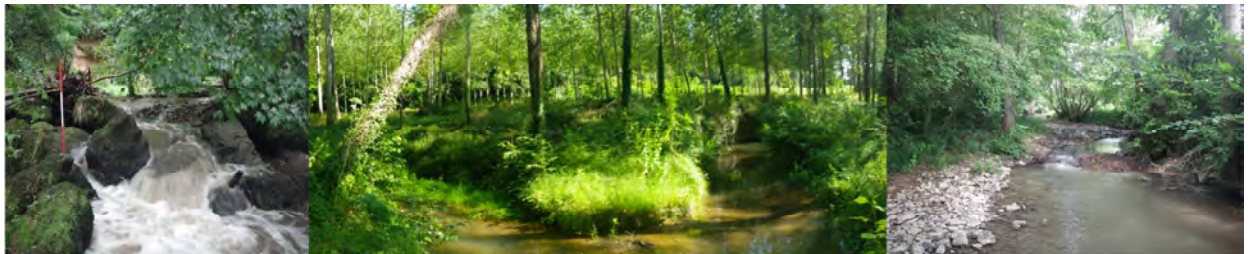




CONTRAT DE RIVIERES DU MACONNAIS

ETUDE DE LA DYNAMIQUE ALLUVIALE DES RIVIERES DU MACONNAIS



Rapport diagnostic

Version finale

Mars 2011

Maître d'ouvrage : E.P.T.P Saône et Doubs



Financeurs :



SIVOM de la Petite Grosne
SIVOM du canton de Lugny
Syndicat de la Natouze

Réalisation : Equipe Fluvial.IS (Mandataire)

16 rue de Senillé 57320 Guerstling



Rédaction :

G. Remy (Fluvial.IS)

P. Charrier (Fluvial.IS)

A. Folmer (Fluvial.IS)

A. Gueidan (Ecodève) 

Relevés de terrain et photographies :

G. Remy (Fluvial.IS)

A. Folmer (Fluvial.IS)

P. Charrier (Fluvial.IS)

Avec le soutien de l'université de Sarrebruck (Equipe du Prof. Löffler)



Cartographie :

G. Remy (Fluvial.IS)

A. Gueidan (Ecodève) 

Fonds cartographiques : BD ORTHO © IGN

SCAN 25 © IGN

SOMMAIRE

1. Introduction	4
2. Contexte Physique général	6
2.1. L'occupation du sol dans la région du Mâconnais	6
2.1.1. L'occupation du sol actuelle	6
2.1.2. Les grandes évolutions depuis le XIXème siècle : l'exemple des forêts	11
2.2. Contexte hydrologique	13
2.2.1. Caractéristiques générales	13
2.2.2. Les débits de crues, détermination des débits morphogènes	13
2.3. Contexte géologique et structural de la Petite Grosne et de la Mouge	17
2.4. Contexte géologique et structural de la Bourbonne et de la Natouze	21
2.5. Contexte hydrogéologique général de la région du Mâconnais	21
2.6. Contexte écologique des bassins versants étudiés	23
3. Diagnostic sédimentaire et morphologique du lit, des berges des cours d'eau du Mâconnais	26
3.1. Sectorisations naturelles et tronçons homogènes sur les bassins des cours d'eau du Mâconnais	26
3.1.1. Méthode employée	26
3.1.2. Résultats obtenus, tronçons homogènes des cours d'eau du Mâconnais	26
3.2. Puissance et pente, deux variables de contrôle majeures dans la définition des styles fluviaux	27
3.2.1. Profils en long des cours d'eau principaux du Mâconnais	27
3.2.2. Puissance fluviale spécifique des cours d'eau du Mâconnais	27
3.2.3. Style fluviaux des cours d'eau du Mâconnais	28
3.3. Degré d'artificialisation du lit et des berges des cours d'eau du Mâconnais	33
3.3.1. Généralités sur les aménagements rencontrés	33
3.3.2. Appréciation de l'artificialisation du lit et des berges sur les cours d'eau du Mâconnais	33
3.4. Evaluations de la qualité géomorphologique des cours d'eau	38
3.4.1. Justification de la méthode et principes généraux	38
3.4.2. Construction de la note de qualité physique	39
3.4.3. Cas concrets, présentation de l'application de la méthode	39
3.4.4. Synthèse : notes de qualité des différents tronçons des cours d'eau du Mâconnais et interprétation	41
3.5. Analyse de la continuité écologique du corridor alluvial	45
3.5.1. Impacts des ouvrages sur la continuité écologique des cours d'eau du Mâconnais	45
3.5.2. L'impact du colmatage des fonds sur la diversité des milieux aquatique	53
3.5.3. Analyse de la continuité du cordon végétal	61

3.5.4.	Corridors écologiques, trame verte et trame bleue	69
4.	Le potentiel de mobilité des rivières du Mâconnais	71
4.1.	Les résultats de l'étude géomorphologique historique	71
4.1.1.	Les limites et difficultés rencontrées de l'étude géomorphologique historique	71
4.1.2.	Les principales modifications historiques des lits mineurs des cours d'eau des bassins du Mâconnais	72
4.2.	La mise en place d'un potentiel dynamique par tronçons homogènes sur les cours d'eau du Mâconnais	72
4.2.1.	Généralités sur la mobilité des cours d'eau	73
4.2.2.	Application : la mobilité des tronçons homogènes des rivières du Mâconnais	74
5.	La cartographie des espaces de mobilité des cours d'eau du Mâconnais	79
5.1.	Introduction et contexte réglementaire	79
5.1.1.	Les enjeux d'une rivière à lit mobile	79
5.1.2.	La définition du fuseau de mobilité des rivières, contexte et définition	79
5.1.3.	Proposition de compléments à la méthode de l'Agence de l'Eau RMC sur les cours d'eau du Mâconnais	81
5.2.	L'espace de mobilité maximal (EMAX)	83
5.2.1.	Concept	83
5.2.2.	Méthode de cartographie	83
5.3.	L'enveloppe d'amplitude d'équilibre des cours d'eau	83
5.3.1.	Notions de bases : la relation entre l'amplitude des méandres et le type de cours d'eau	83
5.3.2.	Le choix d'un coefficient d'amplitude d'équilibre théorique	84
5.4.	Les bandes d'érosion potentielle à 10 et 50 ans	86
5.4.1.	La détermination de la largeur des bandes d'érosions potentielles à court et moyen terme	86
5.4.2.	Erosion potentielle et érosion probable, quelles différences ?	87
5.5.	Méthode de cartographie de l'enveloppe d'amplitude d'équilibre théorique, des bandes d'érosion potentielle à 10 et 50 ans des cours d'eau.	87
5.5.1.	Cartographie de l'enveloppe d'amplitude d'équilibre théorique des cours d'eau	87
5.5.2.	Cartographie des bandes d'érosion à court et moyen terme	87
6.	Conclusion du diagnostic	89

1. INTRODUCTION

Le territoire du contrat des rivières du Mâconnais est composé de 69 communes regroupées en diverses structures intercommunales.

Les différents acteurs locaux de gestion des rivières (syndicats de rivières, collectivités locales...) sont à l'origine de la mise en place d'un contrat de rivière sur quatre rivières principales (La petite Grosne, la Mouge, la Bourbonne et la Natouze) ainsi que certains de leurs affluents. L'Etablissement Public Territorial du Bassin de la Saône et du Doubs (EPTB Saône et Doubs), a été sollicité pour apporter ses compétences notamment en terme d'animation du contrat et pour la mise en œuvre d'études complémentaires.

Ces dernières permettront d'améliorer les connaissances du territoire, d'identifier les problématiques majeures rencontrées sur les cours d'eau de la région du Mâconnais afin de proposer les actions les plus pertinentes possibles pour la gestion de ces cours d'eau.

Ainsi, la présente étude intitulée « *étude de la dynamique alluviale des cours d'eau du Mâconnais* », constitue le lot n°2 d'un marché commun mis en place par l'EPTB Saône et Doubs. Elle aboutira à la rédaction de pistes de gestion en lien avec les recommandations du SDAGE Rhône Méditerranée Corse (RM&C), concernant par exemple la gestion des espaces de mobilité des rivières en lien également avec la Directive Cadre sur l'Eau (DCE). L'objectif de cette Directive Cadre Européenne est d'atteindre, en 2015, le bon état ou le bon potentiel écologique des cours d'eau. Le bon état écologique repose entre autres, sur la qualité des habitats, permettant d'assurer aux écosystèmes une bonne fonctionnalité, en préservant ou en améliorant la libre circulation des espèces biologiques et la possibilité pour les communautés animales d'assurer l'ensemble de leur cycle vital dans le lit mineur et la plaine d'inondation des cours d'eau.

Le périmètre de l'étude correspond aux bassins versants du réseau hydrographique du futur contrat de rivière du Mâconnais. L'étude concerne l'ensemble de l'espace alluvial des cours d'eau et des principaux affluents, y compris le lit majeur (cf. : carte suivante des bassins-versants et cours d'eau du territoire du Mâconnais, Figure 1).

L'étude géomorphologique concerne les 4 rivières principales ainsi qu'une vingtaine d'affluents, soit un linéaire total de près de 200 km pour le volet étude sédimentaire. Les enveloppes de mobilité (phase 3 de l'étude) seront définies sur les tronçons potentiellement mobiles, soit un linéaire total de 165 km.

Bassins versants et Cours d'eau

- Bassins Versants**
- La Bourbonne
 - La Mouge
 - La Natouze
 - La Petite Grosne
 - Petits affluents de la Saône

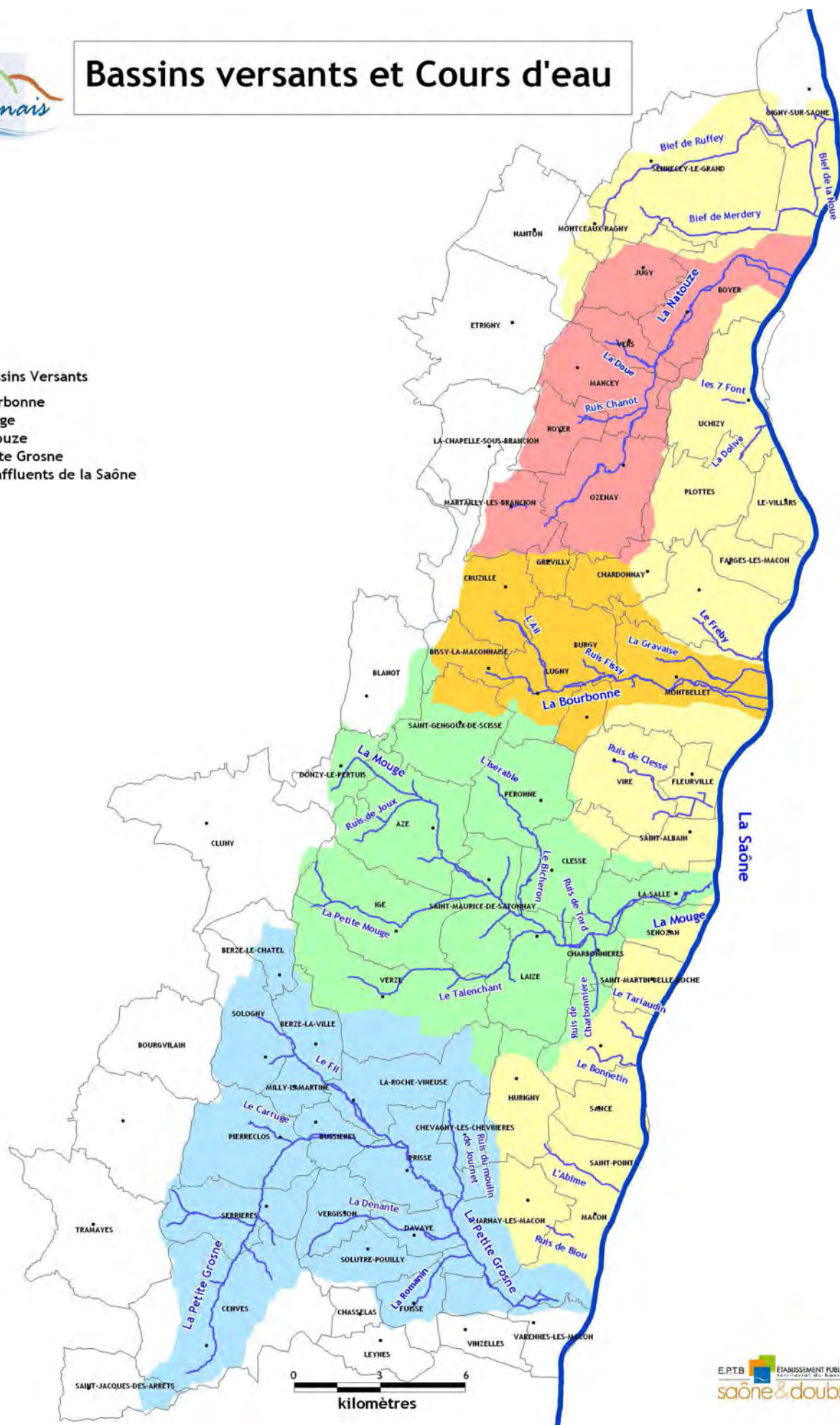


Figure 1 : Périmètre du secteur d'étude
Fluvial.IS

2. CONTEXTE PHYSIQUE GENERAL

2.1. *L'occupation du sol dans la région du Mâconnais*

2.1.1. L'occupation du sol actuelle

Les figures suivantes (Figure 2, Figure 3, Figure 4 et Tableau 1) représentent l'état de l'occupation du sol sur les bassins versants des rivières du Mâconnais.

Hormis les régions de Mâcon et de Tournus, l'urbanisation est peu étendue. L'agriculture est fortement représentée à l'Est du territoire, notamment sur les bassins de la Natouze et de la Bourbonne. L'activité viticole est également fortement représentée sur les bassins de la Petite Grosne, de la Mouge et de la Bourbonne (le bassin de la Natouze étant moins « impacté » par l'activité viticole).

Cette activité est à mettre en relation directe avec la géologie. Les cépages blancs, fortement implantés sur les terrains argilo-calcaires du Jurassiques, représentent la majorité du vignoble de la région. Quelques cépages de vins rouges sont présents sur les terrains du massif cristallin, à l'Ouest du territoire, mais restent une minorité.

Les surfaces occupées par les forêts (de feuillus, de conifères ou de forêts mixtes) se concentrent au niveau des têtes de bassins des rivières, notamment de la Petite Grosne, et dans la partie centrale du bassin de la Mouge, sur les terrains du Cénozoïque (sables, argiles), substrats peu intéressants pour la culture de la vigne. Contrairement aux vignobles et autres cultures céréalières, ce type de terrain, mieux couvert par la végétation, ralenti les ruissellements et retient les éléments fins provenant des versants, réduisant ainsi les apports de fines dans les cours d'eau, et donc les phénomènes de colmatage de ces derniers.

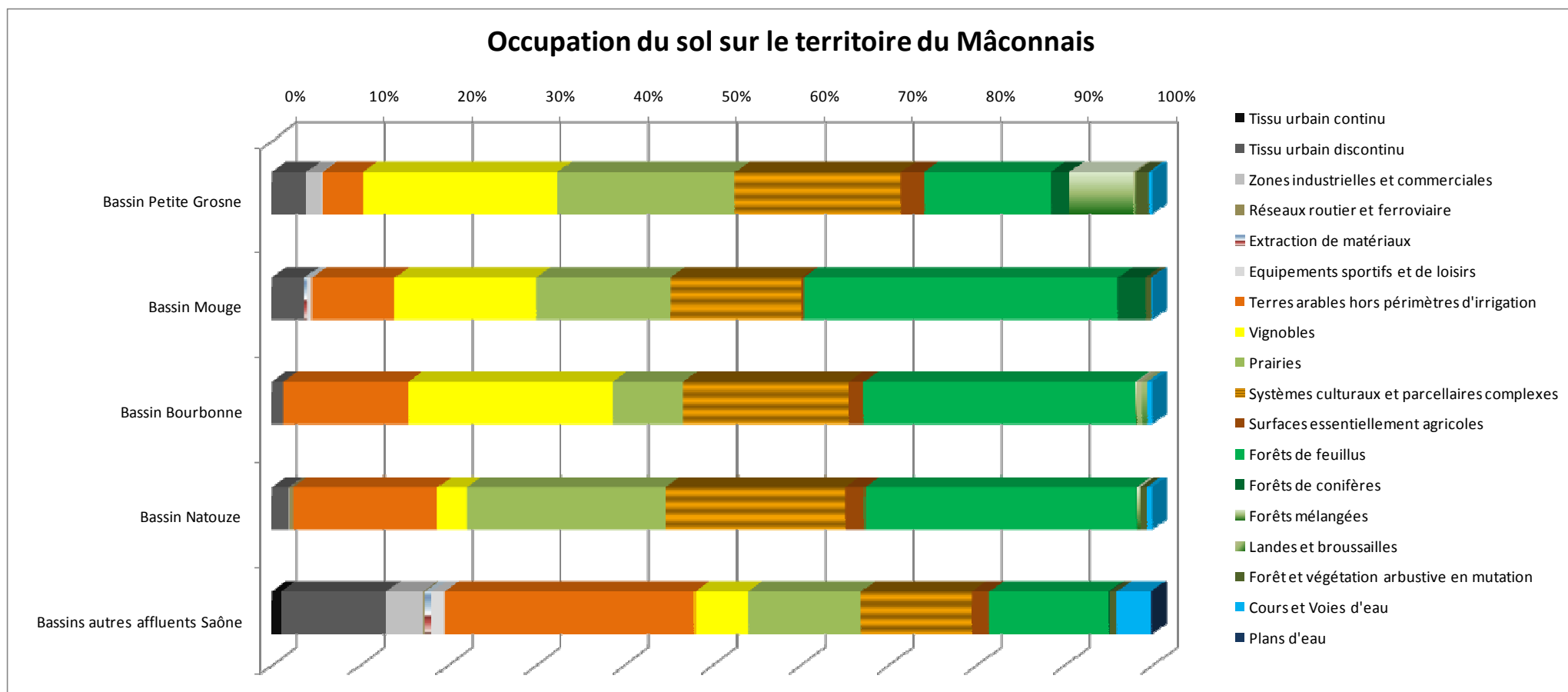


Figure 2 : Histogramme montrant l'occupation du sol sur le territoire des cours d'eau du Mâconnais (d'après Union européenne-SOeS CORINE Land Cover, 2006)

Code	Signification	Bassin Petite Grosne		Bassin Mougne		Bassin Bourbonne		Bassin Natouze		Bassins autres affluents Saône	
		Surface	poucentage	Surface	poucentage	Surface	poucentage	Surface	poucentage	Surface	poucentage
111	Tissu urbain continu		0		0		0		0	182,6	1,1
112	Tissu urbain discontinu	510,3	4,0	453,1	3,8	66,5	1,38	123,0	2,0	1942,6	11,9
121	Zones industrielles et commerciales	215,3	1,7					3,3	0,1	682,9	4,2
122	Réseaux routier et ferroviaire		0,0	0,8	0,01			25,1	0,4	32,0	0,2
131	Extraction de matériaux		0,0	46,8	0,4					125,1	0,8
142	Equipements sportifs et de loisirs	17,6	0,1	56,6	0,5					230,4	1,4
211	Terres arables hors périmètres d'irrigation	582,5	4,6	1121,6	9,4	685,9	14,18	980,9	16,3	4622,2	28,4
221	Vignobles	2815,8	22,1	1919,7	16,0	1120,5	23,16	203,5	3,4	978,4	6,0
231	Prairies	2569,4	20,2	1821,7	15,2	389,1	8,04	1349,1	22,5	2084,8	12,8
242	Systèmes culturaux et parcellaires complexes	2402,99	18,9	1777,2	14,9	910,3	18,82	1227,6	20,4	2050,7	12,6
243	Surfaces essentiellement agricoles	332,4	2,6	34,9	0,3	81,0	1,67	133,6	2,2	317,6	2,0
311	Forêts de feuillus	1832,1	14,4	4264,9	35,6	1491,1	30,82	1848,8	30,8	2206,4	13,6
312	Forêts de conifères	269,1	2,1	375,9	3,1			3,1	0,1	22,1	0,1
313	Forêts mélangées	918,8	7,2			7,4	0,2	23,4	0,4		
322	Landes et broussailles	39,0	0,3			58,6	1,2	0,2	0,003		
324	Forêt et végétation arbustive en mutation	193,5	1,5	80,1	0,7			44,3	0,7	122,9	0,8
511	Cours et Voies d'eau	48,7	0,4	11,0	0,1	27,5	0,57	39,3	0,7	631,8	3,9
512	Plans d'eau									27,8	0,2
Totaux		12747,6	100	11964,3	100,0	4838,0	100,00	6005,4	100,00	16260,4	100,00

Tableau 1 : L'occupation du sol des bassins des cours d'eau du Mâconnais (d'après Union européenne-SOeS CORINE Land Cover, 2006)

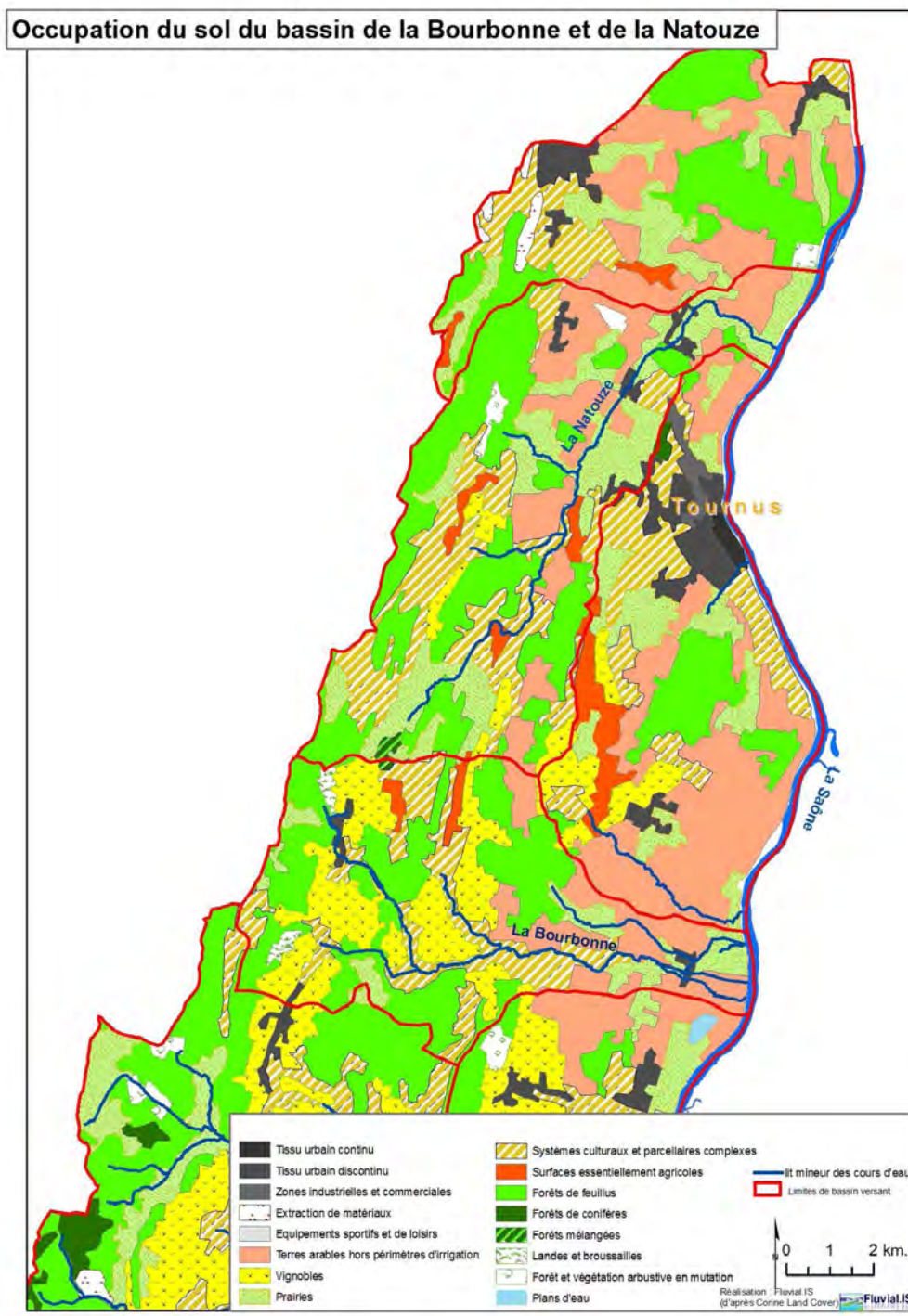


Figure 3 : occupation des sols des bassins de la Bourbonne et de la Natouze (d'après Union européenne-SOeS CORINE Land Cover, 2006)

