

**CONSEIL GENERAL DE SAONE ET LOIRE
DIRECTION DES ROUTES ET INFRASTRUCTURES
71026 MACON CEDEX**



**Etude de définition des travaux de restauration de la Mouge à
Fourgeau : commune d'Azé**

Avant-Projet

AUTEUR DU PROJET :



5 rue des Tulipes
67600 MUTTERSHOLTZ
Tél. : 03 88 85 17 94 / Fax : 03 88 85 19 50
Site Internet : www.sinbio.fr / Courriel : contact@sinbio.fr

CE 468

Janvier 2015

Indice C

SOMMAIRE

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS	5
1.1. CONTEXTE	5
1.2. OBJECTIFS	6
2. PHASE DIAGNOSTIC	7
2.1. LE TERRITOIRE D'ETUDE	7
2.1.1. Climat : généralités (données issues de l'étude IPSEAU)	7
2.1.2. Climat : pluviométrie	7
2.1.3. Géologie	8
2.1.4. Le bassin versant de la Mouge	9
• Le bassin versant complet de la Mouge	9
2.1.5. Occupation du sol à l'échelle du bassin versant et du site d'étude	10
• L'occupation du sol à l'échelle du bassin versant	10
• L'occupation du sol à l'échelle du secteur de travaux	11
2.1.6. Contexte agricole et découpage parcellaire de la zone	13
• Analyse du contexte agricole à l'échelle communale	13
• Rappel des parcelles concernées	14
2.1.7. Milieux remarquables et protégés	15
2.2. LA MOUGE (VOIR PLAN ETAT INITIAL)	16
2.2.1. Diagnostic écologique du secteur d'étude	16
• Présentation générale	16
• Caractéristiques générale des cours d'eau sur le secteur d'étude	16
• La ripisylve	17
• Les berges	18
• Le lit mineur	21
• Les ouvrages : ouvrages de franchissement et ouvrages hydrauliques	22
• Les espèces invasives	23
• Conclusions	23
2.2.2. Analyse diachronique des tracés	24
• Epoques analysées	24
2.2.3. Hydrologie de la rivière	27
• Analyse bibliographique : données disponibles pour les débits de crue	27
• Analyse bibliographique : données disponibles pour le module et les débits d'étiage	27
• Détermination des débits de crue par le calcul	28
• Détermination du module par le calcul	28

•	Détermination des débits d'étiage de référence par le calcul	30
•	Rappel des débits de référence pour la conception	30
2.3.	DYNAMIQUE FLUVIALE DE LA MOUGE	31
2.3.1.	Détermination de la pente	31
•	Pentes localisées	31
2.3.2.	Détermination de la puissance spécifique de la rivière.....	31
•	Rappel des formules de détermination de la puissance spécifique	31
2.3.3.	Indice de sinuosité et amplitude théorique des méandres.....	32
•	Préambule.....	32
•	Détermination de l'indice de sinuosité des cours d'eau : méthode	32
•	Définition de l'indice de sinuosité à l'échelle de la rivière	33
•	Définition de l'indice de sinuosité sur un site à proximité (Mouge)	33
•	Synthèse	33
•	Détermination de l'amplitude théorique des méandres : méthode.....	36
•	Méthode 1 : Analyse théorique des méandres : approche calculatoire	36
•	Méthode 2 : Analyse des méandres : approche par lecture des méandres existants.....	38
•	Synthèse des deux méthodes	38
2.3.4.	Mobilisation de la charge solide : paramètre de Shields	40
•	Analyse du sédiment en place	40
•	Calcul de l'indice de Shields.....	41
2.4.	TABLEAU DE SYNTHESE DES CARACTERISTIQUES	42
2.4.1.	Pentes	42
2.4.2.	Débits caractéristiques	42
2.4.3.	Caractéristiques hydro morphologiques	42
3.	PROJET DE RENATURATION DE LA MOUGE (NIVEAU AVP)	43
3.1.	GENERALITES	43
3.2.	CHOIX DU SCENARIO ET REPRISES TECHNIQUES	43
3.3.	CAMPAGNE DE TOPOGRAPHIE NECESSAIRE POUR L'ETABLISSEMENT DE LA PHASE PRO	44
3.4.	DEPLACEMENT DE LA RIVIERE : METHODOLOGIE DES TRAVAUX.....	45
3.4.1.	Travaux préparatoires	45
3.4.2.	Travaux de terrassements du nouveau lit : principes et organisation.....	47
3.5.	DEPLACEMENT DE LA RIVIERE : DEFINITION DES NOUVEAUX TRACES, DEFINITION DU GABARIT, DU PROFIL EN LONG.....	49
3.5.1.	La Mouge : caractéristiques du nouveau lit mineur	49

•	Caractéristiques générales.....	49
•	Caractéristiques physiques	49
•	Recharge alluvionnaire.....	49
3.5.2.	La Mouge entre la confluence entre le ruisseau des étangs et la confluence avec le ruisseau de Joux.....	51
3.5.3.	Le ruisseau de Joux : caractéristiques du nouveau lit mineur	53
•	Caractéristiques générales.....	53
•	Caractéristiques physiques	53
•	Recharge alluvionnaire.....	53
3.5.4.	Le secteur aval (la Mouge après la confluence avec le ruisseau de Joux).....	55
3.6.	REPRISE DE L'ACCOTEMENT DE LA RD 15 ET ANCIEN LIT DU RUISSEAU DE JOUX.	57
3.6.1.	Objectifs	57
3.6.2.	Description technique.....	57
•	Remblaiement de l'ancien tracé en section courante	57
•	Maintien de points d'accès aux différentes parcelles (voir plan masse)	58
•	Accompagnement à la limite entre les parcelles agricoles et la RD 15: mise en place de clôtures.....	59
3.7.	REPRISE DU CHEMIN DE SERVITUDE AU DROIT DE LA MOUGE ET CREATION D'UN OUVRAGE DE FRANCHISSEMENT	59
3.8.	VEGETALISATION DES BERGES.....	62
•	Descriptif technique.....	62
3.8.1.	Garantie et entretien des végétaux en place	65
•	Garantie de reprise des végétaux	65
•	Entretien des végétaux durant le chantier	65
•	Entretien de la végétation après la période de garantie	65
3.9.	MESURES D'ACCOMPAGNEMENTS	67
3.9.1.	Création de passages à gué ou d'abreuvoir empierré pour assurer le franchissement du bétail	67
•	Rappel des impacts du sur-piétinement	67
•	Descriptif technique.....	68
3.9.2.	Pose de clôture	69
•	Descriptif technique.....	69
3.9.3.	Traitement de la végétation rivulaire sur l'ancien lit du ruisseau de Joux et devenir de l'ancien lit.....	70
•	Objectifs	70
•	Description de l'opération.....	70
3.10.	CHIFFRAGE DES TRAVAUX ET ESTIMATION AVP : REPRISE DE LA MOUGE ET DU RUISSEAU DE JOUX.....	71

3.11. TYPE DE MARCHE DE TRAVAUX.....	75
3.12. ASPECTS REGLEMENTAIRES.....	77
3.12.1. Généralités.....	77
3.12.2. Nomenclatures concernées	77

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS

1.1. Contexte

Comme pour de nombreux petits émissaires de plaines, la Mouge a fait l'objet de travaux de rectification de son cours naturel. Ce petit ruisseau assez vif a été soustrait de son talweg naturel pour être replacé contre la RD 15 en amont de la commune d'Azé. La rivière qui présente un caractère méandrique a été retravaillée de manière totalement rectiligne sans possibilité de mobilité latérale. En réponse à la contrainte de tracé qui lui a été imposée, la Mouge montre depuis plusieurs années des signes de mobilité latérale qui se sont traduits purement et simplement par des érosions de berges plus ou moins marquées le long de la RD 15.

Ces érosions qui font parties du cycle naturel de la rivière posent aujourd'hui un véritable problème de sécurité public pour le passage des véhicules et menace même la stabilité de cette dernière.



La Mouge a été rectifié et s'écoule maintenant contre la RD 15. Les photos 2 et 3 prises en janvier 2014 illustrent les problèmes de déstabilisation de la chaussée et la nécessité d'une intervention rapide.



Sinbio : janvier 2014

Sinbio
BUREAU D'ETUDES

1.2. Objectifs

Les objectifs de l'intervention sont nombreux et complémentaires. Pour la renaturation de la Mouge sur le territoire de la commune d'Azé, les objectifs sont les suivants :

- **Une mise en sécurité de la voirie.** Plusieurs options étaient envisageables par les services départementaux : le déplacement de la voirie ou de la rivière. En accord avec les partenaires locaux, l'option retenue est celle qui consiste à déplacer la rivière.

Cette opération dite de renaturation va permettre de réaliser une mise en sécurité de la voirie mais également une plus value écologique pour la rivière en lui donnant un tracé moins rectiligne et un potentiel écologique plus important (mise en place d'une ripisylve, diversification des faciès d'écoulements...)

- **Une amélioration de l'état écologique du milieu.** Ceci s'entend à la fois au sens technique du terme (diversification des habitats, augmentation de la richesse spécifique du lieu) mais aussi à travers la définition du bon état écologique selon la DCE (les masses d'eau devant atteindre le bon état pour 2015)
- **La réalisation de milieux supports pédagogiques.** Il y a encore peu de travaux de renaturation, il convient donc d'utiliser des interventions comme supports de communication et de pédagogie afin de justifier le bien-fondé de l'intervention **à tous les niveaux.**



Vues aériennes de travaux de remeandrage de rivière. Exemples de réalisations sur le Longeau (54)



2. PHASE DIAGNOSTIC

2.1. Le territoire d'étude

2.1.1. Climat : généralités (données issues de l'étude IPSEAU)

Le bassin versant de la Mouge est situé dans une région dont le climat résulte de l'influence complexe de différents climats plus ou moins individualisés et voisins :

- **influence continentale** importante vis-à-vis des minima théoriques, du gel,
- **influence océanique** plus ou moins altérée déterminant notamment le régime des pluies et des brouillards,
- **influence méditerranéenne**, moins marquée, à l'origine des séquences climatiques sèches et des maxima thermiques.

A cette triple influence, on peut également ajouter l'influence du couloir de la vallée de la Saône qui permet la canalisation de certaines masses d'air. Les pluies d'été prédominantes sont souvent orageuses, l'échauffement inégal du sol augmentant les phénomènes convectifs. Les hivers, secs et relativement rudes, se passent rarement sans chute de neige. Enfin, la brièveté des saisons intermédiaires automne et printemps rend les transitions plus brutales et les contrastes thermiques plus sensibles. Le facteur le plus important pour l'écoulement est l'existence d'une évapotranspiration élevée pendant le semestre estival, qui impose sa marque au régime hydrologique : les hautes eaux se situent en hiver (au sens large).

2.1.2. Climat : pluviométrie

L'étude menée par IPSEAU fait état de plusieurs points caractéristiques pour le bassin versant de la Mouge :

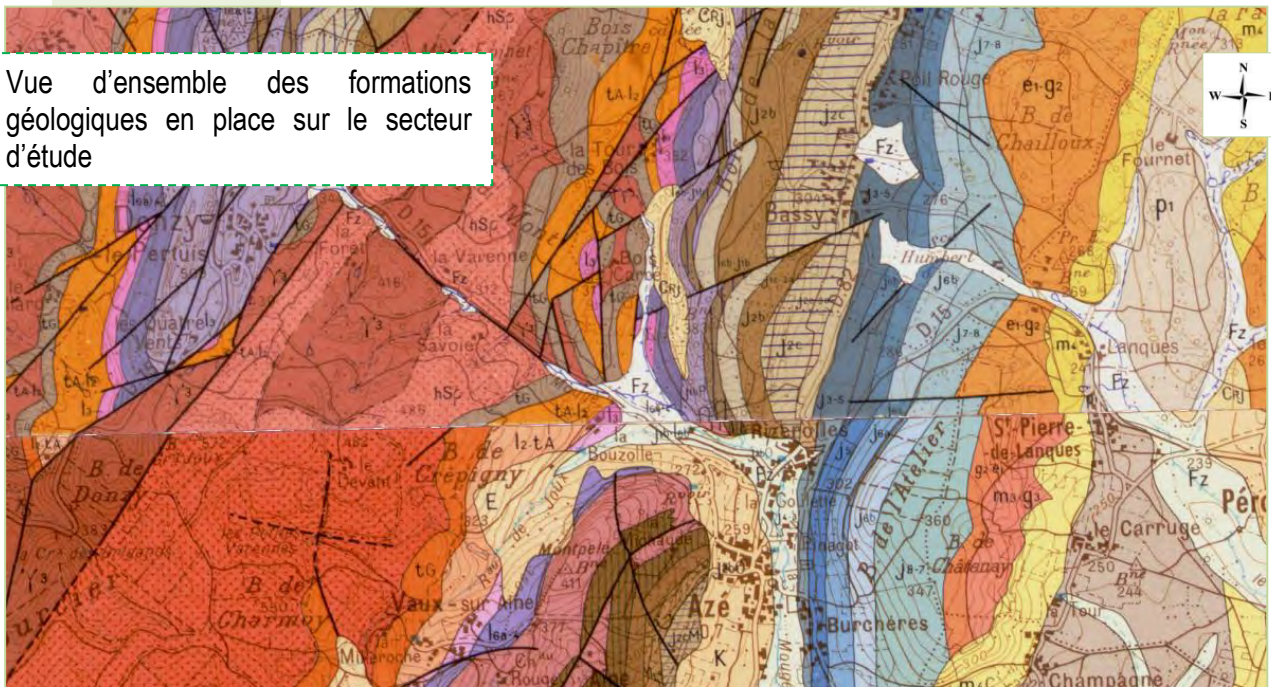
- Les crues liées aux pluies peuvent se produire en n'importe quelle saison
- Les pluies sont relativement abondantes et uniformément réparties sur l'année (distribuées sur une centaine de jours par an). Les précipitations moyennes sont de l'ordre de 850 mm.

Le tableau présenté ci-dessous permet de caractériser les précipitations maximales journalières de référence.

Période de retour T	Précipitation maximale journalière (mm)
2 ans	41
5 ans	55
10 ans	65
20 ans	75
50 ans	90
100 ans	100

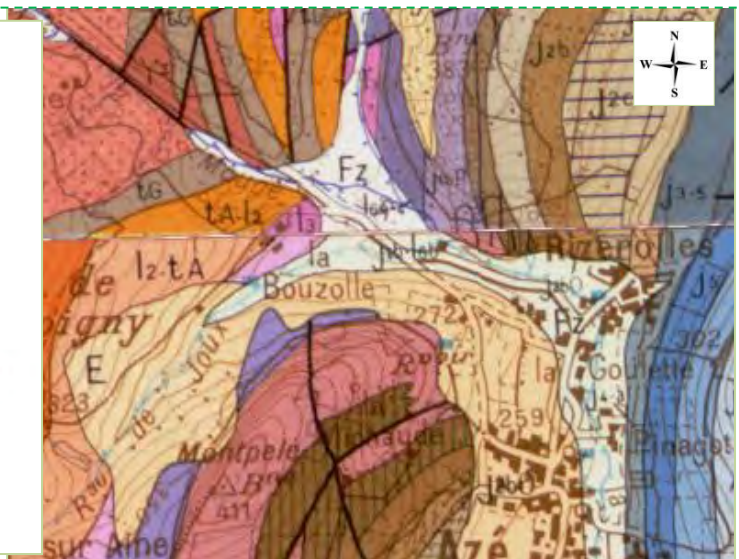
2.1.3. Géologie

Vue d'ensemble des formations géologiques en place sur le secteur d'étude



De manière générale, la tête de bassin de la Mouge est constituée de formations primaires peu mobilisables issues de phénomènes volcaniques. On retrouve essentiellement les tufs soudés, rhyolitiques et des granoïdes hypo volcaniques

FORMATIONS SUPERFICIELLES QUATÉRAIRES	
E	Éboulis
C	Colluvions, éboulis et moraines remaniés
V	Écroulements
L	Loupes de glissement
N	Niches d'arrachement
Fz	Alluvions récentes de fonds de vallées
FJz	Cônes de déjection ou d'épandages post-würmiens
FJy	Cônes de déjection de retrait würmien (terrasses marginales) 1 - chenal fluvio-glaciaire associé (Chamousset)
Gy	Moraines würmiennes à post-würmiennes
Fx-y	Alluvions anciennes inframorainiques
	Cordons morainiques - vallums etou drumlins



Le fond de vallée de la Mouge est caractérisé par des formations superficielles du quaternaire à savoir des alluvions récentes. Il sera important de garder ce paramètre à l'esprit puisque il conditionne bien souvent la capacité de mobilité latérale et donc de dynamique générale du cours d'eau. Pour le ruisseau de Joux, les formations observées sont également récentes puisque issues du quaternaire. Sur la partie aval du cours d'eau, on retrouve des Eboulis. Leur possible remobilisation par la rivière est souvent liée à des événements dits « exceptionnels ». La dernière partie du tracé est quant à elle caractérisée par des alluvions récentes de type FZ.

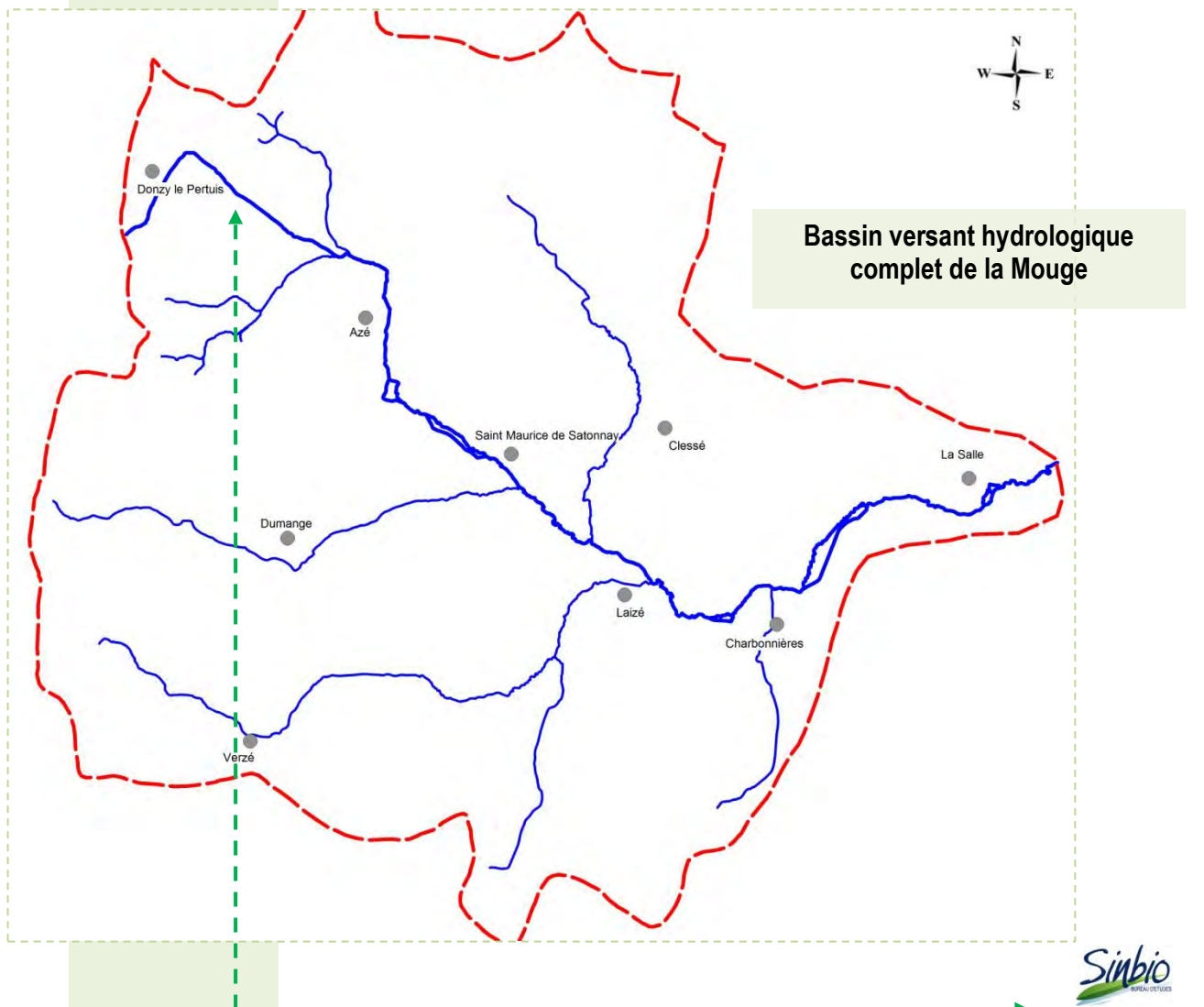
A noter l'absence de terrasses alluviales et de cônes de déjections. Le secteur présente les caractéristiques d'une zone de production et de remobilisation naturellement observée en tête de bassin. Ce secteur va alimenter l'aval du cours d'eau en alluvions et constituer son stock sédimentaire.

2.1.4. Le bassin versant de la Mouge

Il s'agit au travers de l'analyse du territoire d'étude de travailler à deux échelles : au niveau du bassin versant hydrologique complet de la Mouge et du bassin versant hydrologique de la zone de travaux.





- **Le bassin versant complet de la Mouge**

Le bassin versant complet de la Mouge présente une superficie de 120 km² environ. Il culmine à 600 mètres d'altitude (mont Mandé). La rivière s'écoule au travers de ce bassin versant dans un axe Nord-ouest / Sud-est et parcourt un linéaire de l'ordre de 25 km. La carte présentée ci-dessous permet d'illustrer le bassin versant global. Nous avons également déterminé le bassin versant de la zone de travaux qui présente une surface de 15 km² environ.



Sinbio
SOLUTIONS
D'ÉCOLOGIE

Légende

-  Bassin versant hydrologique de la Mouge
-  Bassin versant hydrologique : zone de travaux
-  Communes
-  Cours d'eau

Bassin versant hydrologique de la zone de travaux



2.1.5. Occupation du sol à l'échelle du bassin versant et du site d'étude

L'occupation du sol est basée sur les données Corine Land Cover établies en 2006 et remises à jour en 2010. Il s'agit la encore de réaliser une analyse globale du bassin versant et d'observer ensuite le bassin de travaux.

- **L'occupation du sol à l'échelle du bassin versant**

L'occupation du sol se décompose en treize entités distinctes. Les tableaux présentés ci-dessous présentent les résultats obtenus à partir de l'analyse du Corine Land Cover de 2006.

Description	Indice Corrine Land Cover	Surface (ha)	%
Tissu urbain discontinu	112	408.1	3.47
Réseaux routier et ferroviaire	122	5.7	0.05
Extraction de matériaux	131	46.0	0.39
Equipements sportifs et loisirs	142	56.5	0.48
Terres arables hors périmètre d'irrigation	211	1106.2	9.41
Vignobles	221	1861.0	15.82
Prairies	231	1774.4	15.09
Systèmes culturaux et parcellaires complexes	242	1798.4	15.29
Surfaces essentiellement agricoles	243	34.8	0.30
Forêts de feuillus	311	4209.7	35.79
Forêts de conifères	312	374.5	3.18
Foret et végétation arbustive en mutation	324	83.3	0.71
Cours et voies d'eau	511	2.8	0.02
		11761.3	100

A l'échelle du bassin versant complet, l'occupation du sol est dominée par les forêts de feuillus qui représentent plus de 35 % de l'occupation globale. On retrouve ensuite les terres agricoles avec une répartition assez homogène entre les prairies/pâtures et le vignoble assez bien implanté sur le bassin. En revanche, les surfaces agricoles de type grandes cultures sont moins représentées puisqu'elles représentent seulement près de 10% du bassin. A noter le très faible pourcentage de surfaces urbanisées. Pour faciliter la lecture et l'interprétation des données, l'occupation du sol est regroupée en 6 classes distinctes : les zones urbanisées, les zones de culture, les prairies, les forêts et autres (plans d'eau...)

Description	Désignation	Surface (ha)	%
Zones urbanisées, voiries et équipements annexes	1	516.3	4.39
Zones de cultures (grandes cultures)	2	2939.4	24.99
Zones de cultures (vignobles)	3	1861	15.82
Prairies de fauches et pâtures	4	1774.4	15.09
Zones forestières	5	4667.5	39.68
Divers (cours d'eau, plans d'eau...)	6	2.8	0.02
		11761.4	100

Globalement, la répartition de l'occupation du sol fait état d'un bassin rural où les terres agricoles sont réparties de manière plutôt homogène entre les pâtures, les cultures et le vignoble qui constitue un patrimoine local. Au niveau de l'occupation forestière, les surfaces sur le bassin sont très légèrement au dessus de la moyenne française qui se situe autour de 40 % du territoire.

