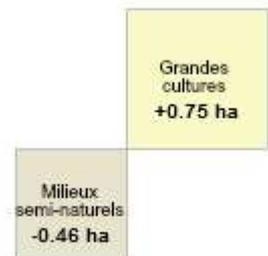


Occupation du sol en hectares	Surface 2008	Disparition	Apparition	Surface 2012	Bilan	2008-2012 : principales mutations
1 Forêts	265,85	0,00	0,00	265,85	0,00	
2 Milieux semi-naturels	6,65	-0,59	0,13	6,19	-0,46	
3 Espaces agricoles	909,02	-0,13	0,88	909,76	0,75	
4 Eau	1,17	-0,13	0,00	1,04	-0,13	
<b>Espaces agricoles, forestiers et naturels</b>	<b>1 182,69</b>	<b>0,00</b>	<b>0,16</b>	<b>1 182,84</b>	<b>0,16</b>	
5 Espaces ouverts artificialisés	30,48	-0,21	0,00	30,27	-0,21	
<b>Espaces ouverts artificialisés</b>	<b>30,48</b>	<b>-0,21</b>	<b>0,00</b>	<b>30,27</b>	<b>-0,21</b>	
6 Habitat individuel	26,54	-0,05	0,21	26,70	0,16	
7 Habitat collectif	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
8 Activités	2,32	-0,16	0,00	2,16	-0,16	
9 Equipements	0,56	0,00	0,00	0,56	0,00	
10 Transports	9,97	0,00	0,00	9,97	0,00	
11 Carrières, décharges et chantiers	0,00	0,00	0,05	0,05	0,05	
<b>Espaces construits artificialisés</b>	<b>39,39</b>	<b>-0,16</b>	<b>0,21</b>	<b>39,44</b>	<b>0,05</b>	
<b>Total</b>	<b>1 252,56</b>	<b>-0,37</b>	<b>0,37</b>	<b>1 252,56</b>	<b>0</b>	





Occupation du sol en hectares	Surface 2008	Disparition	Apparition	Surface 2012	Bilan	2008-2012 : principales mutations
1 Forêts	265,85	0,00	0,00	265,85	0,00	
2 Milieux semi-naturels	6,65	-0,59	0,13	6,19	-0,46	
3 Grandes cultures	908,66	-0,13	0,88	909,41	0,75	
4 Autres cultures	0,35	0,00	0,00	0,35	0,00	
5 Eau	1,17	-0,13	0,00	1,04	-0,13	
<b>Espaces agricoles, forestiers et naturels</b>	<b>1 182,69</b>	<b>0,00</b>	<b>0,16</b>	<b>1 182,84</b>	<b>0,16</b>	
6 Espaces verts urbains	20,55	-0,21	0,00	20,34	-0,21	
7 Espaces ouverts à vocation de sport	6,64	0,00	0,00	6,64	0,00	
8 Espaces ouverts à vocation de tourisme et loisirs	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
+ + - 9 Cimetières	0,57	0,00	0,00	0,57	0,00	
10 Autres espaces ouverts	2,72	0,00	0,00	2,72	0,00	
<b>Espaces ouverts artificialisés</b>	<b>30,48</b>	<b>-0,21</b>	<b>0,00</b>	<b>30,27</b>	<b>-0,21</b>	
11 Habitat individuel	26,54	-0,05	0,21	26,70	0,16	
12 Habitat collectif	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
13 Habitat autre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
14 Activités économiques et industrielles	2,32	-0,16	0,00	2,16	-0,16	
15 Entrepôts logistiques	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
16 Commerces	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
17 Bureaux	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
18 Sport (construit)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
19 Equipements d'enseignement	0,07	0,00	0,00	0,07	0,00	
20 Equipements de santé	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
21 Equipements culturels, touristiques et de loisirs	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
22 Autres équipements	0,50	0,00	0,00	0,50	0,00	
23 Transports	9,97	0,00	0,00	9,97	0,00	
24 Carrières, décharges et chantiers	0,00	0,00	0,05	0,05	0,05	
<b>Espaces construits artificialisés</b>	<b>39,39</b>	<b>-0,16</b>	<b>0,21</b>	<b>39,44</b>	<b>0,05</b>	
<b>Total</b>	<b>1 252,56</b>	<b>-0,37</b>	<b>0,37</b>	<b>1 252,56</b>	<b>0</b>	





# AVERNES

---

**Assistances à Maîtrise d'ouvrage  
pour les opérations de maîtrise  
des pollutions liées à  
l'assainissement et à la lutte  
contre le ruissellement sur la  
commune**

## **Volet 2 ruissellement – note d'avancement n°2**

01640112 | Juin 2018 | v3







11 rue Georges Charpak  
77127 Lieusaint  
Email : [hydra@hydra.setec.fr](mailto:hydra@hydra.setec.fr)  
T : 01 79 01 51 30  
F : 01 64 13 99 32

Directeur d'affaire : TMJ  
Responsable d'affaire : BMD  
N°affaire : 01640112  
Fichier : 40112\_Avernes\_ruissellement-note2\_v3.docx

Version	Date	Etabli par	Vérifié par	Nb pages	Observations / Visa
1	13/04/2018	QDF	BMD	45	
2	15/06/2018	QDF	BMD	59	Prise en considération des remarques de la réunion du 24/04/18 – Gestion du ruissellement via hydraulique douce
3	25/07/2018	QDF	BMD	62	Prise en considération des remarques de la réunion du 26/06/2018

## TABLE DES MATIERES

<b>1. CONTEXTE ET OBJECTIFS.....</b>	<b>7</b>
1.1. OBJECTIFS DE L'ETUDE.....	7
1.2. PRESENTATION DU TERRITOIRE.....	7
1.3. CLIMAT ET PLUVIOMETRIE DU SECTEUR .....	9
1.4. HISTORIQUE DU RISQUE INONDATION SUR LA COMMUNE .....	11
<b>2. CARACTERISATION DES SOUS-BASSINS VERSANTS .....</b>	<b>13</b>
2.1. TOPOGRAPHIE.....	13
2.2. GEOLOGIE.....	14
2.3. INFILTRATION.....	16
2.4. HYDROGRAPHIE.....	16
2.5. ZONES HUMIDES .....	19
2.6. OCCUPATION DES SOLS.....	20
2.7. PRATIQUES AGRICOLES PRESENTES.....	20
2.7.1. <i>Enquêtes réalisées</i> .....	20
2.7.2. <i>Caractéristiques prises en compte</i> .....	21
2.7.3. <i>Résultats de l'enquête</i> .....	21
2.8. DELIMITATION DES SOUS BASSINS VERSANTS DE LA DOUEE .....	21
<b>3. CARACTERISATION DE L'ALEA RUISSELLEMENT.....</b>	<b>24</b>
3.1. QUANTIFICATION DU RUISSELLEMENT.....	24
3.1.1. <i>Définition de l'évènement</i> .....	24
3.1.2. <i>Coefficients de ruissellement retenus</i> .....	25
3.1.3. <i>Temps de concentration</i> .....	26
3.1.4. <i>Résultats</i> .....	26
<b>4. ETUDE DE L'OUVRAGE DE DECHARGE EN AVAL DE LA COMMUNE.....</b>	<b>30</b>
4.1. PRESENTATION DE L'OUVRAGE.....	30
4.2. MODELISATION.....	30
4.2.1. <i>Le logiciel de modélisation</i> .....	30
4.2.2. <i>Méthode</i> .....	31
4.2.3. <i>Construction du modèle</i> .....	31
4.2.4. <i>Simulation</i> .....	33
4.3. RESULTATS DE LA MODELISATION .....	33
4.4. CONCLUSIONS DE LA MODELISATION .....	36
<b>5. GESTION DE L'ALEA RUISSELLEMENT.....</b>	<b>37</b>
5.1. DONNEES ISSUES DE LA RECONNAISSANCE DE TERRAIN .....	37
5.2. PRINCIPES ET DETAILS DES OUVRAGES D'HYDRAULIQUE DOUCE .....	46
5.2.1. <i>La haie</i> .....	46
5.2.2. <i>La fascine</i> .....	47
5.2.3. <i>Le fossé à redents</i> .....	48
5.2.4. <i>Le fossé en méandres</i> .....	49
5.2.5. <i>La micro rétention</i> .....	50
5.3. AMENAGEMENTS PROPOSES .....	51
5.3.1. <i>Cohérence et indépendance des ouvrages</i> .....	51
5.3.2. <i>Détail des propositions par zone</i> .....	53
5.3.3. <i>Pratiques culturelles</i> .....	60
<b>6. PRECONISATIONS.....</b>	<b>62</b>

## TABLES DES ILLUSTRATIONS - FIGURE

Figure 1.1 : Bassins versants hydrologiques principaux de la zone d'étude.....	8
Figure 1.2 : Précipitations à la station Wy-dit-Joli-Village le 3 juin 2002 (source SET ENVIRONNEMENT).....	11
Figure 1.3 : Photographie de la vanne à l'entrée du canal de décharge .....	12
Figure 1.4 : Photographie de l'Aubette .....	12
Figure 2.1 : Topographie de la commune d'Avernes (Source : NASA) .....	13
Figure 2.2 : Profil du bassin versant de la Douée .....	14
Figure 2.3 : Formation géologiques du bassin versant de la Douée (BRGM).....	15
Figure 2.4 : Hydrographie du bassin versant de la Douée (IGN, Géoportail) .....	18
Figure 2.5 : Zones humides du bassin versant de la Douée (DRIEE) .....	19
Figure 2.6 : Sous bassins du bassin versant de la Douée .....	23
Figure 3.1 : Coefficient de Montana de Trappes (statistiques 1988-2008, Meteo-France) ....	24
Figure 3.2 : Coefficients de ruissellement des sous bassins versants de la Douée.....	27
Figure 4.1 : Localisation de l'Aubette et du bras de décharge.....	30
Figure 4.2 : Section du dalot modélisée.....	32
Figure 4.3 : Caractéristiques de la vanne .....	32
Figure 4.4 : Modèle réalisé sur hydra .....	33
Figure 4.5 : Scénario A, profil de l'Aubette et dalot en charge .....	34
Figure 4.6 : Scénario B, profil du bras de décharge et dalot en charge.....	34
Figure 4.7 : Scénario B, profil de l'Aubette et dalot en charge .....	35
Figure 4.8 : Zone sujette à inondation lors de la simulation .....	35
Figure 5.1 : Eléments hydrauliques repérés et supposés sur le bassin versant de la Douée	38
Figure 5.2 : Ravine avec écoulement dans le bois des Galluis .....	39
Figure 5.3 : Talweg à la jonction entre le bois des Galluis et le bois des Moque-Panier .....	39
Figure 5.4 : Talweg le long du bois des Moque-Panier .....	40
Figure 5.5 : Fond de la zone de rétention .....	41
Figure 5.6 : Talus ceinturant la zone.....	41
Figure 5.7 : Chemin venant de Frémainville (vue vers le bois des Galluis) .....	42
Figure 5.8 : Vue depuis le chemin des Groseilliers vers l'aval .....	42
Figure 5.9 : Ruissellement sur le chemin des Groseilliers se déversant à l'aval du passage en buse (photo fournie par la commune) .....	43
Figure 5.10 : Talweg séparant les deux parcelles agricoles.....	44
Figure 5.11 : Ruissellement concentré traversant le champ puis suivant le talweg .....	44
Figure 5.12 : Rétention du ruissellement à l'amont de la buse du chemin des Groseilliers ...	45
Figure 5.13 : Exemples de haies (Association AREAS) .....	46
Figure 5.14 : Schémas de plantation d'une haie .....	47
Figure 5.15 : Exemple de fascine en bois mort.....	47
Figure 5.16 : Schéma de fonctionnement de la fascine sur une parcelle agricole .....	47
Figure 5.17 : Schémas de principe de la mise en place d'une fascine .....	48
Figure 5.18 : Exemple de lutte contre les ravines .....	48
Figure 5.19 : Exemple de fossé à redents .....	49
Figure 5.20 : Exemple de méandres.....	50
Figure 5.21 : Ensemble des aménagements d'hydraulique douce proposés .....	52
Figure 5.22 : Aménagement à l'amont du bois des Galluis .....	53
Figure 5.23 : Micro rétentions proposées .....	54
Figure 5.24 : Aménagement le long du bois des Moque-Panier.....	55
Figure 5.25 : Schéma de conception classique du fossé à redents .....	55
Figure 5.26 : Caractéristiques des méandres .....	56
Figure 5.27 : Aménagements de l'aval du bassin versant de la Douée .....	58
Figure 5.28 : Aménagements proposés au niveau des parcelles agricoles.....	59
Figure 5.30 : Sillons faisant obstacle à l'écoulement.....	60
Figure 5.30 : Sillons facilitant l'écoulement .....	60

## TABLES DES ILLUSTRATIONS - TABLEAU

Tableau 1.1 : Pluies extrêmes aux alentours d'Avernes entre 1958 et 2016. Source : Météo-France.....	10
Tableau 2.1 : Taux d'infiltration typiques (MDDELCC, adapté de Ferguson, 1994).....	16
Tableau 2.2 : Occupation des sols (IAU) .....	20
Tableau 3.1 : Intensité d'une pluie de durée 4h selon la période de retour .....	25
Tableau 3.2 : Méthode de détermination des coefficients de ruissellement .....	26
Tableau 3.3 : Caractéristiques des sous bassins versants de la Douée .....	28
Tableau 3.4 : Débits de ruissellement du bassin versant de la Douée.....	29
Tableau 5.1 : Estimation des volumes des bassins de rétention.....	54
Tableau 5.2 : Caractéristiques du fossé à méandres préconisé.....	57
Tableau 5.3 : Estimation de la rétention de la rétention aval du bassin.....	58

# 1. CONTEXTE ET OBJECTIFS

## 1.1. OBJECTIFS DE L'ETUDE

La présente étude est portée par le groupement de commandes constituée par la commune d'Avernes et le Syndicat Intercommunal de la Vallée de l'Aubette de Meulan (95). Elle concerne l'étude de mise aux normes du système d'assainissement collectif de son territoire et de maîtrise des eaux de ruissellement.

**Dans un premier volet « Assainissement »**, cette étude doit permettre aux collectivités de mettre en œuvre les actions définies dans le cadre de l'étude de SDA finalisée en 2004 par le bureau d'études Vincent RUBY (réhabilitation de réseaux, travaux de mise en conformité) et d'affiner le devenir de la station d'épuration (réhabilitation ou reconstruction) ainsi que sa filière boues.

**Dans un second volet « Ruissellement »**, il est demandé une étude approfondie des solutions préconisées dans l'étude de lutte contre les ruissellements et l'érosion des sols réalisée en 2002 par les bureaux d'études Atelier 15 et SET ENVIRONNEMENT afin d'améliorer la gestion des ruissellements à la source et la protection de la ressource en eau (captage de la Douée).

In fine, il s'agira d'assister techniquement et administrativement le groupement afin de mettre en œuvre le programme de travaux d'assainissement qui sera finalement retenu.

**La présente note d'avancement du volet 2 (ruissellement) a pour but de caractériser le bassin versant de la Douée en sous bassins versants, de quantifier l'impact du ruissellement et de proposer les aménagements potentiels permettant de gérer cet aléa. A cela s'ajoute la caractérisation des ouvrages en aval de la commune (au niveau du dalot et de la vanne) via une modélisation.**

## 1.2. PRESENTATION DU TERRITOIRE

La commune d'Avernes est située dans le Val-d'Oise en région Île-de-France. La démographie y est de 830 habitants en 2016, essentiellement regroupés dans le bourg. Au centre du bourg se situe l'église Saint-Lucien, bâtiment classé monument historique. La commune abrite d'autres éléments d'intérêt patrimonial non classés, parmi lesquels des lavoirs, l'ancienne gare de chemins de fer ou encore une orangerie.

La commune s'étend sur 12.47 km<sup>2</sup> avec au centre la zone urbaine, entourée de parcelles agricoles. Au sud de la commune s'étend la forêt régionale de Galluis. Cette commune est située au creux de vallons, cumulant des dénivelés depuis les bois atteignant 100m.

La surface agricole située à l'ouest de la commune peut être subdivisée en 4 bassins versants qui sont : le bassin versant de Frémainville, le bassin versant de la Douée, celui de Perreuse et celui du Puits Perdu (Figure 1.1). Ces quatre bassins versants couvrent une large superficie et ont pour exutoire commun la zone urbanisée d'Avernes sur sa limite ouest.

**L'étude se concentrera sur le bassin versant de la Douée et la caractérisation des sous-bassins versants le composant.**

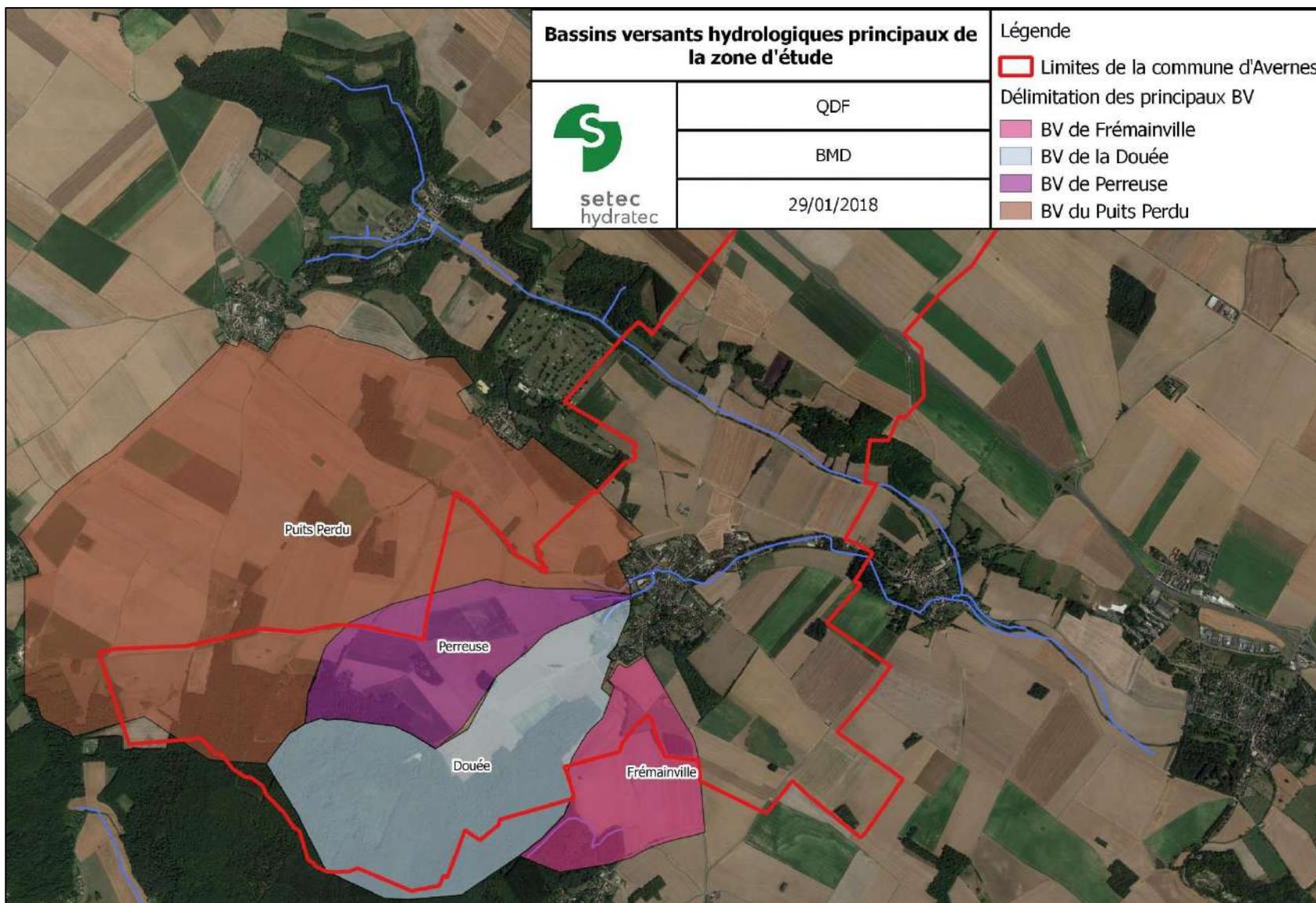


Figure 1.1 : Bassins versants hydrologiques principaux de la zone d'étude

### 1.3. CLIMAT ET PLUVIOMETRIE DU SECTEUR

La commune d'Avernes, et plus généralement le Val d'Oise, appartient à une zone de climat océanique dégradé qui se caractérise par des hivers doux et des étés frais.

Les précipitations sont réparties sur toute l'année. Les périodes les plus humides sont le printemps et l'automne. Cependant, les pluies d'hiver ou de printemps peuvent entraîner des ruissellements importants d'une part à cause de la saturation des sols et d'autre part à cause de la nudité des sols.

Les données Météo-France recensent les évènements exceptionnels ayant eu lieu dans un rayon de 20 km de la commune entre 1958 et 2016 (Tableau 1.1). Ces évènements sont extrêmes et cumulent sur 24h au minimum 60 mm de précipitation. 23 évènements de cette ampleur ont été recensés depuis 1960. On note cependant que ce genre d'évènements est extrême. Des désordres dans la commune d'Avernes ont pu être recensés pour des précipitations importantes mais non référencées.