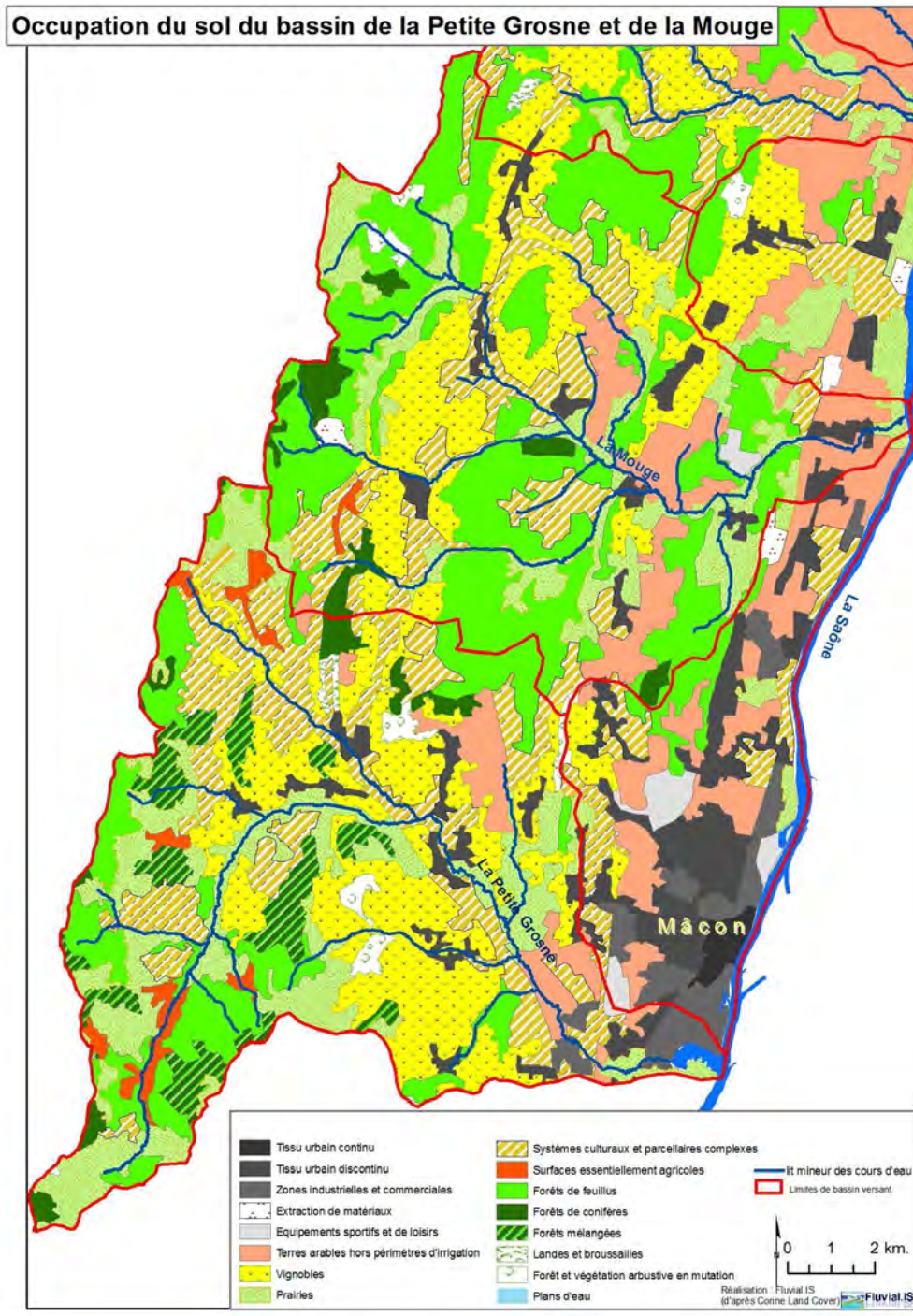


Figure 4 : occupation des sols du bassin de la Petite Grosne et de la Mouge (d'après Union européenne-SOeS CORINE Land Cover, 2006)

2.1.2. Les grandes évolutions depuis le XIX^{ème} siècle : l'exemple des forêts

La numérisation des forêts mentionnées sur les cartes topographiques de 1836 permet de rapprocher la répartition et l'importance des surfaces boisées. C'est aussi un indicateur de l'intensité de l'exploitation des sols.

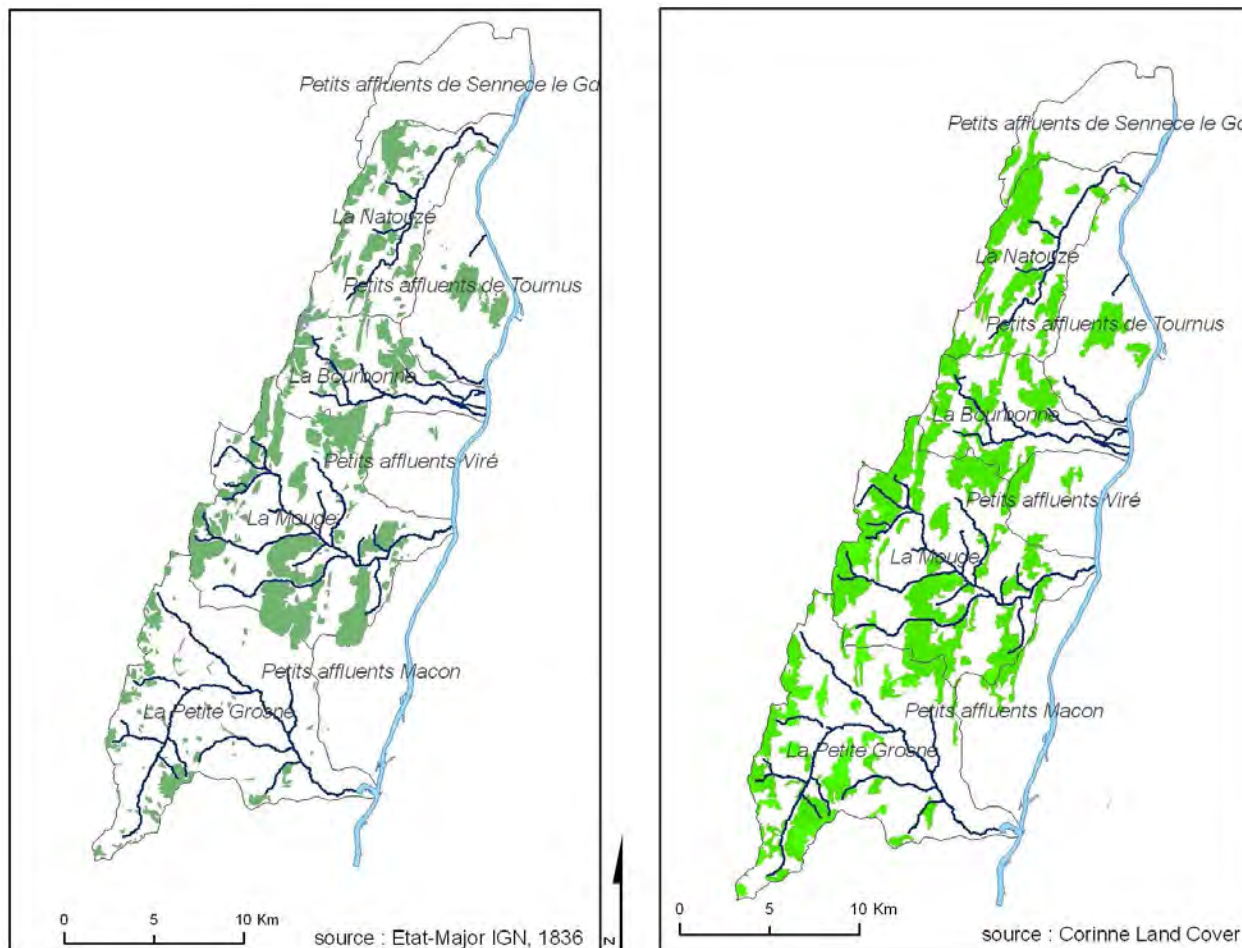


Figure 5 : comparaison de la répartition des forêts entre 1836 et 2006 sur les bassins étudiés

Globalement la superficie couverte par les forêts a augmenté de 43 % en 180 ans sur l'ensemble des bassins (près de 8000 ha en 1836 pour plus de 11 000 ha en 2006). Néanmoins dans le détail, on observe des changements plus forts encore avec une augmentation de plus de 140 % sur le bassin de la Petite Grosne (principalement des forêts artificielles selon Corinne Land Cover). Sur le reste des bassins, cette augmentation se limite à 20 à 30 %.

On note une augmentation ici comme ailleurs du taux de boisement des têtes de bassin qui permet de dire que les conditions générales en 1836 étaient plus favorables à la production de charge solide qu'aujourd'hui. Les surfaces viticoles n'étant pas représentées, il n'est pas possible de tirer de conclusion à partir d'une évolution de leurs superficies et de leur répartition.

Les observations et mesures de terrain doivent donc chercher à préciser ces points.

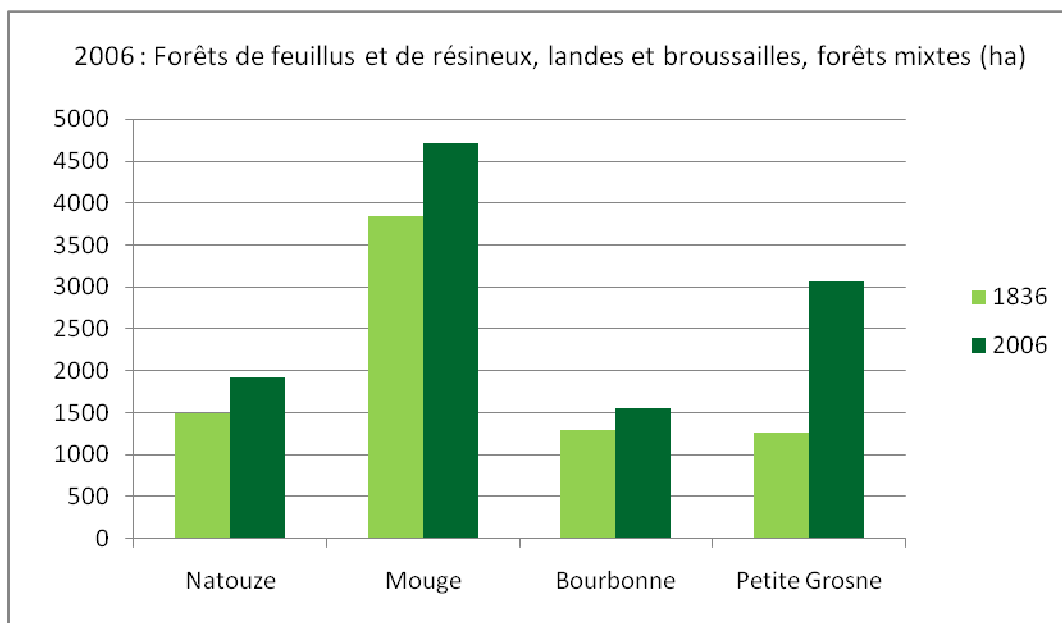


Figure 6 : évolution du couvert forestier sur les bassins étudiés (1836-2006)

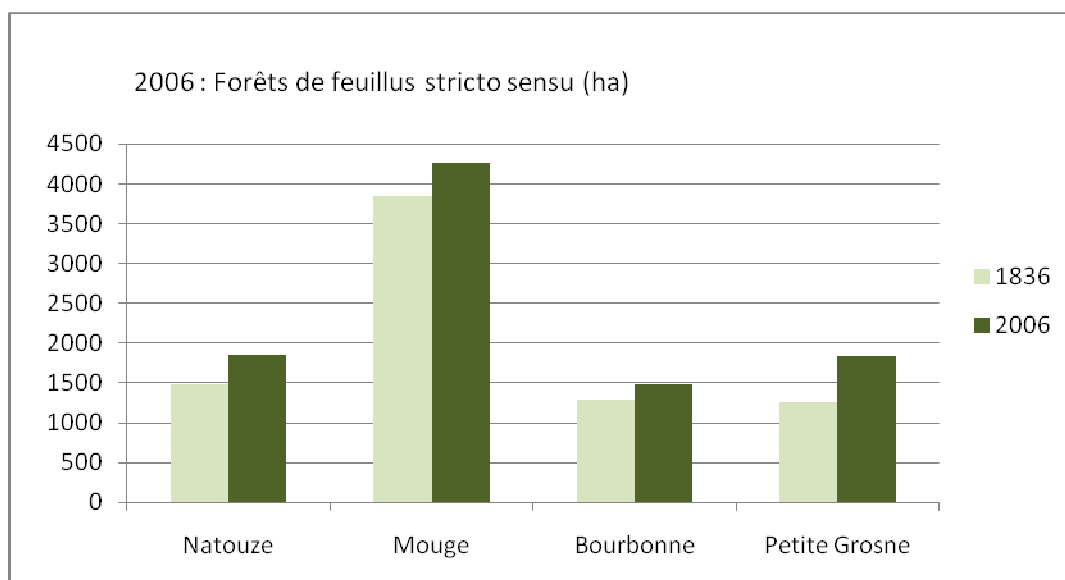


Figure 7 : évolution du couvert forestier de feuillus sur les bassins étudiés (1836-2006)

2.2. Contexte hydrologique

2.2.1. Caractéristiques générales

Les bassins versants des cours d'eau du Mâconnais sont résumés par leurs surfaces et leurs affluents majeurs dans le tableau suivant :

Cours d'eau	Superficie du bassin versant géographique	Principaux affluents Rive gauche	Principaux affluents Rive droite
Petite Grosne	128 km ²	Le Carruge, Le Fil, Le Ruis. Du moulin de Journet	La Denante, le Romarin
Mouge	120 km ²	La Verzé, le Ruis. St Maurice, le Ruis. De l'Isérable, le Bief Tord	Le ruis. De Joux, le Ruis. La Petite Mouge, le Talenchant, le ruis. De Charbonnière
Bourbonne	49 km ²	L'Ail, le ruis. De Fissy, le Ruis. De la Gravaise	
Natouze	60 km ²	Le Ruis. De Chanots, le Ruis. De la Doue	

Tableau 2: bassins versants du Mâconnais : superficies et affluents

Les bassins versants des cours d'eau du Mâconnais sont parsemés de nombreuses résurgences, du fait du caractère karstique¹ de la région. Les limites des bassins versant géographiques ne correspondent donc pas forcément exactement aux limites des bassins versant hydrologiques.

2.2.2. Les débits de crues, détermination des débits morphogènes

Une seule station hydrométrique, gérée et suivie par la DREAL Bourgogne, est présente sur le secteur d'étude. Il s'agit de la station de Davayé sur la Denante, un affluent de rive droite de la Petite Grosne (données disponibles 1987 – 2010)

Code station : U4305410	Nom station : La Denante à Davayé		
Superficie drainée : 11,4 km ²	Altitude : 190 m		
Débit moyen :			
Module : 0.124 m ³ /s			
Débits caractéristiques de crues :			
Q2 : 3,3 m ³ /s	Q5 : 4,8 m ³ /s	Q10 : 5,7 m ³ /s	Q20 : 6,7 m ³ /s

Tableau 3 : synthèse des données débits de crues de la Denante à Davayé (Banque Hydro, période 1987-2010)

Les caractéristiques géographiques (géologie, occupation du sol, forme des bassins) des bassins versants des rivières du Mâconnais étant globalement identiques, les débits sur l'ensemble des cours d'eau du secteur d'étude peuvent alors être déterminés en partie par extrapolation des données de la station de Davayé. Ainsi les tableaux suivants, construits à partir de résultats d'études antérieures, synthétisent les données de débits de crues des cours d'eau majeurs des quatre bassins versants étudiés.

¹ Karst : ensemble de formes de relief liées aux aspects particuliers du travail des eaux dans une masse de terrains calcaires, c'est-à-dire perméables, solubles et fissurés » (R. Brunnet, Les mots de la Géographie, 1992)

Mettre les récurrences des débits en indice (ex : Q₂)

		Superficie bassin versant (km ²)	Q2 estimé (m ³ /s)	Q10 (m ³ /s)	Q100 (m ³ /s)
Natouze	Franchissement RD 14 à la sortie de Martailly	2,9	1,5	2,9	5,8
	Franchissement RD 14 à la sortie d'Ozenay	14,3	5	8,5	17
	Franchissement de la RD 215 au Moulin Mutin	34	8,5	13,1	26,2
	Franchissement de la Voie SNCF à Boyer	49	10,5	17,6	35,2
Chanot	Confluence Natouze	7,6	2,9	5,1	10,2
Doie	Confluence Natouze	3,3	1,7	3,2	6,4

Tableau 4 : synthèse des débits de crues sur le bassin de la Natouze (d'après données Silène Biotec, 2003)

	Surface du bassin versant (km ²)	Q1 (m ³ /s)	Q2 estimé (m ³ /s)	Q5 (m ³ /s)	Q10 (m ³ /s)
Bourbonne :					
Lugny	9,3	2,2	3,2	5,2	7,3
Limite commune Lugny Montbellet	33,1	8,2	11,1	16,4	23
Aval	49,9	9,7	13	18,8	26,2
Gravaise :					
Bourg Mercey	9	1,6	2,3	3,7	5,4
Aval	11,4	1,9	2,7	4,2	6,1
Fissy					
Aval	7,7	2,3	3,3	5,2	7,7
L'ail					
Bourg Cruzille	2,8	0,7	1,1	1,8	3
aval	8,3	2,2	2,9	4,1	5,4

Tableau 5 : synthèse des débits de crues sur le bassin de la Natouze (d'après données Silène Biotec, 2003)

	Surface du bassin versant (km ²)	Q1 (m3/s)	Q2 (m3/s) (estimé)	Q5 (m3/s)	Q10 (m3/s)	Q20(m3/s)	Q50 (m3/s)	Q100 (m3/s)
La Petite Grosne à la Farge			5,9		9,2			18,4
La Petite Grosne à l'Amont du Fil			7,8				21,2	
La Petite Grosne amont de Prissé			15		25		33,6	45
La Petite Grosne à l'exutoire	127,47	24	28		40		62	75
le ruisseau de Carruge au bassin Ecrêteur de Pierreclos			1,1		Amont BE : 2,1 Aval BE : 1			Amont BE : 4,2 Aval BE : Non écrêté
Le Fil au Bassin Ecrêteur de Sologny			1,3		Amont BE : 2,4 Aval BE : 1		Amont BE : 3,6 Aval BE : 2,8	Amont BE : 4,8 Aval BE : Non écrêté
Le Petit Fil au Bassin Ecrêteur de Berzé			1,6		Amont BE : 3 Aval BE : 1,6		Amont BE : 4,5 Aval BE : 4,2	Amont BE : 6 Aval BE : Non écrêté
Le Fil au Bassin Ecrêteur de La Roche Vineuse			4,1		Amont BE : 7,1 Aval BE : 4,5		Amont BE : 16,4 Aval BE : 15,4	Amont BE : 19,7 Aval BE : Non écrêté
Le Fil à la confluence (intégrant les BE amont)			4,2				11,5	
Rui. Du moulin Journet			3,7		6,4			12,8
La Denante au Bassin Ecrêteur de Vergisson			2,4		Amont BE : 4,3 Aval BE : 1,2			Amont BE : 8,8 Aval BE : Non écrêté
La Denante à la station de Davayé	11,4		3,3	4,8	5,7	6,7		
Le Romarin			3,4		5,9			11,8

Tableau 6 : synthèse des débits de crues sur le bassin de la Petite Grosne (d'après données IPSEAU, 2004), BE : Bassin écrêteur

		Superficie drainée (km ²)	Q1 (m3/s)	Q2 (m3/s)	Q5 (m3/s)	Q10 (m3/s)	Q25 (m3/s)	Q50 (m3/s)	Q100 (m3/s)	Q250 (m3/s)
			1	2	5	10	25	50	100	250
Mouge	Confluent Saône	122,2	20	24	35	40	50	64	80	100
	Laizé aval Talenchant	95,8	18	21	30	35	44	56	70	88
	Laizé aval Isérable	70,9	14	17	24	28	35	45	56	70
	St Maurice-Aval Petite Mouge	42	9	11	16	19	24	30	38	48
	St Maurice amont Petite Mouge	25,6	6	7	10	12	15	19	24	33
	Azé Bourg	18,3	4	5	7,5	8,5	11	14	17	21
	Azé amont Rizerolles	15,7	3,5	4	6	7	9	11	14	18
Talenchant	Confluent Mouge	24,2	6,5	7	10	11,5	14,5	18,5	23	29
Isérable	Confluent Mouge	20,6	5,5	6,5	9,5	11	14	18	22	28
Petite Mouge	Confluent Mouge	16,3	4,5	5,5	8	9,5	12	15	19	24

Tableau 7 : synthèse des débits de crues sur le bassin de la Mouge (d'après données IPSEAU, 1996), BE : Bassin écrêteur

Le débit dominant (ou débit le plus morphogène) peut être considéré comme proche du débit à pleins bords pour les phénomènes de mise en mouvement de la charge de fond et pour l'efficacité de l'évacuation du matériau par charriage (voir à ce sujet les synthèses de Schumm, 1977 et Knighton, 1987) ; il représente aussi le point optimum d'efficacité pour les modifications géomorphologiques au sein du lit mineur (d'après Léopold *et al.* 1964 et Dury, 1969, in Bravard et Petit, 1997), notamment pour le façonnement des méandres (Tricart, 1977, in Bravard et Petit, 1997). Plusieurs relations ont été établies en considérant ce débit dominant (notamment le calcul de la puissance fluviale spécifique des cours d'eau, cf. partie 3.2).

De nombreux auteurs ont essayé de déterminer la récurrence moyenne du débit à pleins bords (c'est-à-dire proche du débit morphogène). Initialement considérée comme oscillant entre 1 et 2 ans (Léopold *et al.* 1964, Tricart, 1977), Dury, en 1976, la définit par une récurrence de 1.58 ans. Cette dernière valeur représente la crue annuelle la plus probable dans la distribution de Gumbel, lorsque la série des crues maximales annuelles est traitée (Roberts, 1989, in Bravard et Petit, 1997).

Pour les besoins de l'étude et la détermination d'une puissance fluviale spécifique sur l'ensemble des tronçons homogènes du Mâconnais, nous avons considéré le débit dominant comme étant le débit de récurrence 2 ans (Q_2).

Pour chaque cours d'eau d'importance, ce débit a été estimé avec les données de débits précédemment collectées lors de l'étape d'analyse bibliographique (cf. tableaux précédents)

2.3. Contexte géologique et structural de la Petite Grosne et de la Mouge

Les bassins versants de la Petite Grosne et de la Natouze se situent dans l'ensemble structural des Monts du Mâconnais. Ces massifs sont constitués d'un ensemble de chainons sédimentaires qui s'appuient sur un socle paléozoïque volcano-sédimentaire plus ou moins granitisé.

Ce **socle cristallin** affleure notamment dans la partie Ouest de la région (au niveau des têtes de bassins des rivières principales, la Petite Grosne et la Mouge. Deux formations majeures se détachent, il s'agit du complexe de tufs et de rhyolites, dépôts puissants formés de deux séries : la série inférieure constituée d'éléments grossiers et la série supérieure faite de roches beaucoup plus fines, très compactes, de couleur sombre. La carrière d'Igé utilise d'ailleurs ce matériau pour fabriquer des gravillons.

La deuxième grande formation de ce socle cristallin est constituée de granites à microgranites qui recoupent le complexe volcano-sédimentaire. Ces roches sont toujours fortement altérées en une arène grossière exploitée comme sable rose.

Des dépôts sédimentaires transgressifs du Trias (Trias gréseux) d'une faible puissance (3 à 10 m.) se sont ensuite déposés (discordance sédimentaire) sur le socle cristallin.

Ces formations géologiques sont à l'origine d'une grande partie des matériaux transportés par les cours d'eau, en particulier la Petite Grosne, à l'amont de Bussières.

Lorsque l'on s'approche de la Saône, les cours d'eau traversent tout un **ensemble de chainons sédimentaires** agencés de telle manière qu'ils forment un complexe dit de Cuestas². Ces roches sont datées du Jurassique et sont formées d'alternances marno-calcaires avec des passées plus ou moins argileuses.