- **L'occupation du sol à l'échelle du secteur de travaux**

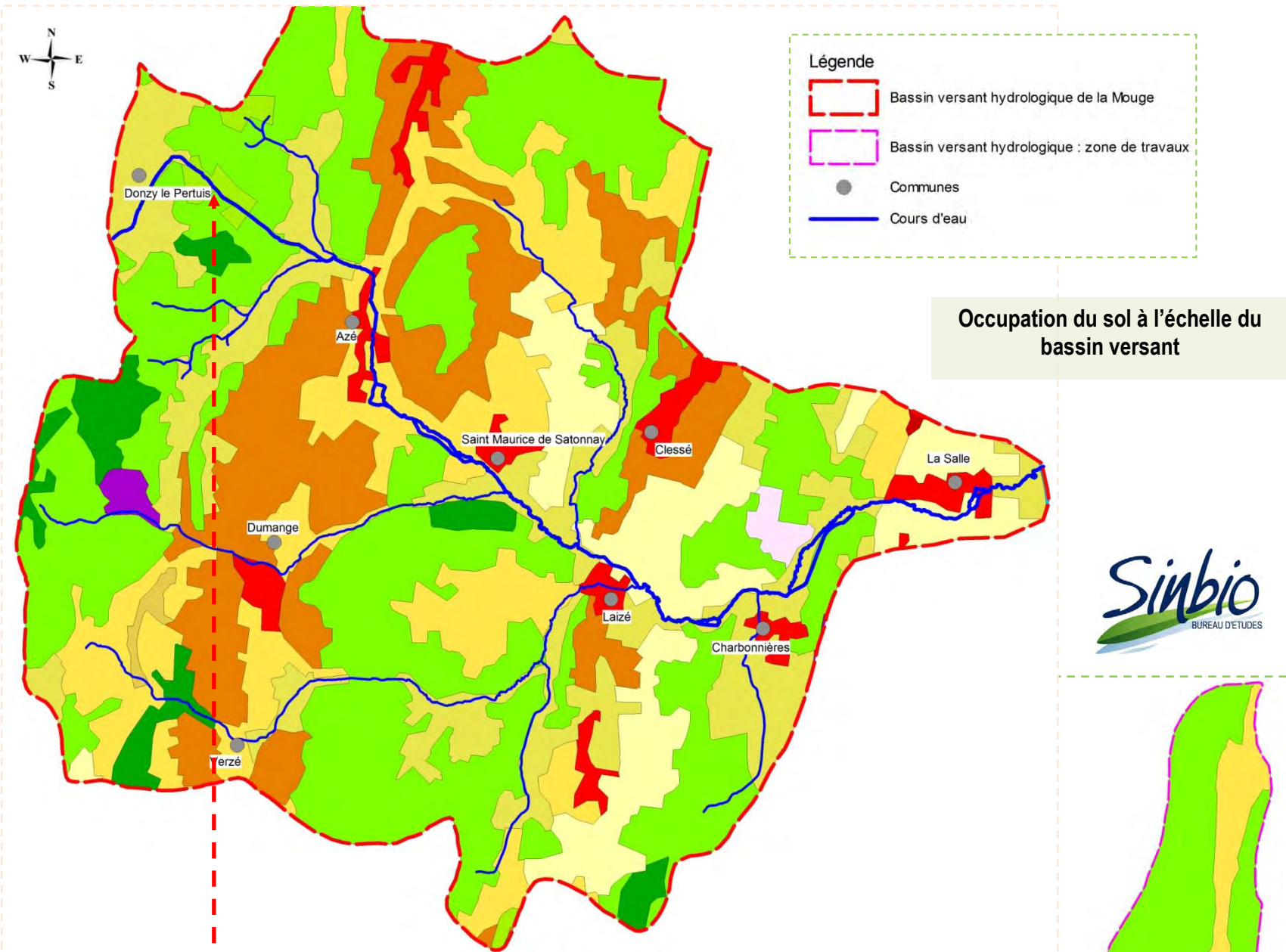
A l'échelle de secteur de travaux, l'occupation du sol se décompose en six entités distinctes. Les tableaux présentés ci-dessous présentent les résultats obtenus à partir de l'analyse du Corine Land Cover de 2006.

Description	Indice Corrine Land Cover	Surface (ha)	%
Tissu urbain discontinu	112	0.00	0.00
Réseaux routier et ferroviaire	122	0.00	0.00
Extraction de matériaux	131	0.00	0.00
Equipements sportifs et loisirs	142	0.00	0.00
Terres arables hors périmètre d'irrigation	211	0.00	0.00
Vignobles	221	4.00	0.26
Prairies	231	473.88	30.76
Systèmes cultureux et parcellaires complexes	242	71.42	4.64
Surfaces essentiellement agricoles	243	0.00	0.00
Forêts de feuillus	311	867.26	56.29
Forêts de conifères	312	52.68	3.42
Forêt et végétation arbustive en mutation	324	71.46	4.64
Cours et voies d'eau	511	0.00	0.00
		1540.7	100

L'analyse des données brutes permet d'illustrer la forte domination des forêts de feuillus (plus de 55 %). Les espaces de prairies sont surtout représentés par des pâtures (à hauteur de 30%). Le vignoble représente seulement 4 % de l'occupation du sol. Ces vignes sont concentrées sur le coteau en rive gauche d'un affluent de la Mouge. Pour faciliter la lecture et l'interprétation des données, l'occupation du sol est regroupée en 6 classes distinctes : les zones urbanisées, les zones de culture, les prairies, les forêts et autres (plans d'eau...)

Le regroupement des différentes classes (4 classes) permet de confirmer la très forte domination des espaces forestiers. Cette répartition de l'occupation du sol est assez courante sur les têtes de bassins versant. Les espaces forestiers permettent de donner un bon ombrage à la rivière est ainsi conserver des eaux fraîches et claires.

Description	Désignation	Surface (ha)	%
Zones urbanisées, voiries et équipements annexes	1	0	0.00
Zones de cultures (grandes cultures)	2	71.42	4.64
Zones de cultures (vignobles)	3	4	0.26
Prairies de fauches et pâtures	4	473.88	30.76
Zones forestières	5	991.4	64.35
Divers (cours d'eau, plans d'eau...)	6	0	0.00
		1540.7	100



Occupation du sol à l'échelle du bassin versant

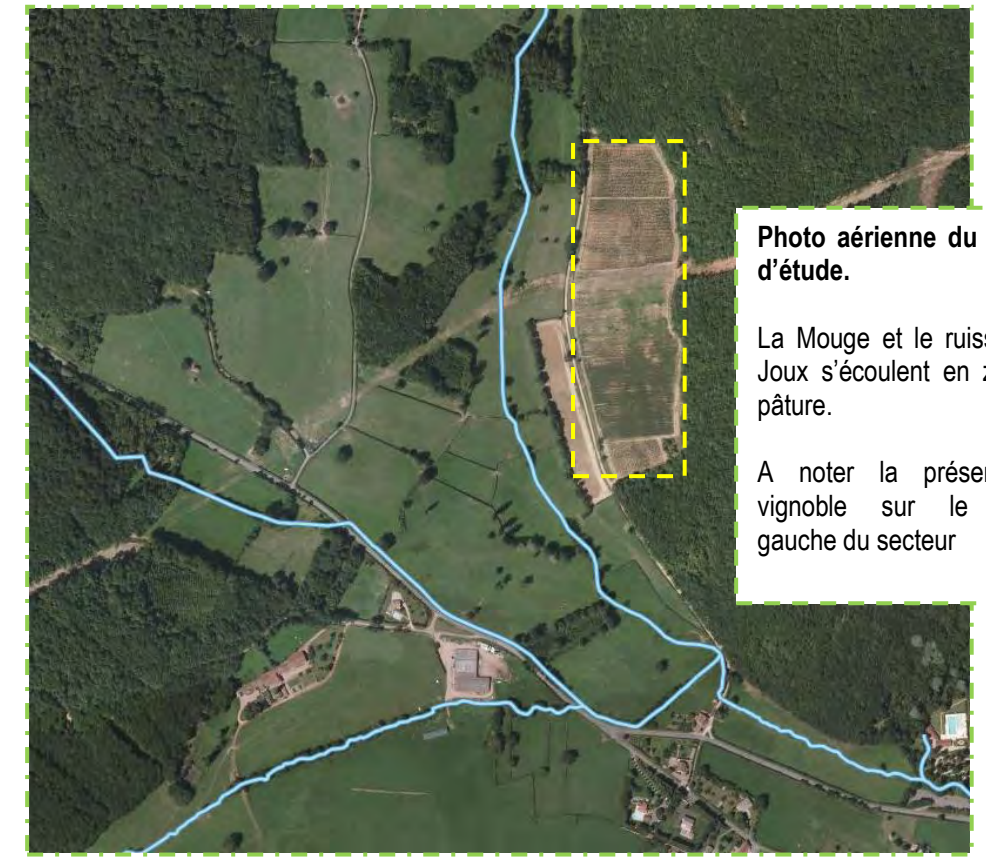


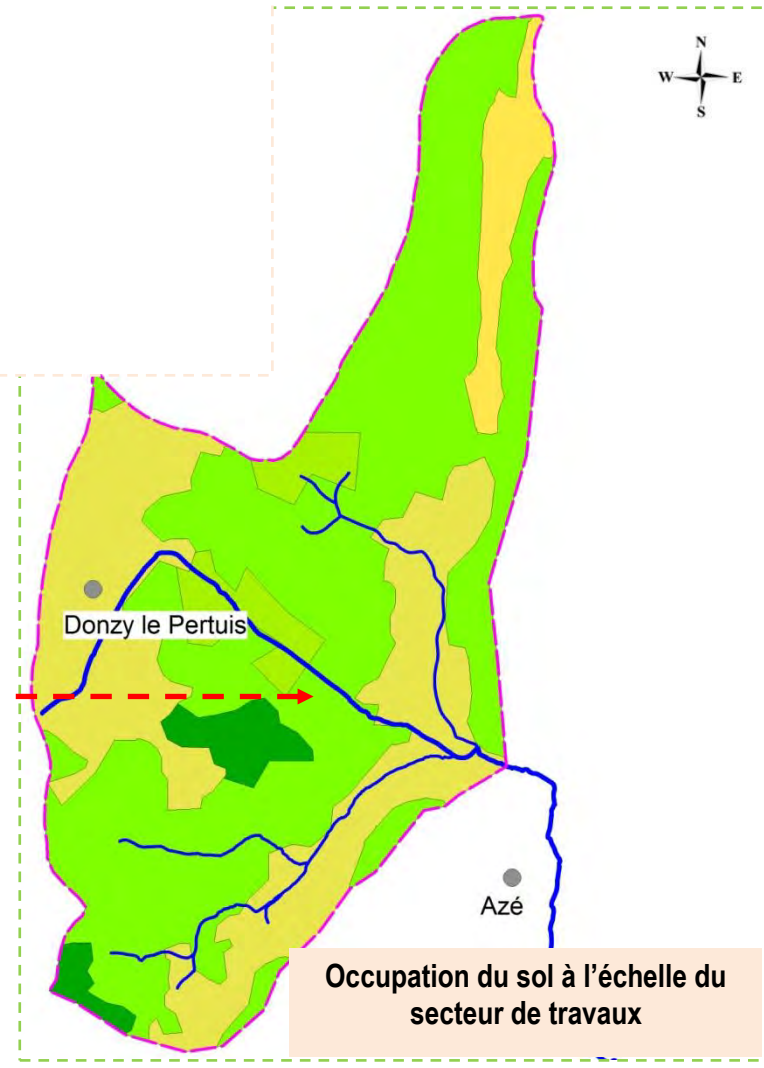
Photo aérienne du secteur d'étude.

La Mouge et le ruisseau de Joux s'écoulent en zone de pâture.

A noter la présence du vignoble sur le coteau gauche du secteur

Corinne Land Cover (2006)

Yellow	Systèmes culturaux et parcellaires complexes
Light Green	Forêts de feuillus
Dark Green	Forêts de conifères
Blue	Cours et voies d'eau
Orange	Vignobles
Light Yellow	Prairies
Light Yellow	Terres arables hors périmètre d'irrigation
Light Yellow	Surfaces essentiellement agricoles
Red	Tissu urbain discontinu
Purple	Extraction de matériaux
Light Green	Forêt et végétation arbustive en mutation
Pink	Equipements sportifs et loisirs
Red	Réseau routier et ferroviaire



Occupation du sol à l'échelle du secteur de travaux

Occupation du sol à l'échelle du bassin versant

Description	Désignation	Surface (ha)	%
Zones urbanisées, voiries et équipements annexes	1	516.3	4.39
Zones de cultures (grandes cultures)	2	2939.4	24.99
Zones de cultures (vignobles)	3	1861	15.82
Prairies de fauches et pâtures	4	1774.4	15.09
Zones forestières	5	4667.5	39.68
Divers (cours d'eau, plans d'eau...)	6	2.8	0.02
		11761.4	100

Occupation du sol à l'échelle du secteur de travaux

Description	Désignation	Surface (ha)	%
Zones urbanisées, voiries et équipements annexes	1	0	0.00
Zones de cultures (grandes cultures)	2	71.42	4.64
Zones de cultures (vignobles)	3	4	0.26
Prairies de fauches et pâtures	4	473.88	30.76
Zones forestières	5	991.4	64.35
Divers (cours d'eau, plans d'eau...)	6	0	0.00
		1540.7	100

2.1.6. Contexte agricole et découpage parcellaire de la zone

- **Analyse du contexte agricole à l'échelle communale**

L'analyse du contexte agricole est réalisée à partir des fiches du recensement agricole disponibles. Même si cette analyse n'est pas très représentative à l'échelle d'une commune, elle permet de visualiser la tendance d'évolution sur le territoire communal et de les croiser avec les données de l'occupation du sol.

Données générales		Ensemble des exploitations		
		1988	2000	2010
Exploitation agricole	<i>nombre</i>	49	41	27
Superficie agricole utilisée	<i>hectare</i>	641	669	640
Cheptel	<i>unité gros bétail alimentation totale</i>	360	371	275

Source : Ministère en charge de l'agriculture, Agreste, recensements agricoles

Le tableau général permet d'illustrer une tendance observée à l'échelle nationale à savoir la très forte diminution du nombre d'exploitations agricoles associée à une faible évolution de la Surface Agricole Utile. On observe alors un phénomène de concentration avec une SAU moyenne par exploitation en nette hausse. Toutefois, cette hausse est souvent enregistrée sur les exploitations dont l'orientation technico-économique est la grande culture.

Le cheptel global est en très nette diminution entre 2000 et 2010 puisque la baisse représente 96 UTA soit près de 25%.

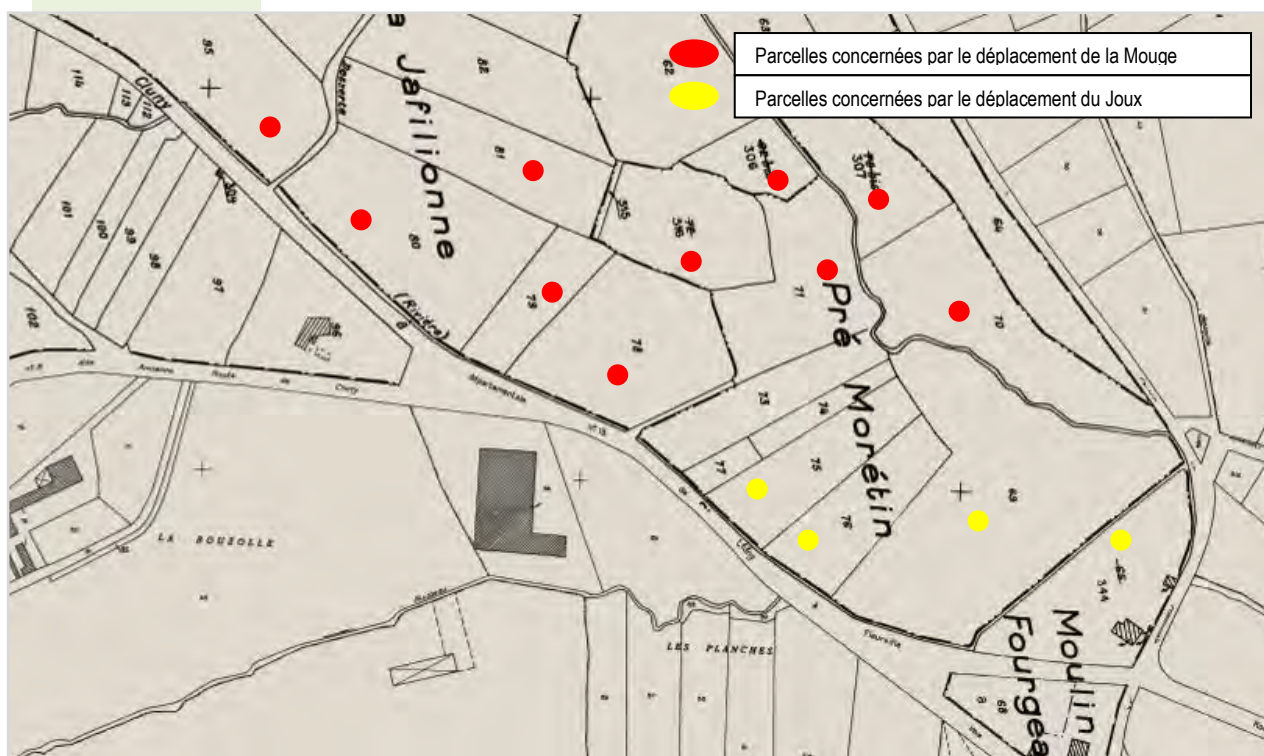
Répartition de la SAU		Ensemble des exploitations		
		1988	2000	2010
Superficie en terres labourables	<i>hectare</i>	53	66	49
Superficie en cultures permanentes	<i>hectare</i>	248	266	295
Superficie toujours en herbe	<i>hectare</i>	337	335	297

Source : Ministère en charge de l'agriculture, Agreste, recensements agricoles

Le tableau de répartition de la SAU illustre l'évolution du parcellaire à l'échelle de la commune. Comme dans de nombreuses vallées rurales dont le terroir est lié aux races à viandes, les superficies de grandes cultures sont en augmentation au détriment des surfaces en herbe. Toutefois, l'augmentation reste faible à l'échelle de la commune d'Azé. Cette faible augmentation est aussi liée au caractère humide des terres.

Le rapport des Surfaces Toujours en Herbe avec le Cheptel fait état d'un chargement à l'hectare très légèrement supérieur à 1. Les élevages peuvent être qualifiés d'extensifs en limite de classe.

- Rappel des parcelles concernées



Parcelles concernées sur La Mouge

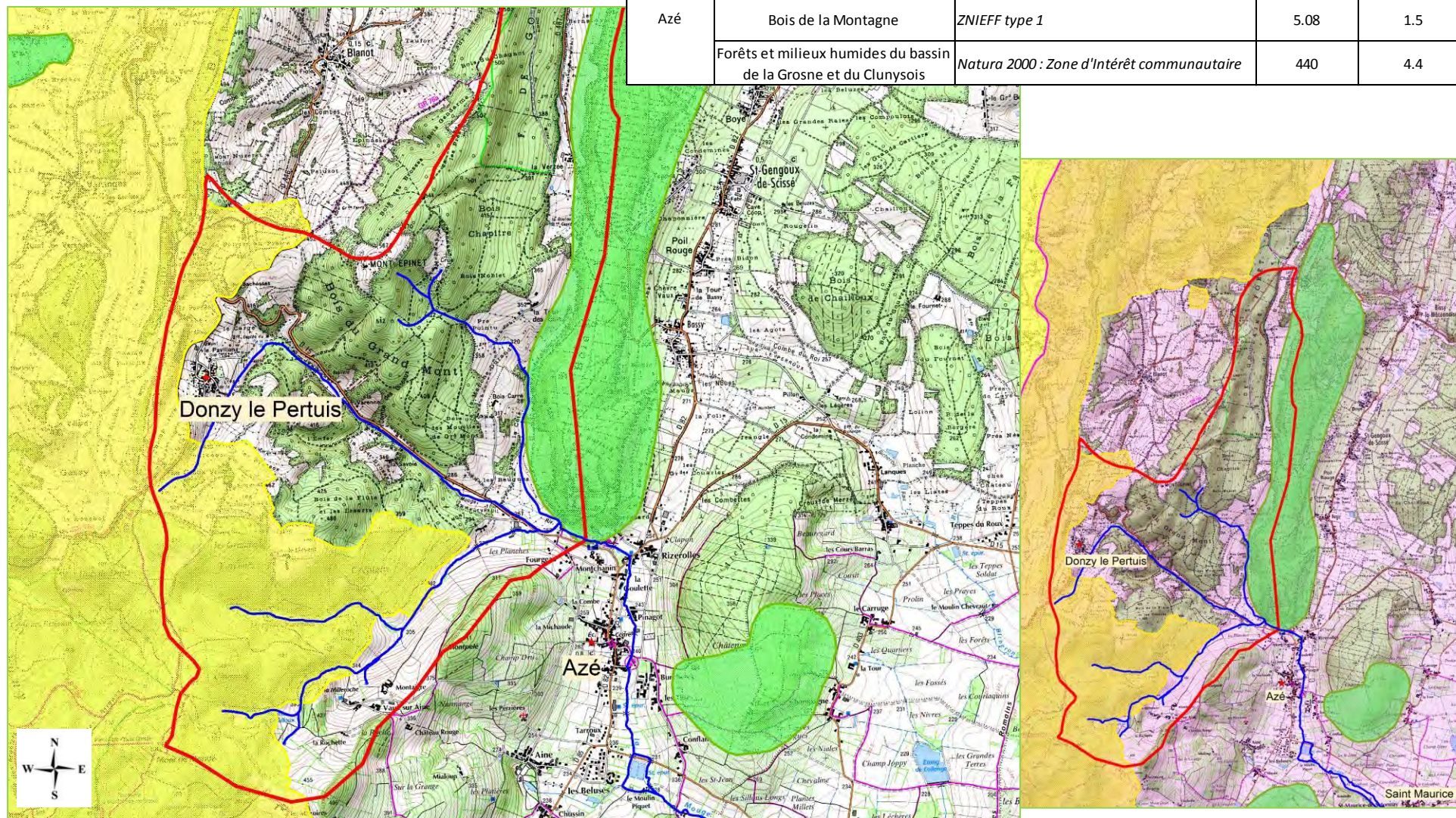
Numéro de parcelle	Propriétaire	Surface (m ²)
Parcelle 95	Ind Richard Leeman	1620
Parcelle 80	Indiv Bouchard	1200
Parcelle 81	Madame Bouchard	642
Parcelle 315	Indiv Bouchard	46
Parcelle 316	Indiv Bouchard	722
Parcelle 306	Indiv Vallet Alameunière	310
Parcelle 71	Indiv Bouchard	686
Parcelle 307	/	303
Parcelle 70	Indiv Bouchard	32

Parcelles concernées sur le ru de Joux

Numéro de parcelle	Propriétaire	Surface (m ²)
Parcelle 76	Indiv Bouchard	1155
Parcelle 69	Indiv Bouchard	1776
Parcelle 70	Indiv Bouchard	302
Parcelle 344	/	5730

2.1.7. Milieux remarquables et protégés

Commune	Désignation	Type de statut	Surface totale de la zone (km2)	Surface concernée (km2)
Azé	Cote Mâconnaise	ZNIEFF type 2	360	15.4
	Bois de la Montagne	ZNIEFF type 1	5.08	1.5
	Forêts et milieux humides du bassin de la Grosne et du Clunyois	Natura 2000 : Zone d'Intérêt communautaire	440	4.4



2.2. La Mouge (voir plan état initial)

2.2.1. Diagnostic écologique du secteur d'étude

- **Présentation générale**

La Mouge est une rivière de première catégorie qui prend sa source sur la commune de Donzy Le Pertuis à une altitude de 480 mètres environ. Après un parcours de plus de 20 km, elle se jette dans la Saône à 172 mètres d'altitude. La Mouge draine la partie centrale des Monts du Maconnais à une dizaine de kilomètres au nord de Macon. Son bassin versant s'étend sur approximativement 120 km². Le relief du bassin n'est marqué que sur l'extrémité Ouest, les altitudes décroissent ensuite vers la Saône située à l'Est. Trois affluents majeurs s'écoulent au travers du bassin versant de la Mouge :

Caractéristiques générales	
Bassin versant	120 km ²
Linaire	20 km
Pente (i)	1.6 %

-la petite Mouge (affluent rive droite) qui s'écoule sur 7.8 km pour un bassin versant de 16 km²

-le Bicheron (affluent rive gauche) qui s'écoule sur 6.8 km pour un bassin versant de 20 km²

-le Talechant (affluent rive droite) qui s'écoule sur 10.1 km pour un bassin versant de 25 km²

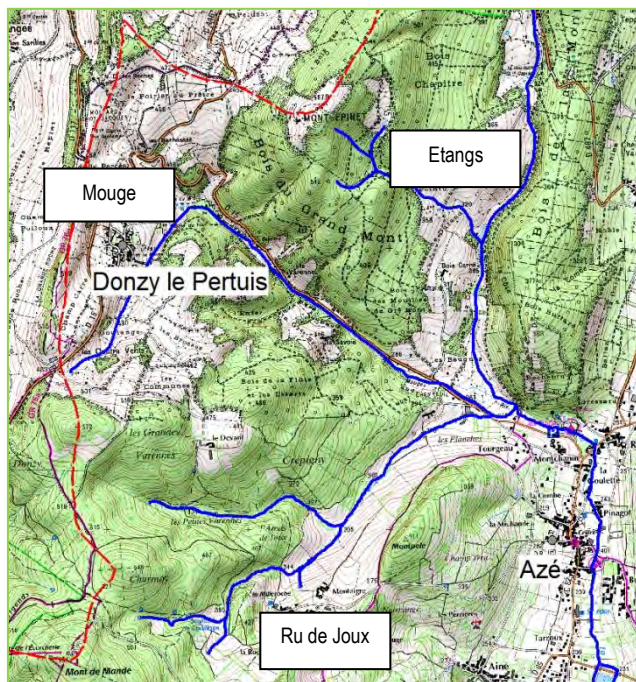
- **Caractéristiques générale des cours d'eau sur le secteur d'étude**

Sur le secteur concerné par l'étude, deux affluents sont concernés par les futurs travaux :

- **Le ruisseau dit «des étangs» en rive gauche de la Mouge** qui s'écoule sur près de 7 km et qui draine un bassin versant de l'ordre de 5.6 km².
- **Le ruisseau de Joux en rive droite de la Mouge** qui s'écoule sur près de 4 km et qui draine un bassin versant de l'ordre de 4.20 km².

Il reste ensuite le drain principal du bassin versant :

- **La Mouge de sa source jusqu'au pont de la RD 15** qui s'écoule sur près de 4.9 km et qui draine un bassin versant de l'ordre de 5.6 km².



- **La ripisylve**

Sur la zone de source (source captée du four), la Mouge s'écoule au milieu d'une pâture avant de se coller à un massif forestier où la végétation est assez bien représentée. Lorsque la rivière change d'orientation pour plonger vers Azé, le couvert végétal est toujours présent mais le cours d'eau traverse une peupleraie sur près de 800 mètres. La Mouge s'écoule de nouveau au sein d'un massif forestier qui s'éclaircit sur les 250 mètres avant le passage sous la RD 15 pour donner une ripisylve continue mais faiblement dense.