Parmi ces évènements, la commune a subi 3 inondations en 1980 (dont une due à la rupture d'une digue située à l'époque au bois des Galluis), une en février 1984 ou encore en décembre 2000. Un autre évènement relevé est l'orage du 3 février 2002 dont l'étude de SET ENVIRONNEMENT (2002) fournit les caractéristiques.

**Tableau 1.1 : Pluies extrêmes aux alentours d'Avernes entre 1958 et 2016. Source : Météo-France**

Date	Localisation	Valeur (mm)	Distance (km)
07/08/2014	Lainville - Maigrimont	68	<10
27/07/2012	Flins-sur-Seine / Bois St-Vincent	80	<20
27/07/2012	Chapet / la Carabine	64	<20
24/06/2005	Vaudancourt / La Scierie	66	<20
24/06/2005	Buhy / Parc de Buhy	60	<20
06/07/2001	Ivry-le-temple / ferme du Moulin	81	<20
06/07/2001	Haravilliers / Le Christ	62	<20
04/08/1997	Genainville	67	<10
05/08/1994	Maule	66	<20
01/07/1993	Mericourt	68	<20
18/10/1991	Genainville	70	<10
24/08/1987	Lainville/Maigrimont	60	<10
24/08/1987	Montesson / La Borde	83	<20
13/07/1982	Carrieres-sous-Poissy	70	<20
01/06/1982	Pontoise	88	<20
03/07/1975	Maule	66	<20
08/07/1975	Boissy-l'Aillerie	60	<20
14/05/1971	Maule	60	<20
14/08/1969	Magny-en-vexin	61	<10
14/08/1969	Maule	64	<20
05/08/1968	Montesson / La Borde	96	<20
04/07/1966	Henonville / Clos des Anglais	80	<20
24/06/1960	Montesson / La Borde	133	<20

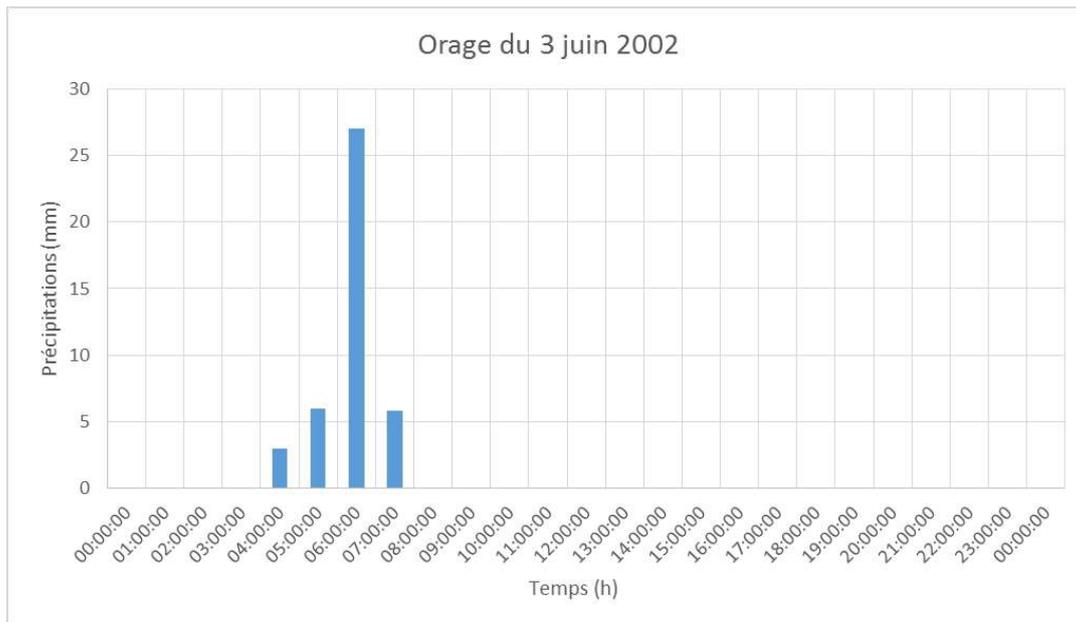
Les données météorologiques des stations de Wy-dit-Joli-Village (3.3 km d'Avernes) et de Cormeilles en Vexin permettent de caractériser la pluviométrie du secteur d'étude.

Les données Météo France sur une période de 10 ans pour Wy-dit-Joli-Village et 15 ans pour Cormeilles en Vexin sont disponibles dans les études précédentes (*SET ENVIRONNEMENT 2002* et *SET ENVIRONNEMENT 2006*).

Deux régimes pluviaux sont alors présents sur le domaine d'étude :

- les précipitations de septembre au printemps alimentent les nappes et les cours d'eau en étant moins intenses mais plus nombreuses. Les risques les plus importants sur cette période sont donc les inondations dues aux crues des cours d'eau.
- Les précipitations de fin de printemps et d'été sont plutôt orageuses, c'est-à-dire de forte intensité concentrées sur une courte durée. Ces précipitations vont présenter des risques d'inondations pluviales dues aux ruissellements d'importants volumes d'eau non infiltrés dans des sols peu perméables.

Un orage de référence a été mesuré le 3 juin 2002 à la station de Wy-dit-Joli-Village. Cet orage cumulant 41.8 mm de précipitations en 4h de temps (Figure 1.2)



**Figure 1.2 : Précipitations à la station Wy-dit-Joli-Village le 3 juin 2002 (source SET ENVIRONNEMENT)**

Ces données permettent de préciser la répartition de la précipitation lors d'une pluie orageuse à l'aide d'un évènement réel. C'est l'évènement qui a été utilisé comme référence dans l'étude de SET ENVIRONNEMENT.

#### **1.4. HISTORIQUE DU RISQUE INONDATION SUR LA COMMUNE**

La commune d'Avernes a par le passé été sujette à des inondations récurrentes qui ont motivées cette étude.

La dernière inondation en date, s'est déroulée le 22 janvier 2018. Bien que les pluies ne soient pas exceptionnelles, l'Aubette est sortie de son lit dans la commune et a inondé plusieurs pavillons.

Les pluies mesurées à la station de Pontoise par Météo-France présentent un cumul quotidien de 11.8mm le 21 janvier et 15 mm le 22 janvier. A cette période de l'année, cet évènement est donc dû à la saturation des sols qui ne peuvent plus freiner le ruissellement par leur infiltration. Une autre inondation du type avait eu lieu en 2001. Historiquement, la ville d'Avernes a été victime d'inondations dues aux crues également en 1921, 1929 et 1980.

Autrefois, un ouvrage de rétention permettait de stocker les eaux de ruissellement issues des bois de Galluis. Cet étang a disparu le 10 février 1980. A cette date, une rupture de digue a déversé l'intégralité du volume de l'étang sur le bassin de la Douée. Ce volume s'est ensuite écoulé jusqu'à Avernes où des dommages matériels avaient été provoqués. Il semblerait qu'à l'époque le système de vidange du bassin était défectueux et que des fissures étaient présentes sur la digue, ce qui peut expliquer la fragilité de l'ouvrage (source : *Archives Le Monde*).

Bien que l'étang n'ait pas été recréé depuis, des aménagements hydrauliques ont été construits au niveau de l'Aubette, en sortie de la zone urbanisée. Aujourd'hui, les ruisseaux issus des sources et du ruissellement sont canalisés dans la ville via un dalot vers l'Aubette. Celle-ci dispose maintenant d'un canal de décharge parallèle au bras naturel. Une vanne de régulation automatique est disposée à l'entrée de ce canal de décharge ce qui permet. Lors des évènements pluvieux, cette vanne s'ouvre afin de répartir l'écoulement entre l'Aubette et le canal de décharge. Ce dispositif permet de diminuer le risque de crue de l'Aubette.



**Figure 1.4 : Photographie de l'Aubette**



**Figure 1.3 : Photographie de la vanne à l'entrée du canal de décharge**

## 2. CARACTERISATION DES SOUS-BASSINS VERSANTS

La subdivision du bassin versant de la Douée en sous bassin versants s'est basée sur :

- La topographie
- La capacité d'infiltration
- L'hydrographie
- La présence de zone humide
- L'occupation des sols
- Les pratiques culturales

### 2.1. TOPOGRAPHIE

La topographie de la commune d'Avernes et des bassins versants présente d'importants dénivelés (Figure 2.1). Le bourg, situé au centre de la commune, est donc encaissé. Cette situation favorise les problématiques liées au ruissellement. Depuis le sud de la commune est visible une pente positive partant des bois des Galluis jusqu'au bourg. C'est donc l'ensemble du Bassin Versant de la Douée qui s'incline vers la commune.

La Figure 2.2 présente un profil de ce bassin versant en partant du sommet des bois des Galluis (au niveau des Hautes Bruyères) jusqu'au centre de la zone urbanisée. Le dénivelé cumulé est alors d'environ 110m sur une distance de 3km.

Les pentes les plus importantes (10% à 20%) sont situées au sud des bois pour ensuite diminuer à 5% en lisière du bois.

Au niveau des parcelles agricoles, les terrains présentent des pentes d'environ 2% dirigées vers un talweg qui privilégie l'écoulement vers les sources de la Douée.

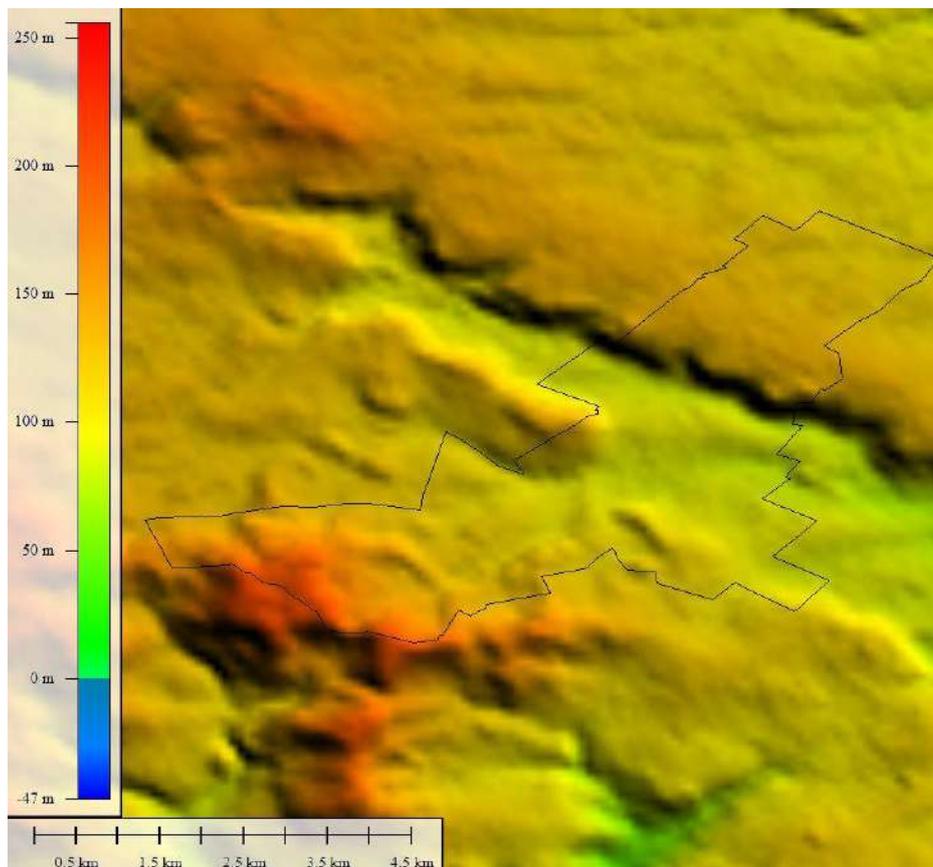
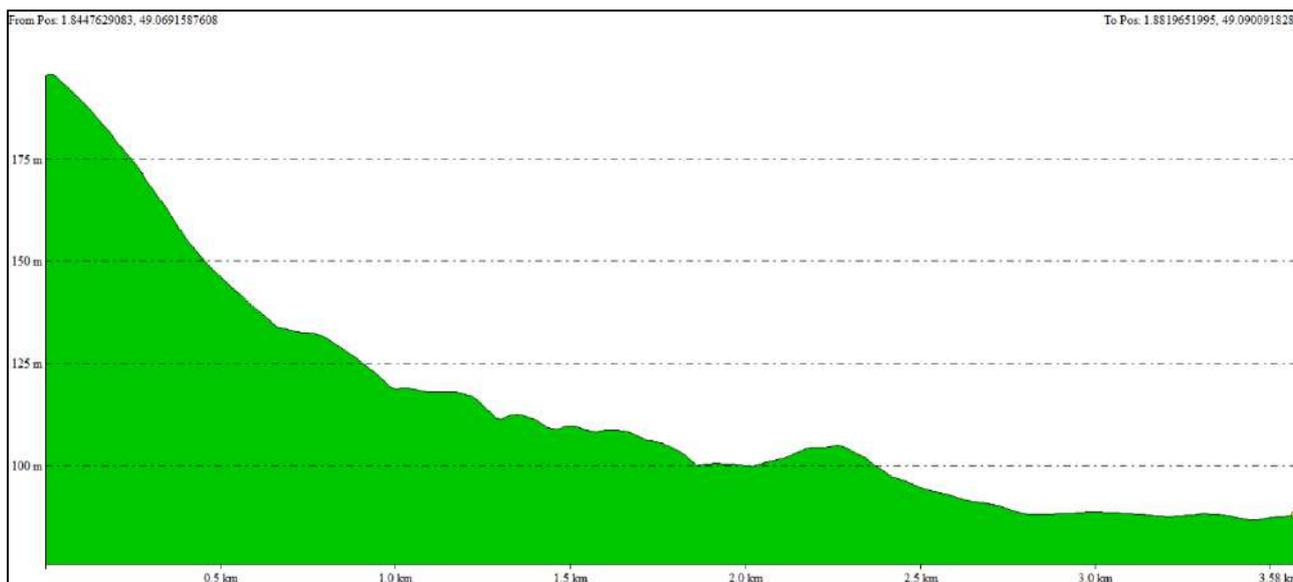


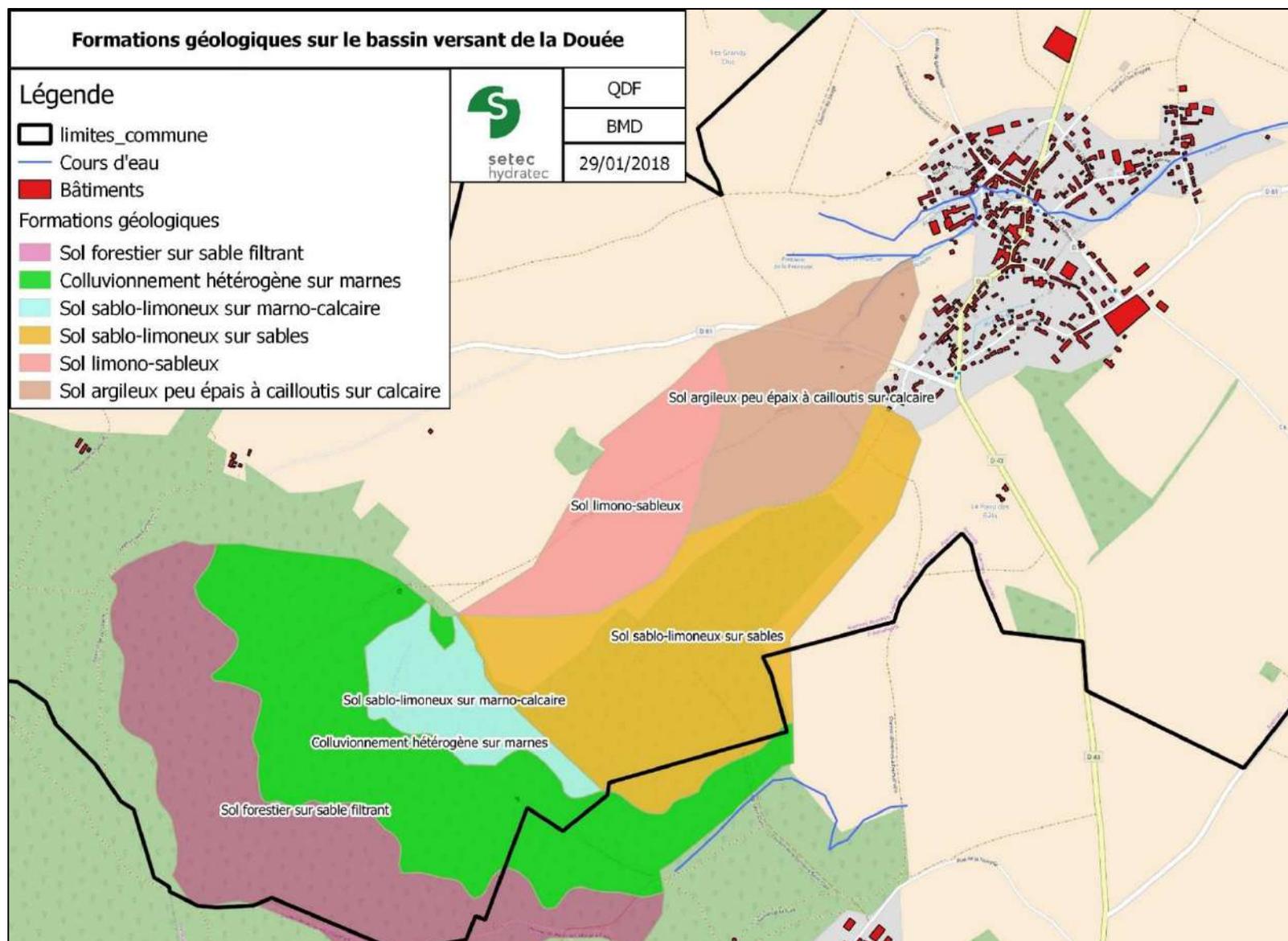
Figure 2.1 : Topographie de la commune d'Avernes (Source : NASA)



**Figure 2.2 : Profil du bassin versant de la Douée**

## **2.2. GEOLOGIE**

La géologie des sols présents est délimitée en bandes d'est en ouest qui se succèdent (Figure 2.3).



**Figure 2.3 : Formation géologiques du bassin versant de la Douée (BRGM)**

## 2.3. INFILTRATION

Les informations géologiques permettent de connaître la composition du sol et d'estimer sa capacité d'infiltration (Tableau 2.1).

**Tableau 2.1 : Taux d'infiltration typiques (MDDELCC, adapté de Ferguson, 1994)**

Type de sol	Conductivité hydraulique saturée		Taux d'infiltration pour conception (facteur de sécurité de 0,5)	
	(mm/h)	(m/s)	(mm/h)	(m/s)
Sable	210	$5,83 \times 10^{-5}$	105	$2,92 \times 10^{-5}$
Sable limoneux	61	$1,69 \times 10^{-5}$	30,5	$8,45 \times 10^{-6}$
Limon sablonneux	26	$7,22 \times 10^{-6}$	13	$3,61 \times 10^{-6}$
Limon	13	$3,61 \times 10^{-6}$	6,5	$1,81 \times 10^{-6}$
Limon silteux	6,8	$1,89 \times 10^{-6}$	3,4	$9,45 \times 10^{-7}$
Limon argilo-sablonneux	4,3	$1,19 \times 10^{-6}$	2,2	$5,95 \times 10^{-7}$
Limon argileux	2,3	$6,39 \times 10^{-7}$	1,2	$3,20 \times 10^{-7}$
Limon argilo-silteux	1,5	$4,17 \times 10^{-7}$	0,75	$2,09 \times 10^{-7}$
Argile sablonneuse	1,2	$3,33 \times 10^{-7}$	0,6	$1,67 \times 10^{-7}$
Argile silteuse	0,9	$2,50 \times 10^{-7}$	0,45	$1,25 \times 10^{-7}$
Argile	0,6	$1,67 \times 10^{-7}$	0,3	$8,35 \times 10^{-8}$

Les zones sableuses ont donc une capacité plus importante à l'infiltration (sol forestier sur sable filtrant, sol sablo-limoneux), les limons ont une capacité d'infiltration intermédiaire tandis que les sols marneux et argileux vont plutôt être imperméables.

Il est important de noter que les formations géologiques présentées sont les formations superficielles. Des sondages réalisés lors de l'étude de SET. ENVIRONNEMENT montrent que différentes couches se superposent. Ainsi, les couches de limon sont généralement peu épaisses (environ 1 m) avant de laisser place à des sols plus sableux. Cette caractéristique est à considérer pour la création d'ouvrages qui permettraient l'infiltration.

**Les mesures d'infiltration réalisées dans l'étude de SET ENVIRONNEMENT révèlent que les sols en présence le long du bois de Moque-Panier (talweg) ont une infiltration plus basse que ces valeurs moyennes. Sur cette zone, l'infiltration mesurée est de l'ordre de  $10^{-7}$  m/s. Sur les zones de l'amont du bois des Galluis, du Moque Panier et des zones agricoles ouest, la composition des sols permet une infiltration plus importante.**

## 2.4. HYDROGRAPHIE

Le bois des Galluis concentre plusieurs sources, notamment situées à l'Ouest et s'écoulant vers l'ancien étang.

Au niveau du bois Moque-Panier, il est commun de voir des écoulements en sortie des Galluis car la nappe est à faible profondeur. Cependant, ces écoulements ne sont visibles qu'en période humides et sont souvent à sec en été. La confluence de ces différents écoulements se réalise le long de la lisière ouest des Moques-Panier. Un talweg longe alors le bois et continue vers le nord jusqu'à la source de la Douée.