Ces chainons sont délimités par un réseau de failles majeures dont la direction principale est NE – SO. La Petite Grosne et la Mouge s'écoulent globalement perpendiculairement à ces formations. Des galets calcaires anguleux constituent alors l'essentiel des matériaux transporté par charriage (mode de transport des sédiments en masse sur les fonds du cours d'eau). A l'inverse, un certain nombre d'affluents longent les côtes et s'écoulent dans des terrains moins résistants de type argileux à marneux. Ces derniers transportent alors des éléments de petite granulométrie de type limons ou argiles.

D'autres formations géologiques constituent les versants des vallées de la Petite Grosne et de la Mouge. Il s'agit de **formations sédimentaires du Cénozoïque** (entre 65 Millions et 2 Millions d'années). Ces roches, de part leur nature diverse, vont également participer à la diversité des éléments transportés par les cours d'eau. Par exemple, les terrains du Miocène (conglomérats) sont générateurs d'éléments grossiers de type calcaire, tandis que les terrains de l'Eocène et du Pliocène apporteront des éléments plus fins, car formés de marnes et d'argiles (et de passées sableuses pour les roches de l'Eocène)

Au cours du temps, les cours d'eau ont façonné ces formations géologiques et ont formé les vallées sur lesquelles ils s'écoulent.

² Cuestas : (ou côte : « forme de bordure de plateau dont la couche supérieure, plus résistante que l'inférieure, est légèrement inclinée et soutient le revers de la côte, et dont le talus externe est dit front de côte et a normalement un profil concave » (R. Brunet, les mots de la Géographie, 1992)

Le fond de vallée alluviale des cours d'eau du Mâconnais est principalement constitué d'éléments fins de type limoneux ou argileux. Ce type de matériaux très cohésifs (peu d'espaces entre les grains de petites tailles) ralentit les phénomènes d'érosion latérale des cours d'eau.

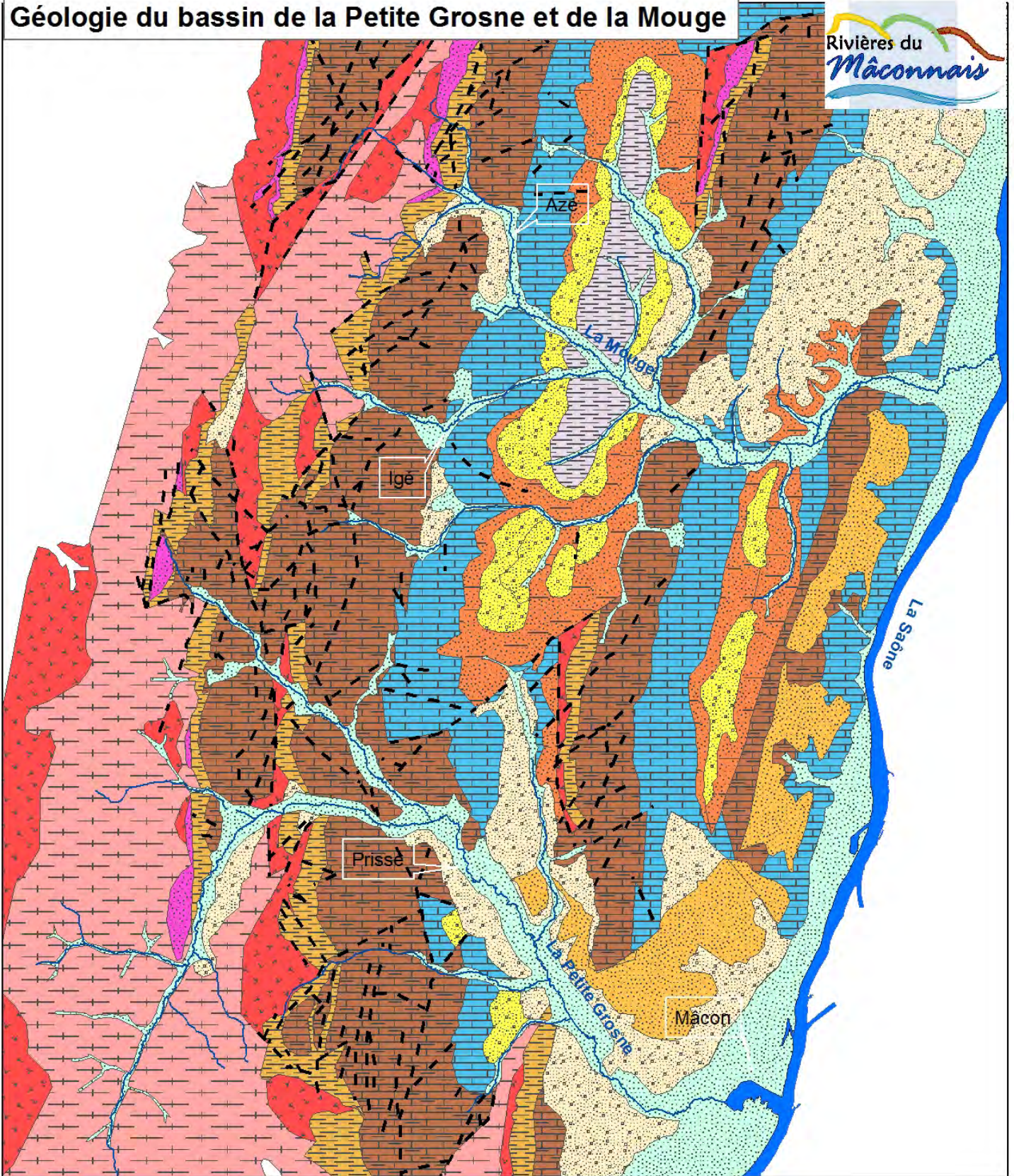
Une des particularités de la Petite Grosne dans sa partie amont est de s'écouler sur un substrat parfois moins cohésif (galets inclus dans une matrice limoneuse ou sableuse). Ainsi, certaines berges de cette nature auront tendance, en fonction de la puissance de la rivière, à être érodées plus « facilement ». Sur certains secteurs de têtes de bassins de la Petite Grosne, la rivière aura alors des caractéristiques de rivière « potentiellement » mobile.

Les vallées des cours d'eau du Mâconnais, malgré leur nature essentiellement argileuse, débouchent en général dans la vallée de la Saône en formant des cônes alluviaux, constitués de matériaux plus grossiers.

Figure 8 : carte géologique de la Petite Grosne et de la Mouge







Géologie du bassin de la Petite Grosne et de la Mouge








Rivières du
Mâconnais

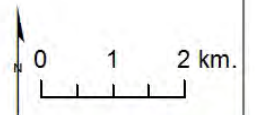


— Lit mineur des cours d'eau

Nature des formations géologiques

-  alluvions récentes
-  Formations quaternaires d'âge indéterminé
-  loess
-  Marnes et argiles du Pliocène
-  conglomérats Miocène
-  Argiles et sables Eocène

-  Jurassique supérieur
-  Jurassique moyen et inférieur
-  Hettangien, Rhétien et Trias supérieur argileux
-  Trias gréseux
-  granites et microgranites
-  Complexes de tufs et rhyolites houillers
-  Réseau de failles majeures




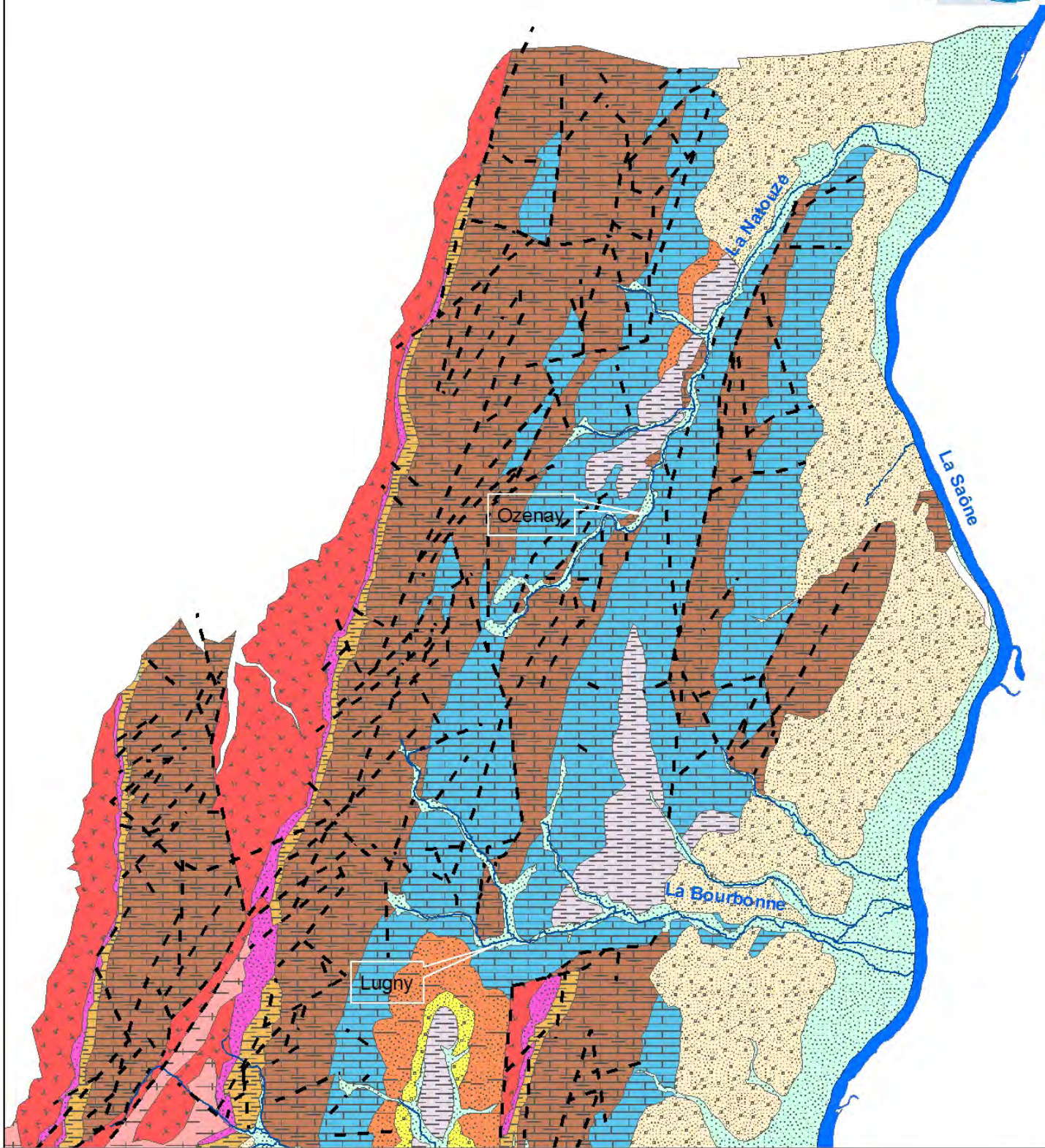
Réalisation : Fluvial.IS, 2010 

Figure 9 : carte géologique de la Bourbonne et de la Natouze

Géologie du bassin de la Bourbonne et de la Natouze



— Lit mineur des cours d'eau

Nature des formations géologiques

alluvions récentes

Formations quaternaires d'âge indéterminé

loess

Marnes et argiles du Pliocène

conglomérats Miocène

Argiles et sables Eocène

Jurassique supérieur

Jurassique moyen et inférieur

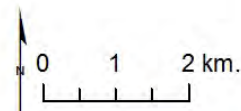
Hettangien, Rhétien et Trias supérieur argileux

Trias gréseux

granites et microgranites

Complexes de tufs et rhyolites houillers

- - - Réseau de failles majeures



2.4. Contexte géologique et structural de la Bourbonne et de la Natouze

Contrairement au cours d'eau de la Petite Grosne et de la Mouge, les rivières Bourbonne et Natouze traversent une moins grande diversité de terrains géologiques. Ces cours d'eau s'écoulent en effet essentiellement dans les terrains du Jurassique avec des directions générales différentes. La Bourbonne s'écoule perpendiculairement aux successions marno-calcaires (sens de l'écoulement de l'Ouest vers l'Est), alors que la Natouze s'écoule du Sud vers le Nord (écoulement « orthoclinal », en longeant le front de côte).

La Bourbonne et la Natouze traversent toutes deux des formations datées de l'Eocène et du Pliocène constituées essentiellement de matériaux fins marneux et argileux, donc susceptibles d'apporter, suite aux précipitations et aux ruissellements, des éléments fins dans les cours d'eau.

Combiné à certaines modifications anthropiques du milieu, l'apport massif de matériaux fins suite à des événements météorologiques violents peut provoquer un colmatage généralisé des cours d'eau, pénalisant pour le développement et/ou au maintien de la vie aquatique.

2.5. Contexte hydrogéologique général de la région du Mâconnais

Les données ADES³ n'indiquent ni piézomètre, ni puits, aux abords des cours d'eau du Mâconnais. La ressource aquifère n'est donc pas exploitée dans le fond de vallée des rivières. La nappe alluviale de la vallée de la Saône, en relation directe avec la rivière, est quant à elle, fortement exploitée. Les données quantifiées sont livrées grâce à un piézomètre à l'Est de Mâcon (point 06256X0188/PZ). Un log stratigraphique décrit la nature des terrains du sous sol au niveau de ce piézomètre (tableau ci-dessous).

Tableau 8 : log stratigraphique de la plaine de la Saône au droit du piézomètre 06256X0188/PZ

Profondeur	Lithologie	Remarques
De 0 à 2.5 m	Limons argileux	Niveau sensiblement imperméable engendrant par endroit la présence d'une nappe captive
De 2.5 à 4.3 m	Sable 80 à 90% avec quelques graviers	Réservoir aquifère en relation direct avec la Saône
De 4.3 à 8.6 m	Alluvions fortement graveleuses	Lithologie permettant la présence du meilleur réservoir aquifère
De 8.6 à 9 m	Argiles bleues	Substratum imperméable

Ces informations nous indiquent par exemple que les affluents qui s'écoulent sur la nappe alluviale de la Saône, bien que peu profonds, ne sont pas en contact direct avec les sables et graviers, et donc pas avec la nappe alluviale de la Saône. Le lien entre la nappe alluviale de la Saône et ses affluents est donc moins évident que les relations de la Saône avec sa nappe.

Au delà de la plaine de la Saône, la géologie de la région ne permet pas de former des vallées abritant des grands réservoirs aquifères. Les cours d'eau du Mâconnais s'écoulent

³ ADES : Portail national d'Accès aux Données sur les Eaux Souterraines

en effet sur des fonds de vallées de nature essentiellement argileuse à limoneuse (épaisseur de 3 à 5 m d'alluvions, carte géologique de Mâcon, XXX-28). L'espace inter-granulaire entre les éléments fins de types limons ou argiles ne permet pas l'infiltration efficace de l'eau et la naissance d'un réservoir aquifère significatif.

Ainsi, les quelques zones humides présentes sur le territoire de la zone d'étude en bordure des cours d'eau n'ont pas pour origine la connexion avec une nappe alluviale. L'eau présente est d'origine d'origine météorique et ne s'infiltré pas dans le sol du fait de sa nature plutôt imperméable. Seuls quelques lentilles isolées peuvent se former dans la vallée de la Petite Grosne et de la Mouge amont (plaine alluviale présentant des accumulations d'éléments plus grossiers de type graviers à galets jointifs, permettant la création d'une porosité en interconnexion où l'eau peut transiter).

La présence ou l'absence de nappe alluviale est un élément important à prendre en compte dans le choix de gestion des ouvrages transversaux. En effet, dans le cas où une nappe alluviale serait présente, la suppression d'un ouvrage peut entraîner, par la baisse du niveau d'eau de la rivière, une diminution du toit de la nappe. Ce phénomène pourrait provoquer une diminution du volume de l'aquifère et donc de la ressource en eau disponible, l'assèchement des sols environnants et les impacts associés (déstabilisation de fondations, déconnexions de zones humide)...

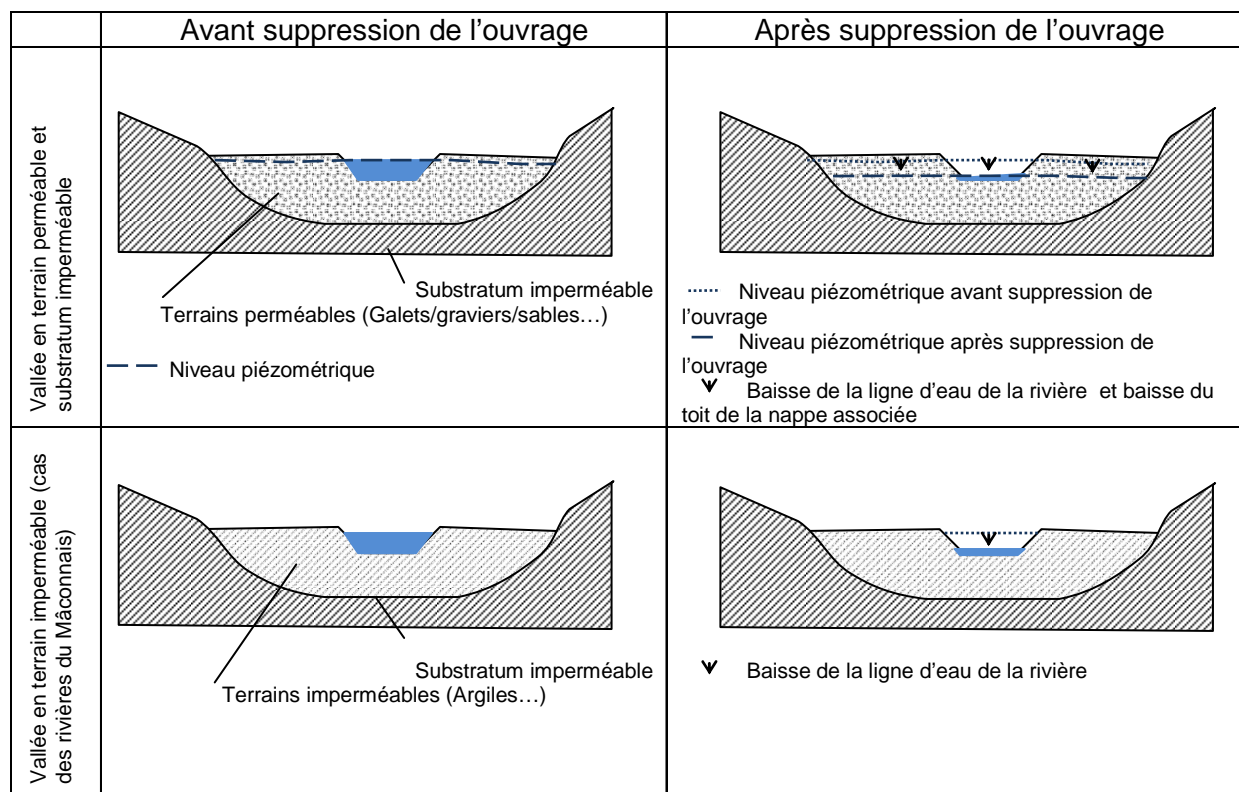


Figure 10 : Impacts de la suppression d'un ouvrage sur les relations nappes rivières en fonction de la nature des terrains

2.6. Contexte écologique des bassins versants étudiés

La zone d'étude est assez riche en Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique : 5 ZNIEFF de Type 2 dont la plus importante la Cote Mâconnaise et 16 ZNIEFF de type 1.

IDENTIFICATION ZNIEFF Type 2	NOM	BASSINS VERSANTS
260014819	HAUT CLUNYSOIS	Amont du BV de la Petite Grosne
260014820	COTE MACONNAISE	Les 4 bassins versants
260014822	BRESSE, SAONE ET SEILLE ENTRE CHALON, TOURNUS ET LOUHANS	Aval du BV de la Natouze
260014865	ROCHES MACONNAISES	BV sud de la Petite Grosne
269990001	VAL DE SAONE	BV hors Natouze
IDENTIFICATION ZNIEFF Type 1	NOM	BASSINS VERSANTS
00083306	LE CRA ET COL DE BEAUFER	BV de la Natouze
00083310	BOIS DE LA MONTAGNE	BV de la Mouge
00083311	COMBE DE FOND-LOUP	BV de la Natouze
00083312	BOIS ET PELOUSES DE CHARVENCON	BV de la Bourbonne
00084305	LA MOUGE	BV de la Mouge
00084306	LE GRAND CHASSAIGNE	BV de la Mouge
00084308	BOIS DE LA ROCHE	BV de la Mouge
00084312	BOIS ET PELOUSES DE NANCELLE	BV de la Petite Grosne
00084319	BUTTE DE TUZOT	BV de la Mouge
00102305	VALLEE DE LA SAONE	BV de la Natouze
01020001	PRAIRIES INONDABLES DE VARENNES ET CRECHES	BV de la Petite Grosne
08884310	MONTAGNE DE CRAS	BV de la Petite Grosne
08884311	MONT SARD	BV de la Petite Grosne
08884315	ROCHES DE VERGISSON	BV de la Petite Grosne
08884316	ROCHE DE SOLUTRE, MONT DE POUILLY	BV de la Petite Grosne
08884318	FRICHES DE LEYNES	BV de la Petite Grosne

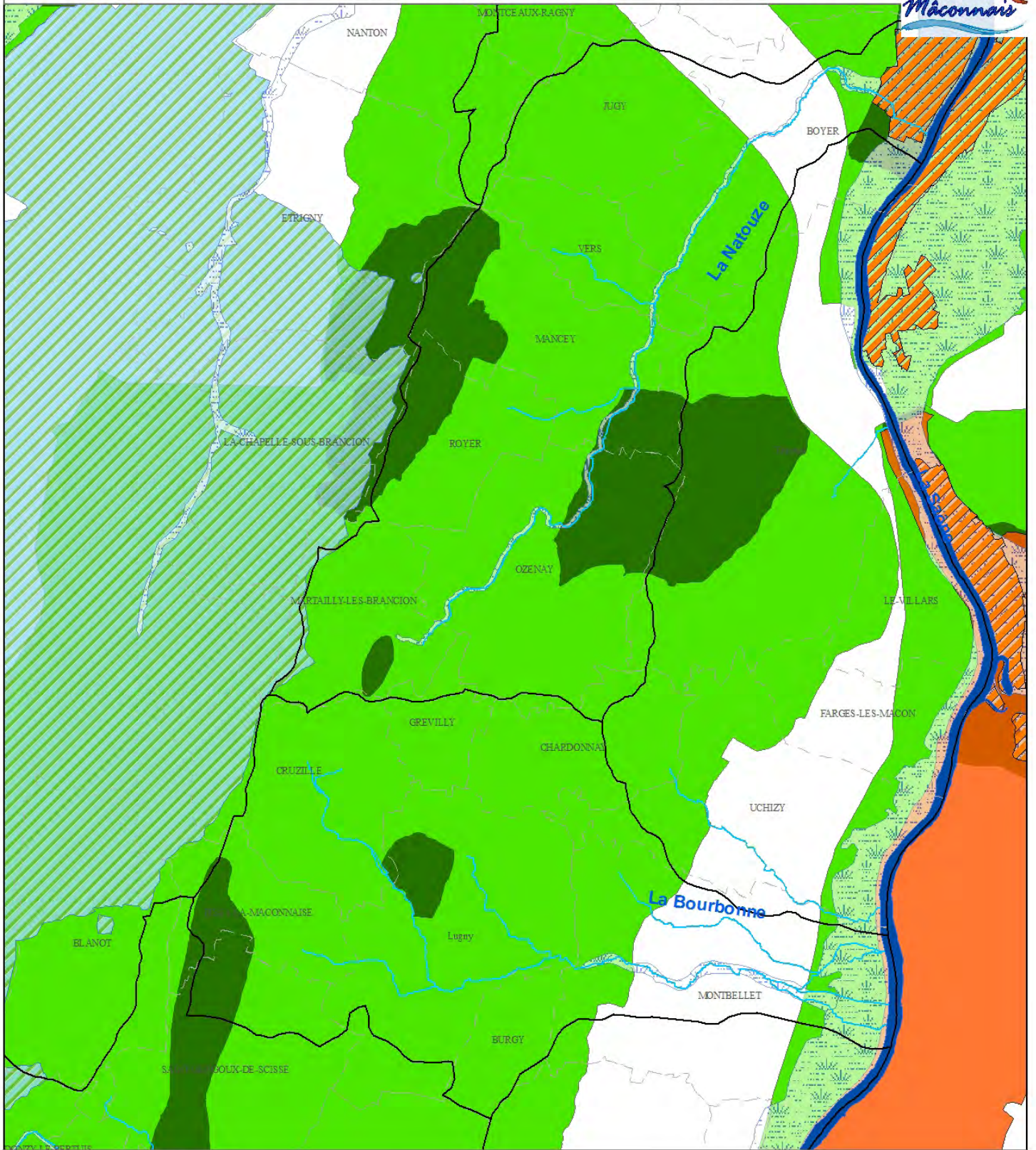
Le Val de Saône est classé en Zone d'Importance Communautaire pour les Oiseaux, les têtes de bassins en Site d'Importance Communautaire (PELOUSES CALCICOLES DU MACONNAIS ; PRAIRIES ET FORETS INONDABLES DU VAL DE SAONE ENTRE CHALON ET TOURNUS ET DE LA BASSE VALLEE DE LA GROSNE ; BOCAGE, FORET ET MILIEUX HUMIDES DU BASSIN DE LA GROSNE ET DU CLUNYSOIS & CAVITES A CHAUVES SOURIS EN BOURGOGNE) et en Zone de Protection Spéciale (PRAIRIES ALLUVIALES ET MILIEUX ASSOCIES DE SAONE ET LOIRE) en aval de la Natouze.