La végétation observée sur l'extrême amont du bassin est à dominance forestière et pas forcément représentative du fond de vallée où les travaux vont se dérouler. Les autres visites de terrain sur les secteurs plus en aval du bassin et les études que nous menons en parallèle sur des bassins ou les configurations sont assez proches nous ont permis d'observer les cortèges fréquemment rencontrés :

- Saules blancs et les saules arbustifs qui constituent une partie des espèces pionnières. Dans le secteur, les saules sont bien souvent anciens, vieillissants et ont fait l'objet de taille en têtards. Le renouvellement des cortèges de saules reste faible.
- Les deux autres espèces très fréquemment rencontrées sont le frêne commun et surtout l'Aulne glutineux parfois indicateur d'un fond de vallée assez encaissé, peu ensoleillé et régulièrement humide.
- Le chêne pédonculé est présent de manière éparse, il fait partie des espèces climaciques indicatrices d'une certaine maturité de la végétation en place.
- Des espèces arbustive de type aubépine que l'on retrouve surtout sur les secteurs où l'entretien est réalisé à l'épaveuse. Ces espèces se retrouvent également en haut de berges abruptes sur des petits affluents.

Pour la Mouge, sur le secteur des travaux futurs qui s'étend du passage sous la RD 15 jusqu'à l'ancien ouvrage du moulin aval, la ripisylve est absente. En bordure de la route (rive droite), c'est la strate herbacée qui a colonisé le milieu et l'évolution naturelle vers le développement d'espèces arbustives est rendue impossible par l'entretien nécessaire en bordure de voirie pour maintenir une visibilité conforme aux normes de sécurité. En rive gauche, quelques héliophytes se développent en compagnie du reliquat d'une ancienne haie bocagère.



Sinbio : janvier 2014



Ci-contre : Illustration de la strate herbacée en rive droite

Ci-dessus : ancienne haie bocagère en rive gauche

Sur le ruisseau de Joux, la ripisylve est représentée par des cordons de végétation entrecoupés de secteurs où le ruisseau est à nu. La ripisylve est vieillissante, dans un état passable et nécessitera une intervention d'entretien dans le cadre d'un futur programme. Il s'agira de réaliser des tailles sélectives afin d'empêcher le dépérissement des individus en place mais également de permettre de créer des zones de renouvellement des classes d'âges.

Après la confluence entre le ruisseau de Joux et la Mouge, la végétation en place est continue et suffisamment dense pour apporter un ombrage au lit mineur. On retrouve un cortège de frênes commun sur le secteur aval et de saules après l'ancien ouvrage de répartition du moulin.



Sinbio Juillet 2014



Sinbio : Juillet 2014

Illustration de la végétation rivulaire en place sur le dernier secteur de la rivière après la confluence du ruisseau de Joux avec la Mouge

• Les berges

Il est nécessaire de distinguer plusieurs secteurs où les berges présentent des caractéristiques différentes :

Au droit de la RD 15 et jusqu'à l'ancien ouvrage du moulin, les berges présentent un faciès assez abrupt peu propice au retour spontané de la végétation. Ce constat est surtout vrai pour la rive droite. Après la confluence avec le ruisseau de Joux, la berge rive droite devient beaucoup plus hautes. Dans l'ensemble, les berges sont naturelles même si la rive droite a fait l'objet de quelques aménagements éparses type mur maçonné. A noter que le secteur de berge haute est constitué de matériaux de remblais.



Sinbio : janvier 2014

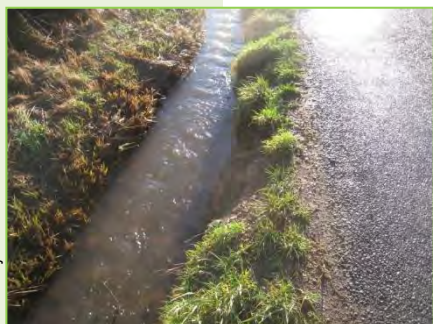


Sinbio : janvier 2014

Illustration de petites protections en mur maçonné et du faciès des berges

La berge rive droite (qui constitue également l'accotement de la voirie) est très fortement déstabilisée. Les matériaux qui sont essentiellement constitués de graviers dans une matrice terreuse plus ou moins marquée sont facilement mobilisables en période de crue. La strate herbacée en place assure une certaine tenue mécanique mais lorsque le facies de berge est abrupt, les crues ont une force d'arrachement relativement conséquente. La situation est aujourd'hui préoccupante puisque la rivière atteint presque la voirie sur quelques secteurs. Cette situation pose un véritable problème de sécurité pour les usagers de la route.

Sinbio : janvier 2014



Sinbio : janvier 2014



Sinbio : janvier 2014



Illustration de la déstabilisation de la berge et de l'accotement de la RD 15. En crue même courante, la nature des matériaux en place et l'énergie de la rivière entraînent un vrai recul de la berge.

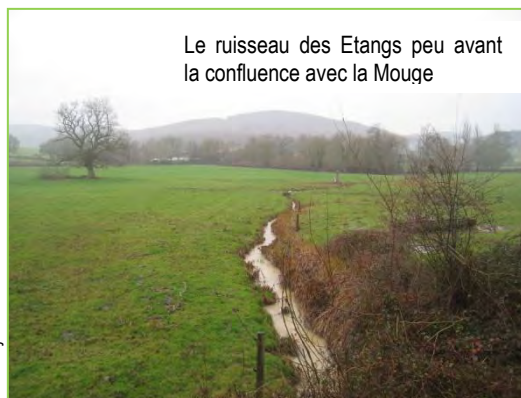
Sur le secteur aval, les berges sont très abruptes sur une vingtaine de mètres après l'ancien ouvrage du moulin et elles deviennent assez douces par la suite. A noter la présence d'une protection en mur maçonné en rive gauche après la confluence avec le ruisseau des étangs.

Sinbio : janvier 2014



La Mouge après la confluence avec le ruisseau de Joux

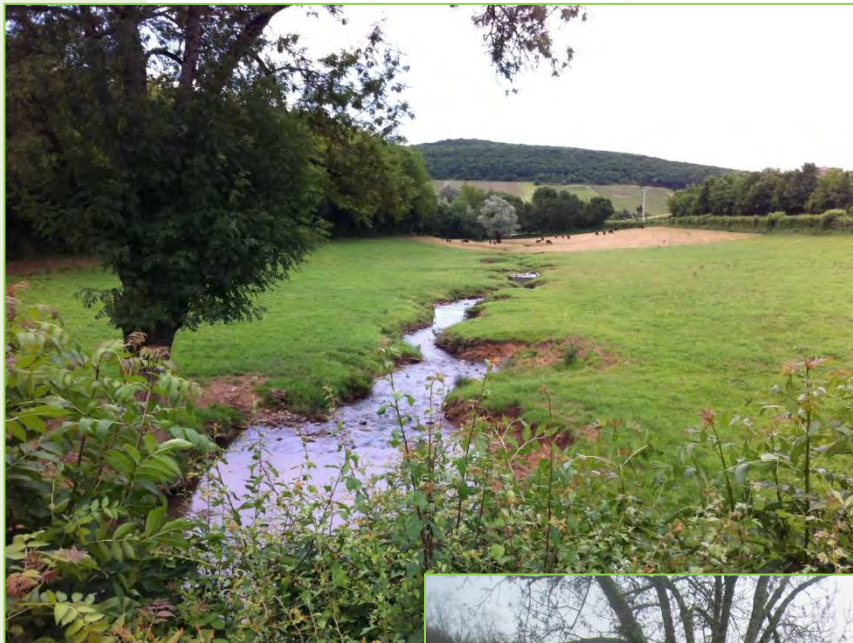
Sinbio : janvier 2014



Le ruisseau des Etangs peu avant la confluence avec la Mouge

Sur le secteur en aval de la zone d'étude, le lit présente des caractéristiques plus proches des secteurs dits naturels. Les berges sont très peu marquées et les hauteurs de berge sont de l'ordre de 50 à 80 cm.

Sinbio : Janvier 2014



Sinbio : Janvier 2014



Sinbio : Janvier 2014



- **Le lit mineur**

Il est difficile de caractériser le lit mineur au droit de la route puisqu'il s'agit d'un secteur qui a fait l'objet d'une rectification. Toutefois, le lit présente des écoulements relativement vifs qui permettent d'assurer un auto-curage des matériaux en place. Le substrat est dominé par les graviers fins à grossiers. A noter la présence de poches de sables plus ou moins importantes. Quelques éléments plus grossiers de type cailloux sont également présents de manière ponctuelle. Le lit mineur présente un aspect rectiligne et uniforme lié à son implantation en contre bas de la route. Cette configuration limite très fortement la diversité des habitats, des hauteurs d'eau et donc la capacité d'accueil du cours d'eau.

Sur les secteurs plus naturels en aval direct, le lit présente une largeur qui varie de 1 à 2 mètres avec un fond relativement plat. **La caractéristique principale du lit mineur est qu'il présente des berges peu marquées. Il a donc tendance à s'étaler très rapidement lors d'épisodes pluvieux. Il faudra veiller à respecter cette caractéristique lors de la conception du gabarit du nouveau lit.**

Pour le ruisseau de Joux, le substrat est du même ordre que sur la Mouge et la présence de la végétation permet d'offrir un potentiel de caches plus importants pour la faune piscicole. La diversité des écoulements est considérée comme correcte pour un cours d'eau de ce gabarit.

Le ruisseau de l'étang présente un substrat plus sableux et la plus faible pente de la partie aval limite quelque peu sa capacité d'auto-curage.



Illustration du substrat en place sur le secteur qui s'écoule en contre bas de la RD 15.



Rq : A noter la présence de sur-piétinement bovin sur le ruisseau des Etangs. Cet aspect devra être intégré dans les mesures d'accompagnements des travaux pour permettre de conserver des berges en bon état et surtout limiter l'apport de fines qui peuvent générer un colmatage important des fonds.

- **Les ouvrages : ouvrages de franchissement et ouvrages hydrauliques**

Ouvrages de franchissement

Trois ouvrages sont présents sur le secteur d'étude qui sera concerné par les travaux de déplacement de la Mouge.

- **Ouvrage de franchissement de la RD 15 amont (1).** Il s'agit d'un ouvrage de franchissement classique qui fera l'objet d'un dégagement lors de la phase travaux
- **Ouvrage de franchissement à la confluence entre la Mouge et le ruisseau de Joux (2).** Cet ouvrage est assez ben calé sur le profil en long et ne pose pas de problème de continuité sédimentaire et/ou piscicole.
- **Ancien ouvrage du moulin de Fourgeot (3).** Il s'agit de l'ancien ouvrage d'alimentation du bief du moulin. Il est très fortement dégradé. De plus, la chute de l'ordre du mètre est bien présente et constitue un point infranchissable pour la faune piscicole.



- **Les espèces invasives**

Un spot important de Renouée du Japon a été relevé sur la partie aval du tracé de la Mouge. Ce spot dont la superficie est de l'ordre de 150 m² devra être traité avec attention lors de la campagne de travaux pour éviter de disséminer la Renouée sur la Mouge. Cette tache est vraisemblablement issue des matériaux de remblais qui ont été apportés pour reconstituer la berge.

Une proposition sera faite pour sa suppression pure et simple. En effet, les campagnes de fauchage en bordure de voirie nécessaire pour assurer une bonne visibilité des usagers entraîne bien souvent une propagation rapide de ce type de spot. Lorsque la renouée est implantée sur des linéaires conséquents, il devient très difficile de l'éradiquer.

Il est tout de même important de préciser que la meilleure des solutions reste de maintenir une ripisylve dense et équilibrée avec des arbres de haut-jet en bordure des rivières qui vont fortement contraindre l'implantation et la propagation des espèces invasives au sens large.



Illustration de la tache de Renouée du Japon lors d'une visite de terrain en Juillet 2013

- **Conclusions**

Les cours d'eau du secteur présentent les caractéristiques suivantes :

- **Une ripisylve marquée et continue composée des cortèges arborés et les espèces dominantes suivantes : frênes communs, aulnes glutineux et saules blancs.** Cette ripisylve qui est relativement continue ne présente pas une énorme densité et permet de retrouver des alternances de zones ombre/lumière.
- **Des hauteurs de berges très peu marquées qui varient de 0.2 à 0.8 mètres en fonction de leur position** (extra d'eau-intra d'eau) et des caractéristiques du terrain naturel.
- **Un gabarit de l'ordre de 1 à 2 mètres composé d'un sédiment allant des sables jusqu'aux cailloux grossiers ou petites pierres.** Le fond est plat et le cours d'eau dessine sa diversité grâce aux alternances entre des zones de dépôts et de mobilisation de sa charge solide. Le lit est dimensionné pour supporter des débits courants. Des lors d'épisodes de pluies marquées, le lit s'étale et les connexions avec le lit majeur sont très courantes. Le fond de vallée est très large et peu marqué.

2.2.2. Analyse diachronique des tracés

- **Epoques analysées**

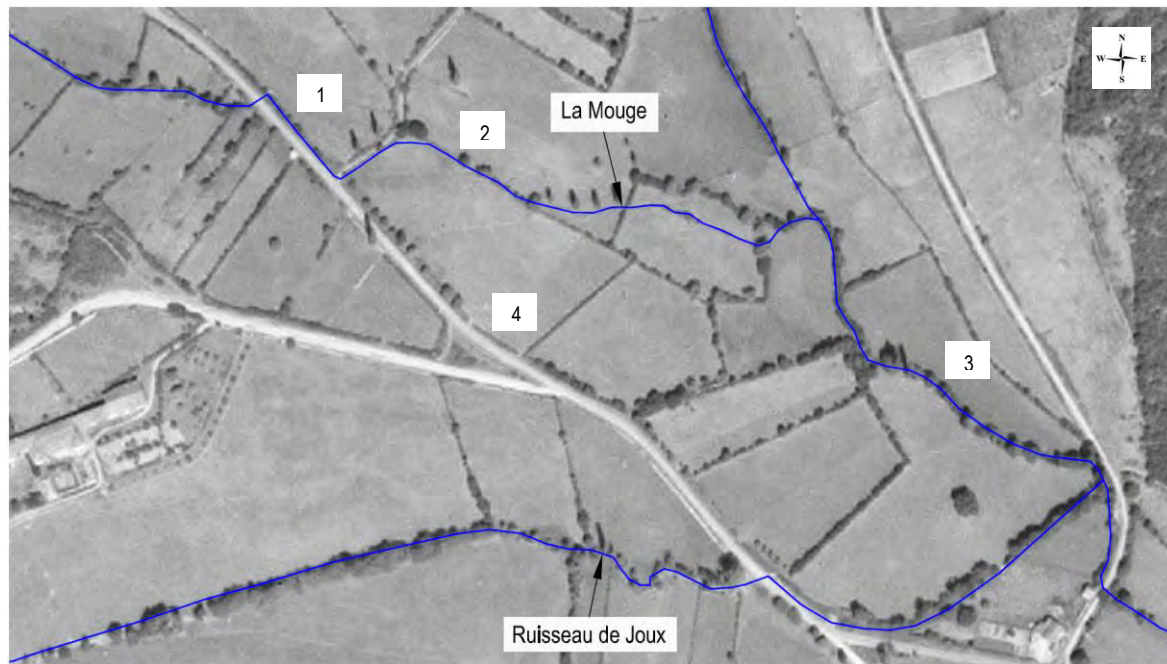
Il s'agit de réaliser une analyse comparative du tracé de la Mouge à différentes époques. La lecture des différents tracés pourra fournir des indices d'augmentation ou de diminution de l'activité fluviale. Toutefois, il est difficile de savoir si **les écarts observés sont dus à la dynamique latérale naturelle ou à des problèmes de calage liés à l'échelle, au tracé réalisé par l'opérateur et aux phénomènes de distorsion observés régulièrement sur les clichés aériens**. La grande difficulté de cet exercice est en effet liée à la difficulté d'apprécier à partir de cartes au 1/25000 des surfaces de lit mineur. Les différents époques traitées pour l'analyse historique du tracé de la rivière sont les suivantes :

- **Les cartes de Cassini** sont les 1^{ères} cartes dressées du royaume de France, par un travail de levés de terrain sur trois générations au 18^{ème} siècle. Réalisées à une échelle de l'ordre de 1/86 400^{ème}, les cartes détaillent relativement précisément le réseau routier, des lieux dits, le bâti principal (église, château, moulin) ainsi que le tracé des cours d'eau. Ce dernier permet principalement de mettre en évidence l'aspect global des cours d'eau (zones de cours d'eau fortement sinueux, grands méandres, etc...) mais la précision de la carte ne permet pas une analyse fine du tracé des cours d'eau et ne permet qu'une comparaison (superposition) approximative avec les cartes actuelles.

Les moulins représentés sur la Carte de Cassini et identifiés comme étant actuellement présents, confirment qu'ils sont fondés en titre, puisqu'ils ont été construits avant l'édition du Code napoléonien (1805).

- **Cartes d'état major** : 1833 (peu précises)
- **Photos aériennes d'après guerre** (entre 1947 et 1955 selon les secteurs)
- **Photos aériennes du début des années 80** (entre 1980 et 1985)
- **Photos aériennes de 2007** qui constituent le tracé actuel de la rivière

1945



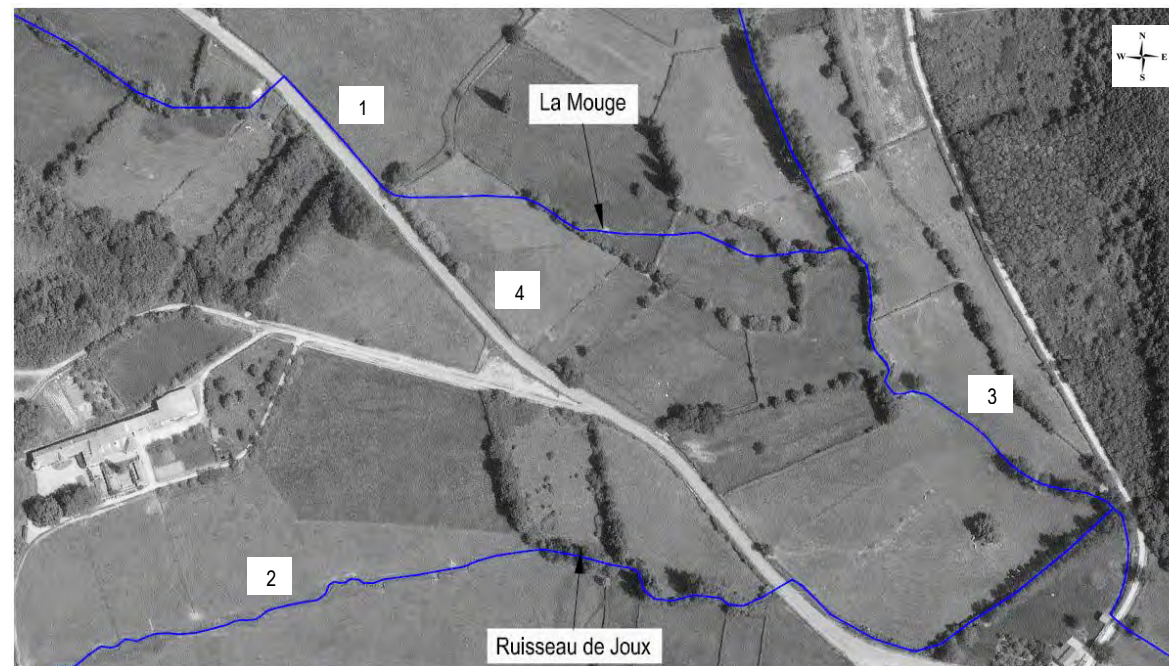
En 1945, un premier linéaire de 60 mètres environ s'écoule en bordure de la voirie (1).

La Mouge s'enfonce ensuite dans la pâture en suivant les points bas (qui ont été retrouvés grâce à la campagne de topographie). La rivière s'écoule le long de ce qui pourrait s'apparenter à une ancienne ripisylve mais correspond plutôt à une haie bocagère d'époque (2). La Mouge va continuer à suivre les points bas de la pâture avant de s'orienter de manière assez abrupte vers le ruisseau des Etangs. La Mouge va ensuite s'écouler jusqu'au moulin en confluant avec le ruisseau de Joux. A noter la présence d'une ripisylve assez dense entre le secteur de la confluence du ru des Etangs et du ru de Joux (3).

Il subsiste une incertitude quant à la présence d'écoulements en bordure de la voirie (4). Il n'est pas possible de déterminer s'il s'agit d'un fossé d'évacuation ou si une partie non négligeable du débit de la Mouge transitait déjà par ce drain artificiel.

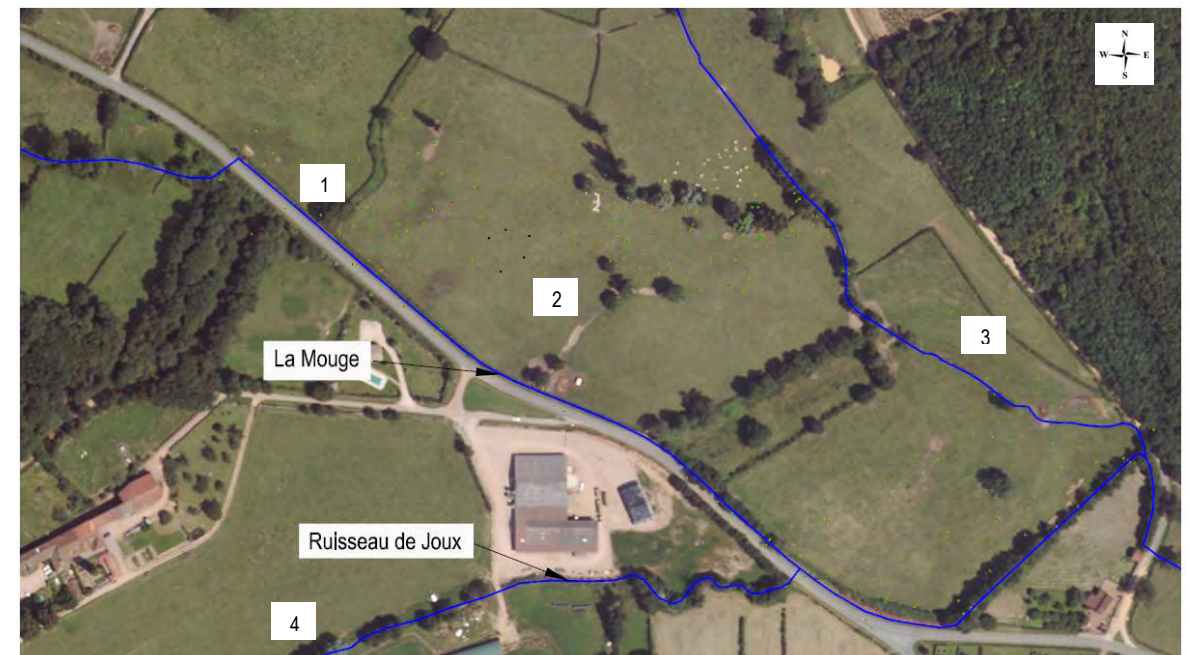
1980

En 1980, le premier linéaire de 60 mètres environ s'écoule toujours en bordure de la voirie (1).
Aucune mutation majeure n'est observable sur les tracés de rivière. Toutefois, il subsiste toujours une incertitude quant à la présence d'écoulement en bordure de la voirie (4).
Un élément est tout de même intéressant à observer, c'est la régression importante de la végétation rivulaire sur le ruisseau de Joux (2) et sur la Mouge (3). Le constat est flagrant sur le Ru de Joux où la végétation a purement et simplement disparue.



2007

En 2007, le tracé de la Mouge a totalement basculé en bordure de la voirie et s'écoule exclusivement en contre bas de cette route (1).
La présence d'un élément transversal a entraîné la création d'un chenal actif en crue (2)
Concernant la ripisylve, elle est toujours absente après la confluence avec le ruisseau des étangs (3). En revanche, elle a repris ses droits sous forme de tronçons discontinus sur le ruisseau de Joux (4).



2.2.3. Hydrologie de la rivière

Il s'agit de caractériser les débits de référence qui serviront de base au dimensionnement du futur lit. Toutefois, la contrainte principale est qu'il n'y a pas de station de mesure des débits sur les principaux cours d'eau du Mâconnais. Une seule station est située sur un affluent de la Petite Grosne : la Denante. Nous allons nous appuyer sur les études existantes et sur la comparaison du bassin versant de la Denante avec le bassin de travaux de la Mouge en appliquant un coefficient de correction.

Rq : il est important de rappeler que les débits obtenus par le calcul restent une estimation qu'il faut prendre avec du recul et qui servira de base pour le dimensionnement

- **Analyse bibliographique : données disponibles pour les débits de crue**

Les débits de crue sont issus de deux études menées par Ipseau en 1996 et 2006. Les résultats sont les suivants :

Données issues de l'étude 1996 : La Mouge à Azé au pont de la RD au droit de Rizerolles

Cours d'eau	Bassin versant	Débits de pointes de différentes périodes de retour						
		Q 1	Q 2	Q 5	Q 10	Q 25	Q 50	Q 100
Mouge	15.7	3.5	4	6	7	9	11	14

Les résultats obtenus nous permettent de caractériser la rivière en aval du secteur d'étude. Toutefois, l'étude de 1996 ne nous permet pas de caractériser l'apport de chacun des cours d'eau (Mouge+Joux+ruisseau des Etangs)

Données issues de l'étude 2006

Les débits obtenus par l'étude de 2006 nous permettent d'être plus précis sur les débits de crue de fréquence 10 ans. Les résultats sont morcelés par cours d'eau et serviront de référence pour extrapoler les autres débits de référence.