Une autre source est présente dans les Moque-Panier (Fontaine Saint-Clair) mais elle se trouve sur l'autre versant du mont que forment les bois et s'écoule vers le bassin versant de Frémainville.

Le ruisseau naissant au niveau de la source de la Douée s'enfonce à travers Avernoes vers une confluence avec les rûs issus des deux autres bassins versants (source du Puits Perdu et Source de la Perreuse). Ces écoulements sont canalisés au niveau de la rue du château via un dalot qui rejette l'ensemble dans un ruisseau affluent de l'Aubette.

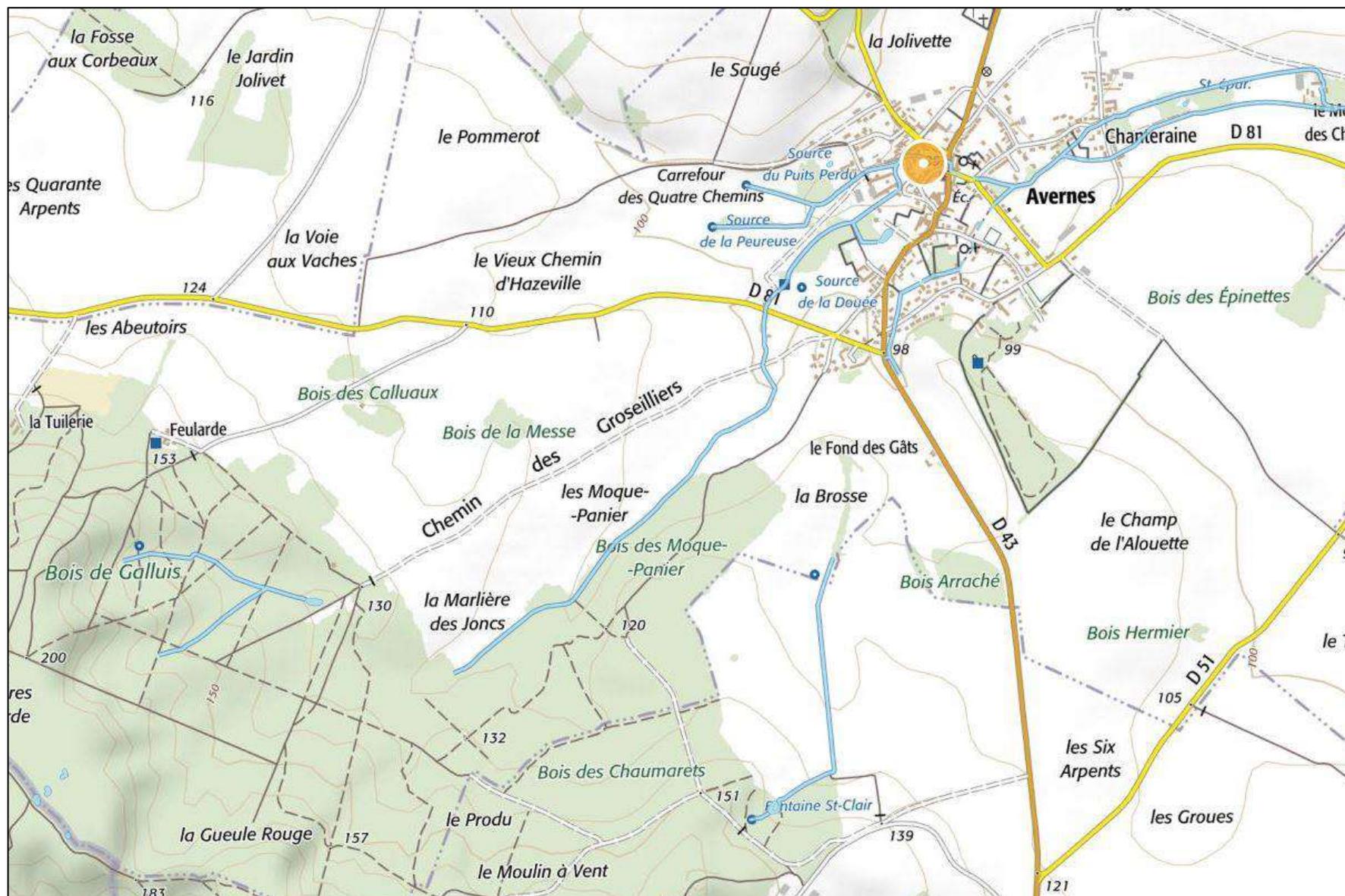


Figure 2.4 : Hydrographie du bassin versant de la Douée (IGN, Géoportail)

## 2.5. ZONES HUMIDES

Les zones humides définies par la DRIEE sur le bassin versant de la Douée occupent les secteurs détaillés précédemment. Il est précisé dans l'étude de SET ENVIRONNEMENT qu'une zone humide est présente au niveau de l'ancien étang du bois des Galluis.

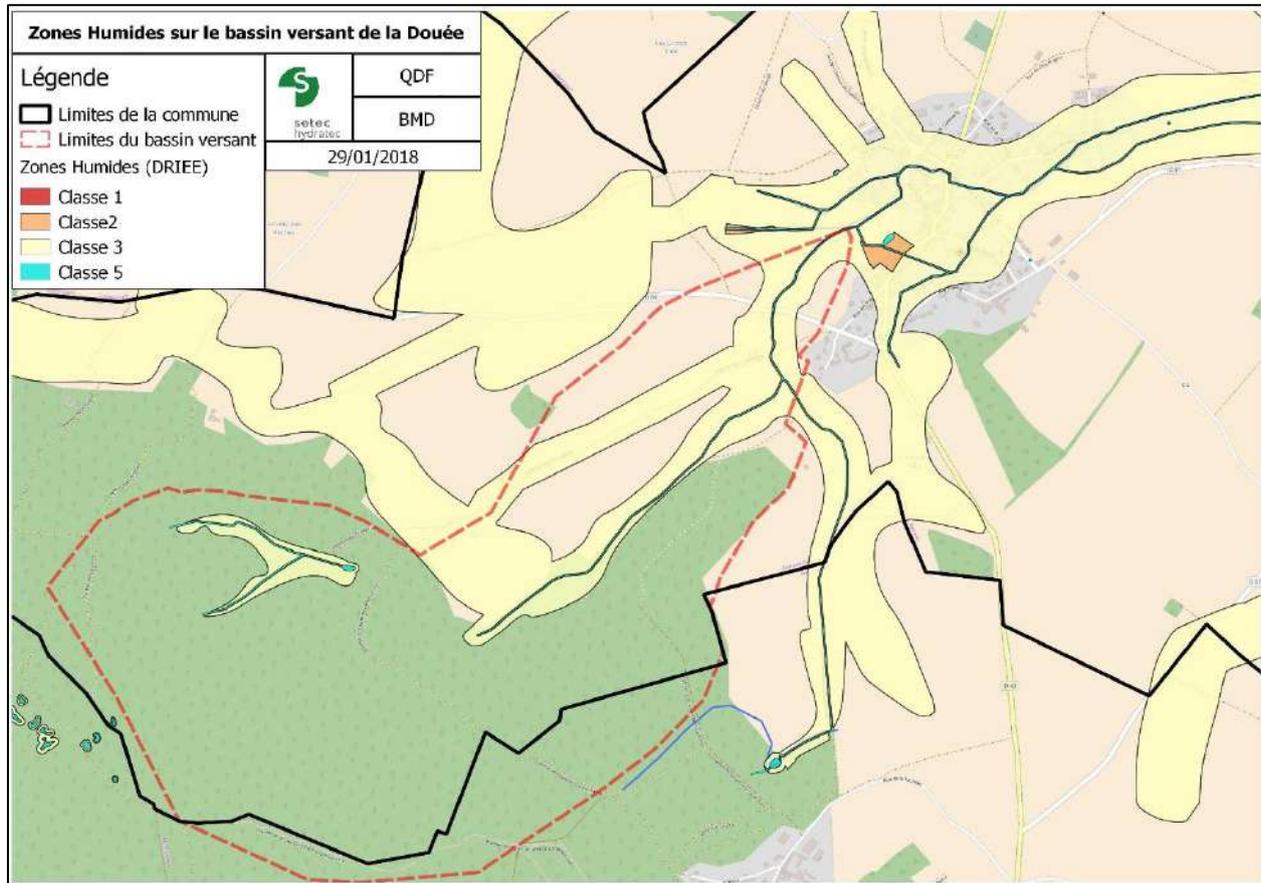


Figure 2.5 : Zones humides du bassin versant de la Douée (DRIEE)

Classe	Type d'information
Classe 1	Zones humides de façon certaine et dont la délimitation a été réalisée par des diagnostics de terrain selon les critères et la méthodologie décrits dans l'arrêté du 24 juin 2008 modifié
Classe 2	Zones dont le caractère humide ne présente pas de doute mais dont la méthode de délimitation diffère de celle de l'arrêté : - zones identifiées selon les critères de l'arrêté mais dont les limites n'ont pas été calées par des diagnostics de terrain (photo-interprétation) - zones identifiées par des diagnostics terrain mais à l'aide de critères ou d'une méthodologie qui diffère de celle de l'arrêté
Classe 3	Zones pour lesquelles les informations existantes laissent présager une forte probabilité de présence d'une zone humide, qui reste à vérifier et dont les limites sont à préciser.
Classe 4	Zones présentant un manque d'information ou pour lesquelles les informations existantes indiquent une faible probabilité de zone humide.
Classe 5	Zones en eau, ne sont pas considérées comme des zones humides

## 2.6. OCCUPATION DES SOLS

La commune d'Avernes est très rurale avec une occupation des sols majoritairement agricole ou forestière.

Les données de 2012 fournies par l'IAU présentent les caractéristiques principales de l'occupation du sol. Elles sont rappelées dans le Tableau 2.2.

**Tableau 2.2 : Occupation des sols (IAU)**

Type d'occupation	Occupation du sol (ha)
<b>Occupations principales</b>	
Forêts	265.85
Espaces agricoles	909.76
Espaces ouverts artificialisés	30.27
Espaces construits artificialisés	39.44
<b>Superficie totale de la commune</b>	<b>1252.56</b>

L'occupation des sols détaillée est présentée en **annexe**.

L'intégralité de la zone boisée au sud de la commune, comprenant le bois des Galluis et le bois des Moque-Panier, est une **ZNIEFF de type II**.

Aucune zone Natura 2000 ou ZICO n'est présente sur le bassin versant de la Douée.

Les Orientations d'Aménagement et de Programmation de la commune d'Avernes (Enviro Scop GéoStudio, 01/2017) ne présente pas de projet situé dans le bassin versant de la Douée.

## 2.7. PRATIQUES AGRICOLES PRESENTES

### 2.7.1. Enquêtes réalisées

L'occupation des sols prédominante dans la commune concerne les espaces agricoles et forestiers.

Des enquêtes vont être réalisées auprès des exploitants des parcelles du bassin versant de la Douée. La meilleure connaissance de leurs pratiques a plusieurs objectifs :

- Améliorer les connaissances communales sur le sujet
- Définir les bonnes pratiques mises en place ou possibles avec les agriculteurs concernant la problématique du ruissellement
- Recueillir la connaissance des agriculteurs vis-à-vis des problématiques de ruissellement

Ces enquêtes vont être réalisées par SUEZ dans le cadre de l'étude AAC en cours sur le périmètre.

L'ensemble des enquêtes réalisées sera compilé dans un tableau de synthèse permettant d'avoir une vue d'ensemble sur les politiques à favoriser auprès des agriculteurs. Les fiches d'enquêtes seront également disponibles en **annexe** afin de pouvoir affiner au cas par cas la discussion avec chaque agriculteur.

**Les résultats des enquêtes n'étant pas disponibles à ce jour, ces caractéristiques n'ont pas été ajoutées au sous bassins déterminés.**

## 2.7.2. Caractéristiques prises en compte

Les informations à récolter auprès des agriculteurs seront les suivantes :

- *L'identité de l'agriculteur*
- *Le type d'exploitation*

Les cultures auront un impact sur la composition du sol (ajout de matières organiques), sa capacité à infiltrer et à freiner le ruissellement.

- *Les données relatives au bassin versant*

Ces données comprennent notamment la connaissance de l'exploitant sur les problématiques liées au ruissellement, à l'érosion ou à la stagnation de l'eau sur les parcelles. En plus d'affirmer ou non la présence de tels événements, l'exploitant pourra le préciser (fréquence des événements, hauteur observée, dates d'événements particuliers, coûts des pertes conséquentes, informations complémentaires...)

- *Précision sur les surfaces cultivées*

Ces données permettront d'identifier les cultures mises en place avec leurs caractéristiques (précisions sur l'assolement, la répartition des cultures, inter-rang des cultures). L'assolement fait partie des informations classiques à connaître auprès des agriculteurs. Il consiste à exploiter la parcelle agricole par différentes cultures successives.

- *Travail du sol*
- *Obstacles à la battance*
- *La présence d'éléments paysagers à fonction hydraulique*
- *Engagement environnemental*

Cette information permet de déterminer si l'agriculteur est déjà engagé dans des démarches environnementales sur ces parcelles et si oui lesquelles. Cela permet de déterminer quelles opportunités lui sont possibles en termes d'actions et de financement associés.

- *Avis, projet et propositions*

Cette partie englobera les pratiques possibles à mettre en place afin d'avoir un impact sur le ruissellement. En plus de recueillir les volontés de l'agriculteur et ses préférences pour la mise en place de telles pratiques, ce sera l'occasion d'accueillir ses remarques et propositions à ce sujet.

## 2.7.3. Résultats de l'enquête

L'ensemble des enquêtes réalisées sera compilé dans un tableau de synthèse permettant d'avoir une vue d'ensemble sur les politiques à favoriser auprès des agriculteurs. Les fiches d'enquêtes seront également disponibles en **annexe** afin de pouvoir affiner au cas par cas la discussion avec chaque agriculteur.

**Les résultats des enquêtes n'étant pas disponibles à ce jour, ces caractéristiques n'ont pas été ajoutées au sous bassins déterminés.**

## 2.8. DELIMITATION DES SOUS BASSINS VERSANTS DE LA DOUEE

L'ensemble des caractéristiques précédentes permettent de délimiter les sous-bassins versants homogènes. Chaque sous bassin est donc défini par :

- L'occupation du sol générale (culture, forêt, zone urbanisée, élément particulier...)
- L'occupation du sol détaillée (limites de parcelle agricole)
- La pente du terrain
- La formation géologique superficielle

Les sous bassins sont découpés selon l'occupation des sols et les parcelles agricoles. Les données relatives aux pratiques culturales ne vont donc pas redécouper ces sous bassins. Ces pratiques représenteront une donnée supplémentaire aux sous bassins présentés ci-dessous.

La Figure 2.6 présente les sous bassins sur l'ensemble de la zone d'étude. Les chemins préférentiels d'écoulement ont également été tracés sur ces sous-bassins.

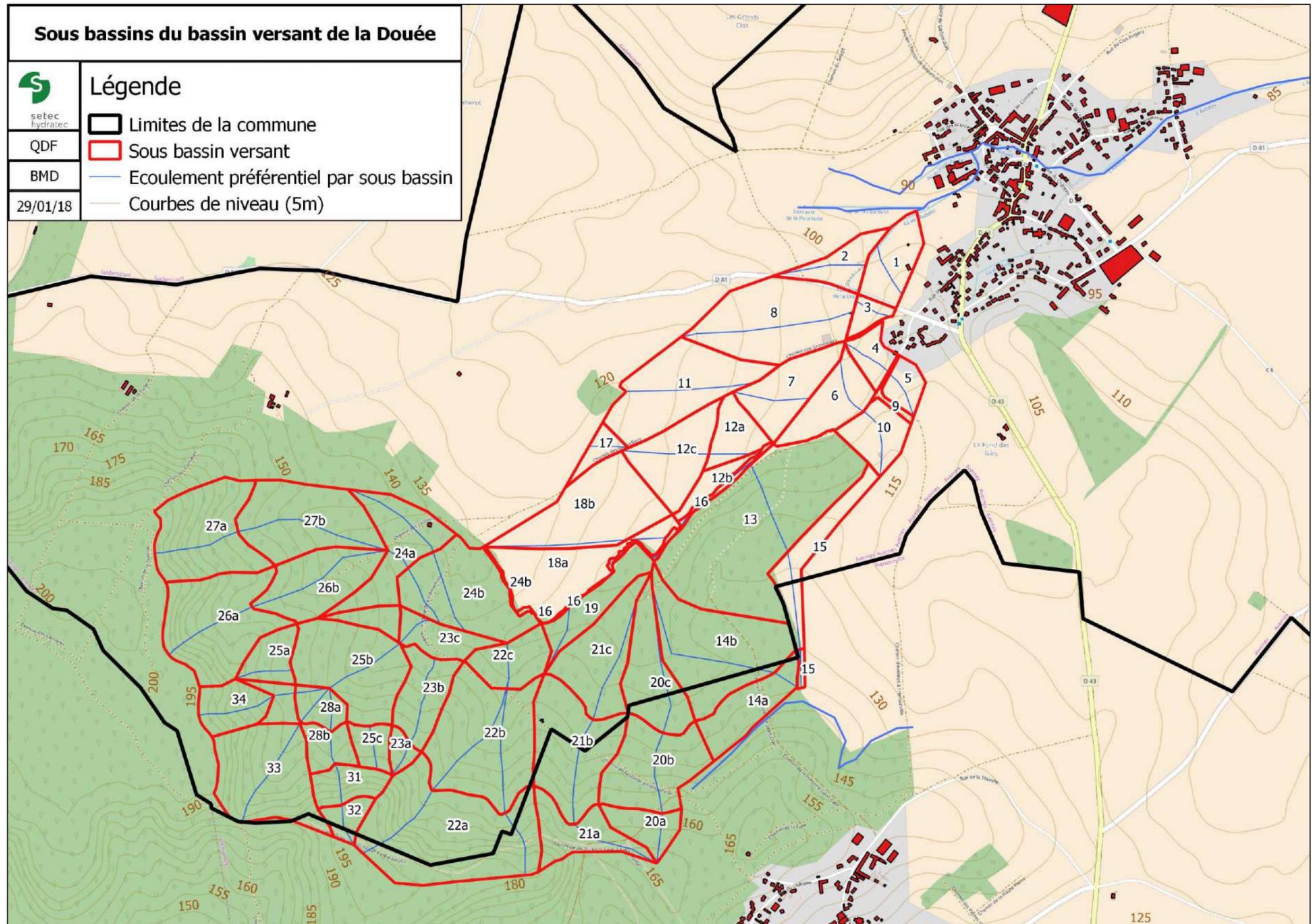


Figure 2.6 : Sous bassins du bassin versant de la Douée

### 3. CARACTERISATION DE L'ALEA RUISSELLEMENT

#### 3.1. QUANTIFICATION DU RUISSELLEMENT

##### 3.1.1. Définition de l'évènement

En premier lieu, il est nécessaire de déterminer l'évènement servant de référence pour l'ensemble des calculs et contre le quel l'on veut se prémunir.

L'évènement utilisé dans l'étude de SET ENVIRONNEMENT est celui correspondant à l'orage du 3 juin 2002. Cet évènement de référence était une pluie de **4 heures cumulant 41.8 mm selon l'hydrogramme de la Figure 1.2.**

L'utilisation de données récentes via les coefficients de Montana de Trappes (Figure 3.1) permet de redéfinir l'aléa ruissellement. L'évènement considéré sera l'évènement décennal dont l'intensité est déterminée selon sa durée entre 1h et 12h grâce à la formule de Montana :

$$I(t) = a * t^{1-b}$$

I en mm/min  
t en minutes

Contrairement à l'utilisation d'un évènement particulier, cette méthode permet de déterminer la durée de l'évènement décennal ayant le plus grand impact sur le secteur et sera utile au dimensionnement des ouvrages.

#### Coefficients de Montana pour des pluies de durée de 1 heure à 12 heures

Durée de retour	a	b
5 ans	8.056	0.748
10 ans	8.538	0.727
20 ans	8.693	0.699
30 ans	8.661	0.681
50 ans	8.57	0.657
100 ans	8.223	0.62

Figure 3.1 : Coefficient de Montana de Trappes (statistiques 1988-2008, Meteo-France)

Pour un évènement décennal de 4h, l'intensité est de 9.53 mm/h. Cette intensité se rapproche de l'intensité moyenne de l'évènement de référence de l'étude précédente.

Les évènements de période de retour 5 ans et 20 ans ont des intensités assez proches (Tableau 3.1). Cela permet de conforter l'utilisation d'un évènement décennal pour gérer une large gamme de situations sans pour autant surestimer les volumes.

**Tableau 3.1 : Intensité d'une pluie de durée 4h selon la période de retour**

Période de retour	I (mm/h)
5 ans	8.0
10ans	9.5
20 ans	11.3
100 ans	16.5

### 3.1.2. Coefficients de ruissellement retenus

La seconde étape consiste à utiliser les données rassemblées pour caractériser les bassins versants en leur attribuant un **coefficient de ruissellement** ainsi qu'un **temps de concentration**. Ce coefficient permet de réaliser la **fonction de transfert** permettant de transformer l'intensité de l'évènement pluvieux en débit de ruissellement. La fonction de transfert utilisée dans cette étude sera la **méthode rationnelle**.