Le bassin versant de la Petite Grosne concentre le plus grand nombre de secteurs à statut de protection.

Les DOCUMENTS d'OBJECTIF Natura 2000 sont soit en cours de rédaction ou ne concernent que de petites portions du territoire étudié.

Figure 11 : cartographie des milieux remarquables de la Bourbonne et de la Natouze

Milieux remarquables du bassin de la Bourbonne et de la Natouze

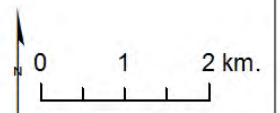


Milieux remarquables

- ZNIEFF de type 1
- ZNIEFF de type 2
- Arrêtés de Protection de Biotope
- Zones de protection spéciale
- Zones humides
- ZICO

Sites NATURA 2000

- Documents d'objectifs en cours
- Documents d'objectifs achevés
- Limites de bassins versants



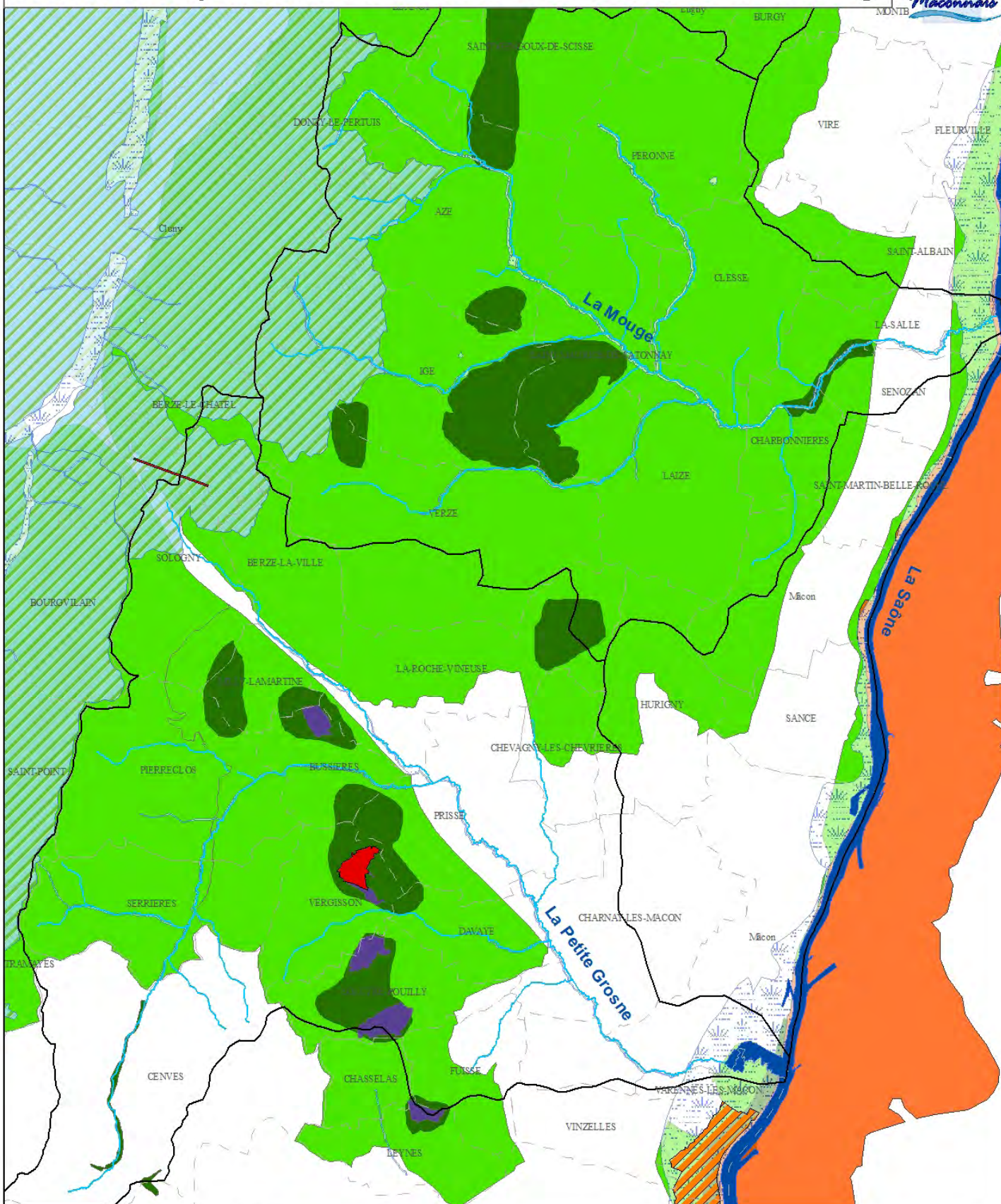
Réalisation : Fluvial.IS, 2010



(D'après données DIREN Bourgogne)

Figure 12 : cartographie des milieux remarquables de la Mouge et de la Petite Grosne

Milieux remarquables du bassin de la Petite Grosne et de la Mouge

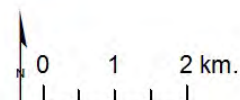


Milieux remarquables

- ZNIEFF de type 1
- ZNIEFF de type 2
- Arrêtés de Protection de Biotope
- Zones de protection spéciale
- Zones humides
- ZICO

Sites NATURA 2000

- Documents d'objectifs en cours
- Documents d'objectifs achevés
- Limites de bassins versants



Réalisation : Fluvial.IS, 2010



(D'après données DIREN Bourgogne et Rhône-Alpes)

3. DIAGNOSTIC SEDIMENTAIRE ET MORPHOLOGIQUE DU LIT, DES BERGES DES COURS D'EAU DU MACONNAIS

3.1. Sectorisations naturelles et tronçons homogènes sur les bassins des cours d'eau du Mâconnais

3.1.1. Méthode employée

La sectorisation des cours d'eau du Mâconnais a été réalisée au préalable avant les investigations de terrain. Sur support cartographique type SCAN 25 ainsi que sur fonds orthophotoplans, la réalisation de tronçons homogènes s'est déroulée en considérant plusieurs paramètres :

- la géologie,
- la pente de la vallée,
- la largeur du fond de vallée,
- l'occupation du sol en lit majeur,
- les caractéristiques de la ripisylve...

Ces paramètres sont autant de variables de contrôle qui induisent une réponse spécifique de chaque tronçon (les types de réponses peuvent être la sinuosité de la rivière, la largeur et la profondeur du lit, la diversité de faciès rencontrée...).

Un second tronçonnage vient en complément lors des investigations de terrains. Des sous-tronçons peuvent être envisagés selon les informations recueillies sur le terrain (rupture de pente marquée ou absence d'écoulement prolongée du fait de la présence d'un seuil d'importance non visualisé au préalable, rupture franche des variations d'écoulement ou de l'état du colmatage...) au sein d'un même tronçon ,

3.1.2. Résultats obtenus, tronçons homogènes des cours d'eau du Mâconnais

Bassin versant	Nombre de tronçons homogènes étudiés	Linéaire d'étude, sans considération des bras de moulin (m)	Linéaire moyen par tronçon homogène (m)
Petite Grosne	50	61599	1232
Mouge	53	67135	1266.7
Bourbonne	23	25574	1111.9
Natouze	25	22047	881.9
Totaux	151	176355	1167.9

Tableau 9 : Synthèse des linéaires étudiés, sectorisation en tronçons homogènes

Plus de 150 tronçons homogènes ont été caractérisés sur l'ensemble des bassins versants du secteur d'étude, pour un total de près de 180 km de lit mineur. Ainsi, la longueur des tronçons homogènes se situe légèrement au dessus du kilomètre. Les bras d'aménée de moulins de faible importance (moins de 500m), n'ont pas fait l'objet de sectorisation particulière, mais ont été caractérisés et décrit de la même manière que le reste du linéaire. L'ensemble de ces bras de moulin représente un linéaire estimé à 10 ou 15 km.

3.2. Puissance et pente, deux variables de contrôle majeures dans la définition des styles fluviaux

3.2.1. Profils en long des cours d'eau principaux du Mâconnais

Les figures suivantes correspondent aux profils en long des cours d'eau principaux du Mâconnais (Petite Grosne, Mouge, Natouze, Bourbonne). Ces profils ont été construits à partir des courbes de niveaux topographiques de l'IGN (SCAN 25,).

Ces profils nous permettent d'identifier d'éventuelles rupture de pente qui peuvent avoir des origines naturelles (variations de pente naturelles de la vallée) ou anthropiques (rectifications des cours d'eau associées à une diminution locale de la pente cours d'eau. Néanmoins, ce type de modification anthropique est en règle générale difficilement visualisable sur ces profils du fait de l'échelle de travail.

Globalement, les pentes rencontrées sur les cours d'eau du Mâconnais sont très fortes.

3.2.2. Puissance fluviale spécifique des cours d'eau du Mâconnais

Sur ces mêmes graphiques est représentée la puissance fluviale spécifique des cours d'eau.

La puissance fluviale spécifique est un outil de mesure de l'efficacité géomorphologique d'un cours d'eau. Cette donnée permet de comparer l'énergie des rivières entre elles et de déterminer approximativement leur capacité à mobiliser par l'érosion la plaine alluviale en formant par exemple des divagations naturelles.

La puissance spécifique (ω en W/m^2) est donnée par la formule :

$$\omega = \rho_w \cdot g \cdot Q_b \cdot S / w \quad (\text{Bagnold, 1966})$$

Avec : ρ_w = masse volumique du fluide (1000 kg/m^3)

g = accélération de la gravité (9.81 m/s^2)

Q_b = débit à plein bords (m^3/s) (utilisation ici du Q_2 , se rapprochant du débit dominant)

S = pente moyenne de la ligne d'eau (m/m)

w = largeur moyenne du chenal à plein bord (m)

Les méandres libres⁴ se rencontrent en général dans les rivières qui développent des puissances de 10 à 100 W/m^2 (R.I Ferguson 1981, in Bravard et Petit, 1997) alors que le selon Malavoi (2006) le seuil de 35 W/m^2 séparerait les cours d'eau non sujets aux érosions de berges et les cours d'eau susceptibles de se réajuster après des travaux de rectification. Brookes (1981, 1988) retrouve approximativement les mêmes valeurs seuils (cf. fig. suivante) et met également en valeur le seuil de 35 W/m^2 en ayant travaillé sur un échantillon de rivières de plaine danoises.

⁴ Méandres libres : méandres formés par des rivières s'écoulant dans des matériaux alluvionnaires.

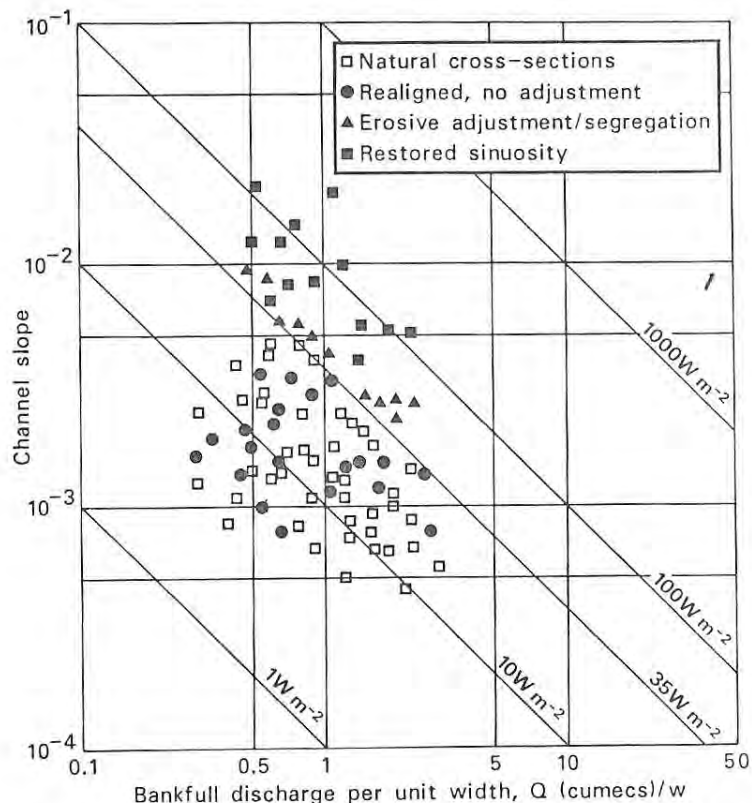


Figure 28. Channel stability of Danish streams related to specific stream power. Each site is plotted as a function of bankfull discharge and channel slope, and lines of equal specific stream power have been superimposed. (From Brookes, 1987c. Reproduced by permission of John Wiley & Sons, Ltd.)

Figure 13 : les seuils des rivières mobiles danoises (Jutland) par Brookes (1988)

Les puissances fluviales spécifiques calculées sur les cours d'eau du Mâconnais dépassent, parfois très nettement, les 100 W/m^2 . Ces cours d'eau seraient donc théoriquement susceptibles de se réajuster naturellement après des travaux de rectification (par exemple, si la décision est prise de supprimer un enrochement qui empêche toute dynamique latérale). Cette forte puissance s'explique en partie par les valeurs très importantes de pentes moyennes des cours d'eau. Malgré ces fortes puissances, les rivières du Mâconnais ne se caractérisent pas par leur mobilité. Certains « freins » expliquent ce déficit apparent de mobilité latérale (cf point 4.2.1)..

3.2.3. Style fluviaux des cours d'eau du Mâconnais

Les variables de contrôle pente et récurrence du débit dominant, associées à d'autres variables (comme la géologie locale notamment et la quantité d'apports solides notamment), confèrent aux rivières du Mâconnais différents styles fluviaux en fonction de leur position dans la vallée :

- En tête de bassin : des cours d'eau puissants qui peuvent être naturellement rectilignes lorsqu'ils s'écoulent directement sur le substratum ou bien sinueux lorsqu'ils s'écoulent sur de premières pellicules alluviales
- A l'aval, des cours d'eau plus ou moins sinueux en fonction de la puissance de la rivière et de la cohésion naturelle des berges.

Figure 14 : profil en long et puissance fluviale spécifique de la Natouze

Profil en long Natouze (D'après données IGN)