	Mouge	Ru de Joux	Ru des Etangs	Synthèse
Superficie BV	5.63	4.19	5.57	15.39
Pente pondérée (%)	3.3	5.9	3.8	/
Débit calculé Q10	2.68	2.23	2.44	7.35

Le débit de pointe de référence Q10 retenu est donc de 7.35 m3

- **Analyse bibliographique : données disponibles pour le module et les débits d'étiage**

Aucune donnée n'est disponible pour le module et les débits d'étiage

- **Détermination des débits de crue par le calcul**

Il s'agit de partir de la base bibliographique fournie dans le cadre de l'étude menée en 2006 en appliquant la gamme de coefficient généralement admise. Elle est déclinée ci-dessous :

Débit de référence	Coefficient de calcul
Q 2	0.6 * Q10
Q 5	0.8 * Q10
Q 20	1.25 * Q10
Q10 (valeur de départ)	/
Q 50	1.60 * Q10
Q 100	2 * Q10

Après application de ces coefficients, les résultats de débits instantanés obtenus sont les suivants :

	Mouge	Ru de Joux	Ru des Etangs	Synthèse
Superficie BV	5.63	4.19	5.57	15.39
Pente pondérée (%)	4.8	5.9	3.8	/
Débit calculé Q10	2.68	2.23	2.44	7.35
Q 2 (m ³ /s)	1.60	1.33	1.46	4.41
Q 5 (m ³ /s)	2.14	1.78	1.95	5.88
Q 20 (m ³ /s)	3.35	2.78	3.05	9.18
Q 50 (m ³ /s)	4.28	3.56	3.90	11.76
Q 100 (m ³ /s)	5.36	4.46	4.88	14.7

Les résultats obtenus paraissent robustes et coïncident avec les résultats obtenus par l'étude réalisée en 1996.

- **Détermination du module par le calcul**

Il est assez difficile de déterminer le module par le calcul. La méthode la plus fiable (c'est également vrai pour les débits de crue) reste la détermination par des campagnes de mesures. Toutefois, nous avons déterminé ce débit par deux méthodes de calcul. Nous avons ensuite procédé à une moyenne des résultats obtenus.

Méthode 1 : application d'un coefficient pour déterminer le module

Débit de référence	Coefficient de calcul
Module	1/8 ^{eme} de Q2

Après application de ces coefficients, les résultats de débits instantanés obtenus sont les suivants :

	Mouge	Ru de Joux	Ru des Etangs	Synthèse
Superficie BV	5.63	4.19	5.57	15.39
Pente pondérée (%)	4.8	5.9	3.8	/
Q 2 (m³/s)				
	1.60	1.33	1.46	4.41
Module méthode 1	0.2	0.166	0.182	0.55

Méthode 2 : détermination à partir d'un bassin versant voisin

Une seule station de mesure est disponible sur la Denante. L'opération consiste à réaliser une interpolation des débits du bassin versant voisin en effectuant un rapport des surfaces de bassin versant pondéré à l'exposant 0.8.

La Denante présente un bassin versant de 11.4 km². Son module s'élève à 0.120 m3/s.

Débit de référence	Formule utilisée
Module	$Q1/Q2 = (S1/S2)^{0.8}$

	Mouge	Ru de Joux	Ru des Etangs	Synthèse
Superficie BV	5.63	4.19	5.57	15.39
Pente pondérée (%)	4.8	5.9	3.8	/
Rappel : module Denante : 0.120 m3/s				
Module méthode 2	0.060	0.045	0.059	0.165

Synthèse

Module méthode 1	0.2	0.166	0.182	0.55
Module méthode 2	0.060	0.045	0.059	0.165
Synthèse	0.13	0.105	0.120	0.355
Le débit retenu est de 0.35 m3/s				

- **Détermination des débits d'étiage de référence par le calcul**

Il n'existe pas de coefficient à appliquer pour déterminer les débits d'étiage à partir du module. Nous avons donc utilisé la méthode qui consiste à calculer les débits à partir d'un bassin voisin.

Détermination à partir d'un bassin versant voisin

La Denante présente un bassin versant de 11.4 km².

Débit de référence	Formule utilisée
Module	Q1/Q2 = (S1/S2)

	Mouge	Ru de Joux	Ru des Etangs	Synthèse (m ³ /s)
Superficie BV	5.63	4.19	5.57	15.39
Pente pondérée (%)	4.8	5.9	3.8	/
QMNA 2 Denante	/			0.020
QMNA 5 Denante	/			0.014
QMNA 2	0.009	0.007	0.009	0.025
QMNA 5	0.006	0.005	0.006	0.017
Le débit retenu pour QMNA2 est de 0.025 m3/s				
Le débit retenu pour QMNA5 est de 0.017m3/s				

- **Rappel des débits de référence pour la conception**

	Mouge	Ru de Joux	Ru des Etangs	Synthèse
Superficie BV	5.63	4.19	5.57	15.39
Pente pondérée (%)	4.8	5.9	3.8	/
Q 2 (m ³ /s)	1.60	1.33	1.46	4.41
Q 5 (m ³ /s)	2.14	1.78	1.95	5.88
Q10 (m ³ /s)	2.68	2.23	2.44	7.35
Q 20 (m ³ /s)	3.35	2.78	3.05	9.18
Q 50 (m ³ /s)	4.28	3.56	3.90	11.76
Q 100 (m ³ /s)	5.36	4.46	4.88	14.7
Module	0.13	0.105	0.120	0.35
QMNA 2	0.009	0.007	0.009	0.025
QMNA 5	0.006	0.005	0.006	0.017

2.3. Dynamique fluviale de la Mouge

2.3.1. Détermination de la pente

Les pentes présentes ci-dessous sont issues des études menées par IPSEAU. Nous avons conservé ces valeurs puisque les calculs de détermination des débits est établi à partir des ces valeurs. La pente prise en compte est la pente pondérée qui nous parait plus réaliste.

	Mouge	Ru de Joux	Ru des Etangs
Superficie BV	5.63	4.19	5.57
Linéaire de rivière (km)	4.9	4	7
Pente moyenne (%)	5.6	8.5	4.8
Pente pondérée (%)	4.5	5.5	3.8

- Pentes localisées**

	Mouge (secteur aval zone de travaux)	Mouge (secteur rectifiée en contre bas de la RD 15)
Pente localisée (%)	3.23	1.42

2.3.2. Détermination de la puissance spécifique de la rivière

La puissance d'un cours d'eau est une caractéristique géomorphologique des cours d'eau. La puissance d'un cours d'eau est la quantité d'énergie que possède l'écoulement pour transporter sa charge sédimentaire et qui doit être absorbée par friction. Si l'énergie est non suffisante pour transporter la charge sédimentaire, les sédiments se déposeront au fond du cours d'eau. Elle correspond au produit de la pente et du débit, qui caractérise les potentialités dynamiques du cours d'eau. Différents seuils ont été mis en évidence dont **un seuil de 35 W/m² au dessus duquel un cours d'eau rectifié présente une capacité d'auto restauration**

- Rappel des formules de détermination de la puissance spécifique**

$$\Omega = \rho g Q_b S$$

Ω = puissance (kg m s⁻²) (W m⁻¹)

ρ = masse spécifique de l'eau (1000 kg m³)

g = accélération gravitationnelle (9,8 m s⁻²)

Q_b = débit plein bord (m³ s⁻¹)

S = pente du cours d'eau (m m⁻¹)

la puissance spécifique (unit stream power) :

$$\omega = \frac{\Omega}{w} = \frac{\rho g Q_b S}{w}$$

ω = puissance spécifique (W m⁻²)

w = largeur du cours d'eau (m)

Le calcul réalisé sur la Mouge donne le résultat suivant :

$$\omega = \rho g Q_b S / w$$

$$\omega = 210.85 \text{ W.m}^2$$

La Mouge est donc considérée sur le secteur d'étude comme une rivière vive qui présente un méandrage et qui présente surtout une réelle capacité d'auto restauration.

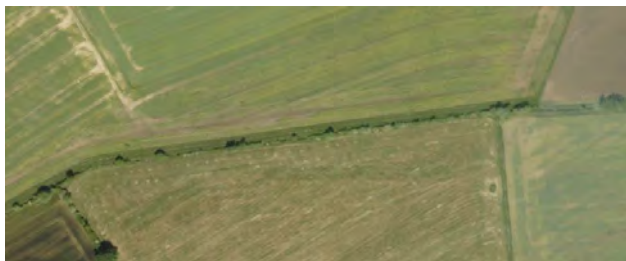


2.3.3. Indice de sinuosité et amplitude théorique des méandres

- **Préambule**

La prise en compte d'un objectif de restauration et d'amélioration de la qualité hydro-écologique du cours d'eau implique la définition d'un état de référence morpho dynamique permettant de cerner la morphologie du lit, telle qu'elle serait observée en l'absence de perturbation d'origine anthropique. Au-delà de la simple forme du tracé du cours d'eau, la restauration d'une forme d'équilibre en méandre conditionne la diversité des habitats présents. En effet l'alternance de méandre induit une grande variabilité des vitesses de courant, de hauteur d'eau et de nature du substrat. Cette diversité physique conditionne la diversité des habitats ainsi que la diversité des biocénoses

- **Détermination de l'indice de sinuosité des cours d'eau : méthode**

L'analyse de l'indice de sinuosité (SI= rapport de longueur développée du lit sur la longueur en ligne droite entre les deux mêmes points de mesure, en suivant l'axe principal de la rivière) permet de caractériser le secteur étudié, étant admises trois valeurs seuils (voir ci-dessous).

Indice de sinuosité	Référence indice	Illustrations
1 à 1.05	Rectiligne	
1.06 à 1.25	Sinueux	
Sup. à 1.26	Très sinueux	

Cet indice de sinuosité va permettre de nous orienter sur le niveau d'activité latérale de la rivière et il faudra rester dans une valeur proche des valeurs obtenues lors de la conception afin de ne pas créer de « cassure » au niveau du style fluvial en place. Le calcul a été réalisé pour le ruisseau de Joux et la Mouge sur l'intégralité de leur linéaire. En effet, la Mouge ayant été rectifiée, la détermination de l'indice de sinuosité à échelle du secteur d'étude apparaît peu pertinente.

- **Définition de l'indice de sinuosité à l'échelle de la rivière**

La première étape de l'analyse consiste à définir l'indice de sinuosité à l'échelle de la rivière afin d'obtenir un index de référence.

Cours d'eau	Epoque étudiée	Linéaire total	Indice de sinuosité	Référence index	Valeurs retenues pour la reprise du tracé
Mouge	Tracé en 2007	21.2 km = longueur développée 18.5 km = longueur ligne droite	1.14	Tracé sinueux	/
Ruisseau de Joux	Tracé en 2007	3.35 km = longueur développée 3.16 km = longueur ligne droite	1.06	Tracé sinueux	1.06 à 1.16
Commentaires		Le ruisseau de Joux se place en limite de classe. La lecture des cartes anciennes peut faire état de travaux de type rectification localisés. Le choix est donc de considérer le ru de Joux comme sinueux en restant dans des valeurs de sinuosité peu marquée.			

- **Définition de l'indice de sinuosité sur un site à proximité (Mouge)**

Il s'agit de conforter (pour la Mouge) les analyses réalisées à l'échelle de la rivière. Le secteur en pâture situé en aval de la zone d'étude est assez ouvert et donc assez facilement lisible à l'aide des photos aériennes. Les résultats du calcul sont présentés ci après.

Cours d'eau	Epoque étudiée	Linéaire total	Indice de sinuosité	Référence index	Valeurs retenues pour la reprise du tracé
Mouge	Tracé en 2007	km = longueur développée km = longueur ligne droite	1.08	Tracé sinueux	/

- **Synthèse**

Cours d'eau	Epoque étudiée	Linéaire total	Indice de sinuosité	Référence index	Valeurs retenues pour la reprise du tracé
<i>Mouge à l'échelle de la rivière</i>	Tracé en 2007	21.2 km = longueur développée 18.5 km = longueur ligne droite	1.14	Tracé sinueux	1.07 à 1.14
<i>Mouge en aval direct de la zone de travaux</i>	Tracé en 2007	0.310 km = longueur développée 0.290 km = longueur ligne droite	1.07	Tracé sinueux	Valeur moyenne = 1.10

La sinuosité observée sur le site pris comme « référence » fait état d'une sinuosité un peu moins marquée que sur l'ensemble de la rivière. Les résultats obtenus sont toutefois assez proches et apparaissent réalistes et conformes aux observations de terrain. La sinuosité moins marquée du site de référence est assez normale. La rivière s'écoule en tête de bassin ou la pente est logiquement plus élevée. Le cours a un travail de mobilité plus « restreint » et présente en toute logique des méandres plus courts.

Sinbio : janvier 2014

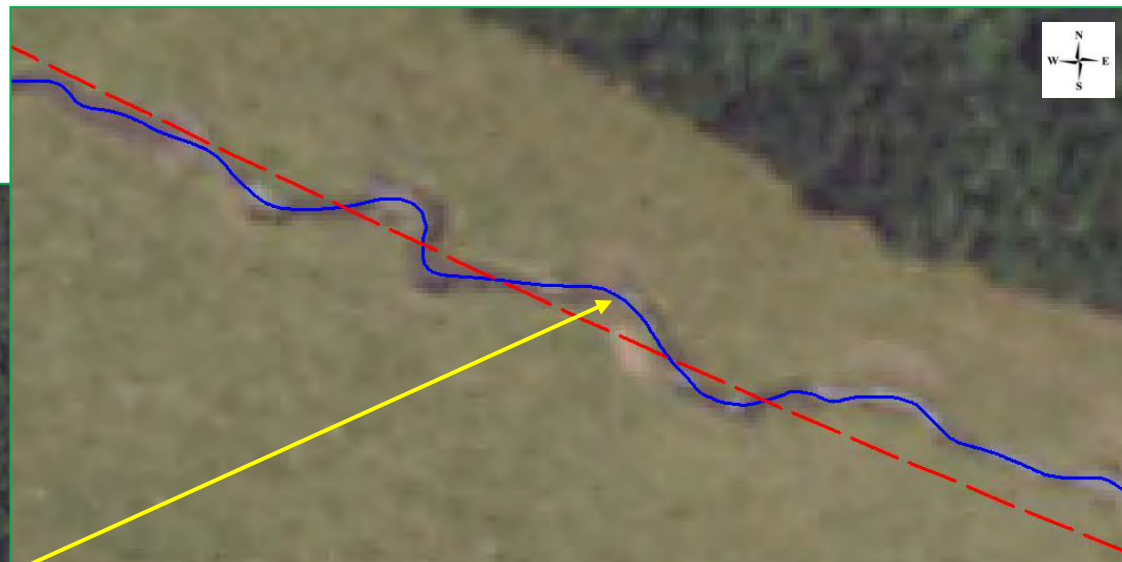
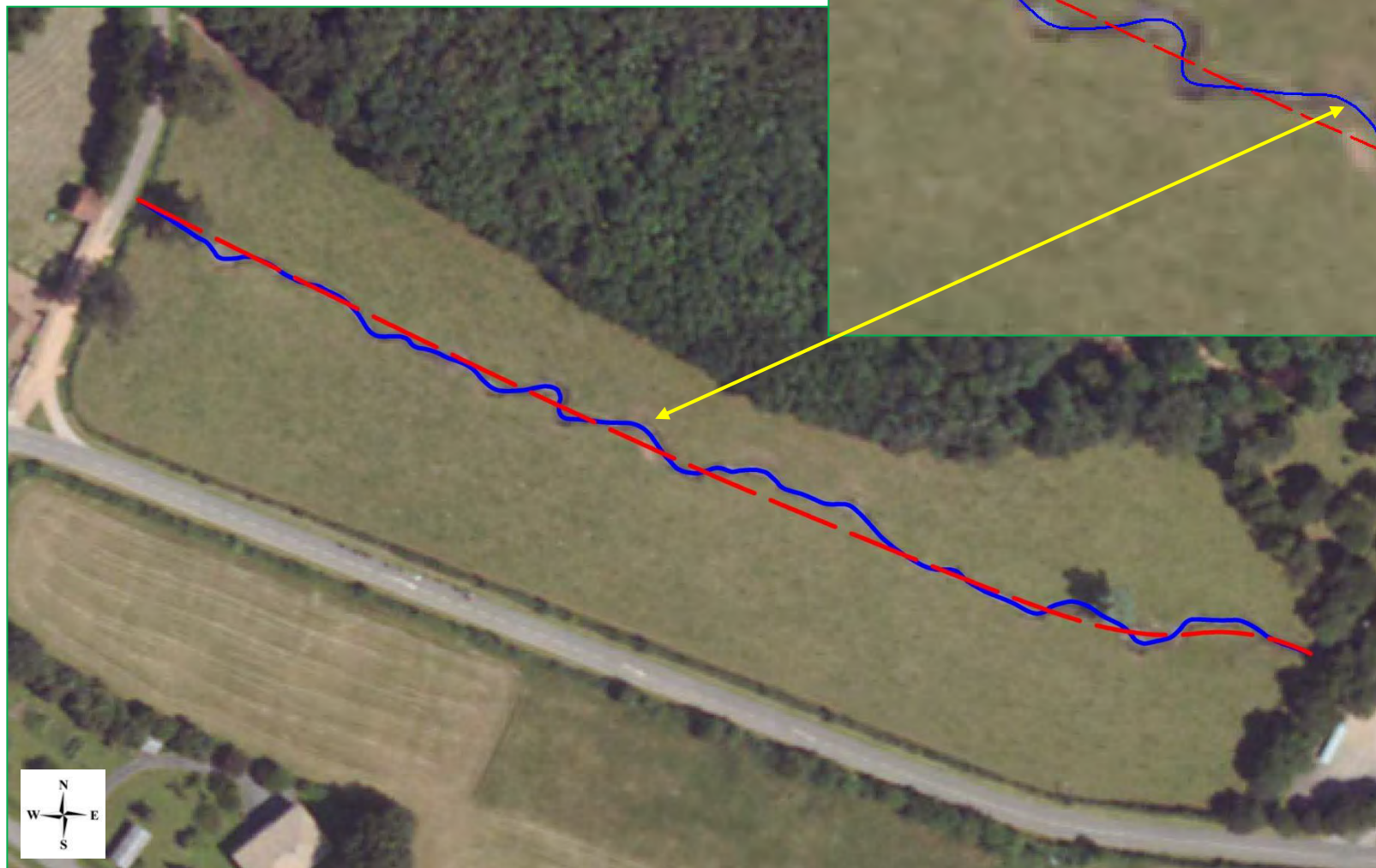


Sinbio : janvier 2014



Légende
Détermination de l'indice de sinuosité en aval du site de travaux

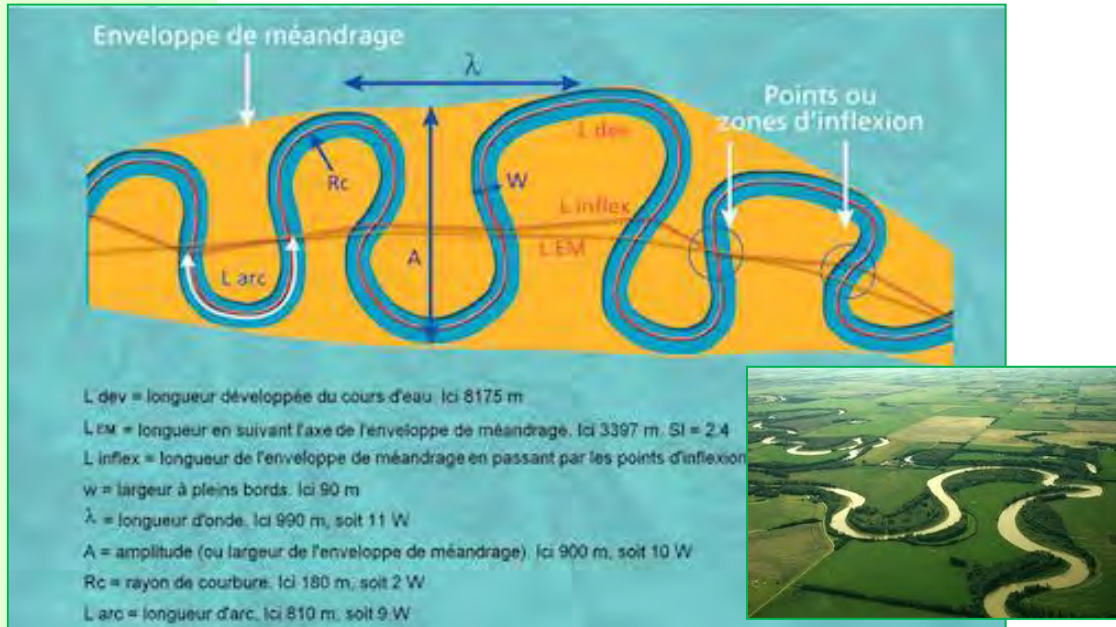
- Longueur développée
- - - Longueur ligne droite



Mouge en aval direct de la zone de travaux	Tracé en 2007	0.310 km = longueur développée 0.290 km = longueur ligne droite	1.07	Tracé sinueux
--	---------------	--	------	---------------

- **Détermination de l'amplitude théorique des méandres : méthode**

La détermination de l'amplitude théorique des méandres permet de donner un ordre d'idée de la courbure moyenne des méandres à mettre en place sur le nouveau tracé. Cette méthode passe par la définition des caractéristiques morpho métriques. La forme d'équilibre en méandres se caractérise par une longueur d'onde et une amplitude.



Deux approches sont réalisées dans le cadre de la présente étude : **une approche calculatoire théorique et une approche par lecture des caractéristiques des méandres** observés sur le secteur situé en aval direct de la zone de travaux.

- **Méthode 1 : Analyse théorique des méandres : approche calculatoire**

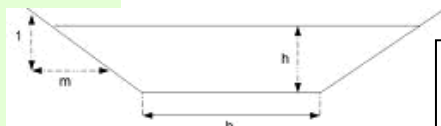
Deux éléments sont nécessaires aux différents calculs de détermination de l'amplitude théorique : la pente et le débit de plein bord

- La pente est connue en aval du secteur d'étude est se situe autour de 3.23 %
- Le débit de plein bord est déterminé par une simulation dont les résultats sont présentés ci-dessous :

$$Q = V \times S$$

$$V = K \times R^{\mu} \times i^{1/2}$$

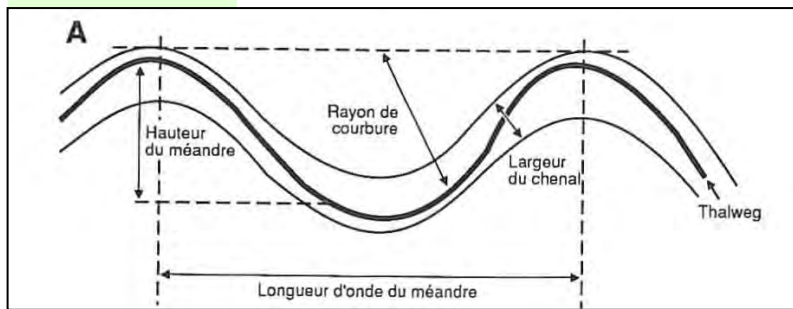
K : Coefficient de rugosité
R : Rayon hydraulique - Section mouillée / Périmètre mouillé = $R/2$
i : Pente m/m



$K = 30$ correspond à la valeur retenue pour un cours d'eau de plaine sans végétation (partie aval de la Mouge)

A	B	C	H	Pente	K	Section	Périmètre	V m/s	Q m ³ /s
m	m	m	m	%	/	mouillée m	mouillée m		
La mouge : simulation secteur aval des travaux									
0.3	1.2	0.3	0.8	3.23	30	1.2	2.91	2.775	3.330

Détermination de la longueur d'onde théorique des méandres



Rappel des caractéristiques calculées

Méthode 1 : détermination de la longueur d'onde (λ) en fonction du débit de plein bord (Q_{pb})

		3.3 m ³ /s		
$\lambda =$	$8,3 Q_{pb}^{0,62}$	$\lambda =$	17.40	Léopold et Wolman (1957)
$\lambda =$	$36,1 Q_{pb}^{0,47}$	$\lambda =$	63.27	Dury (1965)
$\lambda =$	$8,2 Q_{pb}^{0,62}$	$\lambda =$	17.19	Carlston (1965)
$\lambda =$	$62 Q_{pb}^{0,47}$	$\lambda =$	10.87	Ackers et Charlton (1970)

La longueur d'onde moyenne est de 27 mètres

Méthode 2 : détermination de la longueur d'onde (λ) en fonction de la largeur à plein bord (w)

Détermination de la largeur à plein bord suivant la relation de Hey (1982)

$w =$	$2,73 Q_{pb}^{0,5}$	$w =$	4.95
-------	---------------------	-------	------

$\lambda =$	$6,6 w^{0,99}$	$\lambda =$	32.21	Inglis (1949)
$\lambda =$	$10,9 w^{1,01}$	$\lambda =$	54.93	Léopold et Wolman (1957)
$\lambda =$	$10 w$	$\lambda =$	49.59	Hickin (1977)
$\lambda =$	$6 w$	$\lambda =$	29.76	Yalin (1972, 1992)

La longueur d'onde moyenne est de 41 mètres

Synthèse

La longueur d'onde moyenne déterminée par le calcul s'élève à 34 mètres.