La détermination des coefficients de ruissellement est déterminante pour le calcul des débits ruisselés. Afin de préciser le calcul de ces coefficients, la méthode présentée dans le guide méthodologique de la DDTM34 permet d'affiner les coefficients de ruissellement selon différents critères :

- La nature du terrain
- La superficie du bassin versant
- La forme du bassin versant
- La pente moyenne
- L'intensité de l'évènement pluvieux
- L'occupation du sol
- La saison

Chacun de ces critères paramètre un coefficient  $K_i$ . Le coefficient de ruissellement se détermine ensuite :

$$C_r = K_1 * K_2 * K_3 * K_4 * K_5$$

L'ensemble des coefficients est déterminée dans le Tableau 3.2.

Pour cette étude, l'historique du risque inondation révèle que la période critique d'occurrence est en **hiver**. De ce fait, **le coefficient  $K_1$  a été pris égal à 0.95 pour tous les sous bassins pour traduire la saturation des sols**.

Le coefficient  $K_5$  a été pris pour l'hiver. L'impact des pratiques culturales a été pris en compte sur ce coefficient qui dépend de la couverture du sol. Le coefficient  $K_5$  a été pris égal à **0.95** pour considérer des pratiques agricoles favorisant le ruissellement. Il a été pris égal à **0.7** pour des pratiques diminuant les phénomènes de ruissellement.

Cette variation de coefficient pour les surfaces agricoles permet d'obtenir un coefficient de ruissellement maximal et un coefficient minimal pour ces sous bassins et le secteur global.

**Tableau 3.2 : Méthode de détermination des coefficients de ruissellement**

Nature terrain	Sableux perméable	perméable non saturé	Peu perméable non sat ou perméable moyennement sat	imperméable ou sat.			
<b>K1</b>	0.65	0.75	0.85	0.95			
<b>Superficie max BV (km<sup>2</sup>)</b>	1000000	1000	1000	50	50		
Indice compacité Gravelius		Kc >2	Kc <2	Kc >2	Kc <2		
<b>K2</b>	0.85	0.9	0.95	0.95			
<b>Pente</b>	m < 1%	1% < m < 10%	10% < m				
<b>K3</b>	0.8	0.9	1				
<b>Intensité averse</b>	i < 15 mm/h	15 mm/h < i < 40 mm/h	i < 40 mm/h				
<b>K4</b>	0.7	0.8	0.9				
<b>Cultures</b>		Forêt dense	Boisé et cultivé	Cultures à forte demande en eau	Cultures à faible demande en eau	Végétation maigre et clairesemée	Sol dénudé
<b>K5</b>	été	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.95
	hiver	0.6	0.7	0.85	0.85	0.95	1

Guide méthodologique pour la gestion des eaux pluviales dans les projets d'aménagement  
TOME 2 : Méthodes d'investigation et de dimensionnement

### 3.1.3. Temps de concentration

Plusieurs formules existent pour déterminer les temps de concentration. Les secteurs de l'étude étant ruraux, les formules de Giandotti et de Ventura ont été privilégiées.

$$t_c = 60 * \frac{0.4 * \sqrt{S} + 0.0015 * L}{0.8 * (\sqrt{P * L})}$$

$$t_c = 7.62 * \sqrt{\frac{S * 0.01}{P}}$$

T<sub>c</sub> le temps de concentration en minutes  
S la superficie du sous bassin versant en ha  
L la longueur caractéristique de l'écoulement en m  
P la pente moyenne du sous bassin en m/m

La moyenne des deux a été utilisée par la suite.

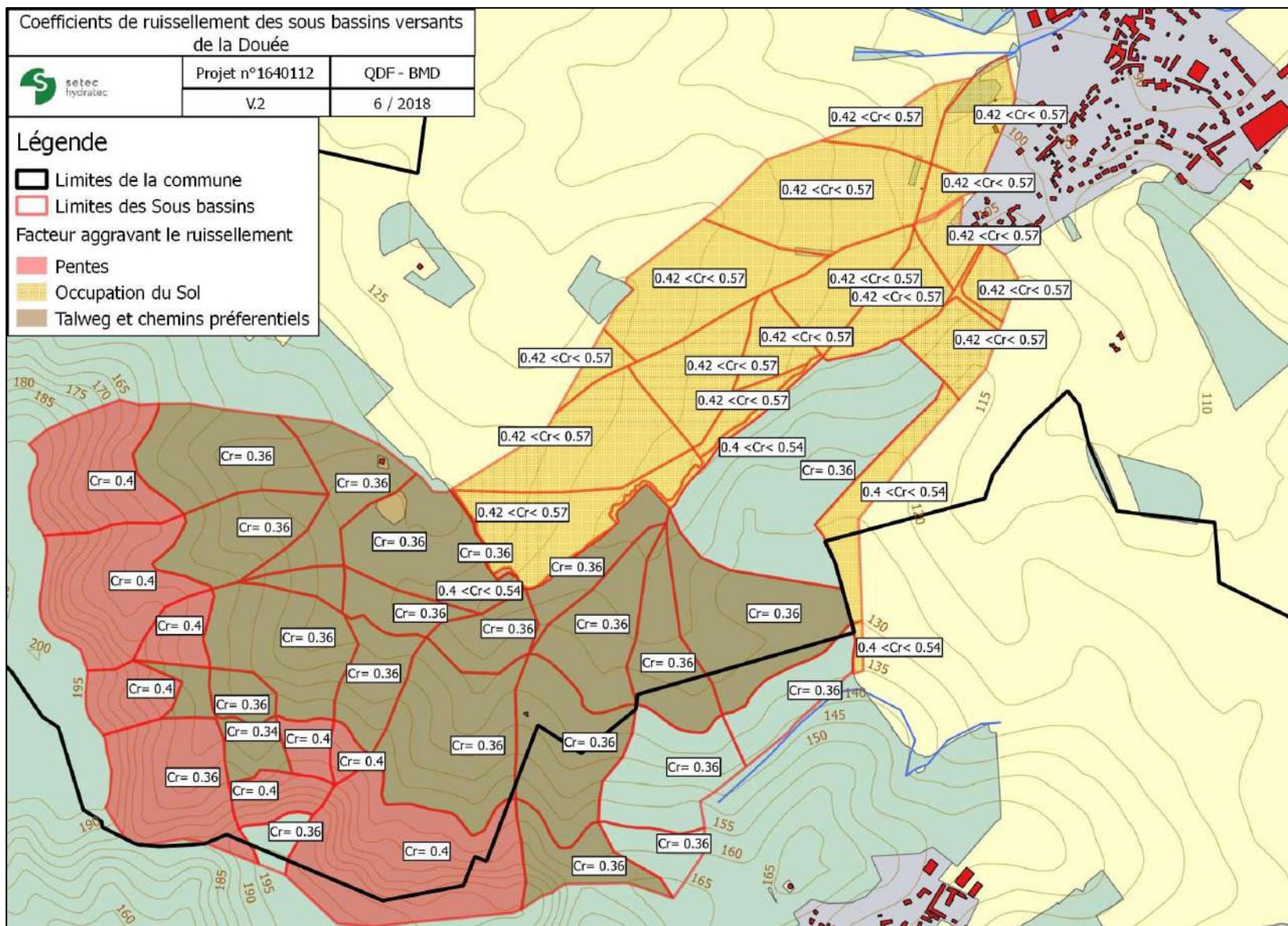
### 3.1.4. Résultats

Les caractéristiques des sous bassins versants de la Douée sont présentés dans le Tableau 3.3.

Les coefficients de ruissellements déterminés sont compris entre **0.34 et 0.57**. Ces coefficients sont supérieurs à ceux de SET ENVIRONNEMENT. Ces coefficients avaient été choisis à 0.25 pour les zones amont (digues D11, D13) et 0.38 pour la zone aval (digue D10).

Les temps de concentrations propres à chaque sous bassin versant sont compris entre quelques minutes à presque 20 minutes. La succession des bassins versants implique que le temps de trajet en partant du bassin 26a jusqu'à l'exutoire du bassin 1 est d'environ **1h 15min**.

Il est alors raisonnable de considérer des événements d'une heure ou plus pour le dimensionnement des ouvrages et le calcul des débits de ruissellements maximum. L'étude de SET ENVIRONNEMENT ne faisait pas varier la durée de l'évènement et considéré une pluie de 4h.



**Figure 3.2 : Coefficients de ruissellement des sous bassins versants de la Douée**

Tableau 3.3 : Caractéristiques des sous bassins versants de la Douée

n° BV	Oc. Sol 1	Caract sol	Surface (m <sup>2</sup> )	Perimetre (m)	L carac (m)	Pente	Crmin	Crmax	Qmax (Crmin) [m3/s]	Qmax (Crmax) [m3/s]	tc moyen	Facteur aggravant	
1		Culture	Sol argileux peu épais à cailloutis sur calcaire	31142	740	167	4%	0.419	0.569	0.034	0.046	6.065	OS
2		Culture	Sol argileux peu épais à cailloutis sur calcaire	23081	861	348	3%	0.419	0.569	0.025	0.034	6.841	OS
3		Culture	Sol argileux peu épais à cailloutis sur calcaire	9226	437	116	4%	0.419	0.569	0.010	0.014	3.470	OS
4		Culture	Sol sablo-limoneux sur sables	15060	561	154	4%	0.419	0.569	0.017	0.022	4.314	OS
5		Culture	Sol sablo-limoneux sur sables	13636	461	147	2%	0.419	0.569	0.015	0.020	5.501	OS
6		Culture	Sol sablo-limoneux sur sables	35621	903	227	3%	0.419	0.569	0.039	0.053	8.250	OS
7		Culture	Sol argileux peu épais à cailloutis sur calcaire	40841	931	423	2%	0.419	0.569	0.045	0.061	10.779	OS
8		Culture	Sol argileux peu épais à cailloutis sur calcaire	89839	1243	567	4%	0.419	0.569	0.099	0.134	12.516	OS
9	Barrière végétale		Sol sablo-limoneux sur sables	3413	591	0	0%	0.354	0.480	0.003	0.004	0.000	OS
10		Culture	Sol sablo-limoneux sur sables	27087	663	213	4%	0.419	0.569	0.030	0.040	6.429	OS
11		Culture	Sol limono-sableux	77149	1291	377	3%	0.419	0.569	0.085	0.115	11.063	OS
13	Forêt		Sol sablo-limoneux sur sables	175665	1898	281	5%	0.359	0.359	0.165	0.165	12.110	
15	Culture		Sol limono-sableux	2374	277	397	3%	0.419	0.569	0.003	0.004	3.118	OS
15	Culture		Sol limono-sableux	33750	1356	397	3%	0.398	0.540	0.035	0.048	9.105	OS
16	Culture		Sol sablo-limoneux sur sables	75	93	947	1%	0.398	0.540	0.000	0.000	1.593	OS
16	Culture		Sol sablo-limoneux sur sables	947	467	947	1%	0.398	0.540	0.001	0.001	4.096	OS
16	Culture		Sol sablo-limoneux sur sables	7799	1462	947	1%	0.398	0.540	0.008	0.011	9.221	OS
17	Culture		Sol limono-sableux	9942	550	116	3%	0.419	0.569	0.011	0.015	4.530	OS
19	Forêt		Sol sablo-limoneux sur sables	31164	1096	213	6%	0.359	0.359	0.029	0.029	5.058	Axe pref
31	Forêt		Sol forestier sur sables filtrants	21315	631	124	20%	0.399	0.399	0.022	0.022	2.238	Pente
32	Forêt		Sol forestier sur sables filtrants	12471	489	128	4%	0.359	0.359	0.012	0.012	3.819	
33	Forêt		Sol forestier sur sables filtrants	77306	1195	346	7%	0.359	0.359	0.073	0.073	7.945	Pente
34	Forêt		Sol forestier sur sables filtrants	26101	632	233	14%	0.399	0.399	0.027	0.027	3.246	Pente
12a	Culture		Sol argileux peu épais à cailloutis sur calcaire	22984	671	402	4%	0.419	0.569	0.025	0.034	6.390	OS
12b	Culture		Sol sablo-limoneux sur sables	11628	703	402	4%	0.419	0.569	0.013	0.017	4.840	OS
12c	Culture		Sol limono-sableux	46359	971	402	4%	0.419	0.569	0.051	0.069	8.533	OS
14a	Forêt		Sol sablo-limoneux sur sables	35909	939	79	6%	0.359	0.359	0.034	0.034	4.738	
14b	Forêt		Sol sablo-limoneux sur sables	91663	1421	555	3%	0.359	0.359	0.086	0.086	14.183	Axe pref
18a	Culture		Sol limono-sableux	61056	1565	529	4%	0.419	0.569	0.067	0.091	10.437	OS
18b	Culture		Sol limono-sableux	77386	1313	529	4%	0.419	0.569	0.085	0.115	11.513	OS
20a	Forêt		Sol forestier sur sables filtrants	21221	684	147	7%	0.359	0.359	0.020	0.020	3.776	
20b	Forêt		Colluvionnement hétérogène sur marne	62009	1094	243	10%	0.359	0.359	0.058	0.058	5.573	
20c	Forêt		Sol sablo-limoneux sur sables	48400	1130	467	3%	0.359	0.359	0.046	0.046	10.198	Axe Pref
21a	Forêt		Sol forestier sur sables filtrants	34812	1148	273	4%	0.359	0.359	0.033	0.033	7.186	Axe pref
21b	Forêt		Colluvionnement hétérogène sur marne	74406	1211	319	8%	0.359	0.359	0.070	0.070	7.106	Axe pref
21c	Forêt		Sol sablo-limoneux sur sables	56205	1190	468	3%	0.359	0.359	0.053	0.053	10.560	Axe pref
22a	Forêt		Sol forestier sur sables filtrants	136001	1681	484	13%	0.399	0.399	0.142	0.142	7.526	Pente
22b	Forêt		Colluvionnement hétérogène sur marne	100270	1405	750	7%	0.359	0.359	0.094	0.094	9.707	Axe pref
22c	Forêt		Sol sablo-limoneux sur marno-calcaire	29157	701	495	3%	0.359	0.359	0.027	0.027	8.523	Axe pref
23a	Forêt		Colluvionnement hétérogène sur marne	7858	380	110	13%	0.399	0.399	0.008	0.008	1.791	Pente
23b	Forêt		Colluvionnement hétérogène sur marne	47009	1506	263	6%	0.359	0.359	0.044	0.044	6.699	Axe pref
23c	Forêt		Sol sablo-limoneux sur marno-calcaire	23500	802	352	3%	0.359	0.359	0.022	0.022	7.680	Axe pref
24a	Forêt		Colluvionnement hétérogène sur marne	51101	1411	335	3%	0.359	0.359	0.048	0.048	9.250	Axe pref
24b	Culture		Sol sablo-limoneux sur marno-calcaire	1668	580	1064	2%	0.398	0.540	0.002	0.002	4.128	Axe pref
24b	Forêt		Colluvionnement hétérogène sur marne	73630	1178	1064	2%	0.359	0.359	0.069	0.069	18.236	Axe pref
25a	Forêt		Colluvionnement hétérogène sur marne	20436	620	169	12%	0.399	0.399	0.021	0.021	2.989	Pente
25b	Forêt		Colluvionnement hétérogène sur marne	75457	1130	248	6%	0.359	0.359	0.071	0.071	8.106	Axe pref
25c	Forêt		Colluvionnement hétérogène sur marne	14215	527	129	12%	0.399	0.399	0.015	0.015	2.506	Pente
26a	Forêt		Sol forestier sur sables filtrants	83075	1356	284	12%	0.399	0.399	0.087	0.087	5.967	Pente
26b	Forêt		Sol forestier sur sables filtrants	52346	995	445	5%	0.359	0.359	0.049	0.049	7.832	Axe pref
27a	Forêt		Sol forestier sur sables filtrants	71916	1200	256	15%	0.399	0.399	0.075	0.075	4.902	Pente
27b	Forêt		Sol forestier sur sables filtrants	74046	1150	462	5%	0.359	0.359	0.070	0.070	9.693	Axe pref
28a	Forêt		Sol forestier sur sables filtrants	15540	490	362	8%	0.359	0.359	0.015	0.015	3.751	Axe pref
28b	Forêt		Sol forestier sur sables filtrants	28829	1238	158	8%	0.341	0.341	0.026	0.026	4.226	Axe pref

Les débits maximaux propres à chaque sous bassin ont été déterminés via la méthode rationnelle avec une pluie décennale de 4h. L'intensité moyenne est donc de 9.53 mm/h.

Il est possible d'estimer le débit maximal fourni par l'ensemble du bassin versant de la Douée au niveau de son exutoire. Le secteur représente une surface totale de **231 ha**. Le coefficient de ruissellement équivalent de l'ensemble du bassin de la Douée est la somme pondérée des coefficients des sous bassins.

$$C_r(eq) = \frac{\sum(A_i * C_{ri})}{A_{Douee}}$$

$$C_{rmin}(Douée) = 0.38$$

$$C_{rmax}(Douée) = 0.42$$

**Tableau 3.4 : Débits de ruissellement du bassin versant de la Douée**

Surface	Période de retour	Qmax (m3/s)	
		Crmin	Crmax
231 ha	10 ans	2.31	2.57

L'impact des pratiques culturales sur le ruissellement permet de diminuer le ruissellement d'environ 260 l/s. La grande superficie de la zone, le relief ainsi que la mauvaise capacité d'infiltration des sols engendrent cependant un ruissellement important.

**Les sous bassins versants ne présentent pas les mêmes facteurs aggravant pour le ruissellement selon leurs caractéristiques. La figure présentée page suivante sectorise les facteurs d'incidence principaux :**

- La pente du terrain,
- La présence d'axes préférentiels d'écoulements (ravines),
- L'occupation du sol (parcelles agricoles).

## 4. ETUDE DE L'OUVRAGE DE DECHARGE EN AVAL DE LA COMMUNE

### 4.1. PRESENTATION DE L'OUVRAGE

Le ruissellement de l'ensemble de la plaine agricole est canalisé dans un dalot qui se jette dans l'Aubette. Un bras de décharge est ensuite mis en place pour éviter le débordement de l'Aubette en période de pluies (Figure 4.1).

**Cette partie a pour objectif de déterminer la capacité du dalot selon l'état de la vanne et l'impact du bras de décharge sur l'Aubette. L'étude de SET ENVIRONNEMENT présentait une capacité de 1 m<sup>3</sup>/s. L'étude de SET ENVIRONNEMENT et la commune d'Avernes ont précisés que c'était au niveau du bassin à l'amont du dalot qu'étaient situés les problèmes d'inondation au sein de la commune du fait de sa capacité limitante.**

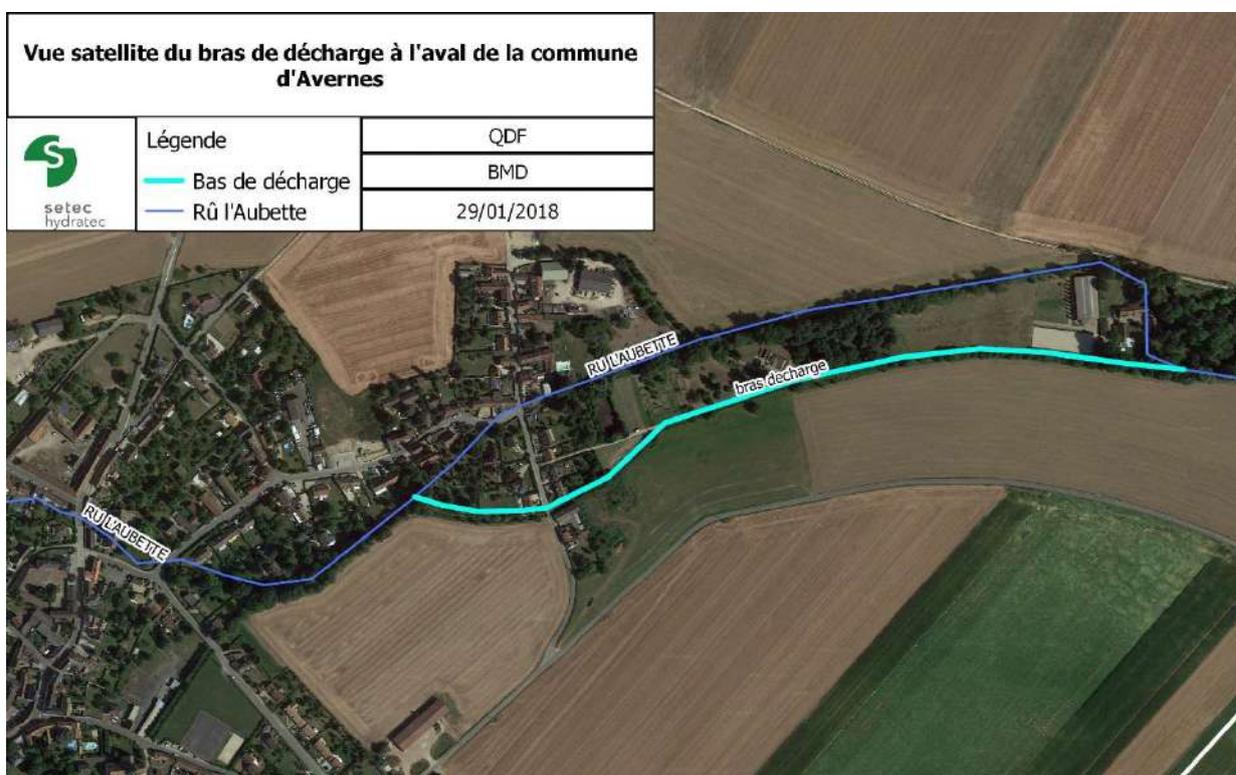


Figure 4.1 : Localisation de l'Aubette et du bras de décharge

### 4.2. MODELISATION

#### 4.2.1. Le logiciel de modélisation

La modélisation réalisée s'est appuyée sur l'outil **hydra**.