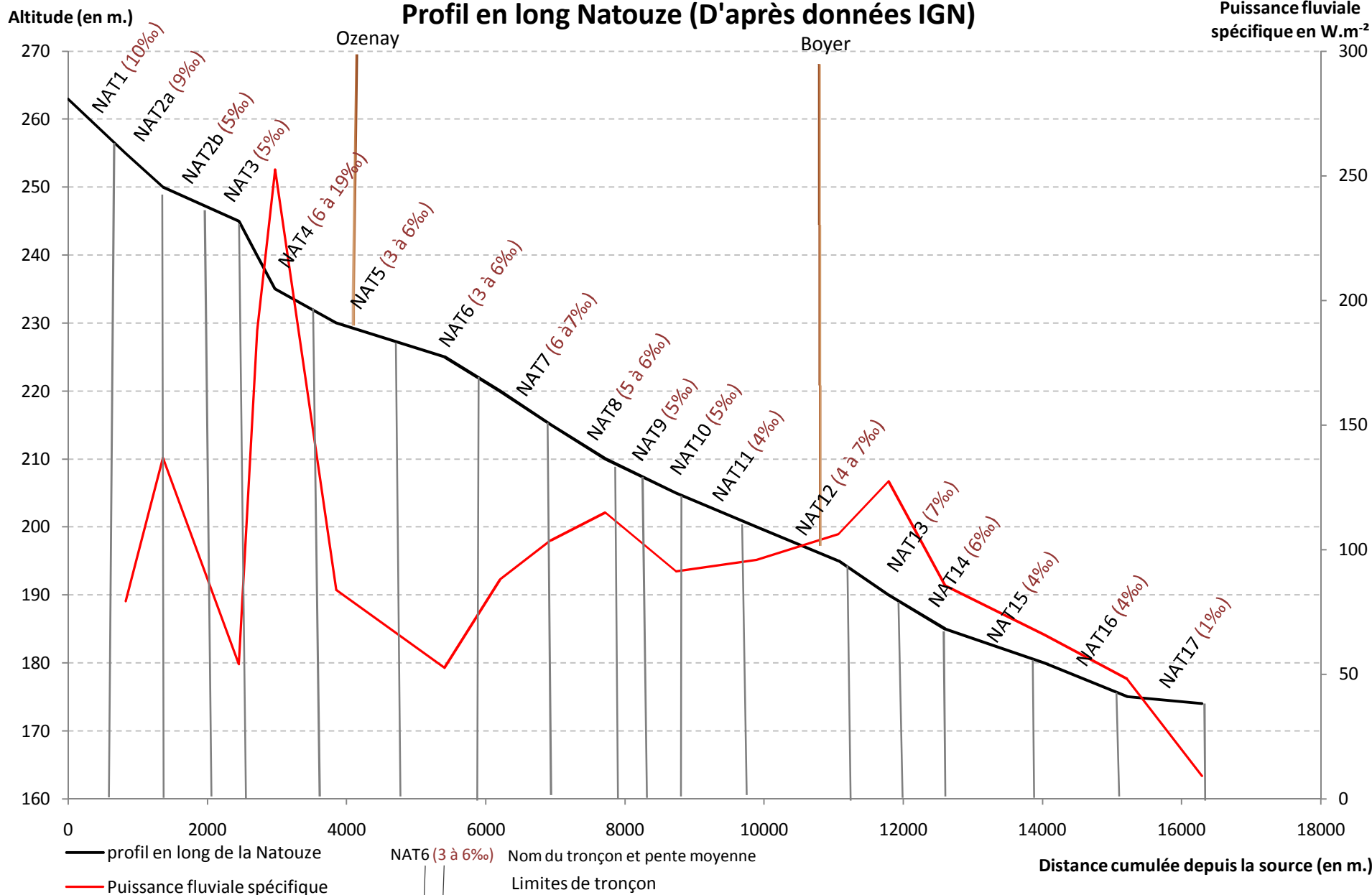


Figure 15 : profil en long et puissance fluviale spécifique de la Bourbonne

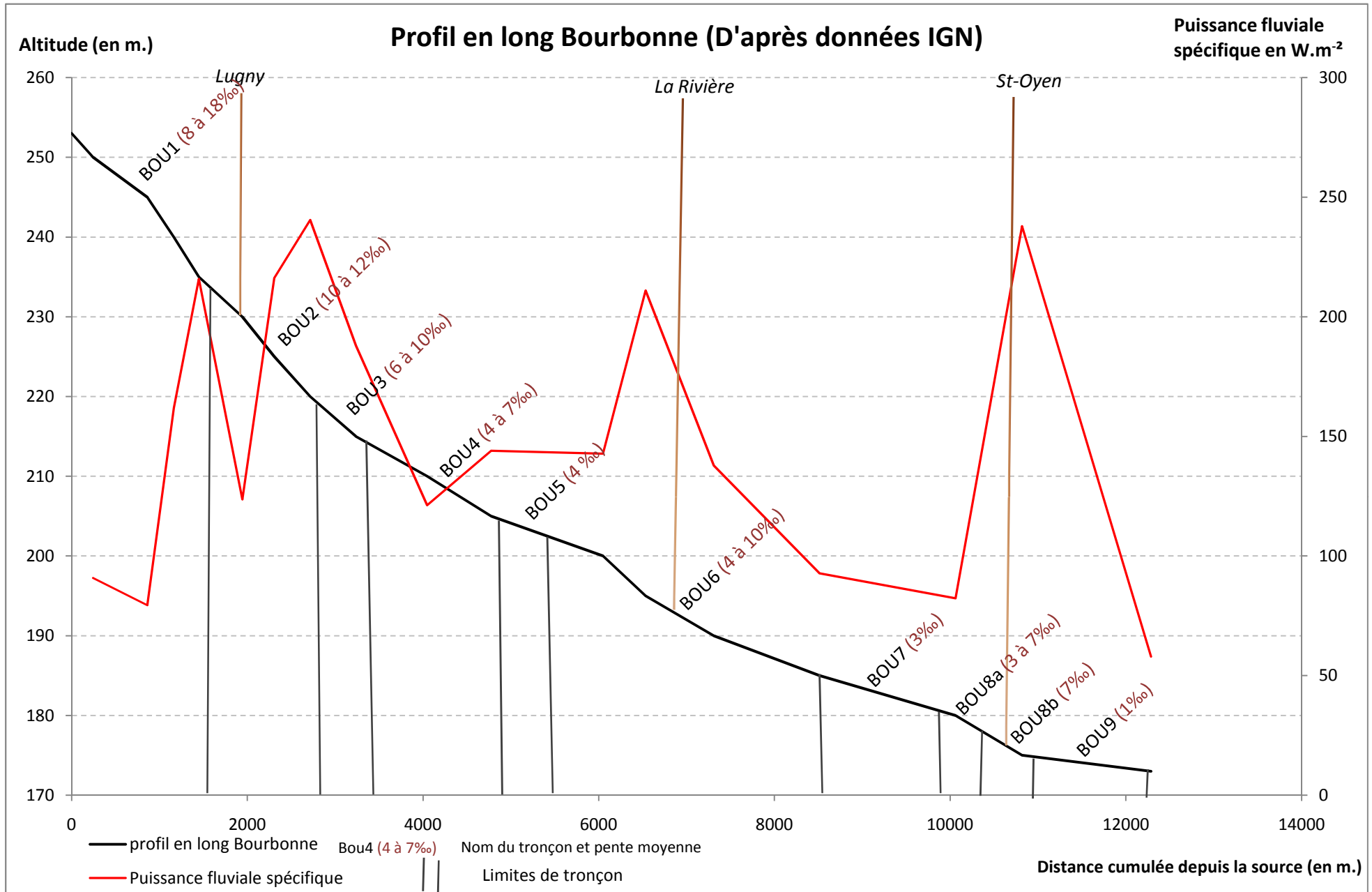


Figure 16 : profil en long et puissance fluviale spécifique de la Mouge

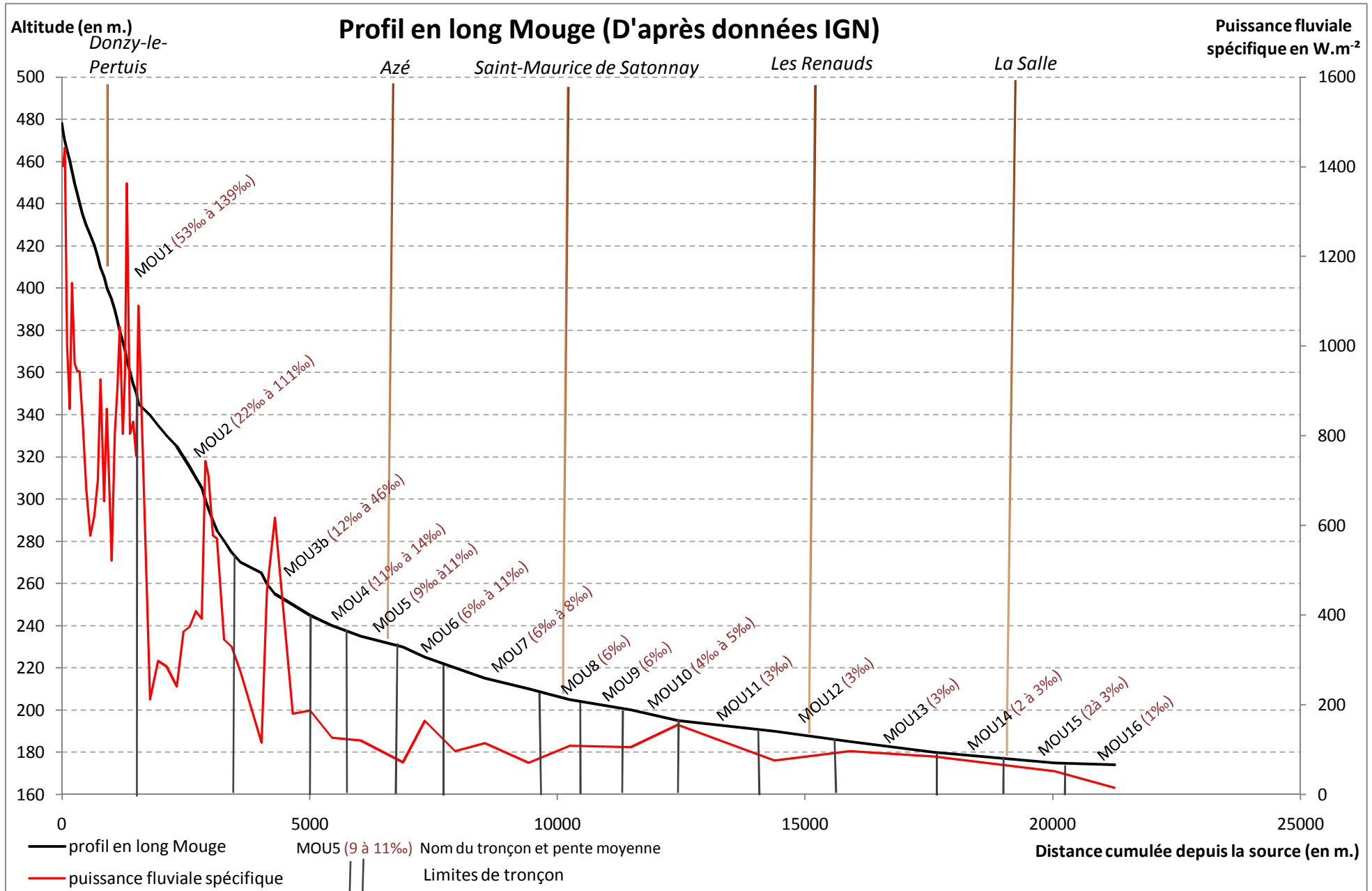
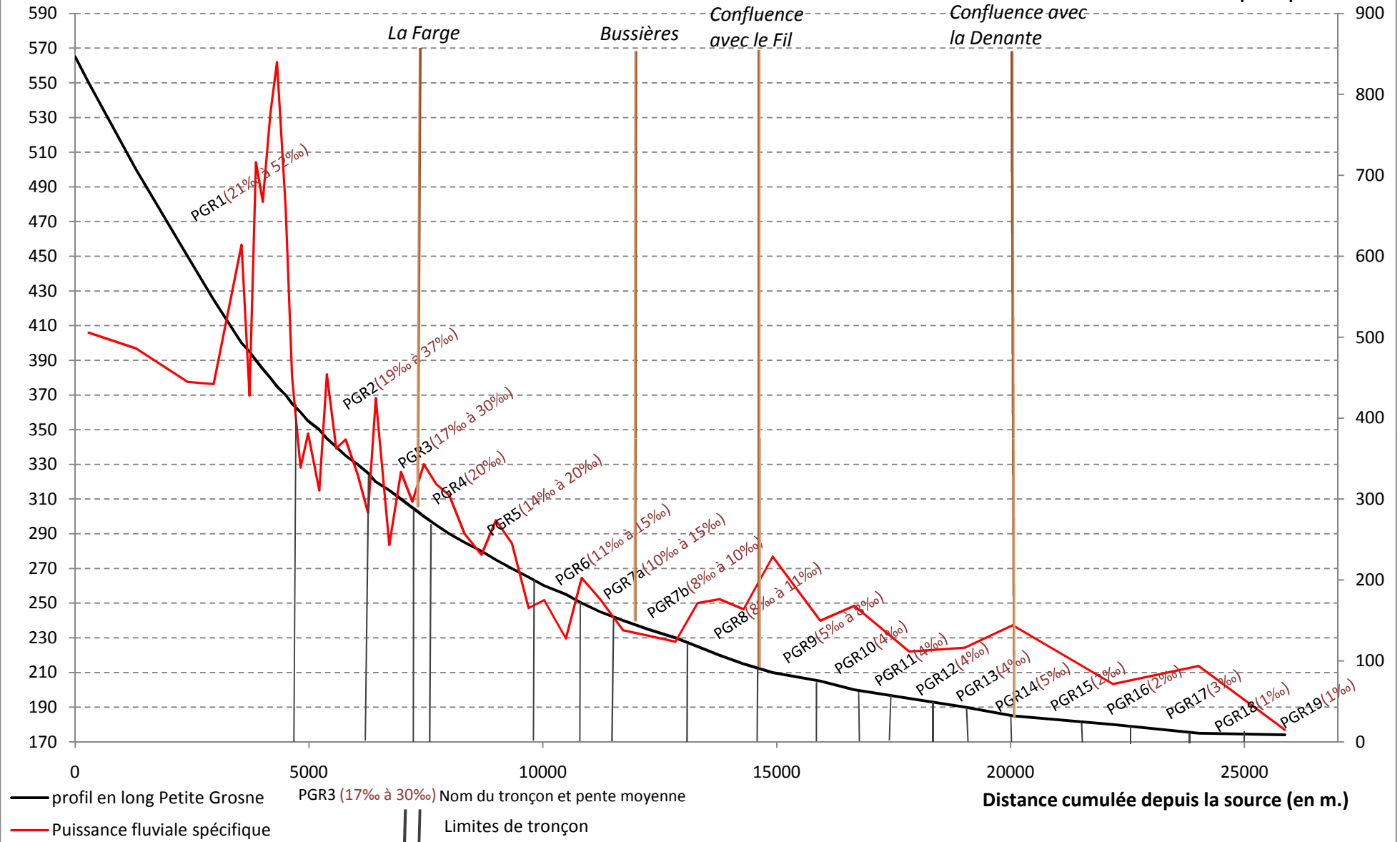


Figure 17 : profil en long et puissance fluviale spécifique de la Petite Grosne

Altitude (en m.)

Profil en long Petite Grosne (d'après données IGN)

Puissance fluviale spécifique en $W.m^{-2}$



3.3. Degré d'artificialisation du lit et des berges des cours d'eau du Mâconnais

Les types naturels de cours d'eau sont diversement impactés par les activités humaines le long des profils.

3.3.1. Généralités sur les aménagements rencontrés

La dynamique naturelle des cours d'eau du Mâconnais est fortement altérée par les activités anthropiques depuis plusieurs siècles :

- l'implantation de moulins, utilisant l'énergie hydraulique des cours d'eau. Les seuils transversaux mis en place pour permettre l'amenée de l'eau aux moulins sont parfois d'une hauteur de chute supérieure à 2 m, générant des remous hydrauliques de plusieurs centaines de mètres et banalisant les écoulements. En impactant plus ou moins fortement la rivière en fonction du type de cours d'eau, la qualité des habitats est en conséquence dégradée (cf. point 3.5.1)
- La rectification des cours d'eau : la sinuosité naturelle des cours d'eau a été supprimée sur plusieurs secteurs des quatre bassins du secteur d'étude. Les secteurs rectifiés depuis le milieu du 19^{ème} siècle sont présentés en annexe 1. Le corsetage artificiel des cours d'eau est responsable d'une augmentation de la puissance du cours d'eau (par diminution de la pente), pouvant accentuer les risques érosifs à l'aval de la zone rectifiée.
- L'artificialisation des berges : les protections de berges diverses (murs, enrochements, protections sauvages, remblais...) ont été identifiées lors des différentes campagnes de terrain et sont représentées dans l'atlas cartographique. Le degré d'artificialisation des berges est un des critères qui entre dans la méthode d'évaluation de la qualité physique des cours d'eau. Sur des cours d'eau potentiellement mobiles, les différents aménagements de berges vont contraindre la rivière en l'empêchant de divaguer latéralement aux dépens des berges à l'aval ou des fonds.

3.3.2. Appréciation de l'artificialisation du lit et des berges sur les cours d'eau du Mâconnais

Les cartes suivantes représentent le degré d'artificialisation du lit et des berges des cours d'eau du Mâconnais. Les classes d'artificialisation ont été construites de la façon suivante :






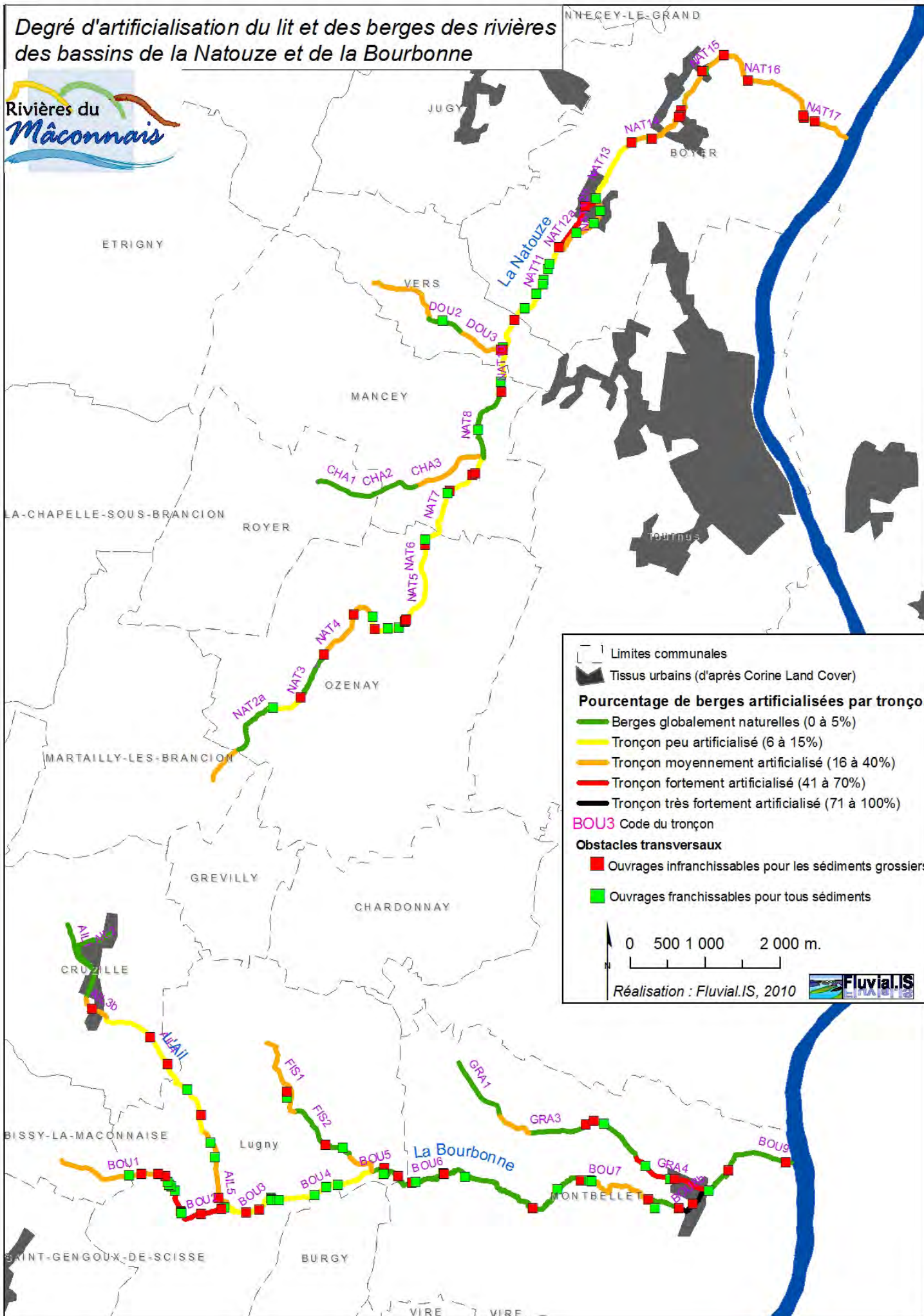
		Borne Inférieure	Borne supérieure
Très fortement artificialisé		70%	100%
Fortement artificialisé		40%	70%
Moyennement artificialisé		15%	40%
Peu artificialisé		5%	15%
Berges ~ naturels		0%	5%

Tableau 10 : caractérisation des berges des tronçons homogènes en fonction du pourcentage de berges artificialisées

Figure 18 : degré d'artificialisation du lit et des berges des cours d'eau des bassins de la Bourbonne et de la Natouze

Degré d'artificialisation du lit et des berges des rivières des bassins de la Natouze et de la Bourbonne



Limites communales
 Tissus urbains (d'après Corine Land Cover)

Pourcentage de berges artificialisées par tronçon

- Berges globalement naturelles (0 à 5%)
- Tronçon peu artificialisé (6 à 15%)
- Tronçon moyennement artificialisé (16 à 40%)
- Tronçon fortement artificialisé (41 à 70%)
- Tronçon très fortement artificialisé (71 à 100%)

BOU3 Code du tronçon

Obstacles transversaux

- Ouvrages infranchissables pour les sédiments grossiers
- Ouvrages franchissables pour tous sédiments

0 500 1 000 2 000 m.
 Réalisation : Fluvial.IS, 2010

Figure 19 : degré d'artificialisation du lit et des berges des cours d'eau du bassin de la Mouge

Degré d'artificialisation du lit et des berges des rivières du bassin de la Mouge

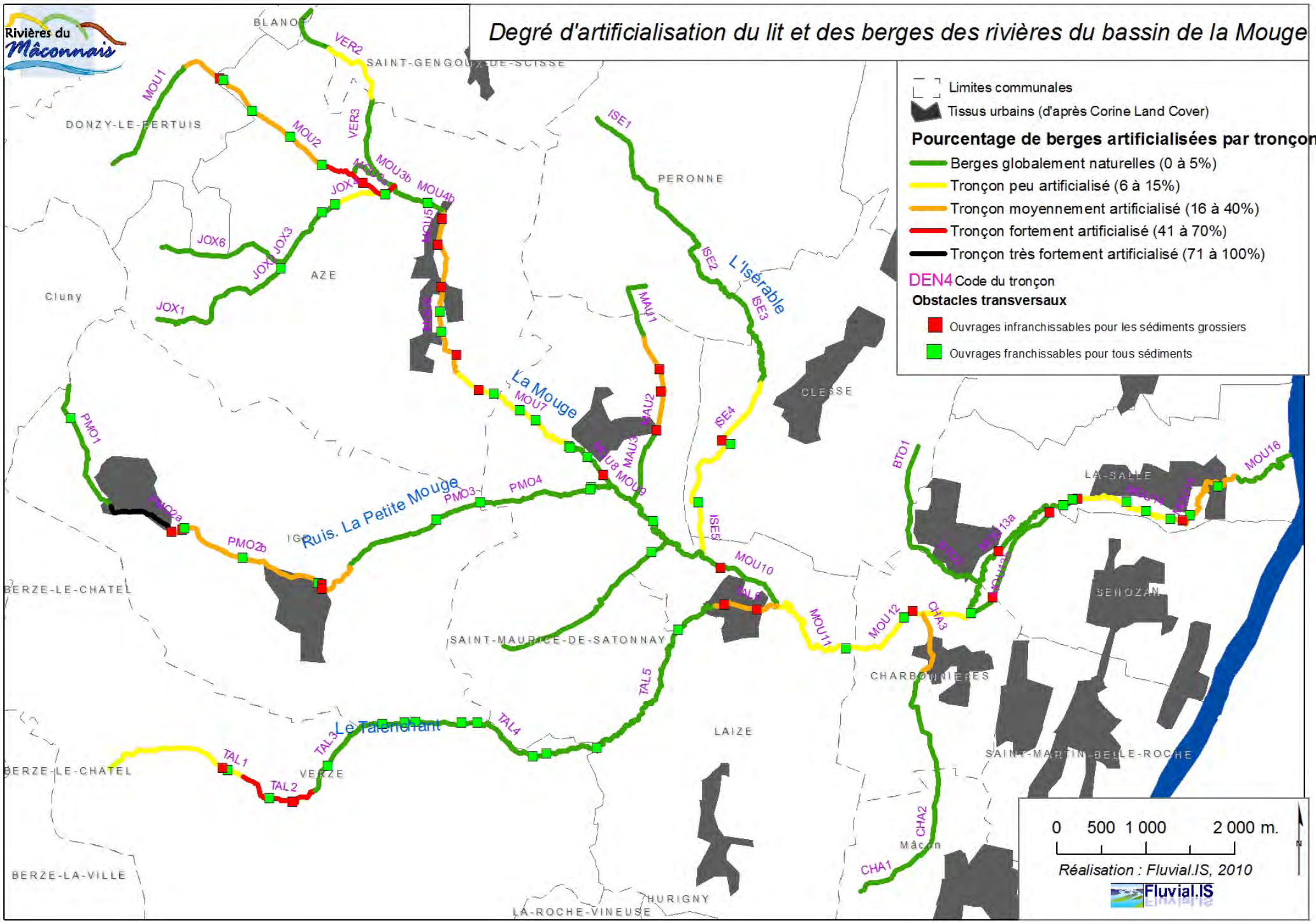


Figure 20 : degré d'artificialisation du lit et des berges des cours d'eau du bassin de la Petite Grosne

Degré d'artificialisation du lit et des berges des rivières du bassin de la Petite Grosne



Limites communales
 Tissus urbains (d'après Corine Land Cover)

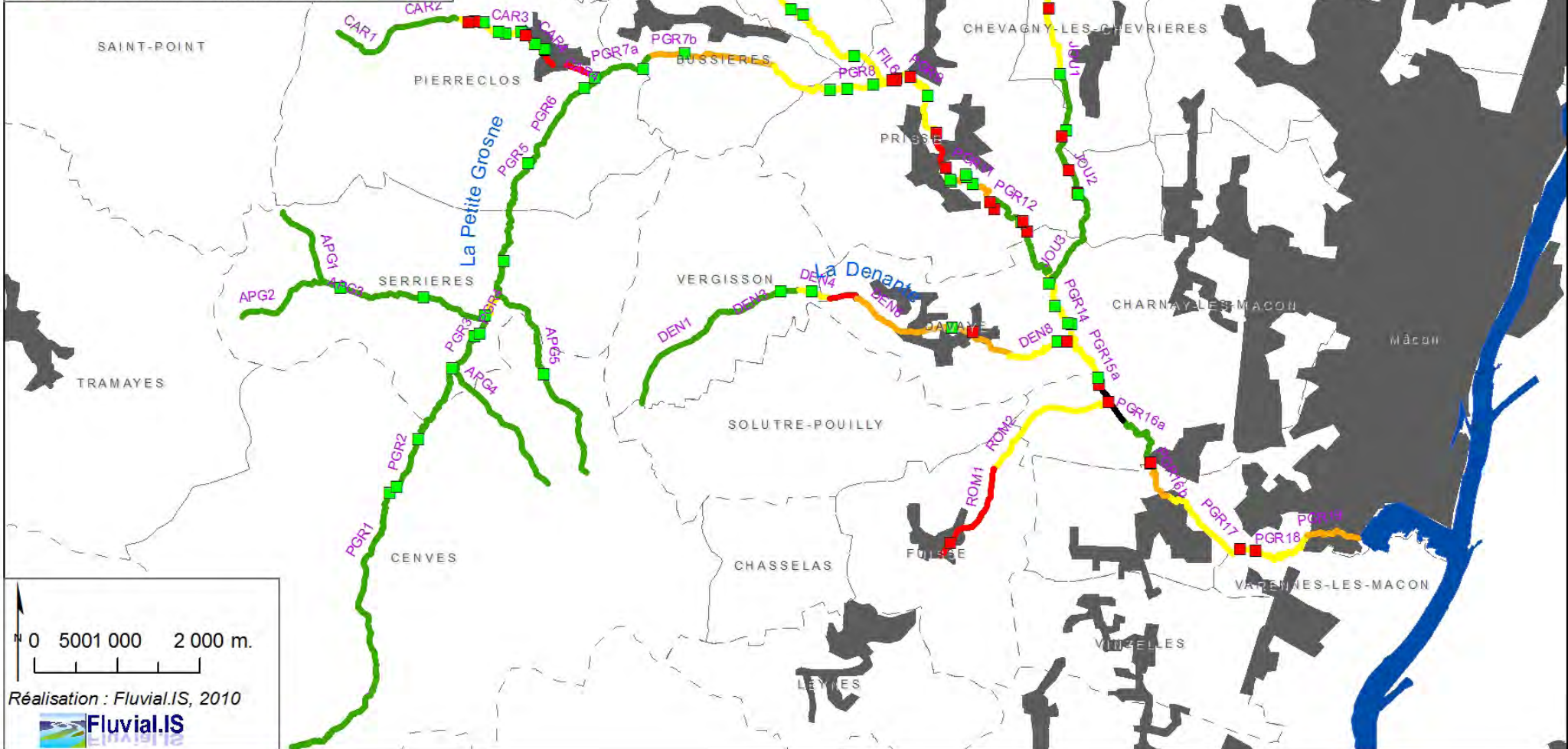
Pourcentage de berges artificialisées par tronçon

- Berges globalement naturelles (0 à 5%)
- Tronçon peu artificialisé (6 à 15%)
- Tronçon moyennement artificialisé (16 à 40%)
- Tronçon fortement artificialisé (41 à 70%)
- Tronçon très fortement artificialisé (71 à 100%)

DEN4 Code du tronçon

Obstacles transversaux

- Ouvrages infranchissables pour les sédiments grossiers
- Ouvrages franchissables pour tous sédiments



L'analyse de ces cartes nous permet de tirer plusieurs enseignements quant au degré d'artificialisation des rivières du secteur d'étude :

- Les berges des têtes de bassins à fortes pentes, sont relativement préservées. Ceci s'explique par une occupation du sol dominée par les forêts qui s'accommode relativement bien avec le type de cours d'eau des têtes de bassin. Par ailleurs, la culture de l'épicéa est peu répandue et ne contribue donc pas à l'artificialisation des rives.
- Les traversées d'agglomérations sont des secteurs où l'on observe de forts pourcentages de berges protégées. Les traversées de Pierreclos, Berzé la Ville, la-Roche-Vineuse, Prissé, Davayé, Fuissé et Mâcon sont les secteurs sensibles du bassin de la Petite Grosne. Sur le bassin de la Mouge, les tronçons au niveau d'Azé, Igé, Laizé, Verzé, Charbonnières et La Salle affichent des taux d'artificialisation de 15 à 70 %. Sur Les Bassins de la Bourbonne et de la Natouze, les traversées fortement artificialisées concernent respectivement d'une part les villes de Lugny, Fissy, St Oyen, et d'autre part Ozenay et Boyer.
- Les secteurs longeant les voies de communications majeures. Le plus souvent, les voies de communications sont implantées sur un remblai artificiel. Ces secteurs ont été généralement rectifiés lors de la construction de l'infrastructure. Afin d'améliorer la lecture des cartes de l'atlas cartographique de diagnostic, les remblais aux abords des routes n'ont pas été tous cartographiés. Mentionnons tout de même :
 - Sur le bassin de la Petite Grosne : le tronçon PGR7b, cantonné en rive gauche le long de la D45, le tronçon PGR15b, rectifié et enroché sur les deux rives le long de la RN79, le tronçon DEN5 le long de la D177, FIL2 à l'amont de la Croix Blanche...
 - Sur le bassin de la Mouge : Le tronçon MOU2 le long de la D15 est le plus impacté par les voies de communications.
 - Sur les bassins de la Bourbonne et de la Natouze : les tronçons BOU1, AIL4, GRA4, NAT12b sont les plus impactés par les axes de communications majeurs.
- En dehors de voies majeures et des agglomérations, les protections de berges que l'on rencontre se trouvent dans les extrados de méandres des tronçons les plus potentiellement mobiles. Ils sont implantés le plus souvent pour la protection des cultures et des prairies des abords de rivières. On rencontre ce type de protections (murs ou enrochements) principalement sur la Petite Grosne. Quelques protections très ponctuelles sont observables au niveau des extérieures de méandres de la Mouge à l'aval de Saint-Maurice-de-Satonnay. Du fait de la stabilité des berges, ce genre de protections est anecdotique sur les bassins de la Bourbonne et de la Natouze.