Détermination de l'amplitude des méandres

La détermination de l'amplitude des méandres est établit à partir de la longueur d'onde des méandres

		34 m		
$a =$	$\lambda / 2,5$	$a =$	13.60	Léopold et Wolman (1957)
$a =$	$2,37 \lambda^{0,58}$	$a =$	18.32	Petit (1987)
$a =$	$\lambda / 3,5$	$a =$	9.71	

L'amplitude moyenne des méandres déterminée par le calcul s'élève à 14 mètres

- **Méthode 2 : Analyse des méandres : approche par lecture des méandres existants**

Détermination de la longueur d'onde des méandres

La détermination de la longueur d'onde a été réalisée à partir du secteur situé en aval direct de la zone de travaux. Les résultats obtenus à partir de cette analyse sont les suivants :

Mouge	Méandre 1	Méandre 2	Méandre 3	Méandre 4	Méandre 5	Méandre 6	Méandre 7	Méandre 8
Longueur d'onde des méandres	23.5	22	29	20	29.5	/	/	/

Mouge	Synthèse
Longueur d'onde des méandres	25 mètres

Détermination de l'amplitude des méandres

La détermination l'amplitude a été réalisée à partir du secteur situé en aval direct de la zone de travaux. Les résultats obtenus à partir de cette analyse sont les suivants :

Mouge	Méandre 1	Méandre 2	Méandre 3	Méandre 4	Méandre 5	Méandre 6	Méandre 7	Méandre 8
Amplitude des méandres	5.5	5.4	5.9	6.1	5.5	6.9	7.4	9.2

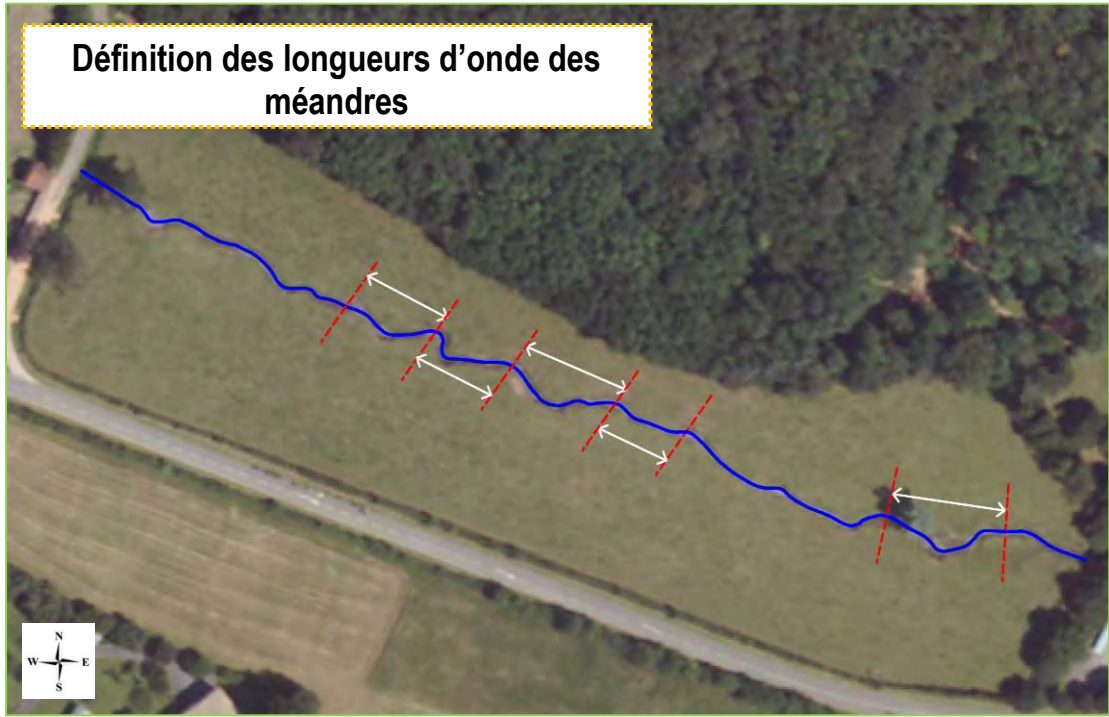
Mouge	Synthèse
Amplitude des méandres	6.5 mètres

- **Synthèse des deux méthodes**

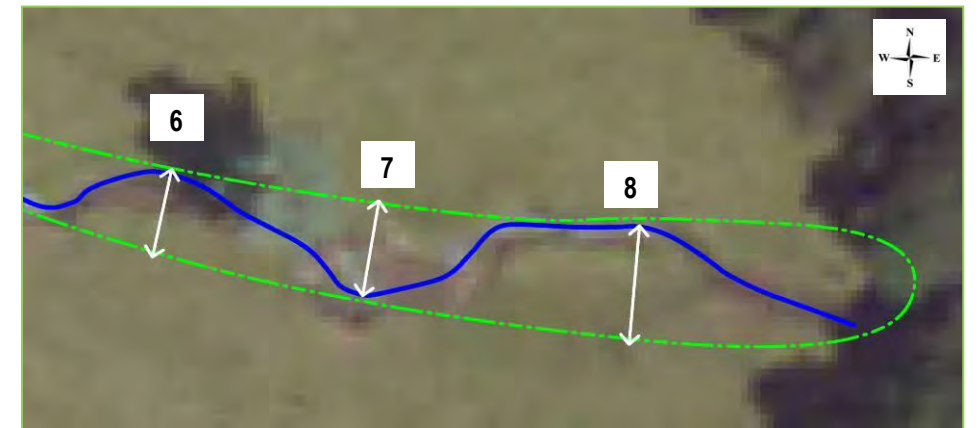
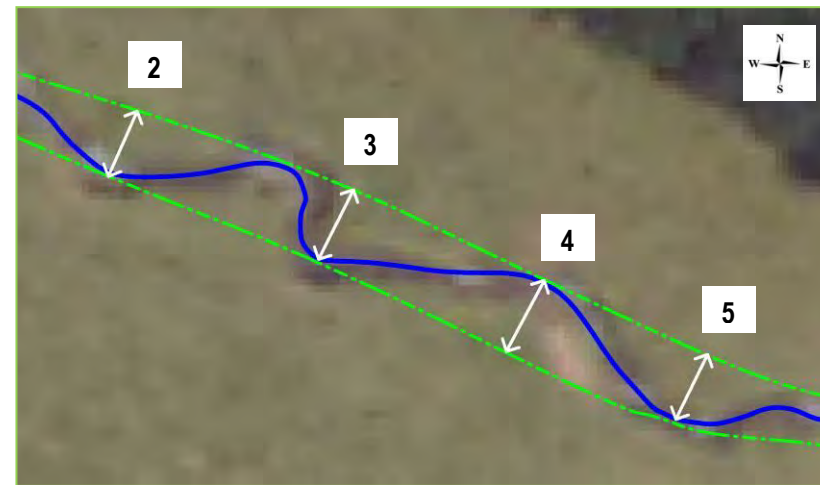
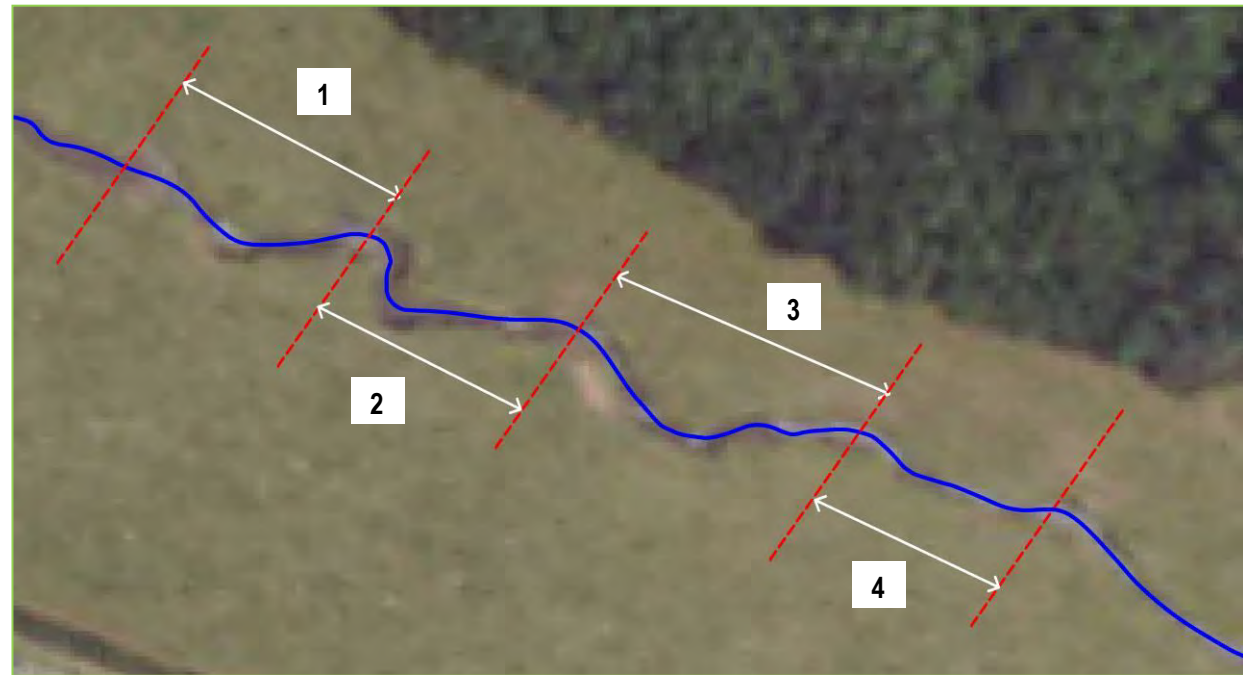
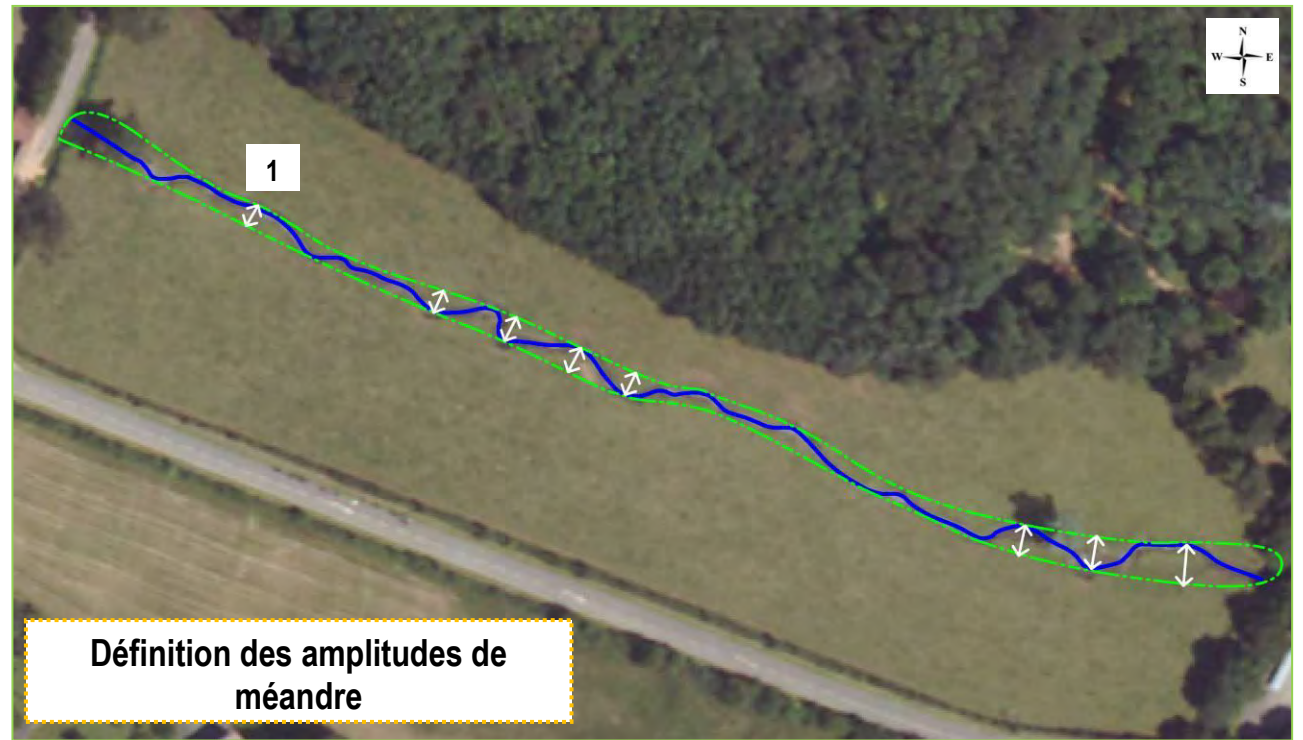
Il s'agit maintenant de réaliser une moyenne des résultats obtenus à partir des deux méthodes. Il est nécessaire de bien rappeler que ces approches doivent constituer une aide à la décision et il faudra bien sur adapter ces mesures à la réalité du terrain.

Mouge	Méthode 1	Méthode 2	Moyenne	Valeur seuils
Longueur d'onde des méandres	34	25	29.5	20 – 40 mètres
Amplitude des méandres	14	6.5	10.25	8 – 12 mètres

Définition des longueurs d'onde des méandres



Définition des amplitudes de méandre



Mouge	Méandre 1	Méandre 2	Méandre 3	Méandre 4	Méandre 5	Méandre 6	Méandre 7	Méandre 8
Longueur d'onde des méandres	23.5	22	29	20	29.5	/	/	/

Mouge	Méandre 1	Méandre 2	Méandre 3	Méandre 4	Méandre 5	Méandre 6	Méandre 7	Méandre 8
Amplitude des méandres	5.5	5.4	5.9	6.1	5.5	6.9	7.4	9.2

Mouge	Synthèse
Longueur d'onde des méandres	25 mètres

Mouge	Synthèse
Amplitude des méandres	6.5 mètres

2.3.4. Mobilisation de la charge solide : paramètre de Shields

La formule de Shields permet de calculer un indice de mise en mouvement de la charge solide en fonction du diamètre du sédiment, de la pente et des caractéristiques générales du lit. L'interprétation de l'indice se décline en trois classes distinctes :

< 0,088	Aucun mouvement
0,0888 < < 0,138	Apparition des tous premiers mouvements pour quelques grains de l'armure, mais pas assez pour générer un débit solide
> 0,138	L'armure est détruite, et tous les grains du substrat alimentent le débit solide

L'objectif est d'établir dans les grandes lignes le débit de mise en mouvement de la charge de fond.

- Analyse du sédiment en place**



Type	Taille (mm)	Code microhabitats
Granulométrique		
Rocher ou Dalle	> 1024	R ou D
Bloc	256-1024	B
Pierre Grossière	128-256	PG
Pierre Fine	64-128	PF
Caillou Grossier	32-64	CG
Caillou Fin	16-32	CF
Gravier Grossier	8-16	GG
Gravier Fin	2-8	GF
Sable Grossier	0.5-2	SG
Sable Fin	0.0625-0.5	SF
Limon	3.9-62.5µ	L
Argile	< 3.9µ	A

La plage de sédiment observée sur le secteur d'étude s'étend des sables fins aux cailloux grossiers.

Sur le secteur qui s'écoule contre la RD 15, la diminution de la pente et le faible gabarit du lit entraîne des débordements rapides du lit mineur et une diminution de la durée du débit de plein bord ou la capacité de mise en mouvement de la charge solide est la plus importante. Le sédiment en place forme donc une armure stable composée de graviers et cailloux fins. Des petits dépôts sableux sont présents et très facilement remobilisés par la rivière.

Sur le secteur aval, le débit de plein bord et la pente étant plus marqués, la capacité de mise en mouvement est beaucoup plus importante.

- **Calcul de l'indice de Shields**

Détermination de la capacité théorique de mise en mouvement de la charge sédimentaire sur le secteur rectifié en contre bas de la RD 15.



Débits caractéristiques	Q plein bord (1.8 m3/s)
Pente localisée (i)	0.0142
Diamètre du grain (m)	0.045
Paramètre de Shields	0.138
Analyse	Armure détruite

Les résultats obtenus montrent que les matériaux dont le diamètre est inférieur à 45 mm (cailloux grossiers) peuvent être remobilisés en débit de plein bord.

Détermination de la capacité théorique de mise en mouvement de la charge sédimentaire sur le secteur en aval de la zone de travaux



● Zone de calcul

Débits caractéristiques	Q plein bord (3.3 m3/s)
Pente localisée (i)	0.0323
Diamètre du grain (m)	0.16
Paramètre de Shields	0.138
Analyse	Armure détruite

Les résultats obtenus montrent que les matériaux dont le diamètre est inférieur à 160 mm (pierre grossière) peuvent être remobilisés en débit de plein bord.

Le calcul de l'indice de Shields permet de compléter les analyses précédentes et illustre de nouveau la forte énergie de la rivière (forte capacité de mise en mouvement sa charge de fond). Les résultats obtenus sont logiques car le secteur d'étude se situe en tête de bassin ou la rivière constitue son stock sédimentaire et le remobilise pour alimenter l'ensemble du linéaire de la rivière. A noter que la capacité de mise en mouvement sur le secteur qui se situe en contre bas de la RD 15 a été fortement modifiée par les travaux de rectification et de déplacement du tracé de la Mouge.

2.4. Tableau de synthèse des caractéristiques

2.4.1. Pentes

	Mouge	Ru de Joux	Ru des Etangs
Superficie BV	5.63	4.19	5.57
Linéaire de rivière (km)	4.9	4	7
Pente moyenne (%)	5.6	8.5	4.8
Pente pondérée (%)	4.5	5.5	3.8

2.4.2. Débits caractéristiques

	Mouge	Ru de Joux	Ru des Etangs	Synthèse
Superficie BV	5.63	4.19	5.57	15.39
Pente pondérée (%)	4.8	5.9	3.8	/
Q 2 (m³/s)				
Q 2 (m³/s)	1.60	1.33	1.46	4.41
Q 5 (m³/s)	2.14	1.78	1.95	5.88
Q10 (m³/s)	2.68	2.23	2.44	7.35
Q 20 (m³/s)	3.35	2.78	3.05	9.18
Q 50 (m³/s)	4.28	3.56	3.90	11.76
Q 100 (m³/s)	5.36	4.46	4.88	14.7
Module				
Module	0.13	0.105	0.120	0.35
QMNA 2				
QMNA 2	0.009	0.007	0.009	0.025
QMNA 5				
QMNA 5	0.006	0.005	0.006	0.017

2.4.3. Caractéristiques hydro morphologiques

Cours d'eau	Epoque étudiée	Linéaire total	Indice de sinuosité	Référence index	Valeurs retenues pour la reprise du tracé
Mouge à l'échelle de la rivière	Tracé en 2007	21.2 km = longueur développée 18.5 km = longueur ligne droite	1.14	Tracé sinueux	1.07 à 1.14 Valeur moyenne = 1.10
Mouge en aval direct de la zone de travaux	Tracé en 2007	0.310 km = longueur développée 0.290 km = longueur ligne droite	1.07	Tracé sinueux	

Mouge	Méthode 1	Méthode 2	Moyenne	Valeur seuils
Longueur d'onde des méandres	34	25	29.5	20 – 40 mètres
Amplitude des méandres	14	6.5	10.25	8 – 12 mètres

3. PROJET DE RENATURATION DE LA MOUGE (NIVEAU AVP)

3.1. Généralités

L'objectif de ce chapitre est de poser les bases de la conception technique pour la réalisation des travaux de reméandrage. Au stade Avant-projet, il s'agit de présenter les principes d'intervention et un premier dimensionnement permettant au maître d'ouvrage de faire des choix. **La définition technique finale se fera lors de l'élément PRO** après validation et acceptation du projet par les propriétaires. Les différents cours d'eau qui vont être renaturés présentent clairement une puissance dissipée assez importante et donc une capacité d'auto restauration bien identifiée. Le principe de réalisation **va consister à concentrer les travaux sur le dessin du tracé du lit**, respecter les faciès de berges en fonction de leur position (respect des faciès en intra et extra d'eau) et laisser le cours d'eau créer naturellement une diversité des faciès, des habitats... Un autre élément sera de recréer une ripisylve adaptée et diversifiée du nouveau lit pour apporter le plus rapidement possible un ombrage conséquent, favoriser la tenue des berges et surtout créer une véritable trame verte qui permet de créer zones de caches pour la faune au sens large et qui permet d'intégrer le cours d'eau au sens paysager.

La réalisation de mesures d'accompagnements qui vont permettre aux différents exploitants agricoles de maintenir leur activité agricole.

3.2. Choix du scénario et reprises techniques

Suite à la présentation des différents scénarii en date du 28 mars 2014 et d'une phase de concertation avec les différents partenaires et propriétaires, **le maître d'ouvrage a sélectionné le scénario 2**. Suite aux différentes réunions techniques qui se sont tenues sur le terrain avec les différents propriétaires, les éléments de modifications techniques à intégrer dans le projet de travaux sont les suivants :

- **Remblaiement complet du bras de décharge en rive gauche du tracé actuel de la Mouge.**
Ce bras s'est formé à la suite de plusieurs débordements de la Mouge.
- **Création de deux passages à gué sur la Mouge** : un premier passage en aval direct du chemin de desserte sur la parcelle 80 ; un second sur la partie aval dans la parcelle 70 (pré Morentin)
- **Création d'un accès au chemin de desserte** sur la partie amont de la Mouge et implantation d'un dalot
- **Le long de la route départementale** : conservation de points d'accès et mise en place d'une clôture en limite entre le remblai de la voirie et les parcelles agricoles
- **Après la confluence entre la Mouge et le ruisseau de Joux** : mise en place d'une clôture en rive droite et implantation d'un abreuvoir aménagé pour permettre l'abreuvement des bovins.

Il s'agit dans cette nouvelle version **d'Avant Projet** d'intégrer les demandes locales, d'affiner le chiffrage, de proposer un type de marché de travaux permettant d'assurer suffisamment de souplesse et enfin de proposer des modalités d'entretien pour la végétation qui sera implantée.

3.3. Campagne de topographie nécessaire pour l'établissement de la phase PRO

La campagne de topographie menée lors de l'établissement des phases d'études devra être affinée et complétée afin de caler définitivement le tracé et la pente des cours d'eau. Cette topographie fine servira également de support pour le suivi et la valorisation pédagogique du projet. La campagne à réaliser comprendra :

- **Relevés précis des ouvrages de franchissement**

Deux ouvrages de franchissement devront être levés : au démarrage de la renaturation au franchissement de la RD et en aval de la renaturation au droit de l'ouvrage de franchissement du chemin communal. Seront relevés :

- L'élévation de la section d'écoulement inférieure (radier, piles, culées) ainsi que la superstructure (cotes inférieures et supérieures du tablier, cotes des éléments fixes).
- points en aval et points en amont
- profil en travers
- éléments de paysage de façon à élaborer un plan masse

L'ensemble des éléments est rendu sous la forme d'un plan masse détaillé et d'une vue de la face amont habillée.

- **Semis de points complémentaire à la topographie réalisée en AVP.**

Un semis de points a été réalisé en janvier 2014 lors de la phase EP-AVP. Il devra être complété de la manière suivante :

- **Dans les secteurs peu concernés par les travaux**, les points du lit majeur seront levés **tous les 5 à 10 mètres** en moyenne. Les ruptures de pente marquées devront être relevées.
- **Dans les secteurs directement concernés par les travaux** (zones de terrassement...), les points du lit majeur seront levés **tous les 1 à 3 mètres** en moyenne. Les ruptures de pente marquées devront également être relevées.

Devront être notées l'ensemble des infrastructures existantes (chemins), points ou repères particuliers.

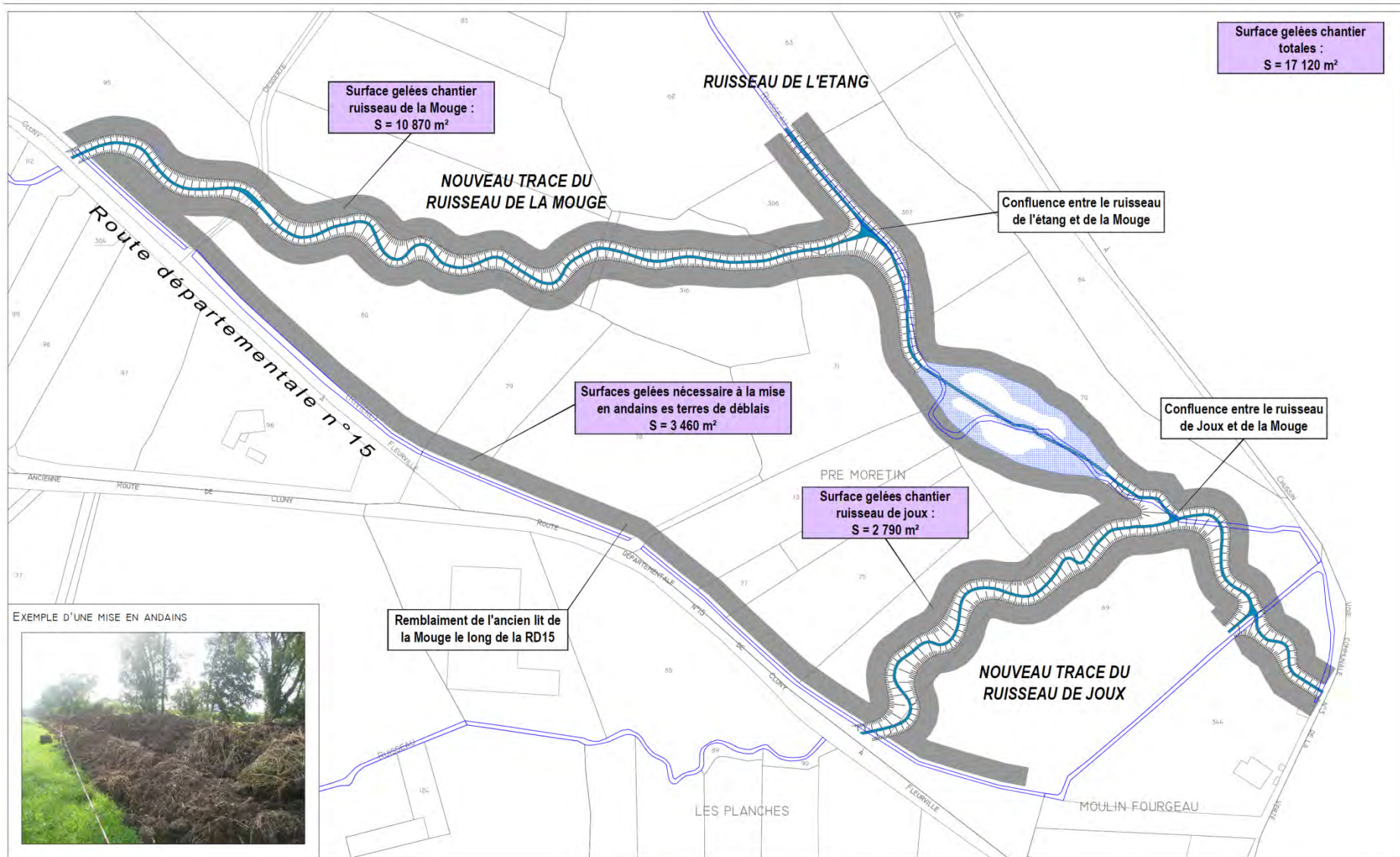
3.4. Déplacement de la rivière : méthodologie des travaux

3.4.1. Travaux préparatoires

Les travaux de terrassement nécessaires à la réalisation d'une telle renaturation nécessitent une réelle organisation en amont du chantier afin de limiter les dégradations sur les terrains exploités.