**hydra** est un logiciel dédié au domaine de l'hydraulique urbaine, développé et commercialisé par **setec hydratec**. C'est le premier outil complet de modélisation du cycle de l'eau, intégré dans un SIG open source. Il intègre le noyau de calcul « HYDRA », développé par la même société depuis le début des années 1980. **hydra** est une chaîne complète de simulation dynamique des écoulements hydrauliques à surface libre et en charge, basée sur la résolution des équations de Barré de Saint Venant.

**hydra** intègre deux modules de simulation :

- Le module hydrologique pluie-ruissellement-routage, pour le calcul des apports des bassins versants. Ce module assure la production des pluies nettes (fraction des pluies brutes qui participent au ruissellement) et la transformation pluie-débit.
- Le module hydraulique de calcul en régime transitoire, assurant la propagation des apports générés par le module hydrologique et la simulation du comportement hydraulique du système de transfert et d'expansion du cours d'eau.

**hydra** comporte aussi un module de contrôle et de régulation conçu pour gérer les organes mécanisés suivant une stratégie de contrôle programmable.

**hydra** prend en compte les phénomènes de remous et d'inertie, les mises en charge et les maillages. Tout type de collecteur peut être modélisé, ainsi que les ouvrages particuliers, tels que déversoirs d'orage, postes de pompage, vannes mobiles, ouvrages introduisant des pertes de charge (siphon, obstacles, ...).

#### 4.2.2. Méthode

**La capacité du dalot a été déterminée en imposant une charge amont à ce dernier.** Cette charge amont correspond à un niveau d'eau constant à 29.26 mNGF. Il représente la limite de débordement du bassin amont du dalot situé dans la Grande Rue.

Cette méthodologie est indépendante des résultats liés au ruissellement amont. Cela s'explique par le fait que le ruissellement de l'intégralité de la zone amont n'a pas été quantifié (apports des bassins versants du Puits Perdu, Perreuse, Frémainville).

Egalement, l'acheminement du ruissellement au sein de la commune d'Avernes en amont de ce dalot n'est pas connu. L'effet aval sur les canalisations arrivant dans le bassin n'est pas modélisé. De plus, l'impact du rû acheminant les eaux du bassin de Frémainville en aval du dalot n'est pas non plus pris en compte dans cette modélisation.

#### 4.2.3. Construction du modèle

Le modèle a été construit selon les données fournies par le géomètre expert TOPDESS. TOPDESS a réalisé en décembre 2017 le levé des profils de l'Aubette et du bras de décharge (1 point/100m) ainsi qu'une dizaine de coupes permettant de mieux connaître la morphologie de ces deux canaux et du dalot.

Le profil du dalot, de l'Aubette et du bras de décharge a été modélisé selon les différents levés de fonds de canaux réalisés (centaine de points). Cela permet de représenter l'évolution du profil de ces canaux avec le linéaire.

La section du dalot a pu être modélisée en suivant sa géométrie réelle (Figure 4.2). Le radier de l'entrée du dalot a été relevé à **87.20 m NGF** tandis que le radier de sa sortie est à l'altitude **87.18 m NGF**. **La hauteur maximale de la ligne d'eau dans le dalot est de 88.20m NGF.**

Les sections de l'Aubette et du bras de décharge ne sont pas constantes avec le linéaire. Les contraintes liées à la construction du modèles ont amené à considérer que la géométrie des canaux restait la même jusqu'au prochain levé réalisé. De plus, ces sections ont été représentées avec des géométries équivalentes selon les limites du modèle.

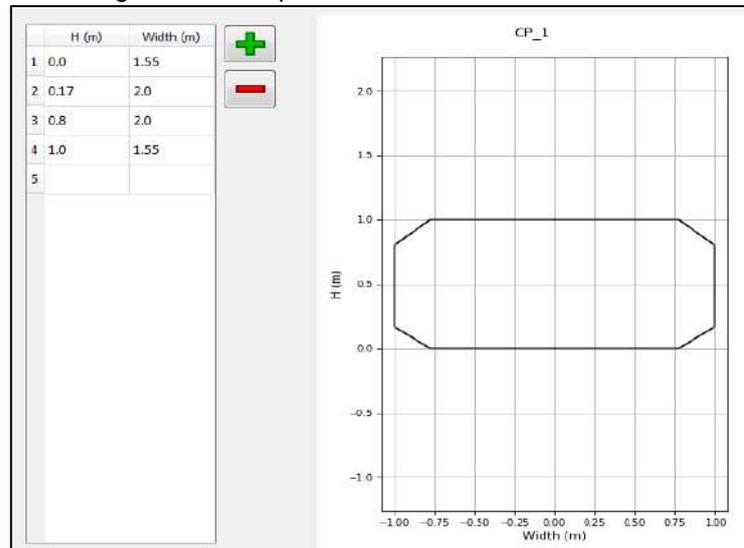


Figure 4.2 : Section du dalot modélisée

La vanne a été modélisée avec un élément particulier. L'objet utilisé est une vanne guillotine rectangulaire. Afin de modéliser cette vanne le plus fidèlement possible, des mesures ont été réalisées pour la dimensionner de manière équivalente.

Ainsi, la vanne du modèle a une section d'écoulement égale à 1.66 m<sup>2</sup> avec une hauteur de 72cm.

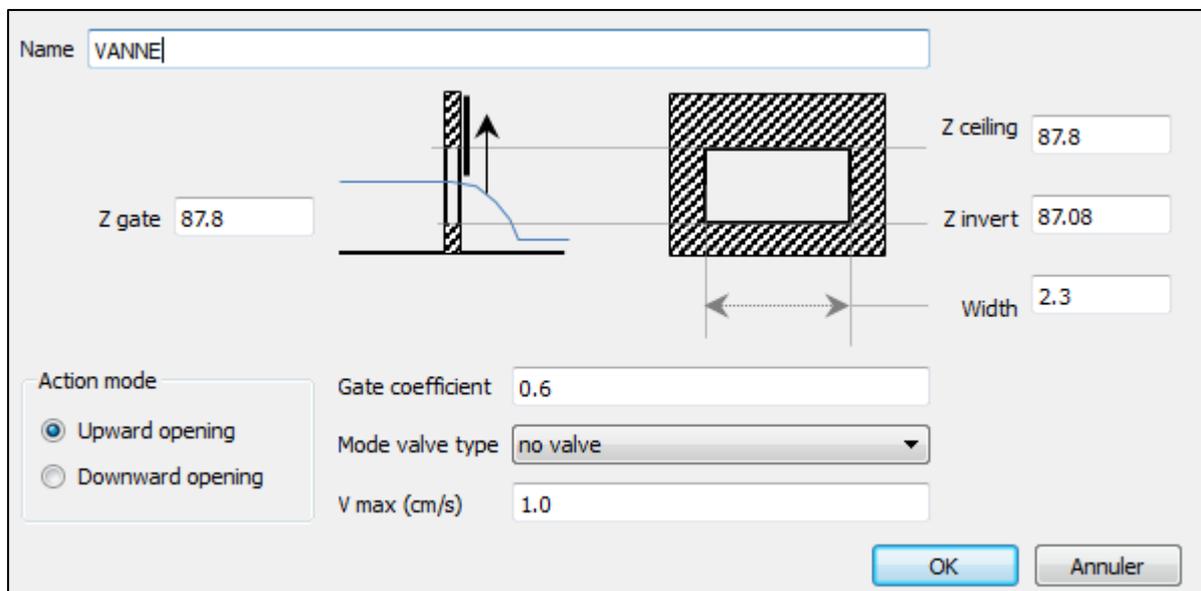


Figure 4.3 : Caractéristiques de la vanne

La rugosité du dalot, de l'Aubette et du bras de décharge ne nous est pas connue. Les hypothèses suivantes ont été posées selon des valeurs de la littérature :

- Pour le dalot, un coefficient de Strickler de 70 correspondant à une maçonnerie ordinaire,
- Pour l'Aubette et le bras de décharge, un coefficient de Strickler de 20 correspondant à de la terre irrégulière à l'abandon,

- Pour le passage de la vanne, un coefficient de Strickler de 30, correspondant à l'amélioration de la rugosité sur la section bétonnée.

La fin de l'emprise du modèle a été modélisée avec une condition limite prise de nombre de Froude égale à 1. Cette hypothèse conditionne l'aval du modèle avec un écoulement non contraint.

#### 4.2.4. Simulation

La simulation a donc consistée à observer la réaction du modèle lorsque la ligne d'eau amont du dalot est à 50cm sous le terrain naturel de la chaussée, soit 88.76mNGF. Lors de cette situation, le dalot est à capacité maximale avant le débordement du bassin de la Grande Rue. La hauteur croît au début de la simulation afin de visualiser correctement l'ensemble des phénomènes transitoires lorsque l'on impose ensuite une hauteur fixe.

2 scénarios ont été modélisés :

- L'écoulement maximum lorsque la vanne est **fermée**
- L'écoulement maximum lorsque la vanne est **ouverte**

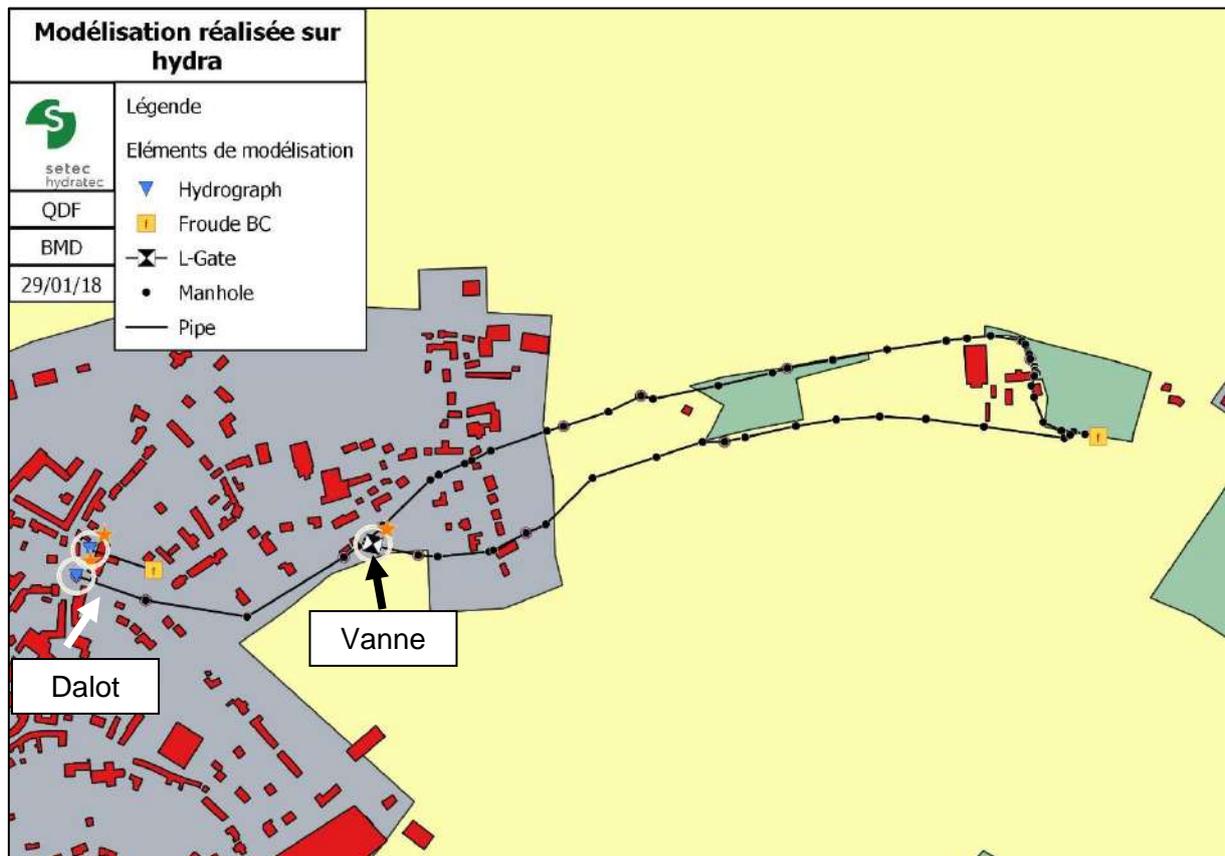
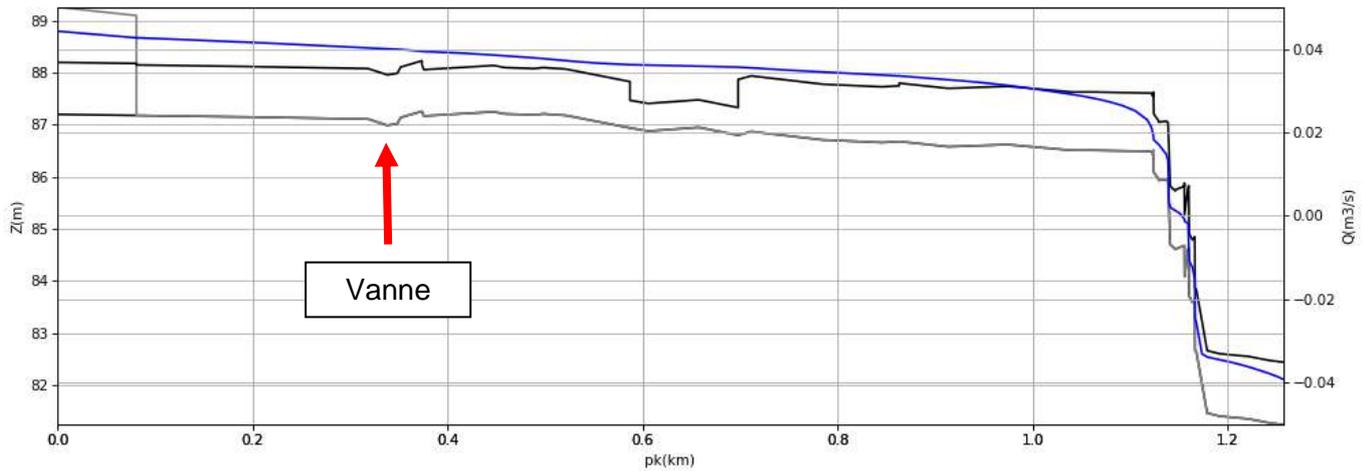


Figure 4.4 : Modèle réalisé sur hydra

### 4.3. RESULTATS DE LA MODELISATION

#### Scénario A : vanne fermée

Lorsque la vanne est fermée, l'ensemble de l'écoulement est acheminé par l'Aubette. Le débit maximal pouvant transiter par le dalot est alors de **2.6 m<sup>3</sup>/s**.



**Figure 4.5 : Scénario A, profil de l'Aubette et dalot en charge**

L'Aubette a un profil assez plat avant de former un dénivelé important juste en amont de la confluence avec le bras de décharge. L'écoulement est donc « freiné par l'Aubette ». La capacité du dalot n'est donc pas limitante. Le profil présenté Figure 4.5 révèle que l'Aubette déborde avant d'atteindre le point de débordement amont et la capacité maximale du dalot.

L'Aubette est dans l'incapacité d'évacuer un débit important issu du ruissellement de la plaine agricole ce qui justifie bien la présence du bras de décharge.

Le débit limitant passant par le dalot avant débordement en aval du dalot est de  $0.8 \text{ m}^3/\text{s}$ .

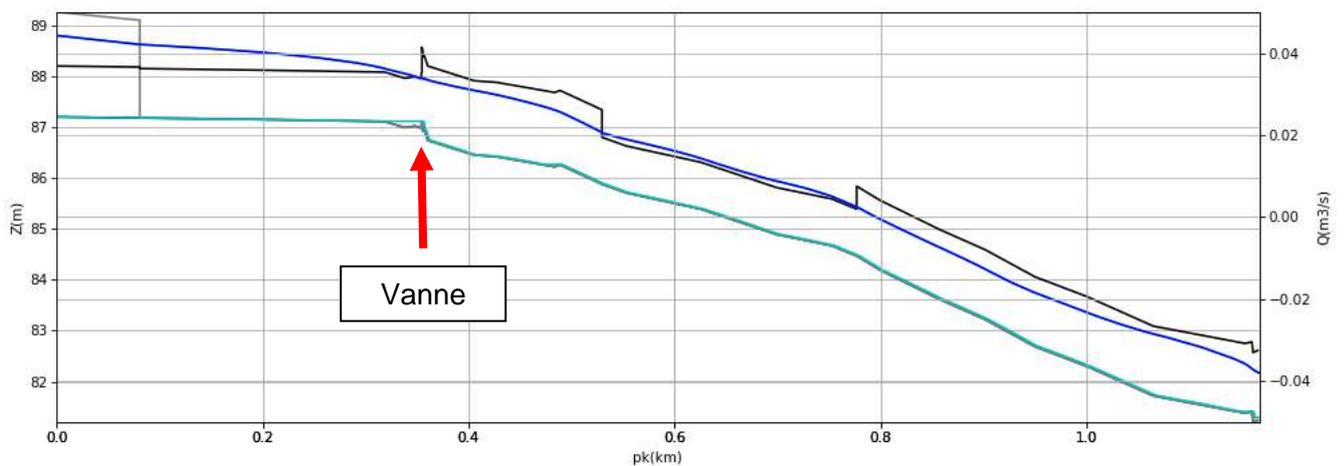
#### Scénario B : Vanne ouverte

La simulation est cette fois réalisée avec la vanne ouverte.

Le profil plus pentu du canal de décharge a pour conséquence que la majorité des écoulements se dirigent vers ce dernier.

Le débit maximal pouvant transiter par le dalot est alors de  **$3.1 \text{ m}^3/\text{s}$** , soit  $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$  de plus que vanne fermée.

Les débits sont répartis dans les deux canaux et atteignent les limites de débordement (Figure 4.6 et Figure 4.7).



**Figure 4.6 : Scénario B, profil du bras de décharge et dalot en charge**

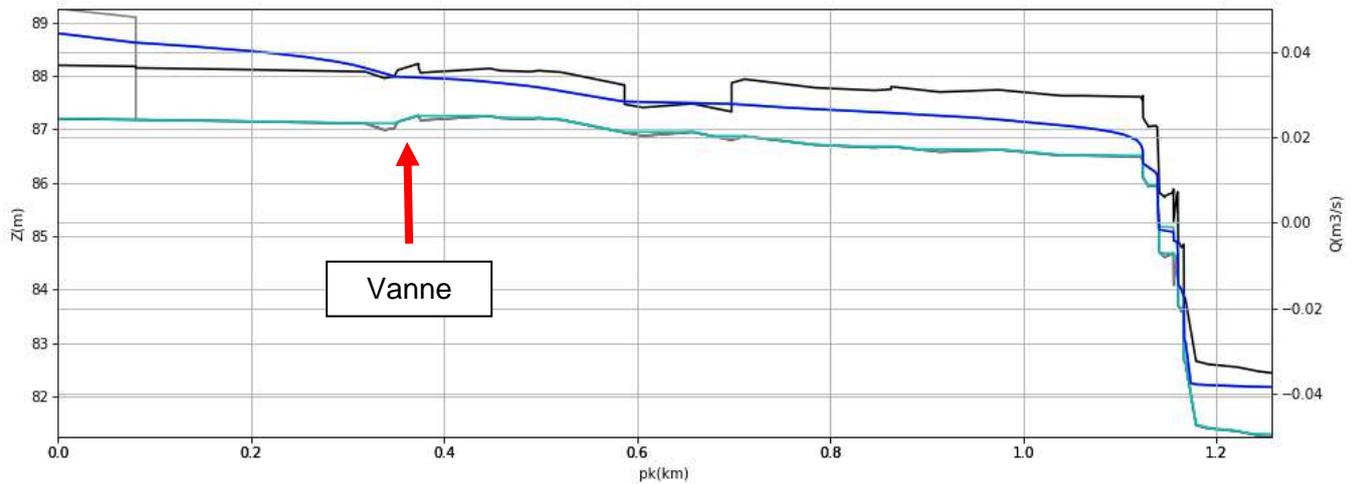


Figure 4.7 : Scénario B, profil de l'Aubette et dalot en charge

**Le débit transitant dans l'Aubette est d'environ 0.65 m<sup>3</sup>/s tandis que celui du bras de décharge de 2.45 m<sup>3</sup>/s.**

La vanne permet d'avoir une capacité importante en aval de la commune d'Avernes.

Cependant, cette capacité est limitée par la zone juste en aval du dalot, qui peut déborder avant que le bassin amont du dalot déborde à son tour. **Le débit transitant dans le dalot peut atteindre 1.1 m<sup>3</sup>/s avant que ni l'amont ni l'aval ne déborde.**

De même, le débordement amont est considéré en un point précis de la commune (le bassin de la Grand Rue). La capacité du dalot a été présentée comme importante mais il se peut qu'un débordement ait lieu en amont de cet ouvrage à cause d'autres limites de l'acheminement du ruissellement sur la commune.