3.4. Evaluations de la qualité géomorphologique des cours d'eau

3.4.1. Justification de la méthode et principes généraux

Chaque tronçon homogène est décrit en fonction de son degré d'artificialisation et de ses capacités hydromorphologiques naturelles (puissance de la rivière, nature des berges et des écoulements) au moyen de différents descripteurs proportionnellement au linéaire concerné :

Diversité du lit	Variation de largeur	de	12,5%	Naturelle	Moyenne	Aucune
	Diversité des formes	des	12,5%	Forte	Moyenne	Aucune
	Modification des fonds (béton, colmatage, etc.)		15%	Fonds naturels	Modification partielle	Modification totale
	Ouvrages transversaux		20%	Pas de remous	Remous hydraulique	
Diversité des berges	Fonctionnalité de la ripisylve (2 rives cumulées)		15%	Préservée	Modifiée	Ripisylve
	Etat de la végétation en berge (2 rives cumulées)		10%	Végétation non exploitée	Modifiée (monospécifique, pelouse tondu, etc.)	Artificielle ou absente
	Matériau de berge	de	15%	Naturel	Artificiel ou modifié	
Pondération des descripteurs				1	0,5	0
Total			100%			

Tableau 11 : Critères repérés lors de l'attribution des notes de qualité physique des tronçons

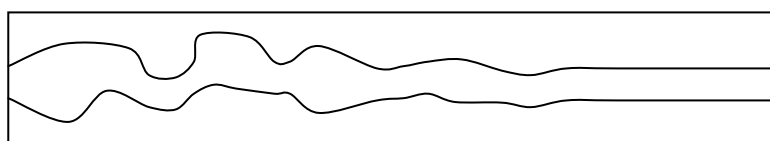
La fonctionnalité de la ripisylve est reconnue comme préservée lorsqu'elle permet l'ombrage de la surface de l'eau et le système racinaire est développé dans le lit mineur de telle façon qu'il soit en contact avec le milieu aquatique la plus grande partie de l'année et que son racinaire participe à la diversification de l'habitat aquatique et des écoulements.

La modification des fonds est souvent une cause d'appauvrissement des habitats aquatiques. La couverture des fonds par des matériaux artificiels (pavement, béton, etc.) ou par un processus artificiel (colmatage) est évaluée en fonction du linéaire impacté.

Exemple :

Pour un tronçon dont la variation de largeur est la suivante (schéma ci-dessous), on notera :
 Variation de largeur naturelle : 50% du linéaire, variation moyen : 20% aucune variation de largeur : 30 % du linéaire.

La note obtenue pour le paramètre variation de largeur sera de $(0,5 \cdot 1) + (0,2 \cdot 0,5) + (0,3 \cdot 0) = 0,6$ (ou 60%)



3.4.2. Construction de la note de qualité physique

Les pondérations attribuées aux différents paramètres de l'évaluation de la qualité géomorphologique actuelle sont représentées par la figure suivante :

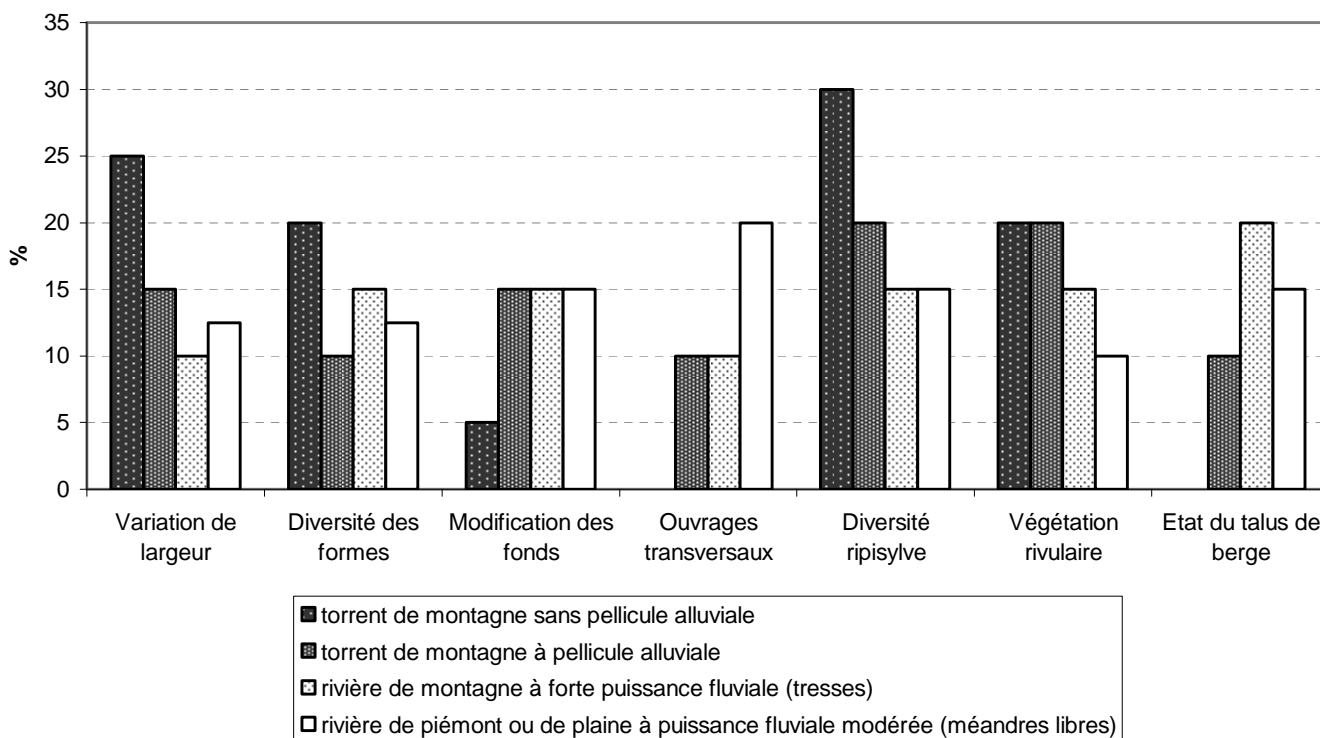


Figure 21 : Pondérations de l'évaluation de la qualité de l'état géomorphologique

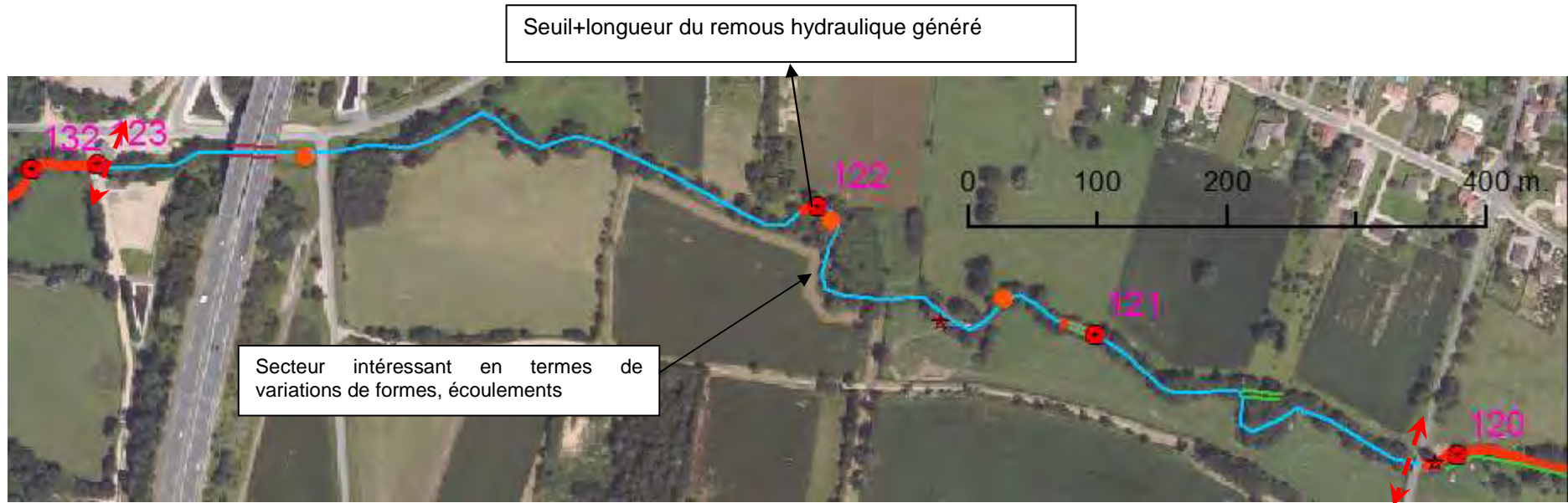
Des valeurs par rapport à l'importance de chaque critère (cf. Tableau 12) sur le linéaire de tronçon sont donc attribuées (%). Les pondérations de ces critères (en fonction du type de cours d'eau) permettent l'obtention d'un indice de 1 à 5 ou de 1 à 100 :

Classe	Notes de qualité physique obtenues	Correspondances qualité physique
1	81 à 100	Qualité excellente à correcte
2	61 à 80	Qualité assez bonne
3	41 à 60	Qualité moyenne à médiocre
4	21 à 40	Qualité mauvaise
5	0 à 20	Qualité très mauvaise

Tableau 12 : correspondances classes de qualité et qualité physique des tronçons homogènes

3.4.3. Cas concrets, présentation de l'application de la méthode

Les différents tableaux de caractérisation de la qualité physique des tronçons homogènes des cours d'eau du Mâconnais sont présentés en annexe 2.



$= (V3 * 0,125) + (W3 * 0,125) + (X3 * 0,15) + (Y3 * 0,2)$

V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE
largeur	formes	fonds modif	OT	fonctionnalité	vegetation rivulaire	matériaux nature	Note lit type d	Note berges type d	Note de qualité physique
							cours d'eau de plaine et de piémont à méandres libres actifs	cours d'eau de plaine et de piémont à méandres libres actifs	cours d'eau de plaine ou de piémont à méandres libres
0,75	0,48	0,60	1,00	0,75	0,73	0,90	$= (V3 * 0,125) + (W3 * 0,125) + (X3 * 0,15) + (Y3 * 0,2)$	32%	76%

Figure 22 : Exemple de la construction de la note de qualité physique (tronçon de la Mouge aval Mou 14)

$= (F3 * 1) + (G3 * 0,5) + (H3 * 0)$

F	G	H
diversité des formes (écoulements, profondeurs, bancs, embâcles)		
forte	moy	aucune
20%	55%	25%

$= (AC3) + (AD3)$

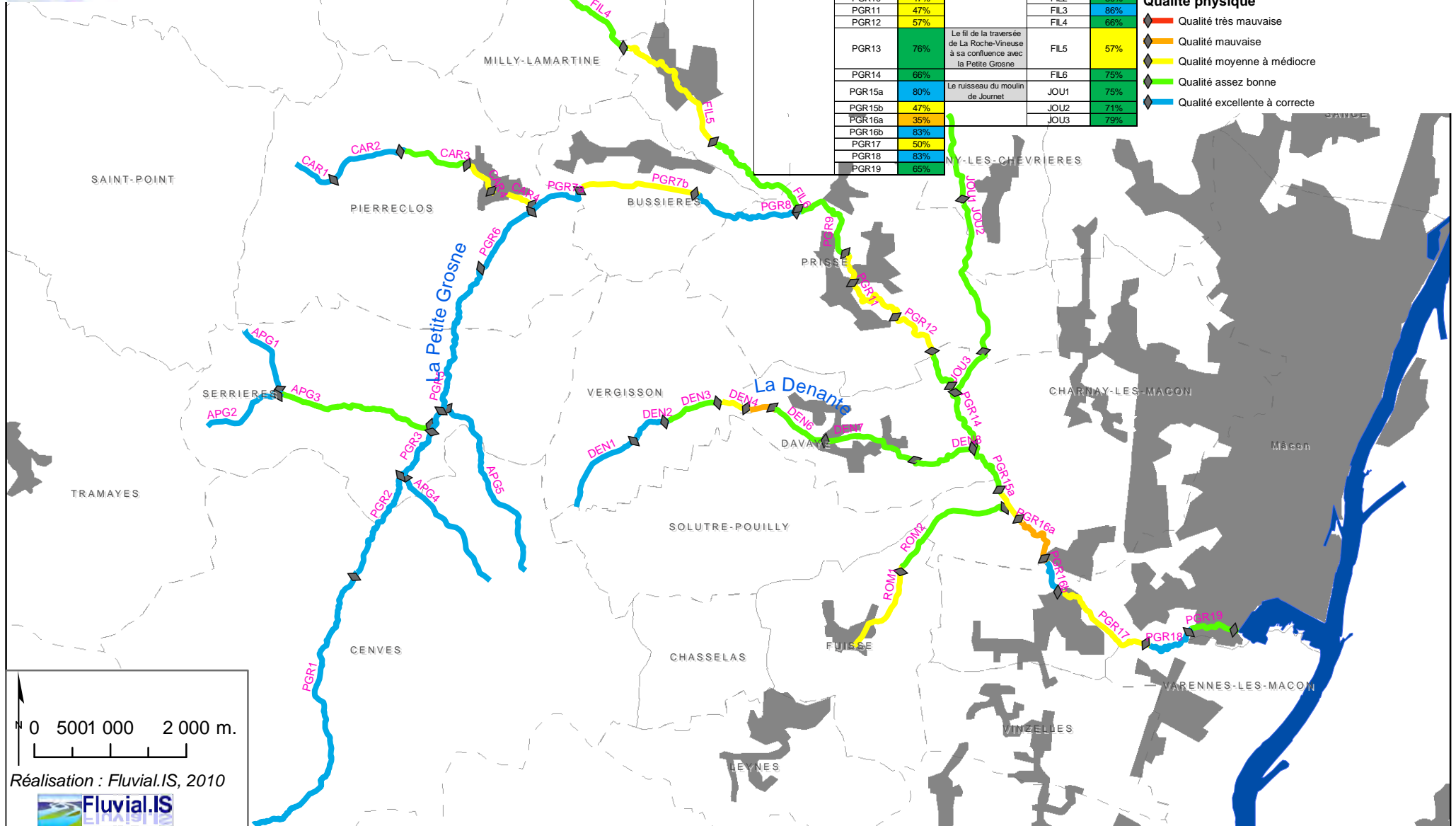
AC	AD	AE
Note lit type d	Note berges type d	Note de qualité physique
cours d'eau de plaine et de piémont à méandres libres actifs	cours d'eau de plaine et de piémont à méandres libres actifs	cours d'eau de plaine ou de piémont à méandres libres
44%	32%	$=(AC3)+(AD3)$

3.4.4. Synthèse : notes de qualité des différents tronçons des cours d'eau du Mâconnais et interprétation

Les figures suivantes montrent les notes de qualités physiques des différents tronçons homogènes du territoire du Mâconnais.

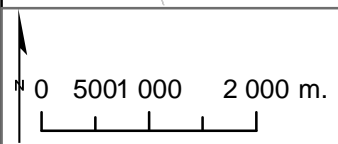
Figure 23 : Notes de qualités physiques des tronçons homogènes des cours d'eau du bassin de la Petite Grosne

Notes de qualité physique des tronçons homogènes des cours d'eau du bassin de la Petite Grosne



secteur	Code du tronçon	Notes de qualité physique 2010	secteur	Code du tronçon	Notes de qualité physique 2010	secteur	Code du tronçon	Notes de qualité physique 2010
La Petite Grosne dans sa partie amont	PGR1	84%	Les affluents de tête de bassin de la Petite Grosne	APG1	90%	La Denante	DEN1	100%
	PGR2	96%		APG2	88%		DEN2	96%
	PGR3	97%		APG3	77%		DEN3	76%
	PGR4	82%		APG4	100%		DEN4	60%
	PGR5	97%		APG5	90%		DEN5	37%
	PGR6	91%		CAR1	91%		DEN6	71%
	PGR7a	92%		CAR2	97%		DEN7	65%
	PGR7b	60%		CAR3	79%		DEN8	74%
	PGR8	89%		CAR4	56%		La Romanin	ROM1
La Petite Grosne dans sa partie aval	PGR9	73%	Le Fil à l'amont de la Roche-Vineuse	FIL1	79%		ROM2	73%
	PGR10	47%		FIL2	80%			
	PGR11	47%		FIL3	86%			
	PGR12	57%		FIL4	66%			
	PGR13	76%	Le fil de la traversée de La Roche-Vineuse à sa confluence avec la Petite Grosne	FIL5	57%			
	PGR14	66%		FIL6	75%			
	PGR15a	80%		JOU1	75%			
	PGR15b	47%	Le ruisseau du moulin de Joumet	JOU2	71%			
	PGR16a	35%		JOU3	79%			
	PGR16b	83%						
PGR17	50%							
PGR18	83%							
PGR19	65%							

- Qualité physique**
- ◆ Qualité très mauvaise
 - ◆ Qualité mauvaise
 - ◆ Qualité moyenne à médiocre
 - ◆ Qualité assez bonne
 - ◆ Qualité excellente à correcte

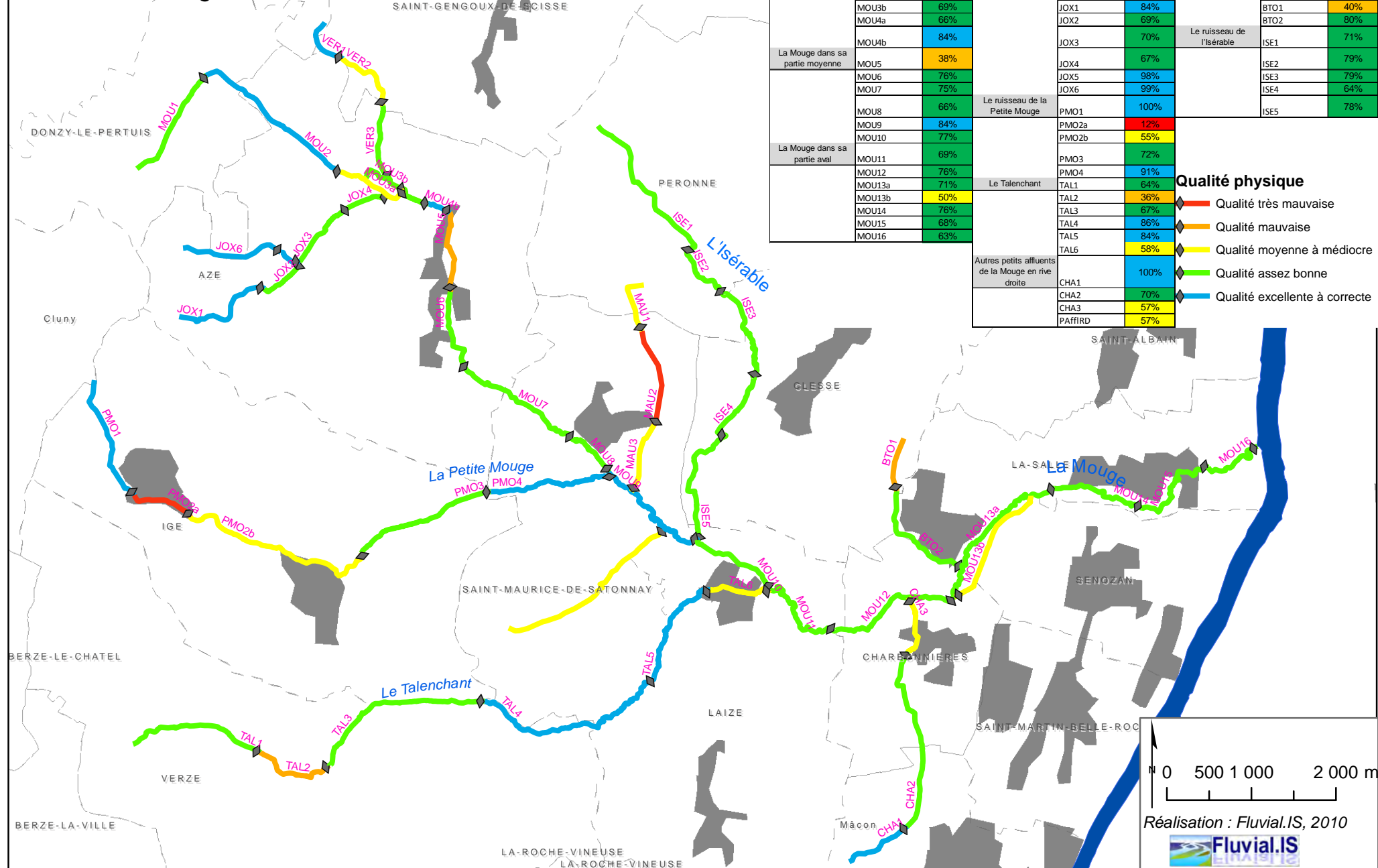


Réalisation : Fluvial.IS, 2010



Figure 24 : Notes de qualités physiques des tronçons homogènes des cours d'eau du bassin de la Mouge

Notes de qualité physique des tronçons homogènes des cours d'eau du bassin de la Mouge



secteur	Code du tronçon	Notes de qualité physique 2010	secteur	Code du tronçon	Notes de qualité physique 2010	secteur	Code du tronçon	Notes de qualité physique 2010	
Les tronçons de tête de bassin de la Mouge	MOU1	65%	Les affluents de tête de bassin, la Verzée et le ruisseau de Joux	VER1	97%	Les petits affluents en rive gauche de la Mouge	MAU1	49%	
	MOU2	85%		VER2	59%		MAU2	20%	
	MOU3a	60%		VER3	74%		MAU3	54%	
	MOU3b	69%		JOX1	84%		BTO1	40%	
	MOU4a	66%		JOX2	69%		BTO2	80%	
	MOU4b	84%		JOX3	70%		Le ruisseau de l'Isérable	ISE1	71%
La Mouge dans sa partie moyenne	MOU5	38%		JOX4	67%			ISE2	79%
	MOU6	76%		JOX5	98%			ISE3	79%
	MOU7	75%		JOX6	99%			ISE4	64%
	MOU8	66%		Le ruisseau de la Petite Mouge	PMO1			100%	ISE5
	MOU9	84%			PMO2a		12%		
	MOU10	77%			PMO2b		55%		
	MOU11	69%			PMO3		72%		
La Mouge dans sa partie aval	MOU12	76%		PMO4	91%				
	MOU13a	71%		Le Talenchant	TAL1		64%		
	MOU13b	50%			TAL2		36%		
	MOU14	76%	TAL3		67%				
	MOU15	68%	TAL4		86%				
	MOU16	63%	TAL5		84%				
			TAL6		58%				
			Autres petits affluents de la Mouge en rive droite	CHA1	100%				
				CHA2	70%				
				CHA3	57%				
				PAFFRD	57%				

Qualité physique

- Qualité très mauvaise
- Qualité mauvaise
- Qualité moyenne à médiocre
- Qualité assez bonne
- Qualité excellente à correcte

0 500 1 000 2 000 m.