Il sera donc nécessaire d'établir des surfaces gelées d'une largeur de 8 mètres en bordure de la voirie et en bordure du tracé du nouveau lit de chaque rivière. Ces surfaces gelées permettront la circulation des engins et le stockage temporaire des matériaux terrassés. Elles seront matérialisées lors de la phase préparatoire de piquetage et matérialisées à l'aide d'une rubalise de chantier

Cours d'eau	Surface gelée pour les travaux
Mouge tracé projet (y compris secteur aval)	11 165 m ²
Mouge tracé actuel (zone de passage pour remblaiement)	4 000 m ²
Ru de Joux	2 785 m ²
Surface totale	17 950 m²



Maitre d'ouvrage	Conseil Général de Saône et Loire Direction des Routes et Infrastructures
Opération	Etude de définition des travaux de restauration de la Mouge à Fourgeau : commune d'Azé

Maitre d'oeuvre

5 rue des Tulipes - 67600 MUTTERSCHOLTZ
Tél : 03 88 85 17 94 - Fax : 03 88 85 19 50
www.sinbio.fr - contact@sinbio.fr

Titre		
Cartographie des surfaces gelées en phase chantier		
Indice	Date	Modifications
A	15/01/15	Première émission

Format	A3
Dessiné par	BR
Vérifié par	AH

N°	01
Phase	AVP-2
Echelle	1/1500

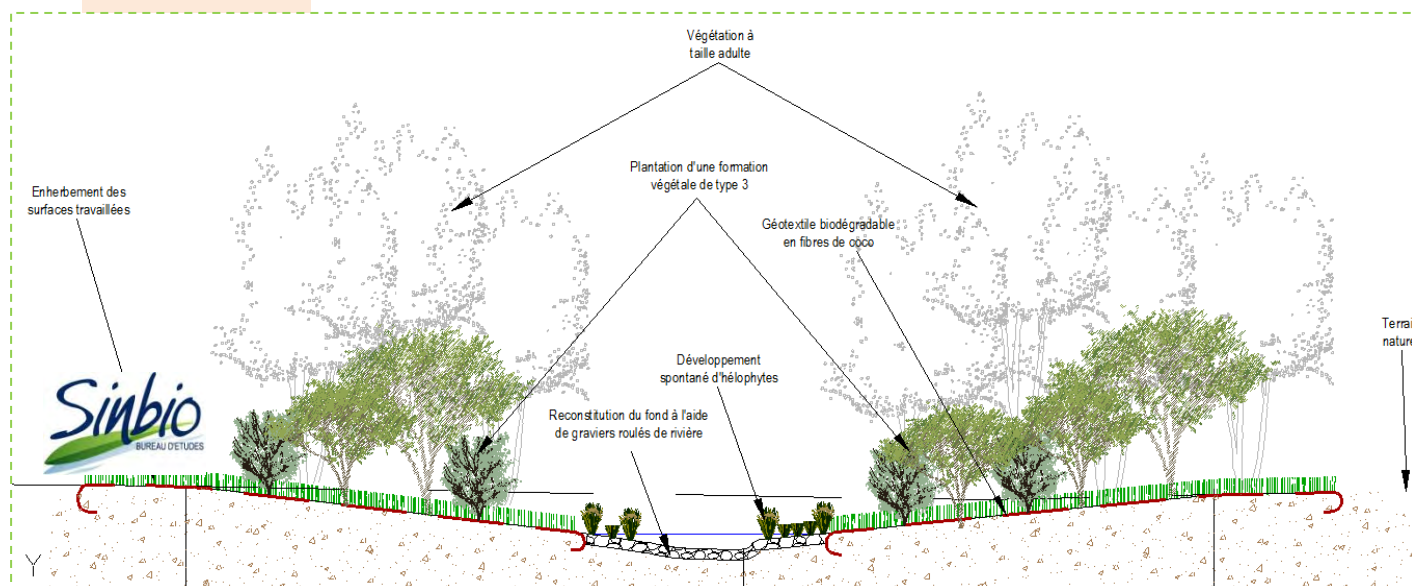
Affaire CE 468

3.4.2. Travaux de terrassements du nouveau lit : principes et organisation

Les travaux de terrassements seront réalisés en deux temps. La création du nouveau lit va consister en :

- **Des terrassements grossiers** à l'aide d'une pelle hydraulique de puissance supérieure à 100 CV. Les terrassements seront réalisés en pleine masse pour dessiner le nouveau tracé de la rivière.
- **Des terrassements fins et soignés** à l'aide d'une mini-pelle hydraulique (10 tonnes) pour créer des profils de berges en pente douce et ainsi limiter les contraintes hydrauliques en crue. La réalisation de pentes douces est également une garantie pour le renouvellement naturel de la végétation qui sera implantée. En effet, l'absence de renouvellement naturel de la ripisylve est souvent liée au caractère abrupt des berges en place.

Il s'agira tout de même de veiller à respecter les profils observés naturellement à savoir un faciès de berge très doux en intra d'eau de méandre et un profil de berge un peu plus marqué en extra d'eau. Le lit mineur présentera un fond plat qui sera rechargé en matériaux alluvionnaires.



Modification technique : il était initialement prévu la mise en place de rampes en blocs permettant de maintenir le profil en long et ainsi limiter une incision potentielle. La mise en place de plusieurs passages à gué et d'un dalot au droit du chemin de desserte vont permettre d'éviter la création de tels aménagements puisque ils vont constituer des points durs. **Il s'agit ainsi de ne pas multiplier les aménagements en « durs » dans le lit mineur.**

- **Les matériaux terrassés seront transférés à l'aide de camions bennes 15 tonnes.** Deux options sont alors possibles :

Si les matériaux ne nécessitent pas un temps de ressuyage, leur remblaiement direct peut être envisagé pour remblayer l'ancien lit de la Mouge qui s'écoule en contre bas de la RD 15.

Si les matériaux nécessitent un temps de ressuyage, une aire de stockage devra être définie. Cette option s'avère plus coûteuse car il nécessite de mobiliser deux fois les matériaux (lors des terrassements pleine masse et après le ressuyage). Les matériaux seront déposés en andains d'une hauteur maximale de 1.50 mètres. L'objectif est de réussir à gérer et réutiliser au mieux le stock des matériaux disponibles pour limiter les exports de terres et surtout les apports qui pourraient engendrer des coûts de chantier plus importants.



Illustration des travaux de terrassement en deux temps pour dessiner le lit et ensuite travailler ce dernier



Illustration de la dépose de matériaux terreux avant le remblaiement de l'ancien lit mineur.

3.5. Déplacement de la rivière : définition des nouveaux tracés, définition du gabarit, du profil en long

3.5.1. La Mouge : caractéristiques du nouveau lit mineur

- **Caractéristiques générales**

Nouveau lit de la Mouge	
Superficie BV	5.63
Linéaire de rivière (km)	0.423
Pente moyenne (%)	2.2

- **Caractéristiques physiques**

Cours d'eau	Epoque étudiée	Linéaire total	Indice de sinuosité	Référence index	Références
Mouge à l'échelle de la rivière	Tracé en 2014	0.380 km = longueur développée 0.350 km = longueur ligne droite	1.085	Tracé sinueux	1.07 à 1.14

Mouge	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	Références
Longueur d'onde des méandres	43	48	54	48	25	31	40	45	20 – 40 m
Amplitude des méandres	10	8.7	14	13	8	7.5	7.5	13.5	8 – 12 m

- **Recharge alluvionnaire**

Débits caractéristiques	Q plein bord
Pente localisée (i)	0.022
Diamètre du grain (m)	0.09
Paramètre de Shields	0.138
Analyse	Armure détruite

Débits caractéristiques	Q 2
Pente localisée (i)	0.022
Diamètre du grain (m)	0.04
Paramètre de Shields	0.138
Analyse	Armure détruite

Débits caractéristiques	Q 5
Pente localisée (i)	0.022
Diamètre du grain (m)	0.05
Paramètre de Shields	0.138
Analyse	Armure détruite

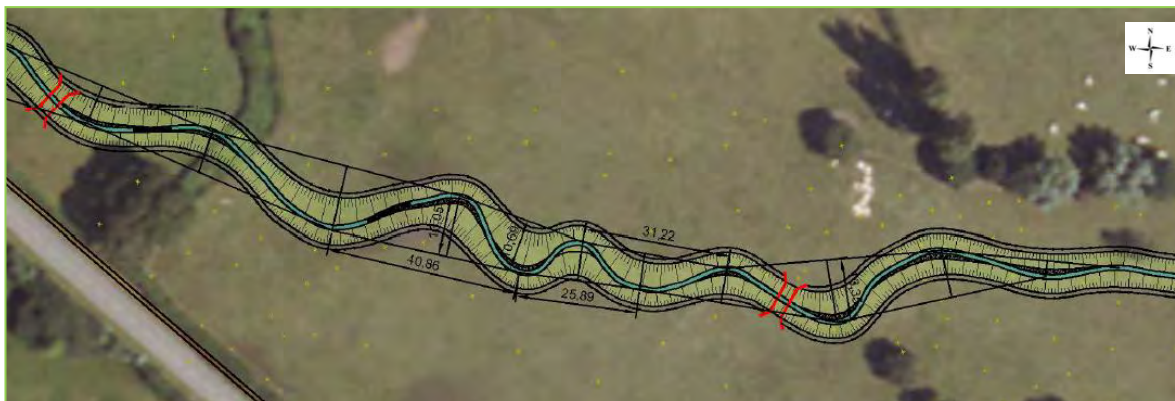
La détermination de l'indice de Shields permet d'établir une plage de matériel alluvionnaire pour assurer la recharge du lit mineur : **4-200 mm**



Dessin du lit de la Mouge en fonction des plages d'altitudes du terrain naturel



Vue 3D du nouveau lit de la Mouge



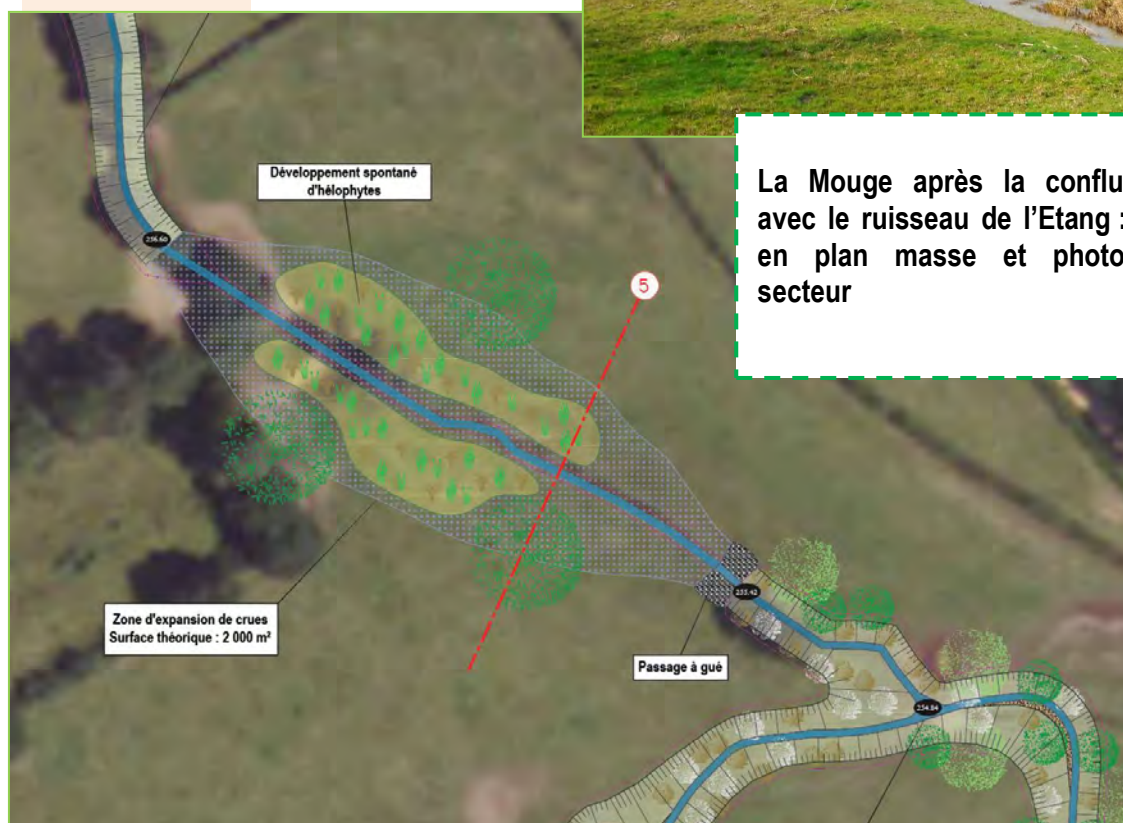
Caractéristiques des méandres dessinés pour le nouveau tracé du lit mineur de la Mouge

3.5.2. La Mouge entre la confluence entre le ruisseau des étangs et la confluence avec le ruisseau de Joux

Sur ce secteur d'intervention, il s'agit tout d'abord de retirer la buse en place qui constitue un véritable obstacle pour le transport solide et pour les écoulements de manière générale car l'entrée de la buse est complètement obstruée. Le gabarit du lit mineur ne fera l'objet que d'une reprise légère afin de maintenir une capacité de débordement du lit mineur et ainsi éviter une arrivée trop massive des eaux vers Azé.

L'idée est bien de maintenir un volume d'eau dans la pâture en période de crue. Ce choix technique permet de soulager la commune d'Azé et de conserver un secteur de fond de vallée humide où les hélophytes pourront se maintenir.

Contrairement aux autres secteurs, la clôture sera implantée au plus près de la rivière afin de permettre au bétail de circuler dans la zone humide. Le passage du bétail qui va piétiner les hélophytes va permettre de maintenir les strates en place et éviter l'arrivée trop massive des saulaies pionnières.



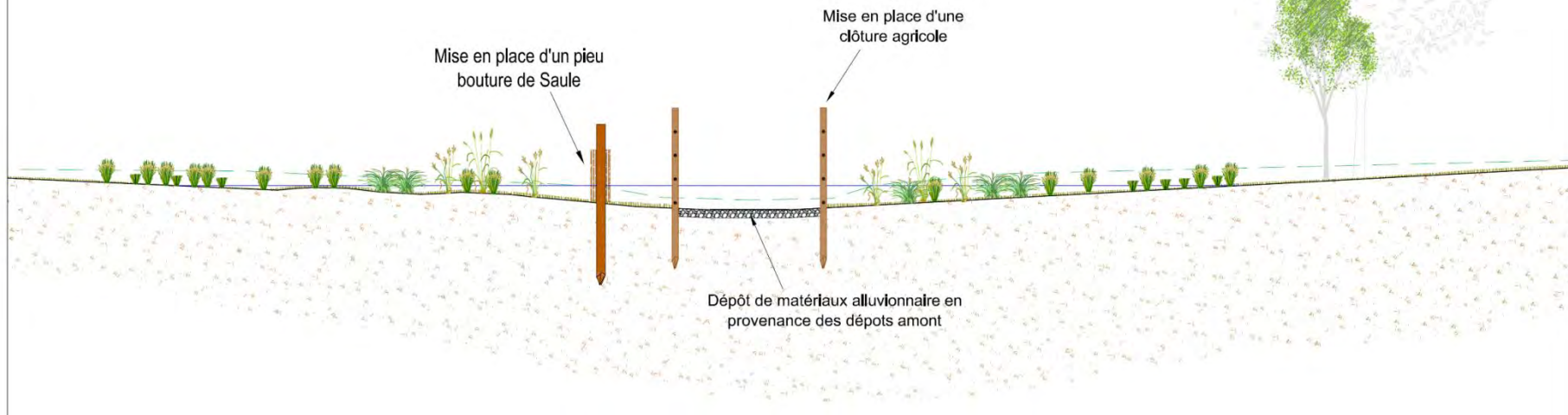
La Mouge après la confluence avec le ruisseau de l'Etang : vue en plan masse et photo du secteur



EXEMPLE DUN PIEU BOUTURE DE SAULE



EXEMPLE DUN PIEU BOUTURE DE SAULE + 1 ANS



Maître d'ouvrage	Conseil Général de Saône et Loire Direction des Routes et Infrastructures
Opération	Etude de définition des travaux de restauration de la Mouge à Fourgeau : commune d'Azé

Maître d'oeuvre



5 rue des Tulipes - 67600 MUTTERSCHOLTZ
Tél : 03 88 85 17 94 - Fax : 03 88 85 19 50
www.sinbio.fr - contact@sinbio.fr

Titre			Coupe n°5 : Coupe de la zone d'expansion de crue	
Format	A3			
Dessiné par	BR			
Vérifié par	AH			
Indice	Date	Modifications		
A	15/01/15	Première émission		

Les propositions techniques présentées demeurent la propriété intellectuelle de la société SINBIO.
Toute utilisation ou reproduction inouïe sans l'accord écrit de SINBIO est interdite par la loi et sera poursuivie.

N°	05
Phase	AVP-2
Echelle	1/50

Affaire CE-468

3.5.3. Le ruisseau de Joux : caractéristiques du nouveau lit mineur

- **Caractéristiques générales**

Nouveau lit de la Mouge	
Superficie BV	5.63
Linéaire de rivière (km)	0.2
Pente moyenne (%)	2.5

- **Caractéristiques physiques**

Cours d'eau	Epoque étudiée	Linéaire total	Indice de sinuosité	Référence index	Références
Joux à l'échelle de la rivière	Tracé en 2014	0.195 km = longueur développée 0.170 km = longueur ligne droite	1.14	Tracé sinueux	1.07 à 1.14

Mouge	M1	M2	M3	M4	M5	Références
Longueur d'onde des méandres	33	34	28	42	44	20 – 40 m
Amplitude des méandres	14	15	7.5	14.5	10	8 – 12 m

- **Recharge alluvionnaire**

Débits caractéristiques	Q plein bord
Pente localisée (i)	0.025
Diamètre du grain (m)	0.06
Paramètre de Shields	0.138
Analyse	Armure détruite

Débits caractéristiques	Q 2
Pente localisée (i)	0.025
Diamètre du grain (m)	0.031
Paramètre de Shields	0.138
Analyse	Armure détruite

Débits caractéristiques	Q 5
Pente localisée (i)	0.022
Diamètre du grain (m)	0.035
Paramètre de Shields	0.138
Analyse	Armure détruite

La détermination de l'indice de Shields permet d'établir une plage de matériel alluvionnaire pour assurer la recharge du lit mineur : **3-120 mm**



Dessin du lit de la Mouge en fonction des plages d'altitudes du terrain naturel



Vue 3D du nouveau lit du ruisseau de Joux



Caractéristiques des méandres dessinés pour le nouveau tracé du lit mineur du ruisseau de Joux

3.5.4. Le secteur aval (la Mouge après la confluence avec le ruisseau de Joux)

En aval direct de la confluence entre le ruisseau de Joux et la Mouge, le lit mineur s'écoule en contre bas de la voie communale pour rejoindre le moulin. Dans le cadre du présent AVP, deux options sont proposées :

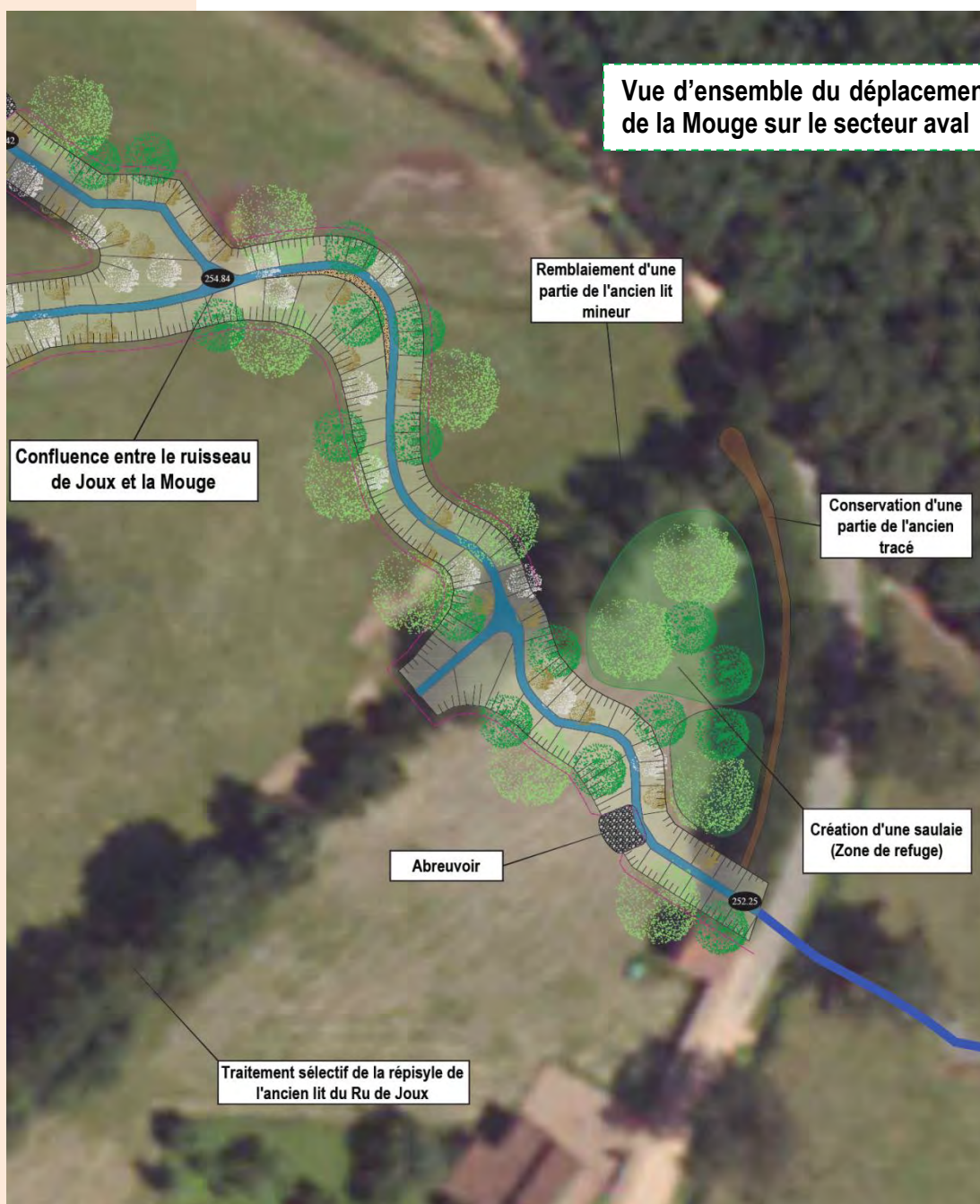
- **Option 1 : Le maintien du tracé actuel avec une reprise des cépées d'Aulnes Glutineux en place afin d'assurer leur pérennité.**



- **Option 2 : La reprise du tracé pour faire passer la rivière dans l'axe de l'ouvrage de franchissement de la route communale.** Cette option nécessite une acquisition foncière. En rive gauche, l'espace enclavé entre l'ancien et le nouveau tracé de la Mouge sera valorisé. Il s'agit de mettre en place une saulaie pionnière accompagnée d'une aulnaie en lien avec la bande de végétation existante actuellement. L'ensemble formera une couverture végétale qui assurera une zone de cache pour la faune.

Suite aux différentes réunions de concertations sur le terrain avec les différents propriétaires, **le maître d'ouvrage a fait le choix de retenir l'option 2**. Le propriétaire de la parcelle a formulé une demande de mesures compensatoires qui ont été intégrées au projet. Les éléments complémentaires apportés sont les suivants :

- **Mise en place d'une clôture en rive droite**
- **Implantation d'un abreuvoir aménagé** pour permettre l'abreuvement des bovins.
- **Une partie de l'ancien tracé du lit de la Mouge sera maintenu en l'état** et permettra de récupérer les eaux de ruissellement du chemin communal. Un traitement sélectif des Aulnes Glutineux présents en rive gauche sera effectué.
- **Une partie de l'ancien tracé du lit du ruisseau de Joux sera remblayé à l'aide des matériaux déblayés.**



3.6. Reprise de l'accotement de la RD 15 et ancien lit du ruisseau de Joux

3.6.1. Objectifs

L'objectif de l'opération est de reprendre l'accotement de la voirie à savoir la RD 15 après le déplacement de la Mouge. Il s'agit bien de mettre en sécurité la voirie existante en recréant un talus stable.