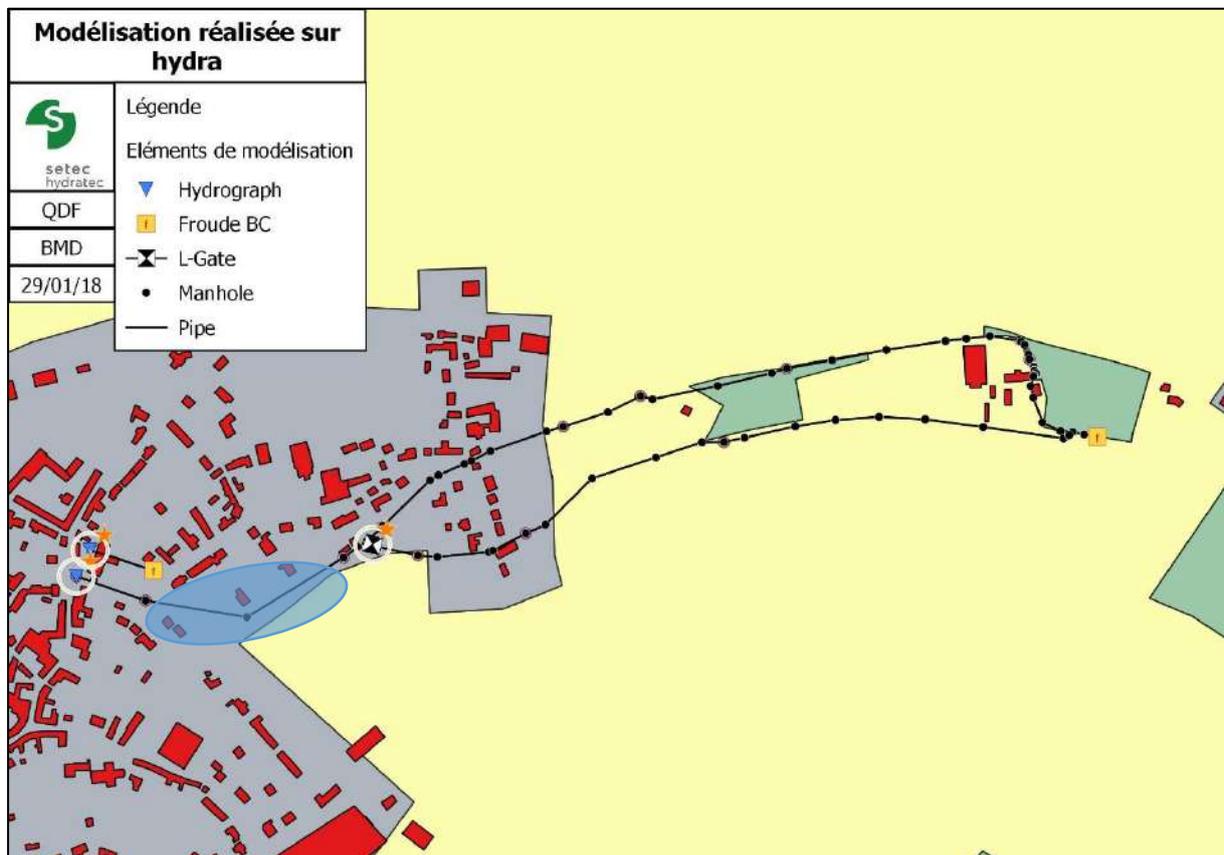


Figure 4.8 : Zone sujette à inondation lors de la simulation

#### 4.4. CONCLUSIONS DE LA MODELISATION

**La capacité du dalot lorsque la vanne est ouverte atteint plus de 3 m<sup>3</sup>/s sans problème majeur.** En effet, la commune et SET ENVIRONNEMENT ont présenté ce dalot et le bassin amont comme les ouvrages limitant à l'origine des problèmes d'inondation, les inondations entre le dalot et la vanne sont donc mineures.

Cette capacité est supérieure à celle présentée par SET ENVIRONNEMENT ce qui peut conduire à l'augmentation des débits de fuite autorisés au niveau des ouvrages de rétention amont.

De plus, aucune action ne permet d'augmenter le débit capable du système aval (changement de vanne, recalibrage, bras de décharge, etc.).

## **5. GESTION DE L'ALEA RUISSELLEMENT**

### **5.1. DONNEES ISSUES DE LA RECONNAISSANCE DE TERRAIN**

Une reconnaissance du terrain a été réalisée le 23 juin 2018 par setec hydratec avec le PNR du Vexin français et la commune. Cette reconnaissance a été l'occasion de localiser et d'apprécier les particularités de la zone d'étude afin de localiser les sources particulières de désordres ou au contraire les zones où tirer profit du relief.

Cette reconnaissance a été réalisée par temps sec. Les derniers évènements pluvieux avaient eu lieu quelques jours auparavant.

La carte de la page suivant regroupe les éléments observés lors de la reconnaissance.

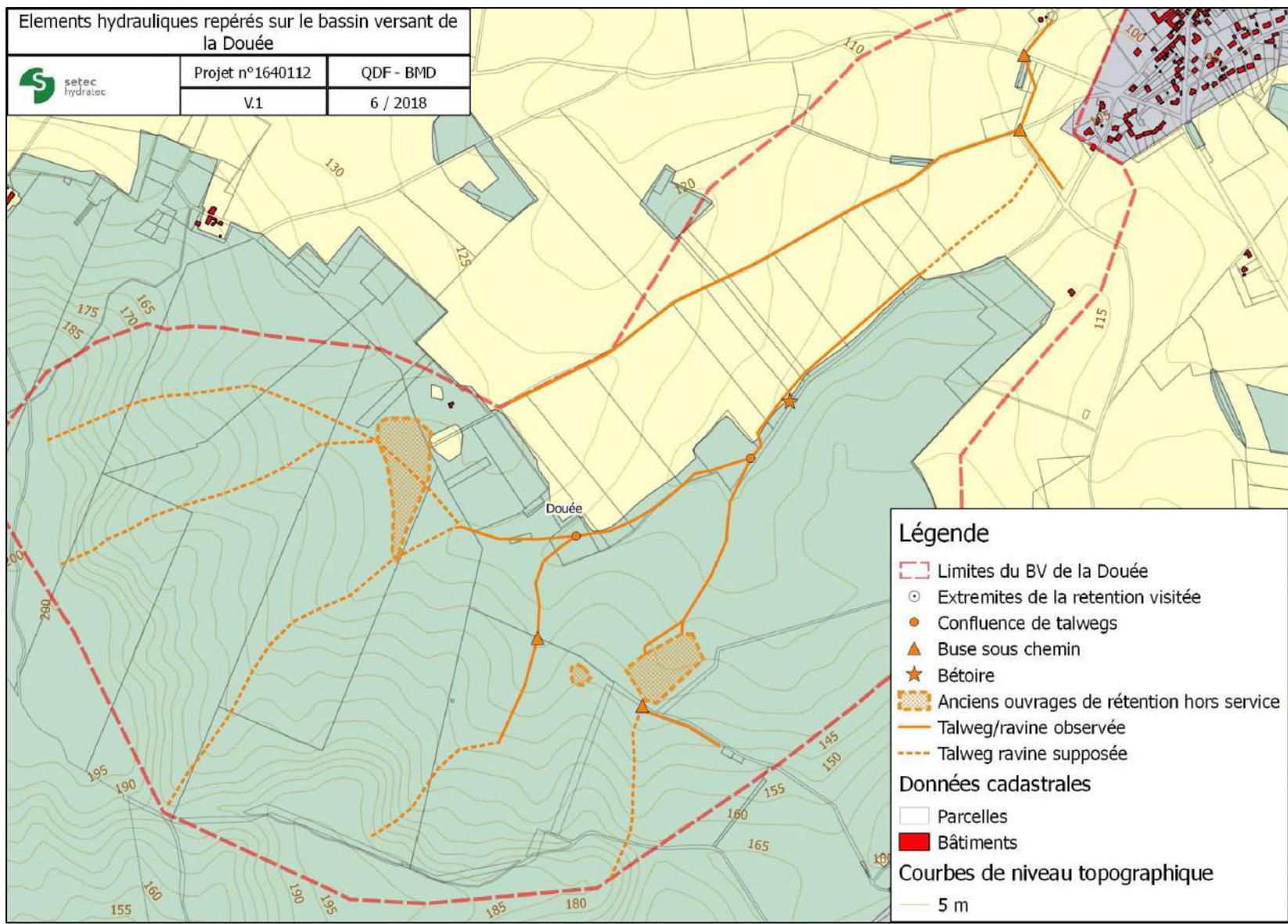


Figure 5.1 : Eléments hydrauliques repérés et supposés sur le bassin versant de la Douée

Les axes préférentiels d'écoulement étaient très marqués, depuis les bois des Galluis jusqu'à l'aval du bassin versant.



**Figure 5.2 : Ravine avec écoulement dans le bois des Galluis**



**Figure 5.3 : Talweg à la jonction entre le bois des Galluis et le bois des Moque-Panier**



**Figure 5.4 : Talweg le long du bois des Moque-Panier**

Les écoulements concentrés dans le bois des Galluis forme ainsi des ravines accélérant le ruissellement jusqu'à l'aval du bois.

Une ancienne zone de rétention a été observée dans le bois des Moque-Panier. Cette zone retenait anciennement un volume d'eau important d'après la commune. Aujourd'hui, une brèche a été créée sur le talus ceinturant la zone ce qui diminue la rétention potentielle.



**Figure 5.5 : Fond de la zone de rétention**



**Figure 5.6 : Talus ceinturant la zone**

Un fossé le long du chemin venant de Frémainville achemine les écoulements vers un axe préférentiel d'écoulement du bois des Galluis. Ce fossé modifie la direction supposé des écoulements amont de cette zone.



**Figure 5.7 : Chemin venant de Frémainville (vue vers le bois des Galluis)**

Le chemin des Groseilliers crée un axe d'écoulement préférentiel important qui draine les zones agricoles les plus au nord vers l'aval du bassin versant.



**Figure 5.8 : Vue depuis le chemin des Groseilliers vers l'aval**



**Figure 5.9 : Ruissellement sur le chemin des Groseilliers se déversant à l'aval du passage en buse (photo fournie par la commune)**

A l'amont de la buse traversant le chemin des Groseilliers, le ruissellement crée une ravine qui traverse la parcelle agricole jusqu'à un talweg limitant les deux champs.



**Figure 5.10 : Talweg séparant les deux parcelles agricoles**



**Figure 5.11 : Ruissellement concentré traversant le champ puis suivant le talweg**



**Figure 5.12 : Rétention du ruissellement à l'amont de la buse du chemin des Groseilliers**

## 5.2. PRINCIPES ET DETAILS DES OUVRAGES D'HYDRAULIQUE DOUCE

Différents ouvrages d'hydraulique douce sont adaptés aux parcelles agricoles :

- Les haies,
- Les fascines,
- Les noues,
- Les micro rétentions.

### 5.2.1. La haie

Les haies permettent d'étaler les écoulements concentrés et de les ralentir, ce qui favorise l'infiltration. Elles ont également un rôle de barrière à sédiments. Cet ouvrage a l'avantage d'être efficace longtemps après sa mise en place si elle est correctement entretenue. Cependant, elle n'est pas efficace avant d'avoir bien poussé. Aussi, l'emprise au sol de cet ouvrage est réduite, ce qui facilite son acceptabilité.



Figure 5.13 : Exemples de haies (Association AREAS)

La haie doit être positionnée perpendiculairement à l'écoulement pour jouer pleinement son rôle. Sa densité (tiges/m<sup>2</sup>) doit être la plus importante possible avec des tiges de petit diamètre afin de présenter un obstacle important à l'écoulement et une barrière efficace aux sédiments. Il est également nécessaire de laisser une bande non cultivée de 50cm de part et d'autre de la haie pour éviter d'endommager les racines avec des outils.

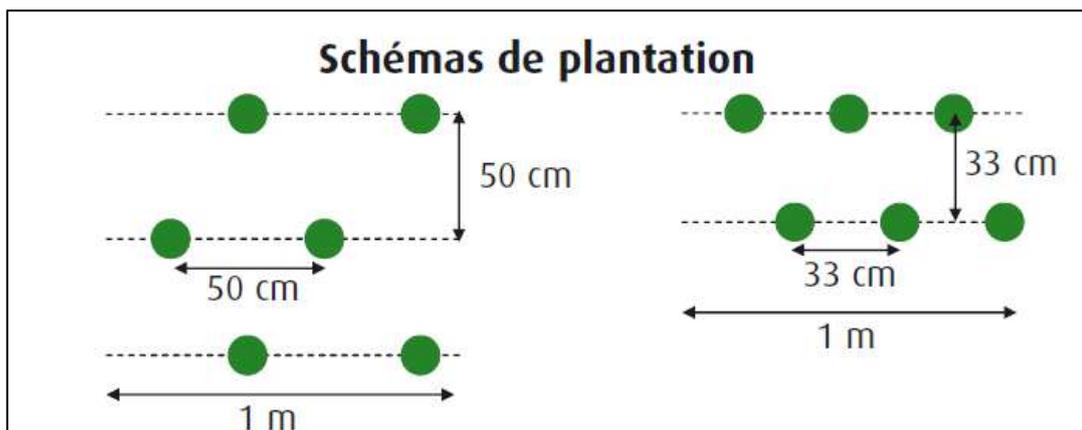


Figure 5.14 : Schémas de plantation d'une haie

L'endroit privilégié pour les haies dans notre zone d'étude se situe aux bordures des champs lorsque le ruissellement est encore diffus.

### 5.2.2. La fascine

La fascine permet de freiner les ruissellements et de provoquer la sédimentation.



Figure 5.15 : Exemple de fascine en bois mort

L'écran de branchage en travers de l'écoulement va créer un obstacle perméable, ce qui va freiner les écoulements sans créer de zone de rétention. Une fascine peut être réalisée en bois mort, avec une durée de vie de 2 à 4 ans ou en bois vivant, avec du bois qui reprendra racine au contact de la terre.

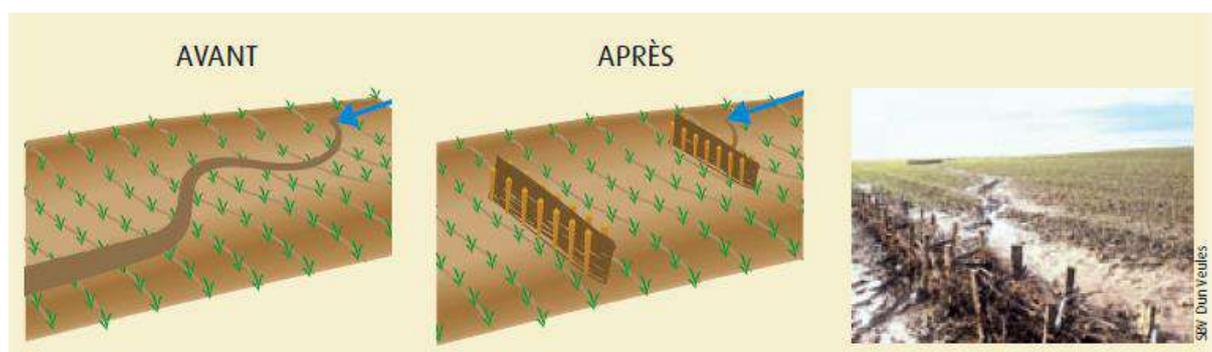
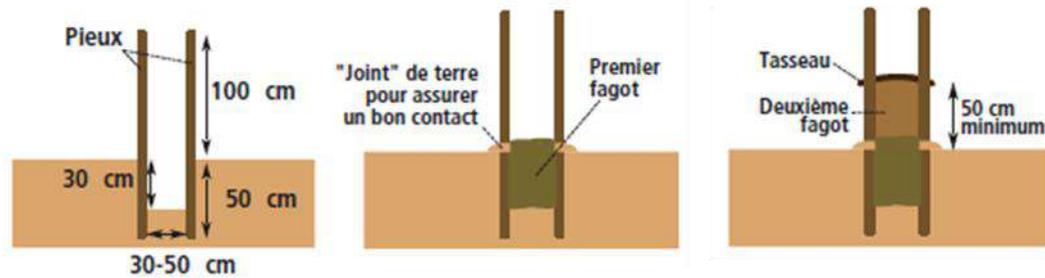


Figure 5.16 : Schéma de fonctionnement de la fascine sur une parcelle agricole

Une fascine peut être longue d'environ 30m. Les pieux espacés de 80 cm sont enfoncés dans une tranchée de 30cm qui sera remplie de fagots de branchages. Les fagots composés de branches fines (3cm de diamètre maximum) sont ensuite tassés pour améliorer l'efficacité de l'ouvrage. La largeur de l'ouvrage est d'environ 50 cm.



**Figure 5.17 : Schémas de principe de la mise en place d'une fascine**

Les fascines nécessitent un entretien. Dans les premiers mois, il faut combler les éventuels affouillements créant des passages préférentiels de l'eau. Au fil du temps, l'accumulation de sédiments à l'amont de la fascine peut réduire son efficacité. Sur des zones agricoles, le travail des terres permet de diminuer ce désavantage.

Une variante des fascines est expérimentée dans les terrains très pentus pour lutter contre la formation des ravines. Positionnée en fond de ravine, elle permet l'accumulation des sédiments et le ralentissement des écoulements qui entraînent la modification du relief et l'occupation du sol avec le développement de plantes (figure ci-dessous).



**Figure 5.18 : Exemple de lutte contre les ravines**

**Les emplacements privilégiés pour la mise en place de fascines dans notre zone d'étude seront les endroits où l'on veut piéger les sédiments, lutter contre les ravines et ralentir les écoulements. Cet ouvrage a l'avantage d'une mise en place peu invasive et peut s'envisager dans les zones boisées.**

### 5.2.3. Le fossé à redents

Le fossé à redents permet de capter le ruissellement, favorise son infiltration et piège les sédiments. Cet ouvrage va permettre de guider les eaux en sortie d'un ouvrage tout en les

ralentissant grâce à ses zones de stockage et sa couverture enherbée. La présence de redents permet également d'augmenter le volume utile de rétention du fossé en compensant la pente d'écoulement.

L'emprise de l'ouvrage est d'au minimum 5m pour permettre d'avoir des bordures enherbées et des pentes latérales 2/1.



**Figure 5.19 : Exemple de fossé à redents**

L'entretien des fossés consiste entre un à deux fauchages par an et d'un curage des parties envasées si nécessaire.

**Le fossé à redent sera un ouvrage envisageable lorsque l'on voudra guider l'écoulement concentré sans créer de ravine et en favorisant la sédimentation.**

#### **5.2.4. Le fossé en méandres**

Le fonctionnement d'un fossé à méandres se rapproche du fonctionnement du fossé précédent en ralentissant l'écoulement tout en l'acheminant. La particularité de cet ouvrage est sa forme. Les méandres forment des lacets rallongeant le linéaire et diminuant de ce fait la pente et la vitesse d'écoulement.

Le fossé à méandres entraîne des externalités positives en multipliant les types d'écoulements et les zones de sédimentations. Ce dispositif permet d'avoir un impact positif sur la biodiversité environnante.



**Figure 5.20 : Exemple de méandres**

### **5.2.5. La micro rétention**

La micro rétention vise à stocker de petits volumes d'eau à différents endroits. Ces zones tampons permettent d'écarter le ruissellement et favorisent l'infiltration et la sédimentation. Ces zones sont aménagées grâce à des talus de faible hauteur (< 2 m). La faible taille de ces dispositifs, comparé à des digues ou bassins de rétentions « conventionnels » permet de diminuer les risques de rupture et de gérer le ruissellement plus en amont.

Ces aménagements présentent des externalités multiples liées à la biodiversité. La rétention d'eau va créer des frontières entre différents écosystèmes (humides et non humides), zones privilégiées pour une biodiversité riche.