Réalisation : Fluvial.IS, 2010

Figure 25 : Notes de qualités physiques des tronçons homogènes des cours d'eau des bassin de la Bourbonne et de la Natouze

Notes de qualité physique des tronçons homogènes des cours d'eau du bassin de la Bourbonne et de la Natouze

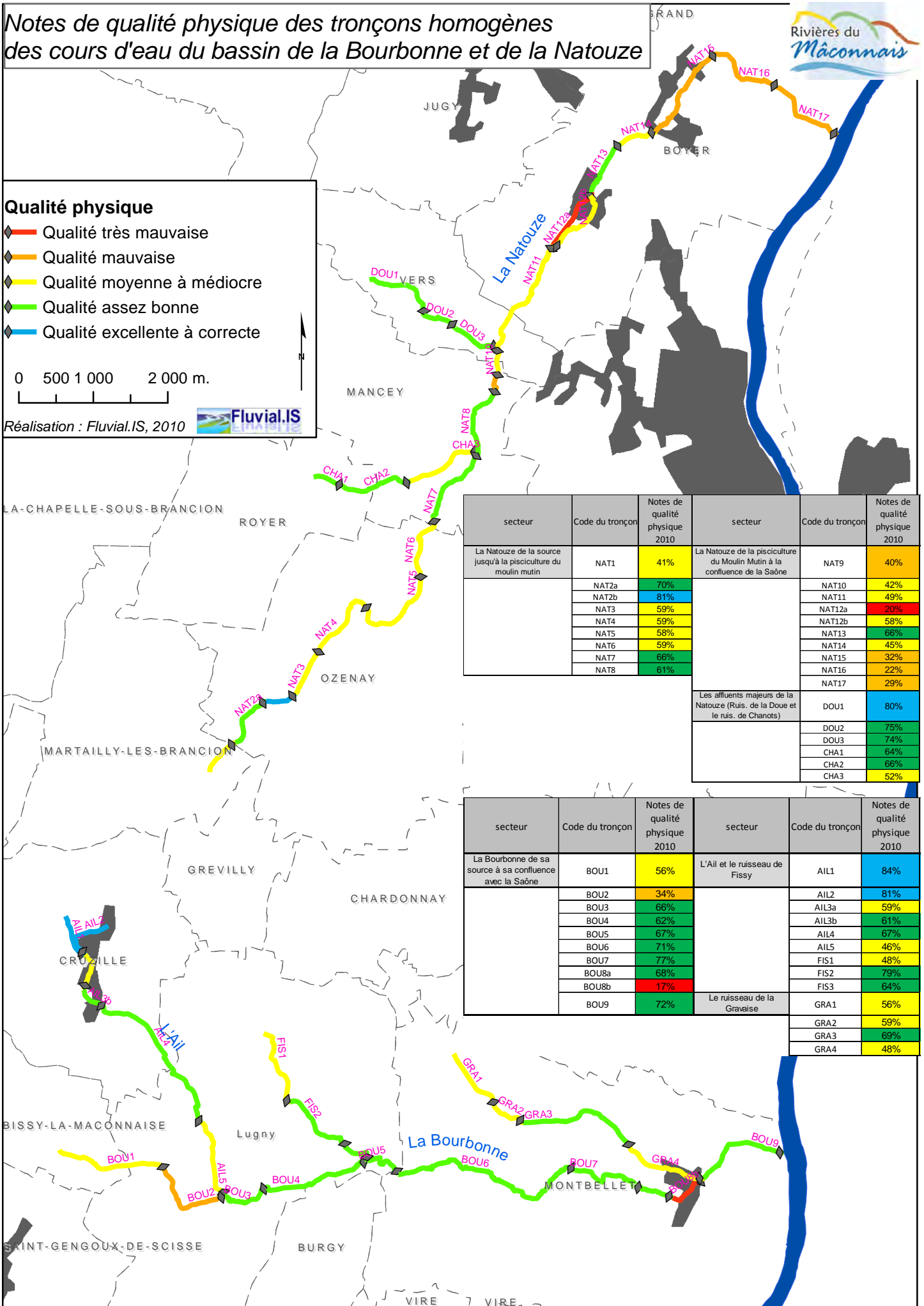


Qualité physique

- ◆ Qualité très mauvaise
- ◆ Qualité mauvaise
- ◆ Qualité moyenne à médiocre
- ◆ Qualité assez bonne
- ◆ Qualité excellente à correcte

0 500 1 000 2 000 m.

Réalisation : Fluvial.IS, 2010



secteur	Code du tronçon	Notes de qualité physique 2010	secteur	Code du tronçon	Notes de qualité physique 2010
La Natouze de la source jusqu'à la pisciculture du moulin mutin	NAT1	41%	La Natouze de la pisciculture du Moulin Mutin à la confluence de la Saône	NAT9	40%
	NAT2a	70%		NAT10	42%
	NAT2b	81%		NAT11	49%
	NAT3	59%		NAT12a	20%
	NAT4	59%		NAT12b	58%
	NAT5	58%		NAT13	66%
	NAT6	59%		NAT14	45%
	NAT7	66%		NAT15	32%
	NAT8	61%		NAT16	22%
				NAT17	29%
				Les affluents majeurs de la Natouze (Ruis. de la Doue et le ruis. de Chanots)	
				DOU1	80%
				DOU2	75%
				DOU3	74%
				CHA1	64%
				CHA2	66%
				CHA3	52%

secteur	Code du tronçon	Notes de qualité physique 2010	secteur	Code du tronçon	Notes de qualité physique 2010
La Bourbonne de sa source à sa confluence avec la Saône	BOU1	56%	L'Ail et le ruisseau de Fissy	AIL1	84%
	BOU2	34%		AIL2	81%
	BOU3	66%		AIL3a	59%
	BOU4	62%		AIL3b	61%
	BOU5	67%		AIL4	67%
	BOU6	71%		AIL5	46%
	BOU7	77%		FIS1	48%
	BOU8a	68%		FIS2	79%
	BOU8b	17%		FIS3	64%
	BOU9	72%	Le ruisseau de la Gravaise		
		GRA1	56%		
		GRA2	59%		
		GRA3	69%		
		GRA4	48%		

3.5. Analyse de la continuité écologique du corridor alluvial

3.5.1. Impacts des ouvrages sur la continuité écologique des cours d'eau du Mâconnais

La Directive Cadre sur l'Eau (DCE, n°2000/60/CE) fixe comme objectif pour 2015 l'atteinte du « bon état ou du bon potentiel écologique des eaux de surfaces ». Afin de tendre vers cet objectif, il convient d'identifier les dysfonctionnements liés aux activités anthropiques susceptibles de dégrader la qualité physique naturelle des cours d'eau. Les ouvrages transversaux font partie des aménagements les plus impactant.

Plus de 300 ouvrages transversaux ont été recensés. Un certain pourcentage de ces ouvrages ne constitue pas d'impacts majeurs pour la continuité écologique⁵. Cependant, ceux qui génèrent des dysfonctionnements sont presque aussi nombreux.

Nombre total d'ouvrages transversaux répertoriés sur les cours d'eau du Mâconnais	Ouvrages infranchissables pour la totalité des sédiments		Ouvrages infranchissables pour les espèces piscicoles	
	Nombre	%	Nombre	%
310	118	38	128	41

Tableau 13 : Franchissabilité des ouvrages transversaux des cours d'eau du mâconnais, synthèse

100 ouvrages ont été qualifiés infranchissables à la fois pour les poissons et pour les sédiments, 46 le sont soit pour les poissons soit pour les sédiments. Ainsi, ce sont 47 % des ouvrages (146) qui constituent une barrière à la continuité écologique au sens de la Directive Cadre sur l'Eau.

1. Impacts des ouvrages sur la continuité sédimentaire

Les différentes investigations de terrain nous ont permis de caractériser l'impact des ouvrages transversaux implantés sur le secteur d'étude.

Les seuils ont pour conséquence morphologique majeure de réduire le transport solide à l'aval dans le cas où ils ne seraient pas comblés à l'amont. La figure suivante présente les seuils que nous avons qualifiés de « non franchissables » par les sédiments. Cette absence de continuité sédimentaire entre l'amont et l'aval est néanmoins à relativiser. En effet, selon la granulométrie des sédiments et la vitesse du courant, plusieurs modes de transports sont observés, impactés ou non par la présence des seuils :

- Transport par charriage : Il s'agit de la progression des sédiments sur le fond du lit. Ce processus nécessite des conditions hydrauliques exceptionnelles car il mobilise les matériaux les plus grossiers.
- Transport par saltation : transports par bonds (concernent notamment les sables et graviers)
- Transport en suspension : concerne les particules les plus fines (argiles et limons)

⁵ Continuité écologique : selon la Directive Cadre sur l'Eau la continuité écologique se définit comme la possibilité de déplacements le long du cours d'eau des organismes vivants et des sédiments

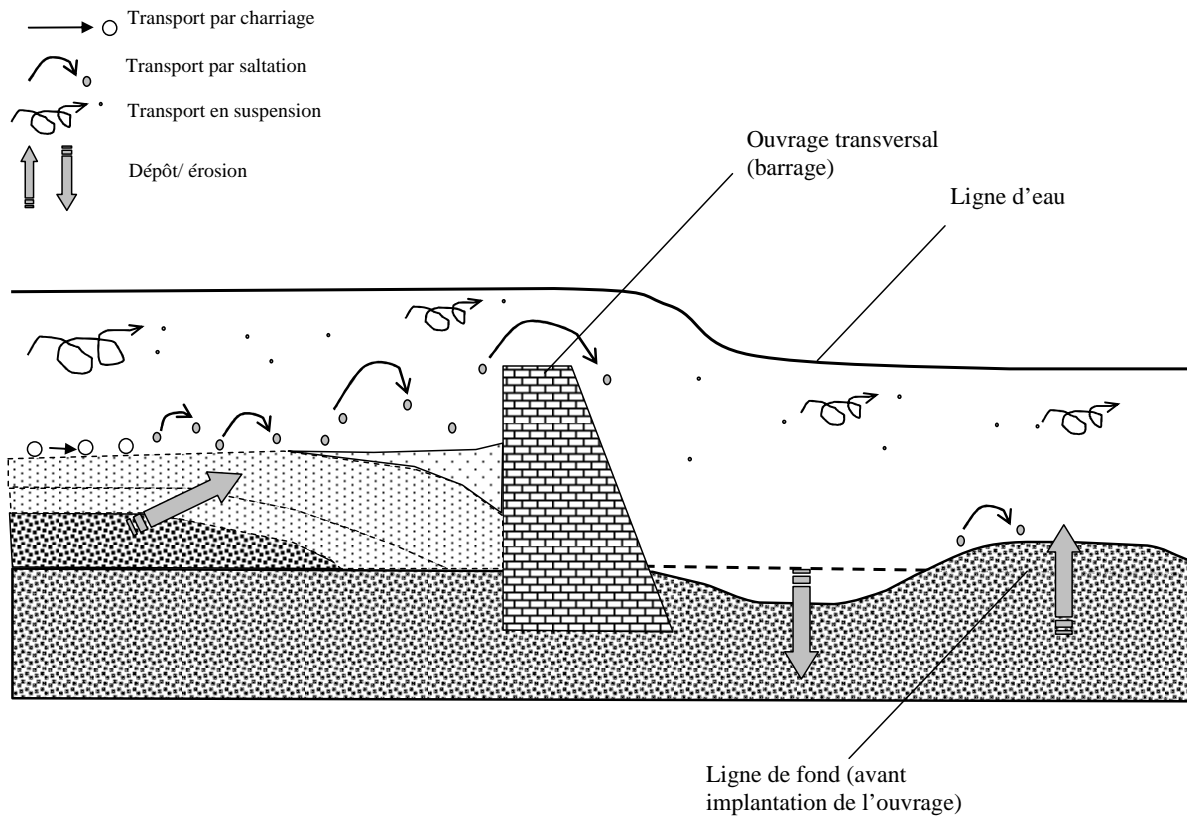


Figure 26 : situation en crue au niveau d'un barrage non comblé par les sédiments par l'amont

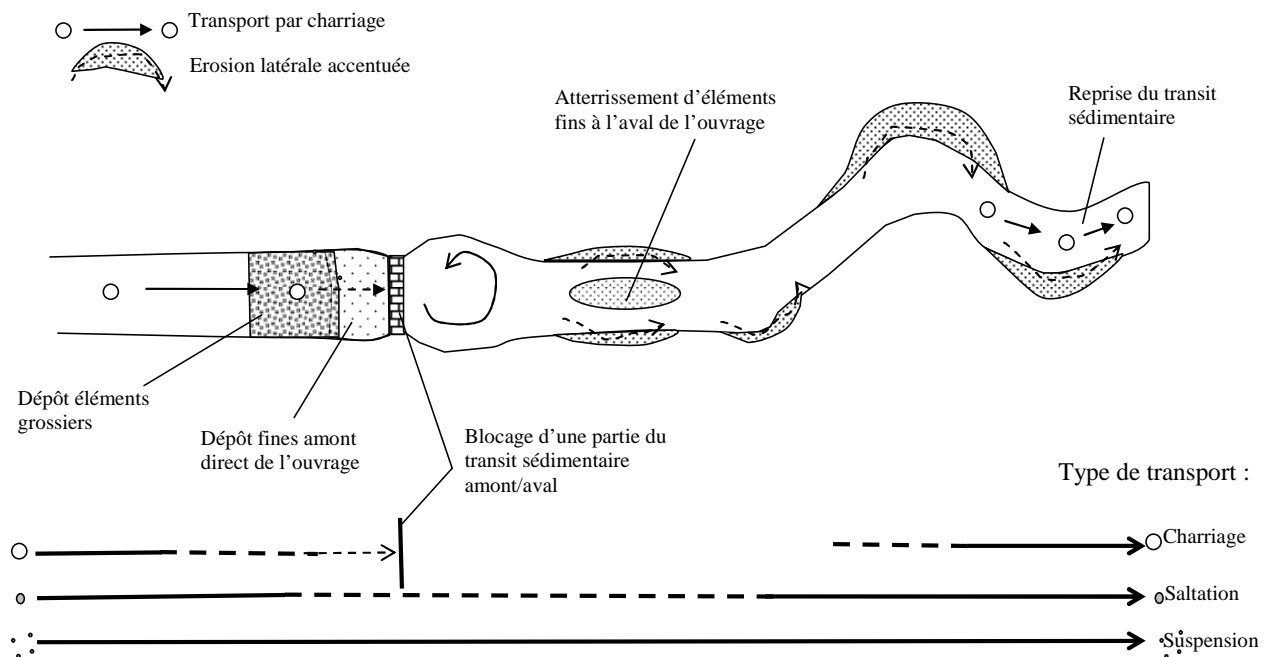


Figure 27 : schématisation de l'influence d'un seuil sur les différentes formes du transport solide

Selon le débit en crue et les vitesses associées, les ouvrages seront transparents vis-à-vis du transport de matériaux fins (sables et limons/argiles) qui se déplaceront en suspension. Certains éléments plus grossiers comme des graviers pourront également franchir l'obstacle

par transport en saltation. Les granulats de tailles importantes (comme des galets ou des blocs) viennent peu à peu s'accumuler dans la retenue du fait du ralentissement du courant. Un atterrissement se forme alors. La zone de remous à l'amont de l'ouvrage se comble peu à peu par ces éléments grossiers. Ce dépôt d'éléments grossiers tend à réduire le transport solide à l'aval de l'ouvrage. Afin de retrouver son équilibre, la rivière peut éroder alors d'avantage les fonds et les berges à l'aval de l'ouvrage (érosion progressive) pour accroître son débit solide (schéma précédent).

Des encoches d'érosion peuvent alors être observées à l'aval direct de ce genre d'ouvrage. Du fait de la stabilité importante des berges des cours d'eau du Mâconnais, notamment sur les cours d'eau du bassin de la Mouge, de la Bourbonne et de la Natouze, cette situation avec accentuation de l'érosion à l'aval de l'ouvrage, n'a été que peu observée.

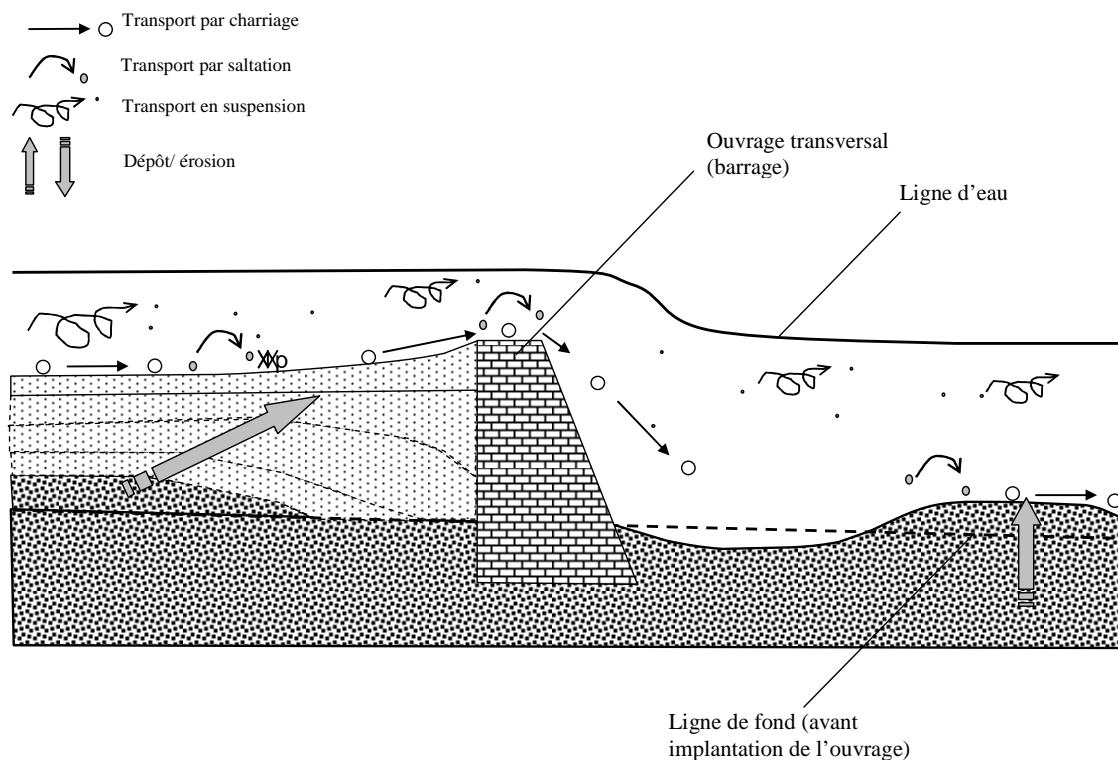


Figure 28 : situation en crue d'un barrage comblé par les sédiments par l'amont

A long terme, le comblement de la partie amont de l'ouvrage permet aux matériaux de transiter de nouveau par le seuil. Le processus d'érosion progressive prend fin et, peu à peu, la rivière recherche un profil d'équilibre à l'aval du seuil. Cette situation est observée sur environ 57% des ouvrages transversaux recensés.

Le tableau en annexe 3 résume la situation des ouvrages sur l'ensemble des rivières du Mâconnais. La franchissabilité sédimentaire a été estimée sur le terrain, cette dernière dépend des conditions locales observées. Un ouvrage de 20 cm de chute non comblé à l'amont dans un secteur où l'écoulement est de type torrentiel n'a pas le même impact sur le transit des matériaux par charriage qu'un ouvrage d'une hauteur équivalente en zone de plaine.

On retiendra qu'en général :

- un ouvrage comblé à l'amont est considéré comme franchissable par l'intégralité des sédiments qui transitent dans le lit de la rivière.

- un ouvrage non comblé à l'amont sera quant à lui non franchissable par des matériaux de granulométrie grossière (transitant par charriage et par en partie par saltation).

La hauteur de chute des différents ouvrages a été estimée sur le terrain à l'aide d'un jalon gradué. La longueur du remous hydraulique (assimilée à la zone d'influence à l'amont du barrage) est estimée à partir des valeurs de pente du lit et de hauteur de chute estimée.

Linéaire total de cours d'eau (en m ; sans prise en compte des bras de moulins)	Linéaire sous influence de seuils (en m)	Pourcentage du linéaire étudié sous influence de seuils (en %)
184 946	37 203,9	20,11

Les zones de remous générés par les ouvrages transversaux entraînent le plus souvent, par la forte diminution de la pente de la ligne d'eau locale et donc de la puissance fluviale spécifique de la rivière (qui tend vers 0 W.m²), la disparition de toute mobilité latérale à l'amont direct de l'ouvrage.

La zone de retenue ainsi générée par l'ouvrage peut engendrer d'autres dysfonctionnements majeurs. En effet, la réduction de la vitesse du courant (en situation de crue comme à l'étiage) dans cette zone, provoque la décantation des matières en suspension (argiles et limons), qui, associé à des dépôts de matières organiques, génèrent un envasement plus ou moins important pouvant aller jusqu'au colmatage..

2. Impacts des ouvrages sur la continuité piscicole

La franchissabilité des ouvrages transversaux pour les espèces piscicoles a été estimée sur le terrain en prenant en compte différents critères :

- Le secteur géographique dans lequel on se trouve (tête de bassin, cours d'eau de piémont, cours d'eau de plaine...).
- Les données piscicoles : distinction entre les cours d'eau de 1^{ère} catégorie (espèce repère étant la truite fario) et cours d'eau de 2^{ème} catégorie (espèce repère : le brochet, bien que cette espèce piscicole ne soit pas énormément représenté, hormis lorsque l'on se rapproche de la Saône, les cours d'eau et leurs annexes devenant alors des frayères plus ou moins intéressantes pour l'espèce).
- La hauteur de chute de l'ouvrage.
- La configuration générale de l'ouvrage (zone d'appel hydraulique, chute verticale, rampe en enrochements, chute divisée en plusieurs paliers franchissables...).
- La saisonnalité et le potentiel du franchissement en fonction des niveaux d'eau.
- Le critère directionnel du franchissement (montaison, dévalaison).

A noter que les secteurs busés, canalisés en souterrain peuvent également être infranchissables pour les poissons en fonction de différents critères qui peuvent se cumuler :

- une vitesse d'écoulement trop élevée (souvent de l'ordre de 3 à 4 m/s) dans l'ouvrage liée au dimensionnement de celui-ci (rugosité, section et pente),
- le tirant d'eau (lame de fond) insuffisant, à mettre en relation avec la capacité de nage des espèces représentées (truite 15cm minimum et saumon 30 cm minimum),
- la hauteur de chute à l'aval,
- l'accumulation de débris à l'amont,

- le linéaire de l'ouvrage dans l'obscurité notamment pour la montaison. On peut estimer un rapport de 4 entre le diamètre de la buse et la longueur maximale du busage franchissable. Par exemple, sur le critère obscurité, une buse de diamètre 50 cm sera considérée comme difficilement franchissable par les poissons au delà de 2 mètres de long.



photo 1 : Seuil au niveau du collège de Lugny (NFP, NFS)



photo 2 : petit seuil artisanal, irrigation (NFP, NFS)



photo 3 : Seuil sur la Mouge, Moulin Marcerain (NFP, NFS)



photo 4 : dépôts à l'aval du moulin de Sauge (NFP, NFS)



photo 5 : Seuil sous pont sur la Mouge (NFP, NFS)



photo 6 : (lavoir) Talenchant aval Laizé, NFP, NFS)



photo 7 : sur le Fil à la Roche Vineuse (NFP, NFS)



photo 8 : Seuil en pierres sur la Natouze (FP, FS)

	
<p>photo 9 : seuil de l'Ancien moulin d'Avoine, Natouze (NFP, NFS)</p>	<p>photo 10 : seuil de tête de bassin Petite Grosne Vieux Château (FP, FS)</p>
	
<p>photo 11 : Seuil recouvert de concrétions calcaires sur la Natouze (NFP, FS)</p>	<p>photo 12 : seuil du moulin de Jonc, Gravaise (NFP, NFS)</p>
	
<p>photo 13 : rampe lisse en béton sur le Talenchant (FP, FS)</p>	<p>Photo 14 : plan d'eau vidangé sur le ruisseau de St-Maurice</p>
	
<p>photo 15 : Seuil à clapet sur la Petite Grosne Moulin de Balme (FP, NFS)</p>	<p>photo 16 : Seuil dégradé du moulin de Verneuil, Petite Grosne (FS, FP)</p>

Figure 29 : Quelques exemples de seuils observés sur les cours d'eau du Mâconnais (Sigles : NFP, non franchissable piscicole, NFS non franchissable sédiments, FS, franchissable sédiments)

Photos	Commentaires
Photo 1	Seuil qualifié de « à vocation piscicole » dans le Référentiel des Obstacles à l'Écoulement. La manipulation des planches à certaines périodes pourrait permettre la libre circulation des poissons et des sédiments.
Photo 2	Petit seuil « sauvage » destiné à l'irrigation de parcelles potagères sur le ruisseau de Fissy
Photo 3	Seuil d'une hauteur de chute relativement importante dont la configuration ne permet pas la libre circulation piscicole (franchissabilité possible pour des espèces de salmonidés)
Photo 4	Visualisation d'un atterrissement constitué essentiellement d'éléments fins à l'aval d'un ouvrage sur la Mouge. L'observation de ce type de forme sédimentaire à l'aval direct de la fosse de dissipation de l'ouvrage transversal nous informe sur l'état de la franchissabilité sédimentaire de l'ouvrage. Les éléments grossiers étant bloqués à l'amont, seuls les éléments fins (ici sable à petits graviers) peuvent naturellement transiter vers l'aval.
Photo 5	De nombreux seuils de plus ou moins forte importance sont rencontrés à l'aval direct d'ouvrage de franchissement de type pont afin de limiter les risques d'érosion des fonds et de déstabilisation de l'ouvrage. Il convient d'intervenir sur ces seuils en les aménageant (par exemple par la mise en place d'une rampe en enrochements)
Photo 6	Quelques ouvrages transversaux observés sur les cours d'eau du Mâconnais sont destinés (ou étaient destinés) à des usages domestiques (ici un lavoir sur le Talenchant)
Photo 7	Seuil en béton récent « calibré ». Les berges des deux rives sont enrochées à son aval immédiat afin de limiter l'érosion de ces dernières et la déstabilisation de l'ouvrage
Photo 8	Seuil en pierre de faible hauteur de chute permettant le transit naturel des sédiments vers l'aval et la libre circulation piscicole. Malgré le fait qu'il constitue un point dur sur le cours d'eau et crée une zone de remous amont dont la longueur dépend notamment de la pente du cours d'eau, il peut néanmoins améliorer les conditions locales d'oxygénation du cours d'eau. Sa suppression n'est donc pas systématique
Photo 9	Seuil de moulin incompatible avec le retour à la continuité écologique des cours d'eau. La décision d'aménagement/suppression de ce type d'ouvrage ne peut se faire sans la consultation amont avec les propriétaires. La prise en compte d'un éventuel droit d'eau (fondé en titre ou sur titre) est également incontournable.
Photo 10	Ce type d'ouvrage transversal sur les têtes de bassins des cours d'eau du Mâconnais (écoulements torrentiels) n'engendre pas des conséquences dramatiques sur la continuité écologique. L'espèce piscicole repère sur ces types de cours d'eau est en effet la truite fario, dont les habitats sont souvent constitués de chutes naturelles (agencement naturel de blocs de taille importante) de ce type.
Photo 11	Les seuils de la Natouze et de la Bourbonne sont souvent recouverts de concrétions calcaires (tufs), qui peuvent « modeler » le seuil et lui conférer une configuration permettant aux espèces piscicoles de franchir l'obstacle.
Photo 12	D'après le témoignage de la propriétaire riveraine de ce moulin sur la Gravaise, les tufs avaient formé des cascades, permettant aux truites (observation faite par la propriétaire) de franchir l'obstacle (d'une hauteur de chute de plus de 2m). Ces concrétions ont depuis été « grattées », supprimant les possibilités de montaison.
Photo 13	Des seuils de type rampe en béton ont été rencontrés sur les rivières du Mâconnais. Celui présenté sur la photo se situe sur le Talenchant et est franchissable (du fait de la faible hauteur de chute de l'ouvrage) pour les salmonidés.
Photo 14	Deux plans d'eau d'importance à vocation piscicole sont observables sur le ruisseau de Saint Maurice. Une partie du débit du ruisseau transite par un bras annexe au cours d'eau
Photo 15	Seuil à clapet mis en place par le SIVOM de la Petite Grosne. La gestion du clapet de façon régulière permet de désenvaser la zone de retenue amont et assure un transit partiel des sédiments plus grossiers (sable à galets) vers l'aval. Les espèces piscicoles peuvent également ponctuellement circuler d'un bief à l'autre
Photo 16	Le seuil dégradé du moulin de Verneuil présente une pelle qui permet aux sédiments de transiter d'amont vers l'aval. La chute de l'ouvrage est partitionnée en plusieurs petites chutes d'une trentaine de centimètres chacune. L'ensemble est partiellement franchissable par les espèces piscicoles.