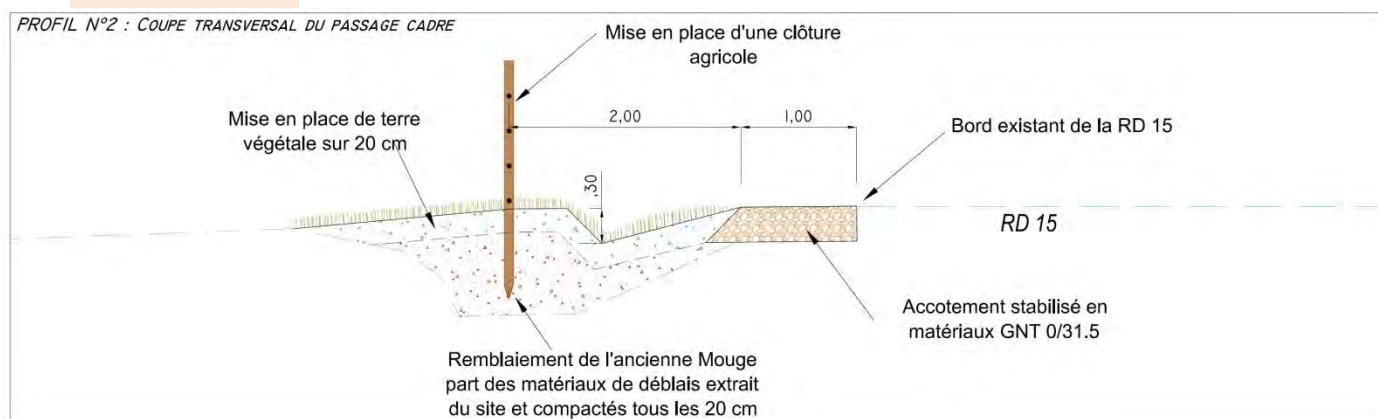
3.6.2. Description technique

- **Remblaiement de l'ancien tracé en section courante**

Après déviation du ruisseau, le tracé initial sera remblayé afin de permettre la création d'un accotement de 3 mètres de large suivant l'emprise disponible en partant de la limite de la chaussée. Le terrain naturel sera rattrapé en amont de la haie par un talutage avec une pente de 3H/2H. Ces travaux nécessiteront :

- le décapage de la terre végétale présente sur les berges,
- stockage puis remise en place en sommet d'accotement et utilisation de la terre végétale déblayée lors de la création des lits;
- le remblaiement à l'aide de matériaux 0/31.5 compactés par couches de 20 à 30 cm permettant de garantir un objectif de compactage q4 pour la partie inférieure du remblai et q3 pour la partie supérieur du remblai.

Si les matériaux extraits pour la création du nouveau lit sont compatibles avec les objectifs de compactage indiqués ci-dessus, ils seront utilisés pour le remblaiement du lit existant afin de limiter les apports extérieurs. **Une cunette sera maintenue afin d'assurer l'écoulement des eaux de ruissellement**

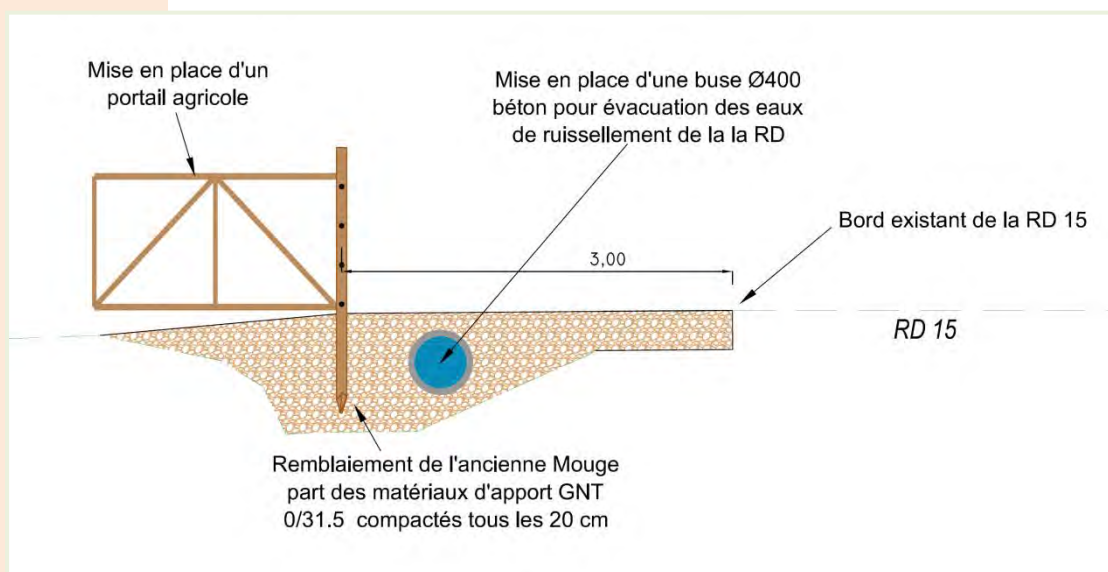


Remblaiement de la Mouge en contre bas de la route départementale 15

- **Maintien de points d'accès aux différentes parcelles (voir plan masse)**

En complément du remblaiement de l'ancien tracé de la Mouge, les accès aux parcelles seront maintenus par la création de points durs dans le remblai de la voirie. Ces points d'accès seront conçus à l'aide de matériaux type 0/31.5 afin d'assurer la stabilité des matériaux et la déstabilisation de l'accotement. Une buse de diamètre 400 mm complétera le dispositif pour permettre l'écoulement des eaux de ruissellement de la voirie. La coupe présentée ci-dessous illustre la réalisation. Les accès seront créés pour les parcelles suivantes :

- 1 accès pour les parcelles 80/79/78
- 1 accès pour les parcelles 73
- 1 accès pour les parcelles 76/69/70



Création de points d'accès aux parcelles



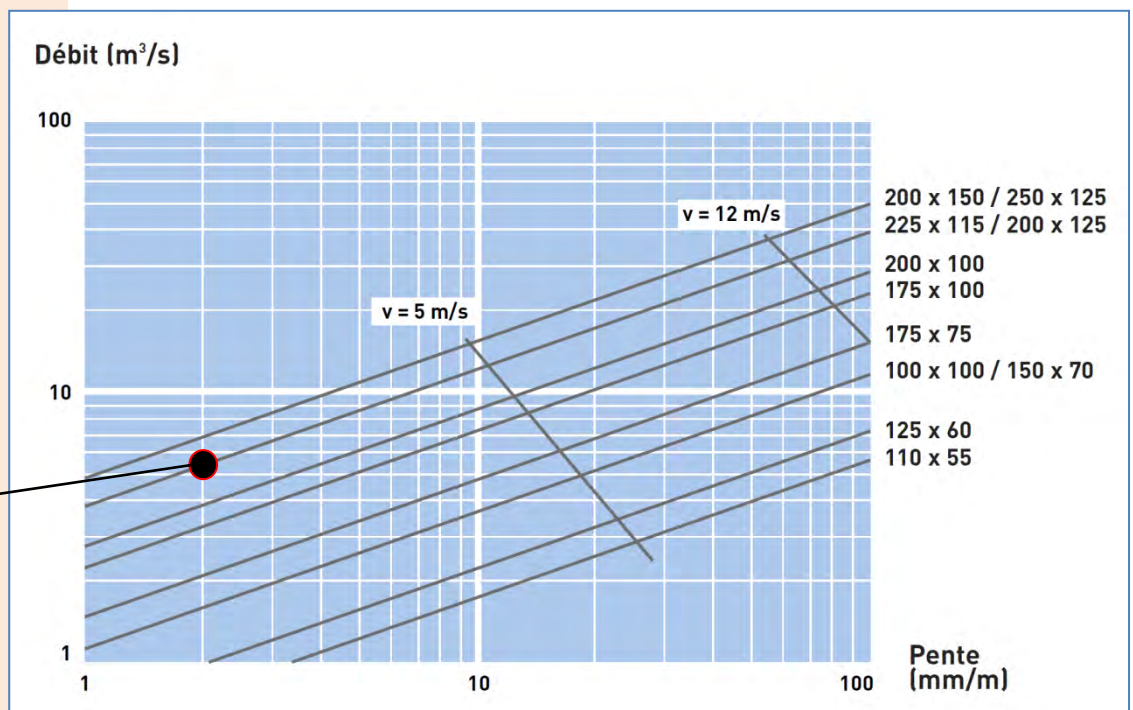
- **Accompagnement à la limite entre les parcelles agricoles et la RD 15: mise en place de clôtures**

En complément, une clôture sera implantée sur l'intégralité du linéaire remblayé à la limite entre la limite de l'accotement et les pâtures privées. **A la demande des propriétaires riverains**, la clôture sera la suivante :

- **Les clôtures à bovins composées de 3 rangées de fil ronce de barbelé double torsion** (\emptyset du fil 1,7 mm, galvanisé classe C, fixés sur les piquets par des clous cavaliers, et de piquets (longueur 200 cm, \emptyset 15cm)
- **La clôture sera complétée par une dernière rangée de fil lisse galvanisé** (\emptyset du fil 2 mm), galvanisé classe C, fixée sur les piquets par des clous cavaliers, et de piquets (longueur 200 cm, \emptyset 15cm) en bois d'acacia,

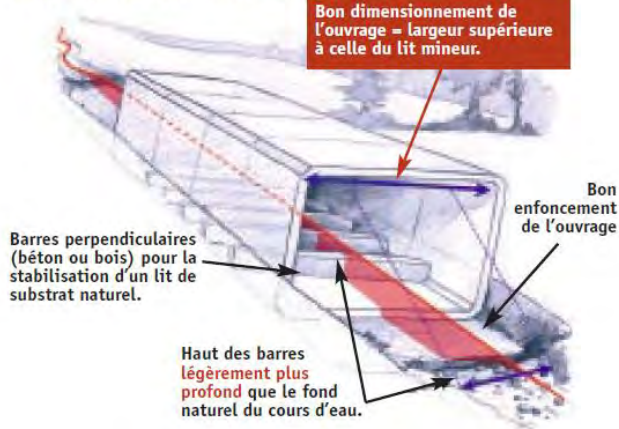
3.7. Reprise du chemin de servitude au droit de la Mouge et création d'un ouvrage de franchissement

Il s'agit de réhabiliter une ancienne servitude de passage des engins agricoles. Il faudra donc concilier le nouveau tracé de la rivière avec le franchissement. Pour cela, un ouvrage cadre en béton sera implanté. Il présentera les dimensions suivantes : **2 mètres de largeur x 1.50 mètres de hauteur**.

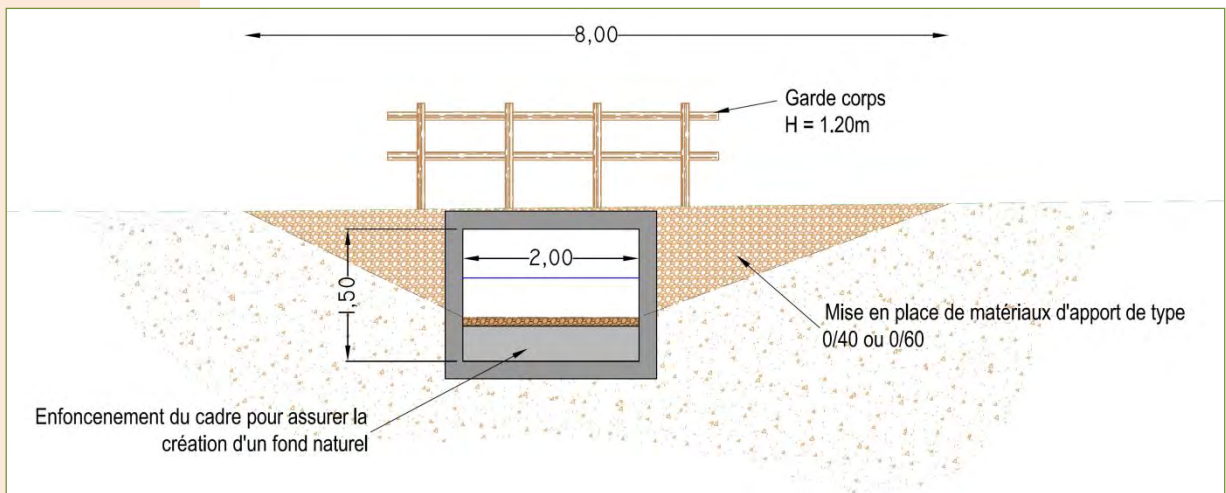


Les dimensions de l'ouvrage doivent permettre de faire passer Q100 (soit 5.3 m³/s). Selon les abaques de différents fournisseurs, un ouvrage de 200 x 125 est suffisant pour assurer le passage de Q100. Toutefois, il est indispensable de prendre un ouvrage plus haut pour l'enterrer partiellement et ainsi assurer la constitution d'un fond naturel dans le fond de l'ouvrage. **Les dimensions retenues sont donc les suivantes : 2 mètres de largeur x 150 de hauteur**. L'ouvrage sera enterré afin d'empêcher la création d'une chute résiduelle qui limiterai la continuité écologique.

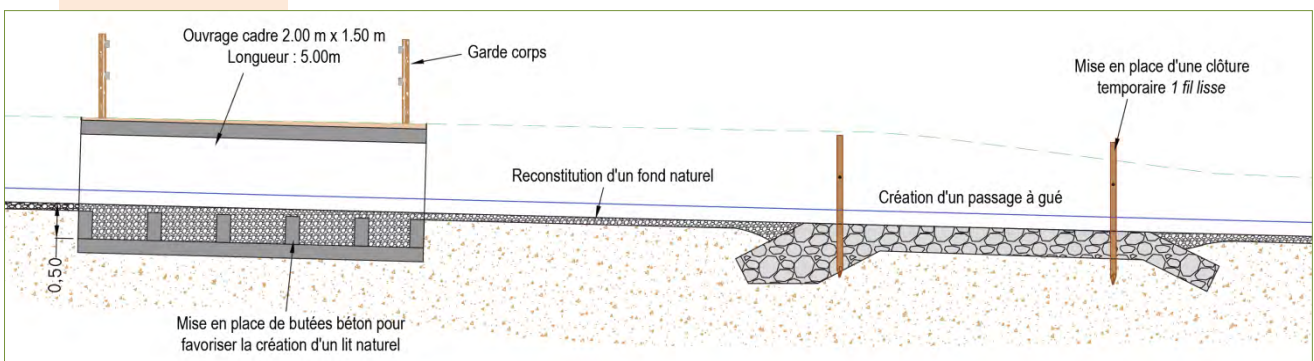
schéma de principe de récupération du profil naturel du cours d'eau



Reconstitution d'un fond naturel à l'intérieur de l'ouvrage



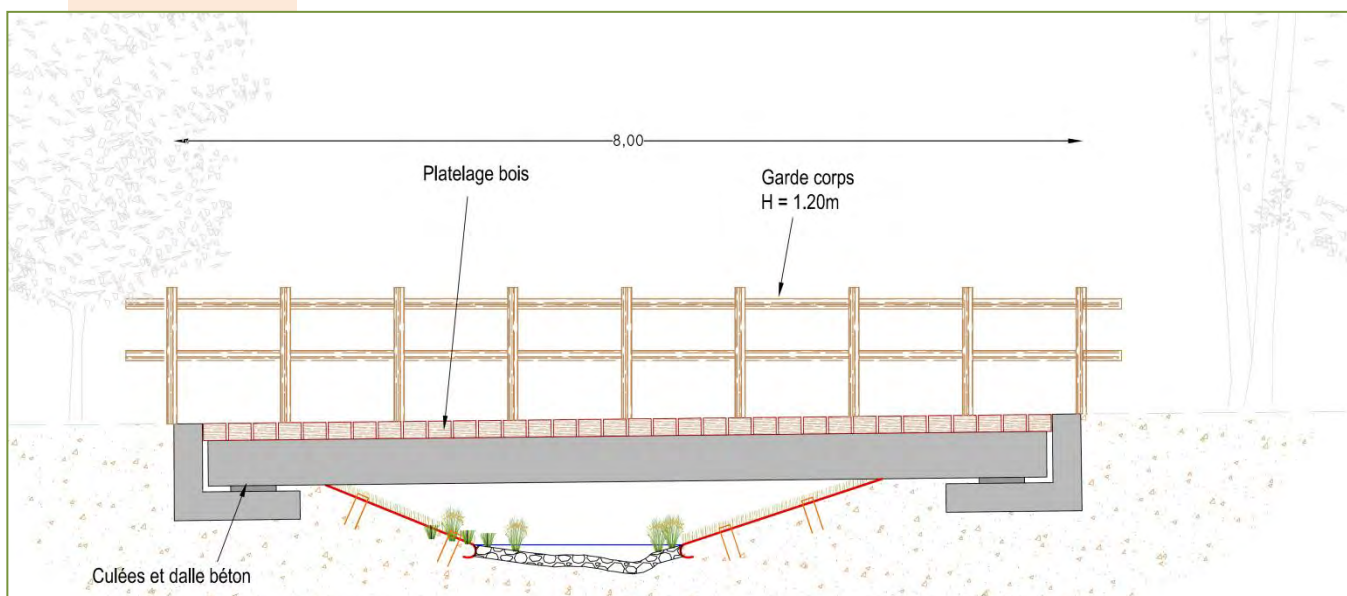
Coupe et profil en long de l'ouvrage cadre au droit du chemin agricole



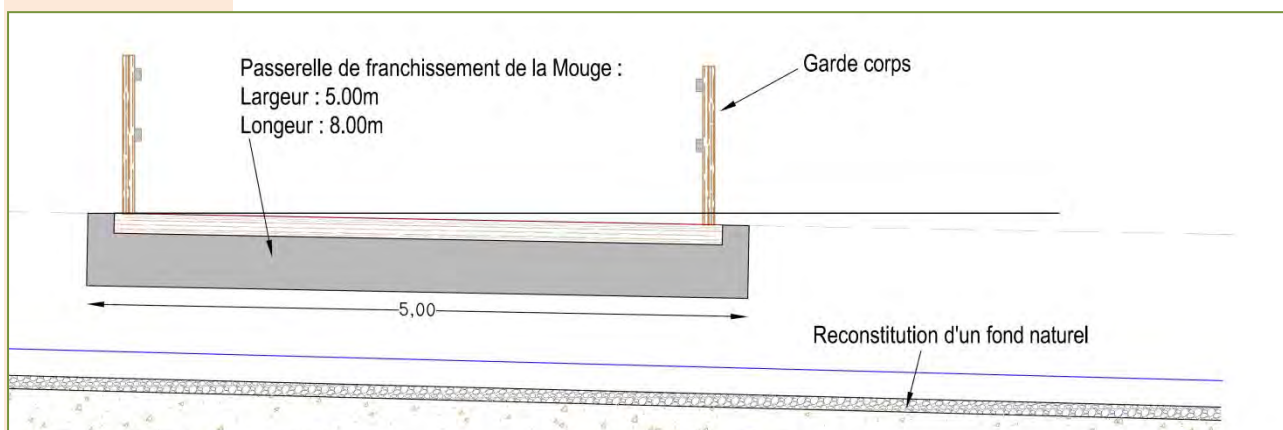
Au stade AVP, une solution alternative a été étudiée. Il s'agit de réaliser une passerelle béton posée sur des culées en rive droite et gauche afin de ne pas créer de pincement du lit mineur. Il s'agira donc de mettre en place 10 poutrelles béton préfabriquées qui présenteront les dimensions suivantes :

- Longueur : 8 mètres
- Largeur : 0.5 mètres
- Epaisseur : 0.8 mètres

L'ouvrage sera ensuite équipé d'un garde corps de hauteur 1.15 mètres. Le sommet des poutrelles béton sera complété par la pose d'un platelage bois. **Au stade AVP, la mise en place d'un tel ouvrage est chiffrée à 20 500 euros HT soit 16 500 euros pour fourniture et pose des poutrelles béton et des culées + 4 500 euros d'équipements**



Coupe et profil en long de la passerelle au droit du chemin agricole



3.8. Végétalisation des berges

Dans le cadre de travaux de création d'un nouveau lit de la rivière, la mise en place de plantations va permettre de **recréer des zones ombragées favorables** à l'amélioration de la qualité du milieu aquatique et peuvent éventuellement limiter la prolifération d'herbiers et de mousses aquatiques. De même, la reconstitution d'une ripisylve par des plantations permet de créer un filtre qui **capte une partie des eaux de ruissellement** qui proviennent du bassin versant (qui peuvent être chargées en matière organique).

Les plantations ont aussi une **fonction de maintien et de stabilisation des berges** dans les zones perturbées soit par la rivière elle-même, soit par une pression animale trop concentrée. Même si l'objectif n'est pas d'interdire l'accès à la rivière au cheptel bovin, le simple fait de le limiter à des secteurs bien définis constituera une amélioration significative de l'état du linéaire de berge. Les plantations permettent de **reconstituer une trame paysagère le long de la rivière**, de créer un écotone (zone de transition) qui permet les déplacements de la faune mais également une identification de la rivière dans un paysage de plaine ou de fond de vallée.

Il faut cependant veiller à ne pas « enfermer » le ruisseau dans un couvert végétal trop dense. L'intérêt étant de maintenir un certain nombre de secteurs ouverts sans végétation arborée afin de créer une alternance des zones « ombre/lumière » et donc créer de la diversité.

Largeurs de bande riveraine recommandées pour remplir certaines fonctions (source : développement durable et Environnement : Québec)

Auteur	Fonctions	Largeur recommandée (m)†	
		Minimum - Maximum	Moyenne
Budd et autres (1987)	Qualité de l'eau, contrôle de la température, habitat aquatique, corridors riverains	7,5-15	11
Swift (1986)	Qualité de l'eau (sédiment)	9,5-19	15
Castelle et autres (1994)	Qualité de l'eau, contrôle de la température	15-30	22
Wong et McCuen (1981)	Qualité de l'eau (sédiment)	45	45
Palmstrom (1991)	Qualité de l'eau (sédiment)	7,5-90	50
Roman et Good (1985)	Fonctions diverses	15-90	53
Nieswand et autres (1990)	Qualité de l'eau	14-90	56
Brown et autres (1990)	Qualité de l'eau (sédiment)	23-114	68
Mayer et autres (2005)	Qualité de l'eau (azote)	7-100	n. d. ‡
Wenger (1999)	Qualité de l'eau (azote)	15	n. d.
	Qualité de l'eau (sédiments)	30	n. d.
Rudolph et Dickson (1990)	Amphibiens et reptiles	30-100	n. d.
Newbold et autres (1980)	Macro-invertébrés benthiques	30	n. d.

† Les largeurs de bande indiquées correspondent à un côté du cours d'eau, mesuré à partir de la berge.

‡ Donnée non disponible

- **Descriptif technique**

Le choix des végétaux est essentiel pour obtenir une efficacité maximale de l'opération. Les plantations doivent être diversifiées :

- Diversité des essences.
- Diversité des classes d'âges afin de permettre la régénération naturelle de la végétation rivulaire
- Diversité entre les espèces arbustives afin de créer un bon couvert végétal au sol et arborées pour créer de l'ombrage.

Formations de bois tendres allant du pied à la partie médiane de la berge : Cette formation composée d'espèces pionnières regroupe (entre autres) les essences suivantes : les saules arbustifs et arborescents, Aulne glutineux, Viorme, fuseau, noisetier. Elle pourra être implantée sous forme de bosquets plus ou moins espacés ou de manière plus linéaire en fonction de l'emprise disponible. Les saules constitueront une part importante de cette formation. Cette espèce sera privilégiée car elle présente une très bonne capacité de reprise. Les saules seront implantés sous forme de boutures simples, de pieux boutures. Le mélange proposé est le suivant :

Formation 1 : formations de bois tendres		%
<i>Salix caprea</i>	Saule marsault	10
<i>Alnus glutinosa</i>	Aulne glutineux	35
<i>Salix alba</i> (boutures)	Saule blanc	15
<i>Salix alba</i> (pieux boutures)	Saule blanc	10
<i>Cornus sanguinea</i>	Cornouiller sanguin	10
<i>Crataegus monogyna</i>	Aubépine monogyne	5
<i>Corylus avellana</i>	Noisetier	15
		100

Pieux boutures de saules : illustration de pieux boutures de saules qui conduisent à la formation de saules têtards



Aubépine : illustration d'un individu formé qui assure un bon ombrage pour le cours d'eau et pour le bétail

Formations de bois durs en partie haute de la berge : cette formation composée d'espèces plus « climaciques » est constituée d'espèces comme le Frêne commun, l'Erable et le Chêne. L'implantation de cette formation et du chêne en particulier est possible mais sa capacité de reprise est parfois très limitée en fonction de la nature des sols. Dans le cas présent, quelques individus seront proposés car un chêne d'une centaine d'année est présent sur le site des travaux en milieu de la pâture. Ce cortège sera implanté sous forme de baliveaux uniquement. Le mélange proposé est le suivant :

Formation 2 : formation de bois durs		%
<i>Fraxinus excelsior</i>	Frêne commun	55
<i>Acer campestre</i>	Erable champêtre	35
<i>Quercus pedunculata</i>	Chêne pédonculé	10
		100



Chêne pédonculé : le chêne présente bien souvent un taux de reprise assez faible mais sa présence a un vrai rôle paysager. Il marque vraiment le tracé de la rivière et apporte à terme un ombrage conséquent.



Frêne commun : le frêne est un véritable marqueur en bordure de rivière. Il peut éventuellement être taillé en têtard selon les régions

Formation pionnière à ronces : Il s'agit de créer des zones pionnières qui évolueront naturellement. En effet, le développement de la végétation spontanée passe par le développement d'essences pionnières qui sont les premières à coloniser les espaces nus et ouverts à la lumière (aubépines, prunelliers...). Cette étape délicate et inesthétique, prémice de la succession écologique, est nécessaire à la bonne implantation de la future ripisylve. Elle décompacte et enrichit le sol, protège les jeunes plants de la dent des cervidés et elle n'est que transitoire : en quelques années, les arbres et arbustes auront pris le dessus, il s'agit du "processus de recrutement".

Formation 3 : formation pionnière à ronces		%
<i>Crataegus monogyna</i>	Aubépine monogyne	40
<i>Prunus spinosa</i>	Prunellier	40
<i>Corylus avellana</i>	Noisetier	20
		100

Suite aux différentes réunions techniques, il a été demandé de diminuer la densité de végétaux initialement prévue dans le projet technique. **Il s'agira de laisser une large part au retour spontané de la végétation rivulaire. Cette option est tout à fait possible si les berges de la rivière sont protégées du sur piétinement bovin par une clôture.**

La densité demandée par le comité de pilotage **est de l'ordre de 1 arbre de haut jet tout les 10 mètres en moyenne et des buissonnants dans les intervalles**. Certains secteurs seront laissés à nu mais un ensemencement à l'aide d'un mélange d'herbacées (la densité à respecter sera de l'ordre de 30g/m²) sera proposé.