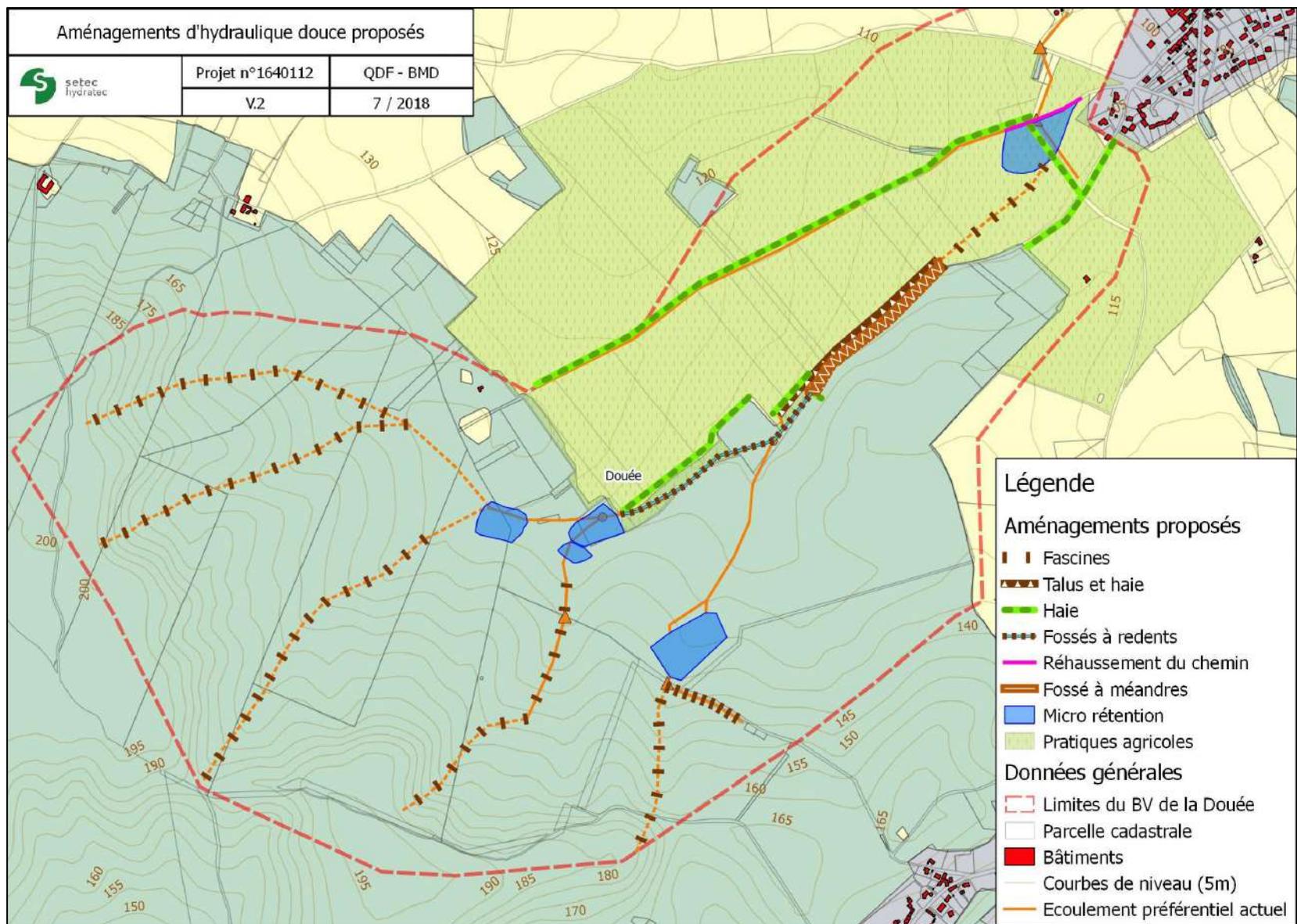
**Les zones favorables aux micro rétentions seront les zones de concentration des écoulements où le relief est favorable à la rétention des eaux.**

## **5.3. AMENAGEMENTS PROPOSES**

### **5.3.1. Cohérence et indépendance des ouvrages**

Les ouvrages d'hydrauliques douces remplissent leur fonction de manière indépendante ce qui permet la réalisation de n'importe quelle partie ou combinaison des propositions suivantes. Cependant, la complémentarité des ouvrages permet une cohérence globale et des résultats potentiels plus importants.

L'ensemble des ouvrages proposés est regroupé sur la carte de la figure suivante. Ensuite, chaque zone d'aménagement est présentée de manière autonome.



**Figure 5.21 : Ensemble des aménagements d'hydraulique douce proposés**

### 5.3.2. Détail des propositions par zone

#### Zone amont du bois des Galluis

L'amont du bois des Galluis a le désavantage de présenter des pentes importantes qui accélèrent le ruissellement et empêchent son infiltration dans le sol. La composition du sol devrait cependant permettre une infiltration significative. De plus, des ravines ont été observées aux axes préférentiels d'écoulement.

La mise en place de fascines permettrait de freiner l'écoulement de cette zone. De plus, des fascines adaptées aux ravines permettraient de compenser les axes d'écoulement et de le rendre plus diffus à long terme. Les fascines présentées sont situées à 50m d'intervalle pour freiner régulièrement l'écoulement et travailler sur l'intégralité des ravines. Les fascines mises en place ont été considérées de **largeur 15m** afin de pour diffuser l'écoulement pour différents types d'évènements pluvieux, notamment ceux plus importants dont le ruissellement dépasse les limites des fascines observées.

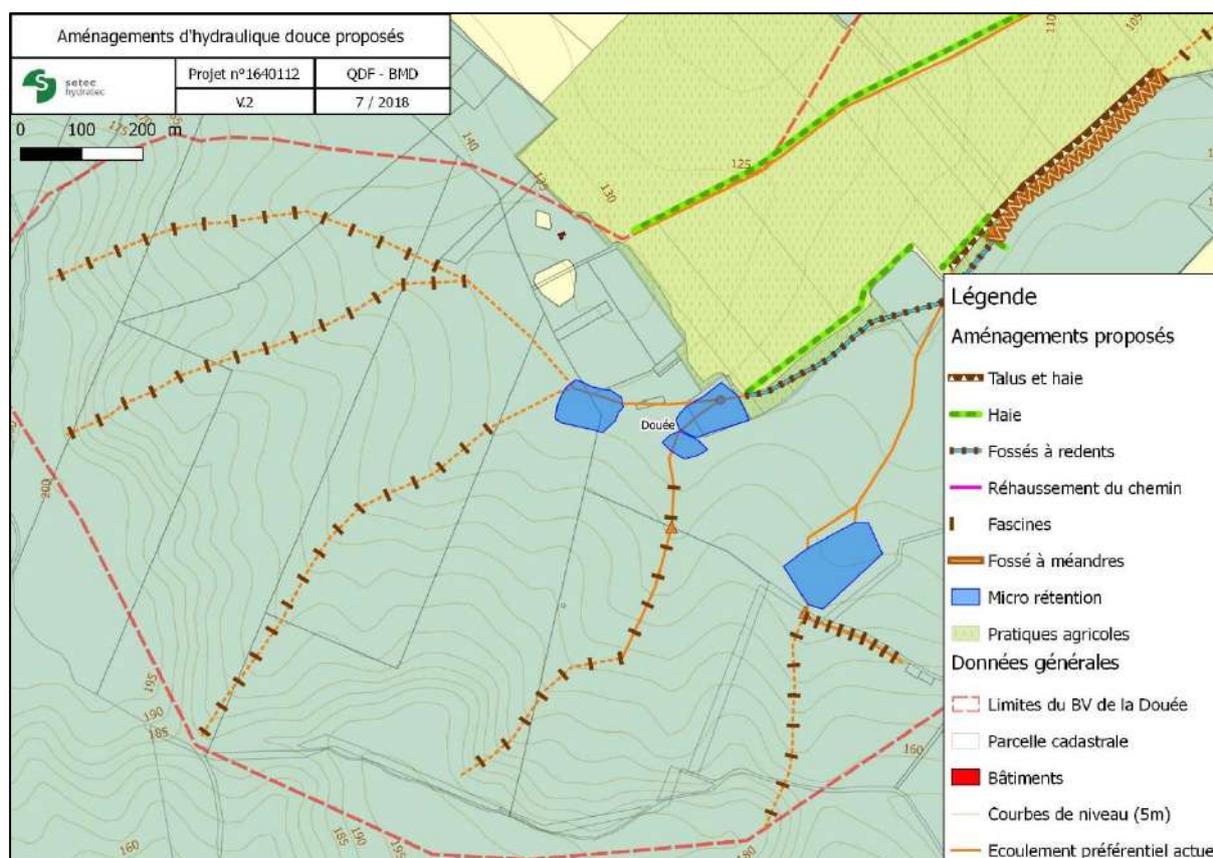


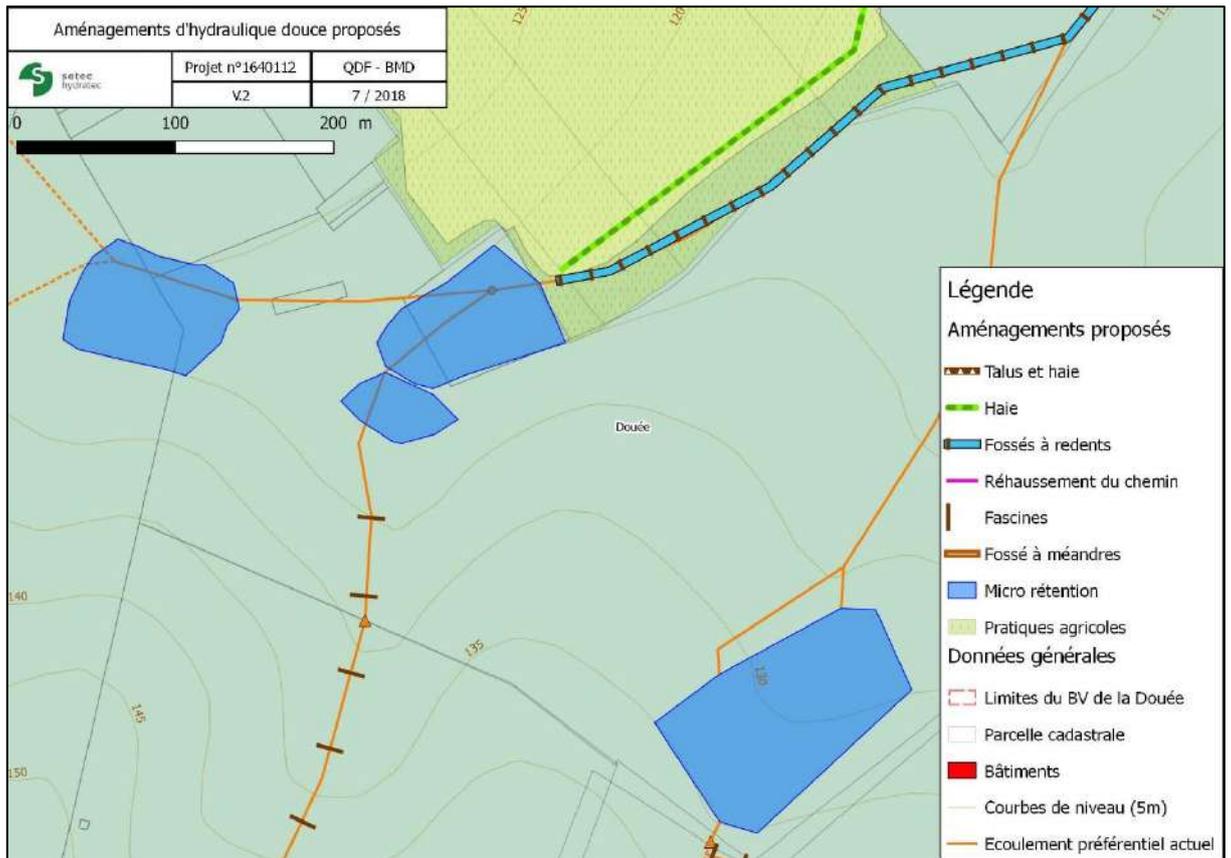
Figure 5.22 : Aménagement à l'amont du bois des Galluis

#### Zone aval du bois des Galluis et centrale du bois des Moque-Panier

Une confluence des ravines est située à l'aval du bois des Galluis sur une zone plane. Cette zone peut être travaillée pour favoriser la rétention.

Pour éviter la présence d'ouvrage trop important, il est envisageable de diviser la rétention pour créer des zones tampon successives, d'abord pour chaque axe d'écoulement puis pour la confluence.

La réhabilitation de la zone de rétention du bois des Moque-Panier permettrait également de servir de zone tampon pour les écoulements issus de l'est du bassin versant.



**Figure 5.23 : Micro rétentions proposées**

Les volumes de rétention des zones proposées sont estimés comme suit :

Les talus faisant 2m de hauteur, une revanche de 50cm sera nécessaire ce qui permet une hauteur d'eau maximale de 1.50m. Le terrain étant naturellement en pente, le volume utile est alors estimé par la formule suivante :

$$V_{utile} = 0.5 * V_{tot} = 0.5 * h_{eau} * S$$

Il est possible d'augmenter le volume utile de ces micro rétentions en aplanissant le fond de la zone. Cette stratégie est mise en place sur la zone de rétention du bois des Moque-Panier. Cet aplanissement permet de multiplier le volume utile par deux environ.

**Tableau 5.1 : Estimation des volumes des bassins de rétention**

Rétention	Surface (m <sup>2</sup> )	Hauteur d'eau (m)	Volume estimé (m <sup>3</sup> )
Galluis ouest	6500	1.5	4875
Galluis est	1950	1.5	1463
Galluis aval	6200	1.5	4650
Moque-Panier	12500	1.5	18750

## Zone du bois des Moque-Panier

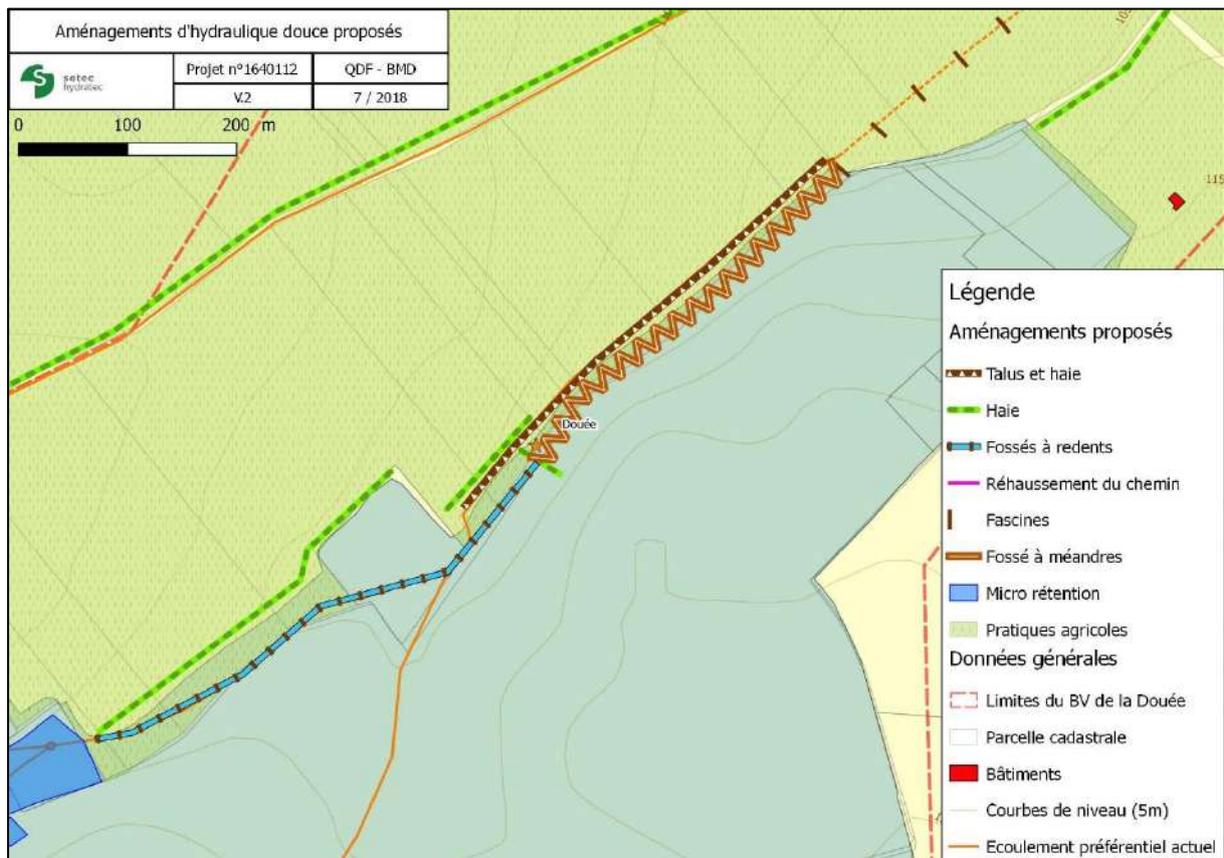


Figure 5.24 : Aménagement le long du bois des Moque-Panier

La concentration des écoulements au niveau du bois des Moque-Panier crée un important talweg. La stratégie proposée vise à ralentir l'écoulement et favoriser l'infiltration grâce à des fossés à redents. Les redents peuvent être positionnés tous les 10 m environ. La haie située en amont de la bétairie permettrait de faire barrière aux sédiments et de ralentir l'écoulement pour favoriser son infiltration.

L'ensemble du volume de stockage du fossé à redents est estimé comme suit :

### FOSSÉ À REDENTS

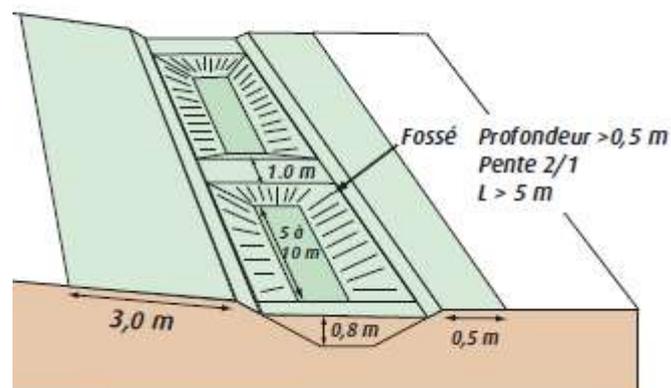


Figure 5.25 : Schéma de conception classique du fossé à redents

Les fossés sont considérés longs de 10m et profond de 0.8m. La largeur de fond de fossé sera de 1m ce qui limite son emprise. Pour un fossé, le volume est alors de :

$$V = L * A_{trapeze} + 2 * V_{redent}$$

$$V \approx 12.5m^3$$

Le stockage est alors de 12.5m<sup>3</sup> par tronçon de 11.8m. La longueur totale des fossés à redents devrait atteindre environ 500m, ce qui permettra d'atteindre un volume de stockage sur l'ensemble de l'ouvrage égal à environ 530 m<sup>3</sup>.

En complémentarité, la haie de bordure de champ serait sur petit talus pour éviter la déviation de l'écoulement de ce nouvel axe. L'occupation du sol forestier et sa composition permettront le ralentissement et une meilleure infiltration du ruissellement.

Sur la partie longeant la fin du bois, un fossé en méandres peut être envisagé pour ralentir l'écoulement et le rediriger dans son lit initial et non pas au bord des champs.

Les détails de conception du fossé peuvent suivre les indications suivantes, fournies par la littérature.

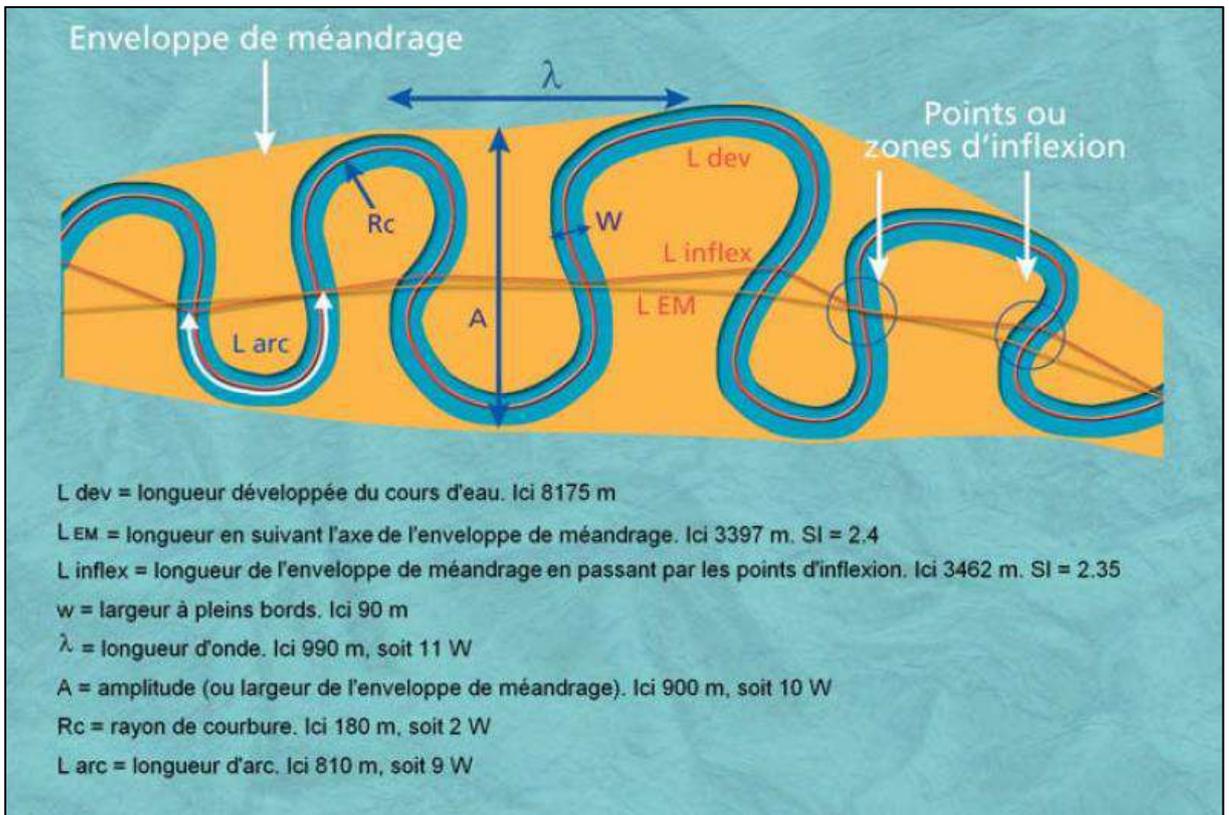


Figure 5.26 : Caractéristiques des méandres

**Tableau 5.2 : Caractéristiques du fossé à méandres préconisé**

Grandeur	Calcul	Valeur	
Fond de fossé	l	0.0	m
Pentes du fossés	m	2.0	m/m
Profondeur	h	0.5	m
Largeur pleine	W	2.0	m
Amplitude	10*L	20.0	m
Longueur d'onde $\lambda$	10*L	20.0	m
Coefficient de manning	n	0.02	
Pente longitudinale	m/m	1%	m/m
Rayon hydraulique	Rh	0.4	m
Vitesse d'écoulement	v	2.9	m/s
Aire mouillée	A	0.5	m <sup>2</sup>
Débit capable	Q	<b>1.5</b>	m <sup>3</sup> /s
Longueur rectiligne du fossé	Lem	380	m
Longueur développée du fossé	Ldev	597	m
Coefficient de sinuosité	Sl	1.6	

Le fossé préconisé est méandriforme comme le montre son coefficient de sinuosité. Son profil a été déterminé pour être doux avec des pentes transversales de 1 : 2. L'amplitude du système requiert une largeur de 20m pour l'étalement des méandres. Le débit capable est de 1.5 m<sup>3</sup>/s, ce qui permet de contenir le ruissellement d'une pluie annuelle sans débordement.

$$Q_{max}^{1an}(4h) = K * A * Cr * (7.255 * t^{0.772})$$

$$Q_{max}^{1an}(4h) = 1.4 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ces données sont fournies à titre indicatif. L'aménagement du fossé en méandres nécessitera un dimensionnement affiné en cohésion avec l'emprise disponible (amplitude maximale, présence d'arbres à contourner, choix de la profondeur et de la section, ...).