3.8.1. Garantie et entretien des végétaux en place

Le délai de garantie des végétaux, à compter de la date d'effet de la réception des travaux, sera fixée 2 ans. La durée de la garantie s'étend sur deux périodes :

- **1ère période depuis le constat de parfait achèvement des travaux** jusqu'au constat de reprise des végétaux qui correspond au premier cycle végétatif ;
- **2ème période, deux années après la réception**, deux cycles végétatifs supplémentaires.

Cette garantie porte sur :

- **la reprise des aménagements végétaux**, y compris arbres, arbustes, boutures, plantes héliophytes et ensemencements ;
- **l'entretien des végétaux et leur traitement contre d'éventuelles maladies**,
- **la charge totale des risques de crue jusqu'à la crue décennale** pour toute installation ou partie d'ouvrages exécutée, à la fois pendant la réalisation et durant la période de garantie ;
- **la lutte contre d'éventuelles espèces exotiques envahissantes**,

- **Garantie de reprise des végétaux**

L'entrepreneur remplacera annuellement les plantes mortes, manquantes, gravement mutilées ou visiblement dépérissantes et il restaure les ensemencements. **Le pourcentage de reprise exigé est de 80%** pour autant que les pertes ne concernent pas une seule et même espèce.

- **Entretien des végétaux durant le chantier**

Dans tous les cas, les opérations seront menées en évitant toutes blessures aux plantations, les interventions ne seront pas seulement faites dans un souci horticole (aération et perméabilité), mais également dans un souci esthétique de propreté permanente. L'entreprise soumettra ses techniques de travaux, elle sera responsable des dégâts éventuels causés par une mauvaise utilisation du matériel. **L'emploi de désherbants chimiques et produits phytosanitaires est interdit.**

- **Entretien de la végétation après la période de garantie**

Il s'agira à travers cette opération d'assurer la conservation maximum de la végétation et de pérenniser les plantations mise en place lors des travaux de renaturation. La ripisylve joue un rôle primordial dans la protection contre l'érosion des berges. L'exécution des travaux de coupe de la végétation se fera à partir du pied de la berge ou depuis le lit du cours d'eau, de façon à bien apprécier la nature des opérations.

- **La végétation arborescente ne fera l'objet que d'un tronçonnage sélectif sur la berge.** Pour celui-ci, le choix des arbres à abattre se fera en fonction des objectifs définis ci-dessus. Les souches seront généralement conservées sauf cas particulier : arbres enracinés dans le lit et formant un obstacle à l'écoulement des eaux. Les arbres seront coupés horizontalement au ras du sol et le plus bas possible, le trait de sciage étant parallèle à la berge.
- **La végétation arbustive et buissonnante sera également traitée sélectivement.** En aucun cas, il ne sera procédé à un défrichage systématique.
- **Les coupes d'élagage seront franches et effectuées les plus près possibles du tronc** (entre la ride supérieure et le col de la branche). Elles concernent essentiellement les branches gênant l'écoulement des eaux.
- **Les arbres et cépées vieillissantes feront l'objet d'un recépage total ou sélectif** en conservant les tiges les plus saines et les plus droites. Les arbres et brins recépés seront dans tous les cas coupés au ras du sol.
- Les embâcles obstruant **totalem**ent le lit de la rivière seront extraits
- **L'emploi de produits phytosanitaires est proscrit.**

Les engins utilisés pour ces travaux devront évoluer depuis le haut de berge. Ils seront de type forestier et équipés de treuils. Les engins lourds tels que pelle hydraulique, bulldozer, bouteur, etc sont proscrits pour ces travaux.

Cette opération devra être menée tous les 5 ans sur deux campagnes puis tous les 8 ans pour éviter un éventuel dépérissement.

3.9. Mesures d'accompagnements

3.9.1. Création de passages à gué ou d'abreuvoir empierré pour assurer le franchissement du bétail

- **Rappel des impacts du sur-piétinement**

Le sur piétinement correspond à la pression générée sur les berges et le lit mineur d'un cours d'eau par la **sur fréquentation** du bétail. Il peut être lié à un chargement trop important en nombre de têtes par hectare ou à la concentration de la traversée du bétail sur un ou deux points de passage non adaptés. Le sur piétinement du bétail provoque l'élargissement excessif du lit mineur qui contribue, sur les petits cours d'eau à la dégradation et à la banalisation des habitats. Il participe également au colmatage des fonds par mise en suspension des matériaux de berges et peut aussi être à l'origine de la disparition ou de la diminution de la végétation rivulaire. Enfin, la présence excessive du bétail dans un ruisseau cause la dégradation de sa qualité physico chimique et de sa qualité bactériologique.



Illustration des impacts du sur piétinement du bétail sur des petits cours d'eau de plaine en Lorraine

Rq : une étude menée par la CATER de Basse-Normandie en 2004 a démontré que les concentrations en « Escherichia Coli » (bactéries intestinales) sont 800 fois plus importantes en aval d'un abreuvoir sauvage qu'à la normale. Cette situation augmente ainsi que le risque lié à la consommation de l'eau par le bétail, les bovins qui consomment une eau saine ayant une croissance de 23 % supérieure aux autres.

La création de passages à gué a pour objectif de conserver les accès agricoles et les points de franchissements actuels, de garantir de bonnes conditions de franchissement en étiage jusqu'aux moyennes eaux afin de permettre un accès aux parcelles agricoles exploitées. Le passage à gué consiste à créer un point dur dans le cours d'eau à l'aide de blocs d'enrochements et de concassé calcaire. La démarche à mettre en place consiste à :

- Créer des zones d'abreuvement ciblées pour permettre au bétail de boire toute l'année. Plusieurs aménagements sont alors possibles : la création de passages à gué lorsque le ruisseau s'écoule au milieu d'une parcelle, la création d'abreuvement empierré et enfin la mise en place de pompe à nez. **La pose de pompe à nez n'est pas proposée dans le cadre des ruisseaux qui présentent une faible lame d'eau en période d'étiage et leur gabarit ne permet pas d'assurer un abreuvement suffisant du bétail (problème d'alimentation de la crépine en été).**

- **Descriptif technique**

Terrassement, talutage de la berge : L'entrepreneur devra préparer et taluter sectoriellement les berges dans les endroits définis et délimités. Les excédents étant évacués dans les limites du chantier sur les zones définies. De même, le fond du lit sera légèrement repris de façon à lui redonner une forme et enlever les éléments fins accumulés.

Pose du géotextile non tissé : Entre les enrochements et la berge, un géotextile non tissé de type Bidim S31 ou similaire sera mis en œuvre. Les fonctions du produit sont d'être capables de maintenir le squelette du sol permettant la formation d'un auto filtre granulaire tout en laissant l'eau du sol s'écouler librement à travers le géotextile. Les films sont placés en bandes successives parallèles au sens d'écoulement du cours d'eau en commençant par le pied de berge. Le recouvrement des lés se fait de haut en bas et dans le sens du courant. Les recouvrements seront d'au moins 20 cm latéralement et 40 cm longitudinalement.

Mise en place des enrochements : Les blocs 150-300 kg doivent être positionnés soigneusement un par un, afin d'obtenir une surface la plus homogène possible et de réduire au maximum les interstices entre les blocs. On comblera les vides entre les gros blocs par de plus petits éléments de façon homogène (concassé calcaire dont le diamètre est à adapter en fonction de la taille de l'aménagement)



3.9.2. Pose de clôture

L'objectif de cette opération n'est pas d'interdire totalement l'accès du cours d'eau au bétail. Il s'agit de le cibler sur quelques secteurs pour limiter au maximum les perturbations sur les berges (déstabilisation...) et dans le lit mineur (déjections, destruction d'habitats...).

- **Descriptif technique**

Deux types de clôtures sont prévus :

- **Les clôtures à bovins « classiques » seront composées de 3 rangées de fil ronce de barbelé double torsion** (\varnothing du fil 1,7 mm), galvanisé classe C, fixés sur les piquets par des clous cavaliers, et de piquets (longueur 200 cm, \varnothing 15cm) en bois d'acacia.
- **Les clôtures à bovins à fil lisse seront composées de 1 rangée de fil lisse galvanisé** (\varnothing du fil 2 mm), galvanisé classe C, fixée sur les piquets par des clous cavaliers, et de piquets (longueur 200 cm, \varnothing 15cm) en bois d'acacia, le riverain mettra ensuite un fil électrique dans la partie basse de la clôture

Les clôtures ne devront pas être implantées à moins de 1,50 mètre des plantations. Les extrémités des clôtures ou les coins de bosquets, devront comporter une « jambe de force » afin de permettre de maintenir une tension minimale des fils.



Illustration de travaux de poses de clôtures dans le cadre de chantiers rivière



3.9.3. Traitement de la végétation rivulaire sur l'ancien lit du ruisseau de Joux et devenir de l'ancien lit

- **Objectifs**

Il s'agit de traiter la végétation rivulaire qui est présente sur l'ancien bras du ruisseau de Joux. En effet, l'absence d'écoulement risque d'entraîner un dépérissement de la végétation en place qu'il convient d'anticiper.

- **Description de l'opération**

Le traitement de la végétation rivulaire consiste à :

-Sélectionner des embâcles formés dans le lit de la rivière par la végétation : arbres déchaussés, arbres poussant dans le lit, branches tombées dans le lit. Les embâcles constitués de déchets et de bois seront également supprimés et évacués.

-Couper les arbres ou arbustes sur les berges qui constituent une menace de chute dans le lit ou une gêne considérable pour l'écoulement des eaux, élaguer les branches qui peuvent contraindre l'écoulement. Les coupes doivent être raisonnées et non systématiques.

-Tailler ou recéper de manière sélective la ripisylve vieillissante et/ou dépérissante, si les arbres ou arbustes risquent de tomber dans la rivière ou si leur état sanitaire est mauvais (présence de gui, de parasites...). Dans le cas contraire, ils seront conservés car ils offrent des abris, des perchoirs, des sites de nidification ou de nourriture importants pour la faune ;

-Eliminer les rémanents végétaux et les déchets de toute nature. Les abattages seront suivis d'un nettoyage de terrain et les produits ne pouvant être vendus seront évacués, broyés (puis dirigés vers une filière de compostage) ou incinérés ;

Les techniques de taille et de coupe sont répertoriées dans le tableau ci-dessous :

Nature de l'intervention	Type de végétation concernée	Matériel utilisable	Recommandations
Débroussaillage	Elimination des essences rudérales ou envahissantes (coupes de ronces, lianes, arbustes et arbrisseaux)	Débroussailleuse Croissant – sécateur	Proscrire les interventions systématiques – préserver les jeunes sujets arbustifs et ligneux pour maintenir une diversité et l'équilibre de la pyramide des âges
Coupe sélective des arbres	Arbres inclinés, sous-cavés, au milieu du lit, morts ou dépérissant	Tronçonneuse élagueuse, treuils, etc.	Préserver les arbres sénescents ou morts aux fonctions écologiques avérées mais stables ne présentant pas de risques de formation d'embâcles
Elagage	Parties d'arbres cassées, malades ou mortes	Elagueuse	Intervention ponctuelle au coup par coup
Elimination des embâcles	Dépôts de végétaux (branches, feuillage, etc.), déchets sur les berges	Tronçonneuses, croissant, treuil, grappin, etc.	Réserver l'intervention aux embâcles susceptibles d'obstruer le cours d'eau et aux déchets
Déchets et dépôts sauvages	Corps flottants de tout ordre	Ramassage manuel ou mécanique (si > à 1 m ³)	Elimination en décharge – Eviter le brûlage

3.10. Chiffrage des travaux et estimation AVP : reprise de la Mouge et du ruisseau de Joux

Travaux de déplacement de la Mouge et du ruisseau de Mouge		Phase AVP			
1	Travaux préparatoires	U	Q	PU	PT
	Installation et repliement de chantier (y compris en pace de la signalisation de voirie temporaire) :année 1	fft	1	8500	8500
	installation et repliement de chantier année 2	fft	1	2500	2500
	Plans de recollement	fft	1	3500	2500
	Piquetage de l'emprise du futur lit et mise en place de rubalise pour matérialiser les zones gelées	fft	1	1800	1800
	Mise en place d'un abreuvoir pour le bétail durant la période de chantier. Le remplissage de l'abreuvoir ne sera pas à la charge de l'entrepreneur.	fft	1	1500	1500
	Travaux d'abattage et de taille sur la végétation résiduelle.	fft	1	1000	1000
Sous TOTAL					17800

2	Création du nouveau lit mineur de la Mouge (<u>y reprise du tracé aval après la confluence avec le ruisseau de Joux</u>)	U	Q	PU	PT
	<i>Création du lit de la Mouge</i>				
	Dégagement de l'ouvrage de franchissement de la RD 15 et évacuation des déchets	fft	1	300	300
	Travaux de terrassements pleine masse pour dessiner le lit de la rivière. Travaux réalisés à l'aide d'une pelle hydraulique de puissance supérieure à 100 CV	m3	3040	4	12160
	Evacuation des matériaux à l'aide d'un camion benne 15 T en mise en andain de hauteur max = 1.50 mètres	m3	3040	12	36480
	Travaux de terrassements fins et soignés pour reprendre les berges et créer de la diversité dans le lit mineur	h	35	50	1750
	Fourniture et pose de grave de rivière : matériaux alluvionnaires propres non concassés et exempts de fines.	m3	100	30	3000
	Création d'accidents hydrauliques à l'aide de souches : fourniture, pose et fixation	fft	1	2200	2200
	Fourniture et pose d'un ouvrage de franchissement type ouvrage cadre au droit du chemin de servitude (y compris équipements d'accompagnement)	fft	1	34000	34000
	Remblaiement du tracé qui s'écoule dans la pâture en rive gauche du tracé actuel	m3	350	4	1400
	<i>Création de passage à gué 1</i>				
	terrassement du lit et des berges, régalinge sur place	h	20	75	1500
	fourniture et pose d'un géotextile synthétique filtre sous les blocs d'encrochements	m2	100	7	700
	fourniture et pose de calcaire 10 - 50 mm	m3	30	28	840
	fourniture et pose de blocs d'encrochements 100 - 300 kg	m3	37	30	1110
	ensemencement	m2	100	2	200
	Pose de clôtures temporaires	ml	20	8	160
	<i>Création de passage à gué 2</i>				
	terrassement du lit et des berges, régalinge sur place	h	20	75	1500
	fourniture et pose d'un géotextile synthétique filtre sous les blocs d'encrochements	m2	100	3.5	350
	fourniture et pose de calcaire 10 - 50 mm	t	30	35	1050
	fourniture et pose de blocs d'encrochements 100 - 300 kg	t	37	40	1480
	ensemencement	m2	100	1.8	180
	Pose de clôtures temporaires	ml	20	8	160
	Fourniture et mise en œuvre d'un abreuvoir empierré sur au moins 20 m ² , y compris géotextile filtre sous les blocs, toutes opérations de terrassement ainsi que la fourniture et la mise en œuvre des lisses en bois (chêne) et des fils barbelés (100 ml)	u	1	4200	4200
Sous TOTAL					104720

3	Création du nouveau lit mineur de la Joux	U	Q	PU	PT
	<i>Création du nouveau lit mineur du ruisseau de Joux</i>				
	Travaux de terrassements pleine masse pour dessiner le lit de la rivière. Travaux réalisés à l'aide d'une pelle hydraulique de puissance supérieure à 100 CV	m3	600	4	2400
	Evacuation des matériaux à l'aide d'un camion benne 15 T en mise en andain de hauteur max = 1.50 mètres	m3	600	12	7200
	Travaux de terrassements fins et soignés pour reprendre les berges et créer de la diversité dans le lit mineur	h	40	50	2000
	Fourniture et pose de grave de rivière : matériaux alluvionnaires propres non concassés et exempts de fines.	m3	35	30	1050
	Création d'accidents hydrauliques à l'aide de souches : fourniture, pose et fixation	fft	1	2200	2200
	<i>Création de passage à gué 1</i>				
	terrassement du lit et des berges, réglage sur place	h	20	75	1500
	fourniture et pose d'un géotextile synthétique filtre sous les blocs d'enrochements	m2	100	7	700
	fourniture et pose de calcaire 10 - 50 mm	m3	30	28	840
	fourniture et pose de blocs d'enrochements 100 - 300 kg	m3	37	30	1110
	ensemencement	m2	100	2	200
	Pose de clôtures temporaires	ml	20	8	160
	Sous TOTAL				19360
4	Végétalisation et pose de clôtures	U	Q	PU	PT
	<i>Végétalisation de la Mouge (y compris zone aval)</i>				
	Plantations d'arbustes , y compris entretien et équipements	u	130	10	1300
	Plantations d'arbres, y compris entretien et équipements (1000 mètres de berge à raison de 1 arbre tous les 10 mètres)	u	100	15	1500
	Fourniture et pose de boutures de saules	u	500	2	1000
	Fourniture et pose de pieux boutures de saules	u	10	25	250
	Ensemencement des berges à l'aide d'un mélange grainier adapté	u	8100	2	16200
	Clôture de protection type bovin 3 fils barbelés : une clôture de protection comprenant 1 piquet tous les 4 m, avec jambe de force aux angles, et trois rangs de fils de fer barbelé	ml	1500	8.5	12750
	<i>Végétalisation du ruisseau de Joux</i>				
	Plantations d'arbustes , y compris entretien et équipements	u	55	10	550
	Plantations d'arbres, y compris entretien et équipements (400 mètres de berge à raison de 1 arbre tous les 10 mètres)	u	40	15	600
	Fourniture et pose de boutures de saules	u	100	2	200
	Fourniture et pose de pieux boutures de saules	u	5	25	125
	Ensemencement des berges à l'aide d'un mélange grainier adapté	m2	2300	2	4600
	Clôture de protection type bovin 3 fils barbelés : une clôture de protection comprenant 1 piquet tous les 4 m, avec jambe de force aux angles, et trois rangs de fils de fer barbelé	ml	380	8.5	3230
	Sous TOTAL				42305
6	Entretien de la végétation mise en place : garantie d'entretien année 1	fft	1	2800	2800
7	Entretien de la végétation mise en place : garantie d'entretien année 2	fft	1	2800	2800

8	Reprise de l'accotement de la RD 15	U	Q	PU	PT
	Suppression de l'ouvrage rustique existant et de la passerelle présente en aval	fft	1	300	300
	Déblais de l'accotement actuel	m3	200	4	800
	Remblaiement de l'ancien lit mineur de la Mouge à l'aide de matériaux 0/31.5 compactés par couches de 20 à 30 cm	m3	200	25	5000
	Remblaiement de la partie inférieure du talus à l'aide des matériaux stockés (remblaiement, compactage)	m3	1200	4.5	5400
	Remblaiement de la partie supérieure du talus à l'aide des matériaux stockés (terre végétale, compactage)	m3	500	6	3000
	Ensemencement	m2	2900	2	5800
	Création de 3 accès (y compris buse diamètre 400)	fft	3	2500	7500
	Clôtures en bordure de pâtures (3 fils barbelés + 1 fil lisse)	ml	475	11	5225
	Sous TOTAL				33025
9	Traitement de la végétation rivulaire sur l'ancien bras du ruisseau de Joux	U	Q	PU	PT
	Travaux d'abattage et de taille de la végétation sur l'ancien ruisseau de Joux . Le traitement comprendra : -le traitement des arbres en mauvais état sanitaire et/ou dépérissants quelle que soit l'essence par abattage, élagage, mise en têtard, -l'enlèvement sélectif des broussailles, -l'enlèvement des trochées d'arbres, l'enlèvement des arbres, bois du fond de rivière et des berges qui contraignent les écoulements -L'enlèvement des embâcles -Le traitement des chablis et de leurs souches -le retrait et la gestion des déchets présents dans le lit -L'incinération ou l'évacuation des bois	ml	150	9	1350
	Sous TOTAL				1350

10	Fournitures diverses	U	Q	PU	PT
	Fourniture et mise en œuvre de géotextile biodégradable en coco H2M9 - largeur 2 et 3 m en aval de la protection. Y compris agrafes de fixation à raison de 2 pièces par m ² .	m2	500	7.5	3750
	Clôture de protection type bovin 3 fils barbelés : une clôture de protection comprenant 1 piquet tous les 4 m, avec jambe de force aux angles, et trois rangs de fils de fer barbelé	ml	50	8.5	425
	Fourniture et pose d'une porte agricole	u	1	1500	1500
	Fourniture et mise en œuvre d'un géotextile de type Bidim F31 ou équivalent	m2	100	7	700
	ensemencement	m2	2500	2	5000
	main d'œuvre ouvrier	h	100	33	3300
	pelle hydraulique 100 CV	h	50	75	3750
	camion benne 15t	h	50	55	2750
	fourniture et pose de blocs d'enrochements 100 - 300 kg	m3	30	25	750
	fourniture et dépose soignée de grave de rivière diamètre 0-16 mm	m3	40	35	1400
	fourniture et dépose soignée de grave de rivière diamètre 16-50 mm	m3	40	33	1320
	fourniture et dépose soignée de grave de rivière diamètre 50-100 mm	m3	40	32	1280
	Sous TOTAL				25925

Cout travaux	250980
Travaux préparatoires	17800
Création du nouveau lit mineur de la Mouge	104720
Création du nouveau lit mineur du ru de Joux	19360
Végétalisation et pose de clôtures	42305
Création d'une saulaie et aulnaie	895
Entretien de la végétation mise en place : garantie d'entretien année 1	2800
Entretien de la végétation mise en place : garantie d'entretien année 2 + enlèvement de piquets de marquage	2800
Reprise de l'accotement de la RD 15	33025
Traitement de la végétation rivulaire sur l'ancien bras du ruisseau de Joux	1350
Fournitures diverses	25925



3.11. Type de marché de travaux

La mise en place **d'un marché à bons de commande** permettrait de garantir la souplesse nécessaire pour réaliser ce type de travaux. Il s'agirait ainsi de réaliser les travaux sur trois années.

- **Durant la première année**, réalisation des travaux de terrassements purs afin de préparer les lits mineurs et laisser le cours d'eau travailler durant une saison de crue. Il s'agira également pendant cette session de travaux de réaliser la reprise complète de la voirie afin d'assurer la mise en sécurité. Les aménagements type passages à gué seront construits en année 1. **Une partie des travaux de terrassements fins et l'agencement des matériaux de recharge du fond du lit mineur**. Cette session verra aussi la mise en place de la végétation rivulaire et des travaux d'accompagnements complémentaires type pose de clôtures...
- **Durant la deuxième année**, il sera nécessaire d'apporter quelques réajustements (reprises ponctuelles de terrassements, du profil en long...) et d'assurer la première année de garantie de reprise des végétaux
- **Durant la troisième**, dernière garantie de reprise des végétaux et conservation d'une petite enveloppe prévisionnelle de travaux pour des reprises ponctuelles.

3.12. Aspects réglementaires

3.12.1. Généralités

Les travaux de restauration et d'entretien de cours d'eau s'inscrivent dans le cadre du Code de l'environnement et sont plus particulièrement concernés par le Livre II, titre 1^{er} et les articles suivants : L211-7, L214-1 à L214-11, L215-14 à L215-18, ainsi que par les décrets d'application suivants :

- **Décret 2007-1760 du 14 décembre 2007**, portant dispositions relatives aux régimes d'autorisation et de déclaration au titre de la gestion et de la protection de l'eau et des milieux aquatiques, aux obligations imposées à certains ouvrages situés sur les cours d'eau, à l'entretien et à la restauration des milieux aquatiques et modifiant le code de l'environnement
- **Décret n°2006-880 du 17 juillet 2006** modifiant le décret n°93-742 du 29 mars 1993 : « Procédure d'autorisation et de déclaration pour les installations, ouvrages, travaux et activités entraînant des prélèvements ou des rejets dans les eaux, prévues par l'article 10 de la loi n°92-3 du 3 janvier 1992 sur l'eau ».
- **Décret n°2006-881 du 17 juillet 2006** modifiant le décret n°93-743 du 29 mars 1993 : « Nomenclature des opérations soumises à autorisation ou à déclaration en application de l'article 10 de la loi n°92-3 du 3 janvier 1992 sur l'eau ».
- **Décret 2008-720 du 21 juillet 2008** relatif à l'exercice du droit de pêche des riverains dans un cours d'eau non domanial.

3.12.2. Nomenclatures concernées

Les rubriques de la nomenclature du décret 2006-881 concernées par le présent projet sont les suivantes :

3.1.1.0	Installation, ouvrages, remblais et épis, dans le lit mineur d'un cours d'eau, constituant :	
	1°) Un obstacle à l'écoulement des crues.....	Autorisation
	2°) Un obstacle à la continuité écologique* a) Entraînant une différence de niveau supérieure ou égale à 50cm, pour le débit moyen annuel de la ligne d'eau entre l'amont et l'ouvrage ou de l'installation.....	Autorisation
	b) <i>Entraînant une différence de niveau supérieure à 20cm mais inférieure à 50cm pour le débit moyen annuel de la ligne d'eau entre l'amont et l'aval de l'ouvrage ou de l'installation.....</i>	Déclaration

Les aménagements de lit mineur prévus sont prévus et vont entrainer une différence très restreinte du niveau d'eau soumis au régime déclaratif.

La réalisation des travaux de renaturation vont entrainer une modification du profil en long et du profil en travers sur un linéaire supérieure à 100 mètres.

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: 1°) Sur une longueur de cours d'eau supérieure ou égale à 100m..... 2°) Sur une longueur de cours d'eau inférieure à 100m.....	Autorisation Déclaration
----------------	--	------------------------------------

La rubrique 3.1.2.0 soumet par conséquent les travaux à **autorisation**

Au regard de l'ensemble des rubriques de la nomenclature, les travaux du présent programme de restauration et d'entretien sont soumis à **AUTORISATION** au titre du Code de l'Environnement.