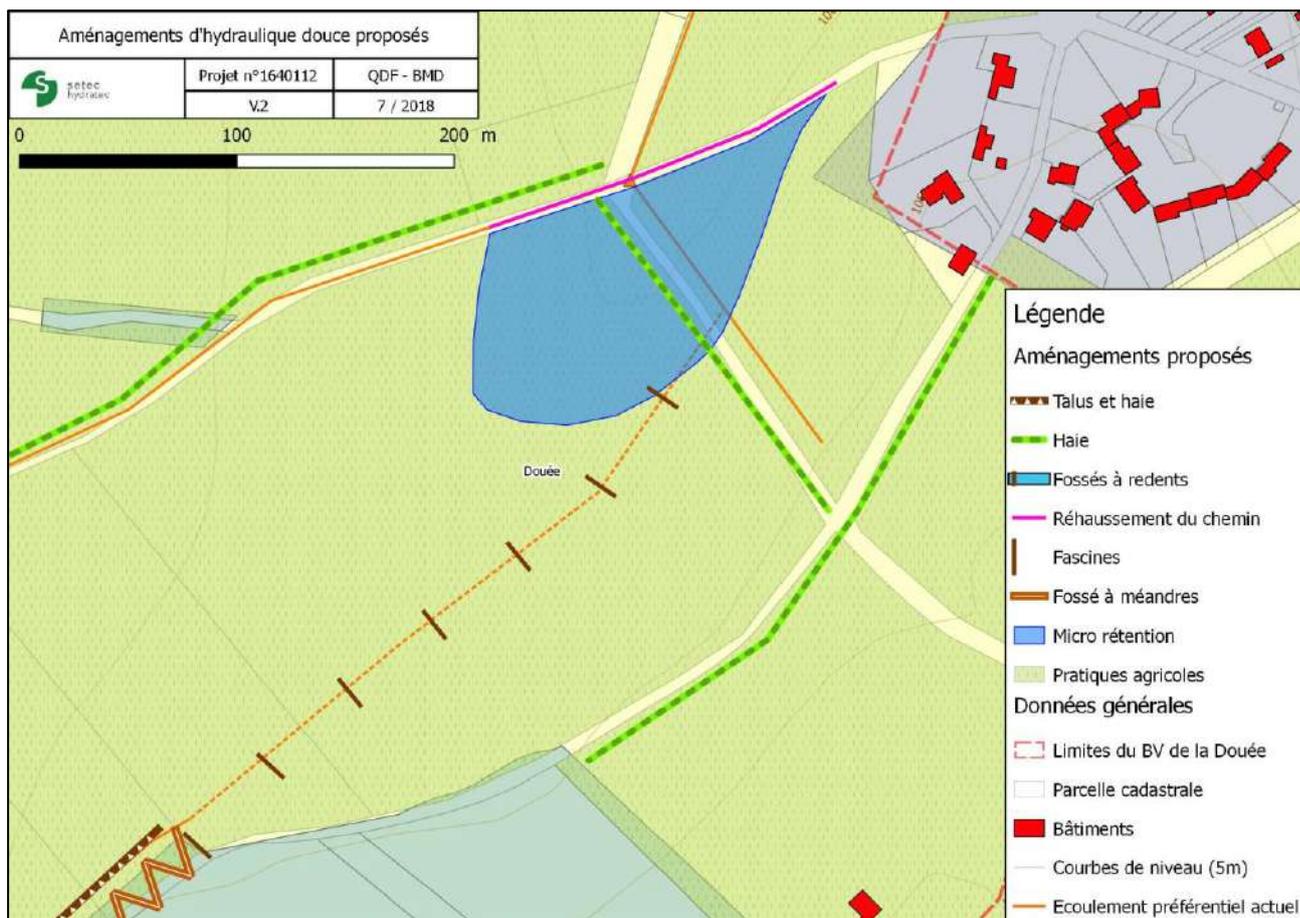
### Zone aval

Un écoulement concentré traverse le champ situé à l'aval du bois des Moque-Panier. L'ajout de fascines ralentirait cet écoulement et diminuerait l'érosion des sols vers la ravine aval. La haie le long de l'ancien chemin compléterait ce fonctionnement.

Une autre haie permettrait de freiner les ruissellements issus des parcelles agricoles est le long du chemin de Moque-Panier.

Aussi, une zone de rétention est déjà présente au niveau de la buse passant sous le chemin des groseilliers (Figure 5.12, p45). Le rehaussement du chemin des groseilliers ainsi que l'aménagement de la buse et d'un trop-plein permettrait de contrôler cette zone de rétention et d'en maximiser le potentiel. Le tracé présenté suit la ligne de niveau pour la mise à niveau du chemin sur environ 170 m pour arriver à une altitude fixe de 101 m NGF, soit 1.5m plus qu'actuellement. La zone de rétention serait plus importante et le contrôle de sa vidange permettrait la rétention et la régulation du ruissellement.

Enfin, le rehaussement du chemin redirigerait le ruissellement acheminé par ce chemin vers la zone de rétention amont plutôt que vers l'aval de l'écoulement en bissant la buse comme c'est le cas actuellement (Figure 5.9, p43).



**Figure 5.27 : Aménagements de l'aval du bassin versant de la Douée**

L'estimation du volume de cette rétention se réalise comme pour les rétentions précédentes (hauteur d'eau de 1.5m).

**Tableau 5.3 : Estimation de la rétention de la rétention aval du bassin**

Rétention	Surface (m <sup>2</sup> )	Hauteur d'eau (m)	Volume (m <sup>3</sup> )
Aval Douée	12 440	1.5	9 330

### Zone des parcelles agricoles

Au niveau des parcelles agricoles, l'ajout de haies en bordure permettrait de freiner l'écoulement diffus avant qu'il n'arrive aux différents axes d'accélération (talweg du bois des Moque-Panier, chemin des Groseilliers). De plus, ces haies permettraient de freiner l'érosion des sols en piégeant les sédiments sur les parcelles agricoles. Le travail de ces parcelles permettrait ensuite de répartir ces sédiments.

Au niveau des parcelles en amont du chemin des Groseilliers, cette haie orienterait l'écoulement vers un axe préférentiel plus lent le long de la haie et du champ plutôt que vers le chemin des Groseilliers.

Pour favoriser la mise en place de la haie, il peut être judicieux de la coupler à la mise en place d'une fascine. La fascine fonctionnera dans un premier temps et protégera la haie avant que cette dernière ne prenne le relais une fois mature.

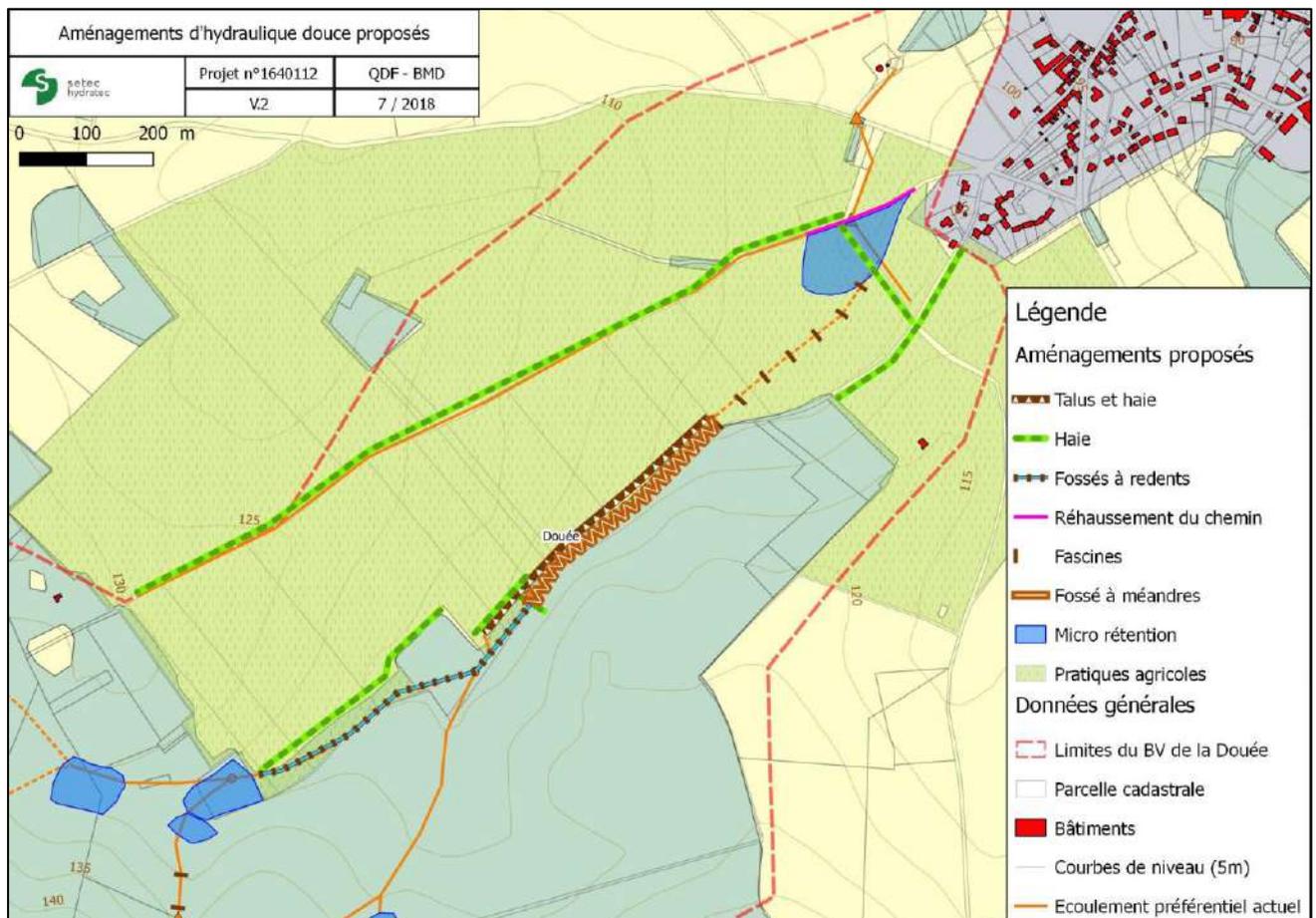


Figure 5.28 : Aménagements proposés au niveau des parcelles agricoles

### 5.3.3. Pratiques culturales

Différents types de pratiques culturales permettent d'améliorer la capacité des sols à diminuer le ruissellement.

Les différentes actions possibles sont énumérées ci-dessous :

- *Favoriser certains types de cultures*

Cette caractéristique, et notamment les cultures mis en place, est important à plusieurs titres. La culture en place va conditionner le couvert des sols, plus ou moins important. Un couvert plus important permettra de diminuer les phénomènes de battance et pourra également freiner le ruissellement.

Les cultures à inter rang large ou à couvert faible (maïs par exemple) sont favorables au ruissellement.

La gestion des résidus de récolte est également importante. L'ajout de matières organiques au sol via enfouissement diminue le risque de battance, et donc le ruissellement et l'érosion des sols.

- *Travail du sol*

Le travail du sol va avoir de nombreux impacts sur le ruissellement possible de la parcelle agricole. Le labourage des terres peut avoir un effet néfaste sur le ruissellement en limitant l'infiltration à cause de la formation de « semelles de labours ». Cette formation traduit la présence d'un sol localement plus compacté (et donc imperméable) au fond des sillons de labours. Les sillons des cultures vont également déterminer si des chemins préférentiels sont formés dans le sens de la pente moyenne d'écoulement de la parcelle ou alors perpendiculairement.

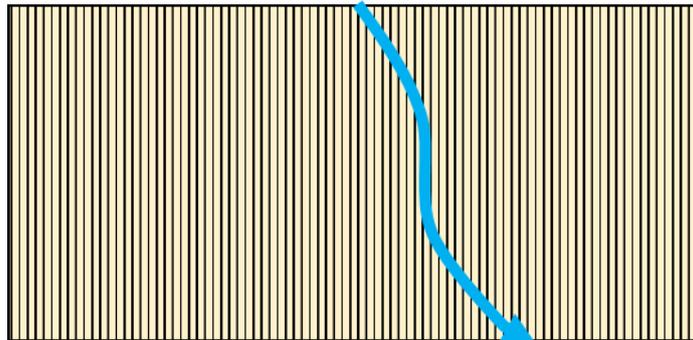


Figure 5.30 : Sillons facilitant l'écoulement

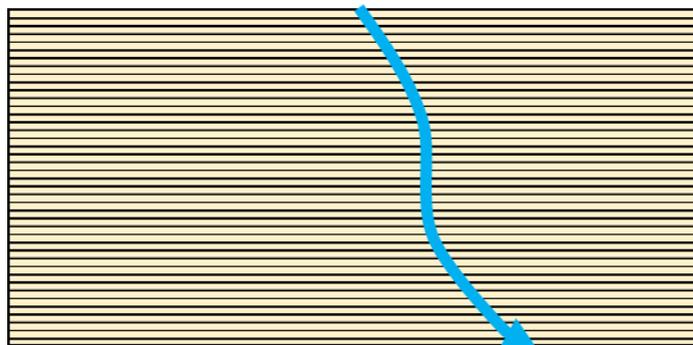


Figure 5.30 : Sillons faisant obstacle à l'écoulement

La mise en place de semis sous couvert permet de diminuer le ruissellement grâce au couvert d'interculture.

Le roulage est parfois mis en place pour faciliter l'ensemencement. Cependant, la circulation de machinerie lourde visant à compacter le sol peut réduire sa capacité à l'infiltration des pluies. Limiter ce type de machines permet d'éviter la compaction du sol. Egalement, l'utilisation de décompacteurs (aussi appelée sous-soleuse) permet comme son nom l'indique de décompacter les sols. Il permet d'aérer le sol sans pour autant le retourner et de briser les éventuelles « semelles de labours ».

- *Obstacles à la battance*

Certaines pratiques permettent de diminuer le phénomène de battance en enrichissant le sol de matières organiques ou en le couvrant pour diminuer les effets d'impacts ainsi que le ruissellement. Parmi elles, on peut citer notamment : l'enrichissement des sols par paillage, l'utilisation d'engrais vert, la culture dérobée, les semis directs sous couverts végétal et les cultures intermédiaires « piège à nitrates ».

L'impact de la mise en place de pratiques culturales a été estimée précédemment (2.7, 3.1.4). Les pratiques agricoles évoquées permettent de diminuer le ruissellement de **260 l/s, soit environ 10%**.

## 6. ESTIMATION DES PRIX

ESTIMATION DES PRIX					
	Désignation	Unité	Qtité.	Prix unitaire	Montant estimé (€HT)
<b>Zone amont du bois des Galluis</b>					
Fascines	Fascines de 15m perpendiculaires à l'écoulement et espacées de 50m	m.l.	915	50 €	45 750 €
Fascines	Fascines de 15m perpendiculaires à l'écoulement et espacées de 30m	m.l.	60	50 €	3 000 €
<i>Sous-total zone</i>					45 750 €
<b>Zones aval du bois des Galluis et centrale du bois des Moque-Panier</b>					
Micro rétention Galluis ouest	Aménagement de la rétention avec une ceinture de talus	m3 de digue	952	30 €	28 560 €
	Ouvrage de régulation débit de fuite	unit.	1	40 000 €	40 000 €
Micro rétention Galluis est	Aménagement de la rétention avec une ceinture de talus	m3 de digue	630	30 €	18 900 €
	Ouvrage de régulation débit de fuite	unit.	1	40 000 €	40 000 €
Micro rétention Galluis aval	Aménagement de la rétention avec une ceinture de talus	m3 de digue	1190	30 €	35 700 €
	Ouvrage de régulation débit de fuite	unit.	1	40 000 €	40 000 €
Micro rétention Moque Panier	Réhabilitation de la zone de rétention	m3 de digue	30	30 €	900 €
	Ouvrage de régulation débit de fuite	unit.	1	40 000 €	40 000 €
<i>Sous-total zone</i>					244 060 €
<b>Zone du bois des Moque-Panier</b>					
Fossés	Fossé (à redents ou méandres)	m3	830	30 €	24 900 €
Haie	Haie doublée d'une fascine à l'amont de la béttoire	m.l.	30	15 €	450 €
Talus	Talus le long de Moque-Panier pour favoriser l'écoulement du fossé à redents	m3	460	30 €	13 800 €
Haie	Haie située sur le talus	m.l.	460	15 €	6 900 €
<i>Sous-total zone</i>					46 050 €
<b>Zones parcelles agricoles</b>					
Haies	Haies en bordure des parcelles agricoles perpendiculaires à l'écoulement	m.l.	2050	15 €	30 750 €
Fascines	Fascines de 15m perpendiculaires à l'écoulement et espacées de 50m	m.l.	105	70 €	7 350 €
<i>Sous-total zone</i>					38 100 €
<b>Zone aval</b>					
Réhaussement du chemin	Réhaussement du chemin des Groseillers jusqu'à 1.5m sur 170m.l.	m3	765	40 €	30 600 €
Canalisation des débits de fuite	Ouvrage de régulation du débit de fuite	unit.	1	40 000 €	40 000 €
<i>Sous-total zone</i>					70 600 €
Total investissement					444 560 €
<b>Frais généraux</b>					
	Etudes et travaux connexes	F	1	20%	88 912 €
	Divers et imprévus	F	1	15%	66 684 €
<b>Total</b>					<b>600 156 €</b>

Figure 6.1 : estimation des investissements

ESTIMATION DES PRIX					
	Désignation	Unité	Qtité.	Prix unitaire/an	Montant estimé (€HT)
<b>Zone amont du bois des Galluis</b>					
Fascines	Remplacement des fascines sur 4 ans	m.l.	1950	13 €	24 375 €
<i>Sous-total zone</i>					24 375 €
<b>Zones aval du bois des Galluis et centrale du bois des Moque-Panier</b>					
Micro rétention Galluis ouest	Curage décennal	m3	162.5	9 €	1 463 €
	Entretien courant et annuel	F	1	5 800 €	5 800 €
Micro rétention Galluis est	Curage décennal	m3	49	9 €	439 €
	Entretien courant et annuel	F	1	5 800 €	5 800 €
Micro rétention Galluis aval	Curage décennal	m3	155	9 €	1 395 €
	Entretien courant et annuel	F	1	5 800 €	5 800 €
Micro rétention Moque Panier	Curage décennal	m3	625	9 €	5 625 €
	Entretien courant et annuel	F	1	5 800 €	5 800 €
<i>Sous-total zone</i>					32 121 €
<b>Zone du bois des Moque-Panier</b>					
Fossé à redents	1 à deux fauchages par an	ha	0.175	150 €	26 €
	Entretien courant et annuel	F	1	5 800 €	5 800 €
Haies	Taille annuelle par epareuse	m.l.	490	0.15 €	74 €
<i>Sous-total zone</i>					5 900 €
<b>Zones parcelles agricoles</b>					
Haies	Taille annuelle par epareuse	m.l.	2050	0.15 €	308 €
Fascines	Remplacement des fascines sur 4 ans	m.l.	210	18 €	3 675 €
<i>Sous-total zone</i>					3 983 €
<b>Total entretien par an</b>					<b>66 379 €</b>

- Hypothèses :
- Curage de 1/3 du volume utile de chaque bassin tous les 10 ans
  - Entretien courant : 4h de 2 personnes tous les mois sur chaque ouvrage
  - Entretien annuel : 1j de pelle sur chaque ouvrage

**Figure 6.2 : Estimation des coûts d'entretien**

## 7. PRECONISATIONS

La capacité du dalot et du bras de décharge permettent d'évacuer un débit important (3 m<sup>3</sup>/s), supérieur au ruissellement issu de la Douée. Cet ouvrage est moins limitant que les dernières estimations présentées.

**La vérification du bon fonctionnement de la vanne et de son équilibrage est donc importante pour assurer la capacité du système à évacuer les eaux issues du ruissellement.**

Pour gérer le ruissellement en amont, sur le bassin versant de la Douée, plusieurs approches ont été réalisées.

La modification des pratiques culturales permettrait de diminuer de 10% le ruissellement sur ce bassin versant.

La zone d'étude présente également de nombreuses possibilités d'aménagements jouant sur les différents facteurs aggravants du ruissellement (pente, écoulement préférentiel) et les différents potentiels du terrain.

Chaque ouvrage apporte une amélioration en freinant l'écoulement ou en limitant l'érosion de manière locale. L'ensemble des ouvrages proposés crée ainsi une cohérence globale permettant d'avoir un impact significatif sur le ruissellement en se basant sur une hydraulique douce répartie.