Tableau 14 : Quelques commentaires sur les seuils présentés sur la planche photographique précédente

3.5.2. L'impact du colmatage des fonds sur la diversité des milieux aquatique

1. Origines du colmatage et impacts sur les milieux aquatiques

Le colmatage des fonds par les éléments de type limons/argiles, associés à la matière organique est un des dysfonctionnements majeurs observés sur les cours d'eau du Mâconnais. Bien que des cycles puissent être naturellement observés, comme des dépôts en période d'étiage et une chasse des fines vers l'aval en période de crues, le dépôt récurrent de matériaux fins peut avoir plusieurs impacts sur les milieux aquatiques, notamment en empêchant les transferts d'oxygène dans le substrat, nécessaire à l'incubation des œufs de truites, ou à l'implantation de microorganismes (invertébrés aquatiques...). Un envasement généralisé peut également provoquer des diminutions drastiques du taux d'oxygène dissout dans le cours d'eau, néfastes à la présence et au maintien des espèces piscicoles naturellement présentes dans les cours d'eau du Mâconnais.

La présence d'éléments fins sur les fonds peut s'expliquer par différents facteurs :

- **La nature du substratum géologique et nature des sols sur les versants du cours d'eau** : Les ruissellements sur des sols à fortes teneurs en argiles et limons (sols argilo-limoneux, interbanco-marneux des successions marno-calcaires...) sont une des causes naturelles majeures de l'apport de fines dans les cours d'eau.

- **L'occupation du sol** : Le ruissellement peut être accentué par l'occupation du sol et les différentes activités anthropiques rencontrées sur les bords des cours d'eau. Ainsi, la disparition des haies, l'implantation du vignoble sur les versants peuvent favoriser le ruissellement. A proximité du cours d'eau, le piétinement du bétail sur les berges, peut également permettre des apports de matériaux fins conséquents, surtout problématique dans les périodes d'étiages.

- **La présence de seuils transversaux** : Les ouvrages transversaux créent des retenues d'eau à leur amont où l'envasement important est souvent observé.

- **l'encaissement du lit** : les débordements de crue sont plus rares et l'énergie excessive de la rivière expulse les sédiments grossiers vers l'aval (sables, graviers, pierres) et homogénéise les fonds. En étiage et en eaux moyennes les matières en suspension décantent et colmatent les fonds

Les cartes suivantes synthétisent la situation concernant le colmatage des fonds des rivières du Mâconnais. Les classes de colmatages ont été construites de la façon suivante :






		Fonds naturels	Partiellement colmatés	Totalement colmatés
Très fortement colmaté		$\leq 10\%$		$\geq 60\%$
Fortement colmaté		$\leq 10\%$		$30\% \leq \leq 60\%$
Moyennement colmaté			$\geq 60\%$	$30\% \leq$
Peu colmaté		$30\% \geq \geq 70\%$		$\leq 10\%$
Fonds ~ naturels		$\geq 70\%$		$\leq 5\%$

Tableau 15 : caractérisation des tronçons homogènes en fonction du degré de colmatage des fonds

2. Protocole de suivi du colmatage des cours d'eau

Une méthode de suivi du colmatage des cours d'eau à été développé par l'INRA en 2006. Elle consiste à implanter des bâtonnets de pins verticalement dans le substrat des cours

d'eau. La partie qui se trouve dans le substrat anaérobie (sans oxygène) se colore en noir, du fait de l'action des bactéries anaérobies, tandis qu'un substrat en condition aérobie (oxygéné du fait de courants diffus apportant de l'oxygène dans le substrat), restera couleur pin. La méthode prévoit une mise en place des morceaux de pins pendant un mois.

Nous avons tenté d'utiliser cette méthode pour mesurer le colmatage des cours d'eau du Mâconnais. Les résultats de cette méthode se veulent pédagogiques. Les mesures ont été réalisées sur plusieurs sites (7 au total).

Les bâtonnets ont été retirés au bout de quelques mois (mise en place fin août 2010, ils ont été retirés février 2011), les hautes eaux lors de nos prospections nous empêchant de les retirer plus tôt dans la saison.

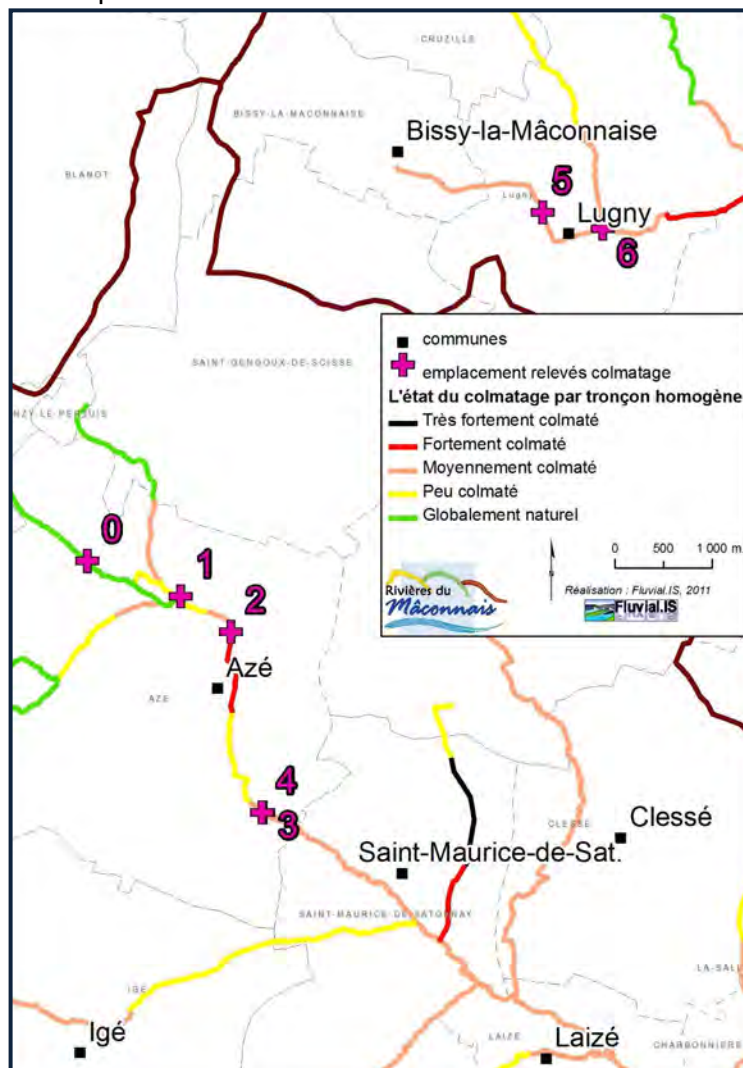



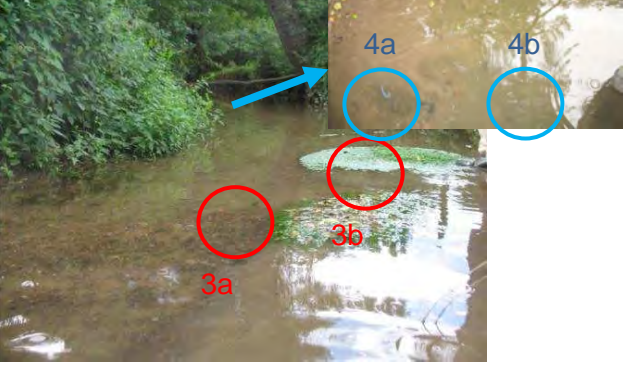




Figure 30 : localisation des mesures de l'état du colmatage réalisé avec les bâtonnets de pin.

Photo 17 : la mise en place des bâtonnets de pins sur un radier naturel (Mouge amont) constitué de galets et de sables (photo Fluvial .IS)



Cette méthode, très simple et peu onéreuse, peut être envisagée en état initial de travaux de réhabilitation d'un lit mineur par exemple, puis mise en place quelques mois après les travaux, pour mesurer qualitativement l'évolution de l'état de colmatage des fonds.

Secteur/Description du site	Photographie du site lors d'implantation	Secteur/Description du site	Photographie du site lors d'implantation
<p>0 : Mouge amont (Mou2)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fonds naturels, composés de galets, blocs et de sable - 2 piquets implantés (1 en aval du radier cf. photo, et 1 sur le radier) 		<p>1 : Mouge amont (Mou3)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Colmatage moyen recouvrement partiel des graviers par les fines - implantation de deux piquets au niveau des graviers pour l'un (à droite) et dans zone plus colmatée (à gauche) pour le deuxième 	
<p>2 : Mouge amont (Mou4)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fonds vaseux en amont de l'ouvrage - 2 piquets implantés 		<p>3-4 : Mouge moyenne (Mou5)</p> <p>Implantation de 4 piquets, de l'aval vers l'amont :</p> <p>3a : atterrissement graviers</p> <p>3b : vase +graviers mélangés</p> <p>4a : très vaseux en intrados de méandre</p> <p>4b : axe du cours d'eau légèrement vaseux</p>	
<p>5 : Bourbonne amont de Lugny</p> <ul style="list-style-type: none"> - Secteur légèrement colmaté - 2 piquets implantés, le plus en amont sur une accumulation de fragments de coquilles/calcaires concrétionnés, le plus en aval dans la vase. 		<p>5 : Bourbonne aval de Lugny</p> <p>4 piquets ont été implantés :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 2 en amont du seuil à hausse de planches dans un substrat légèrement vaseux - 2 en aval du seuil, sur un atterrissement d'éléments fins à grossiers 	

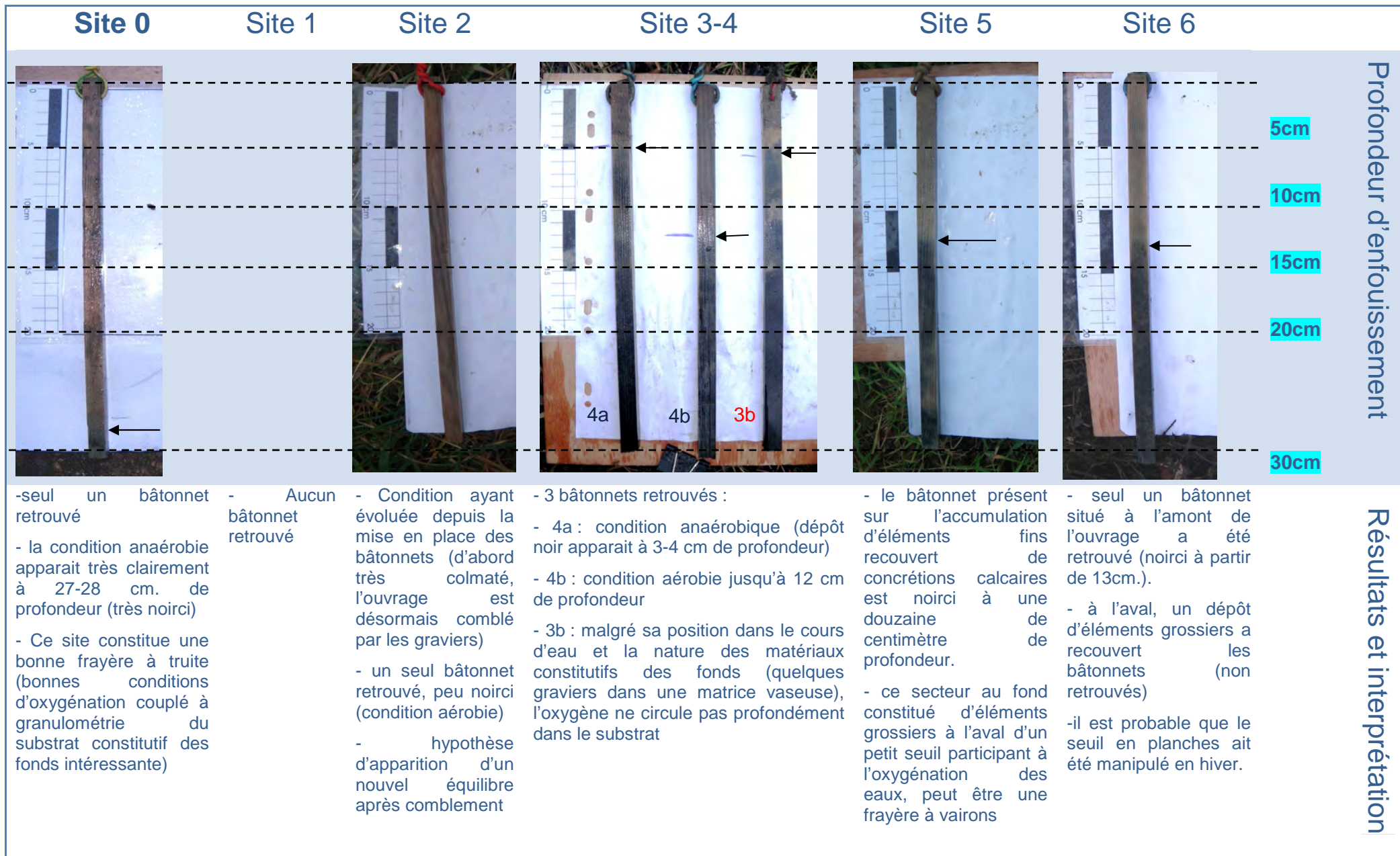
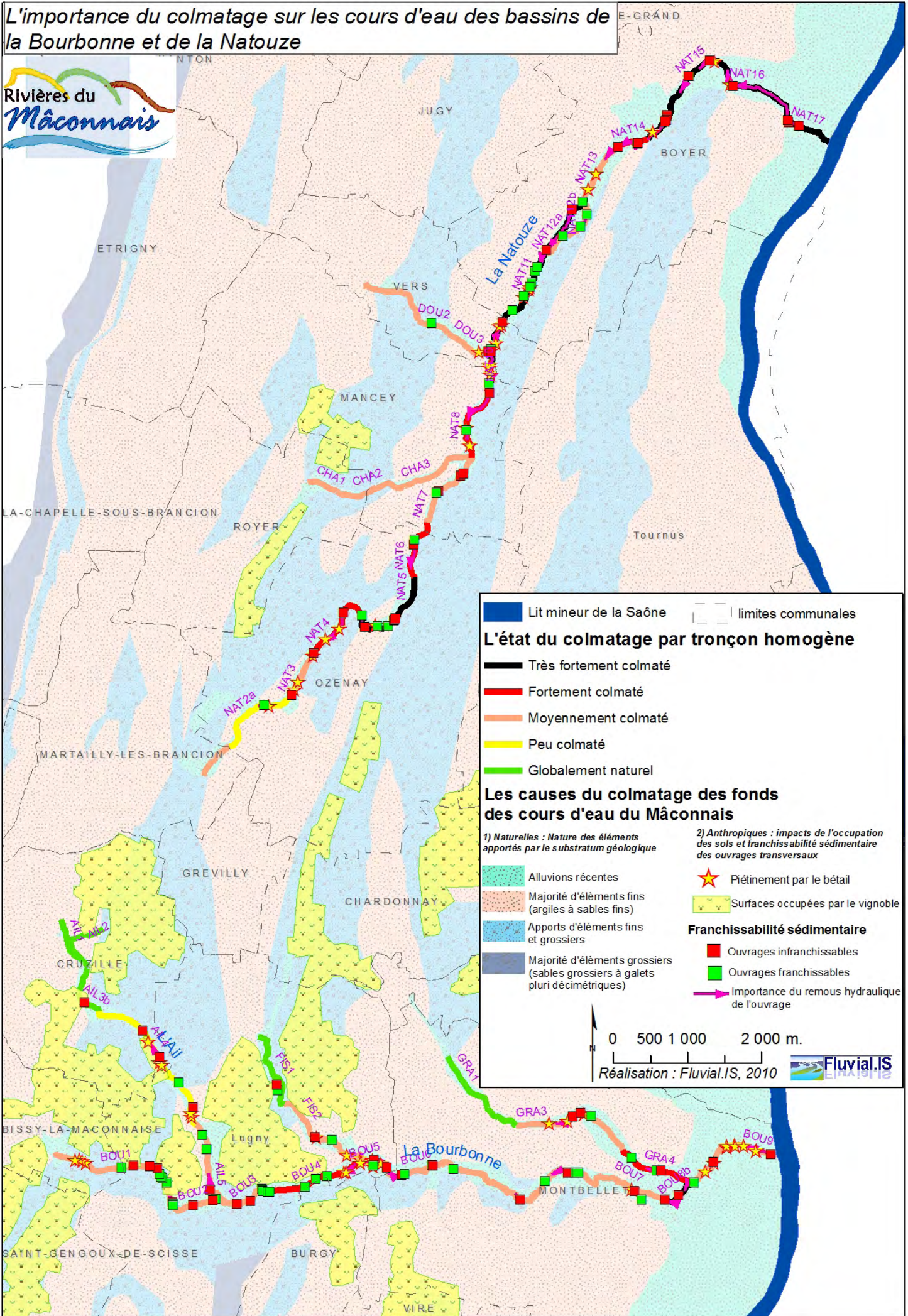


Figure 31 : L'importance du colmatage sur les cours d'eau des bassins de la Bourbonne et de la Natouze

L'importance du colmatage sur les cours d'eau des bassins de la Bourbonne et de la Natouze



L'état du colmatage par tronçon homogène

- Très fortement colmaté
- Fortement colmaté
- Moyennement colmaté
- Peu colmaté
- Globalement naturel

Les causes du colmatage des fonds des cours d'eau du Mâconnais

1) Naturelles : Nature des éléments apportés par le substratum géologique

- Alluvions récentes
- Majorité d'éléments fins (argiles à sables fins)
- Apports d'éléments fins et grossiers
- Majorité d'éléments grossiers (sables grossiers à galets pluri décimétriques)

2) Anthropiques : impacts de l'occupation des sols et franchissabilité sédimentaire des ouvrages transversaux

- Piétinement par le bétail
- Surfaces occupées par le vignoble

Franchissabilité sédimentaire

- Ouvrages infranchissables
- Ouvrages franchissables
- Importance du remous hydraulique de l'ouvrage

0 500 1 000 2 000 m.

Réalisation : Fluvial.IS, 2010

Figure 32 : L'importance du colmatage sur les cours d'eau du bassin de la Mougé

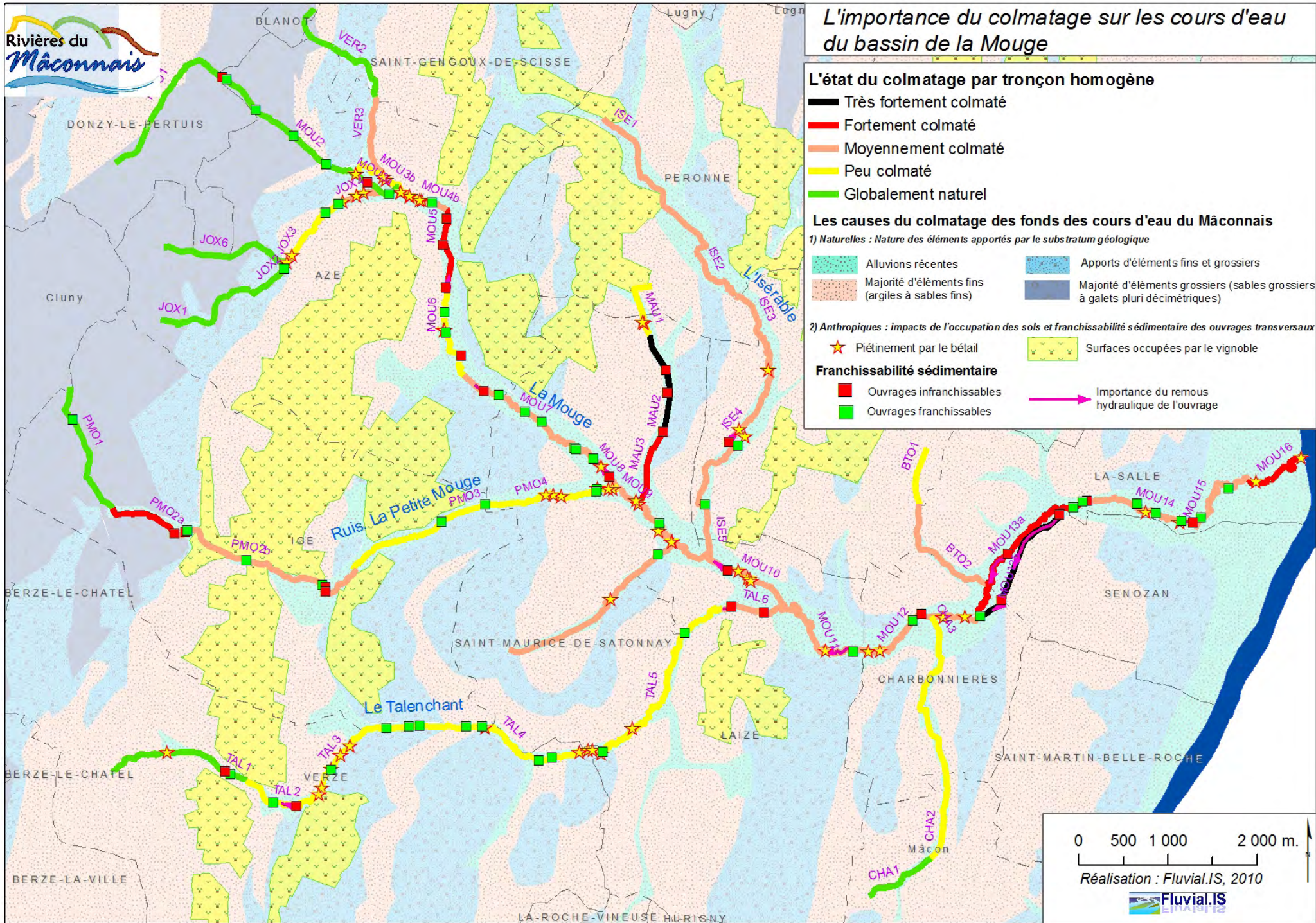
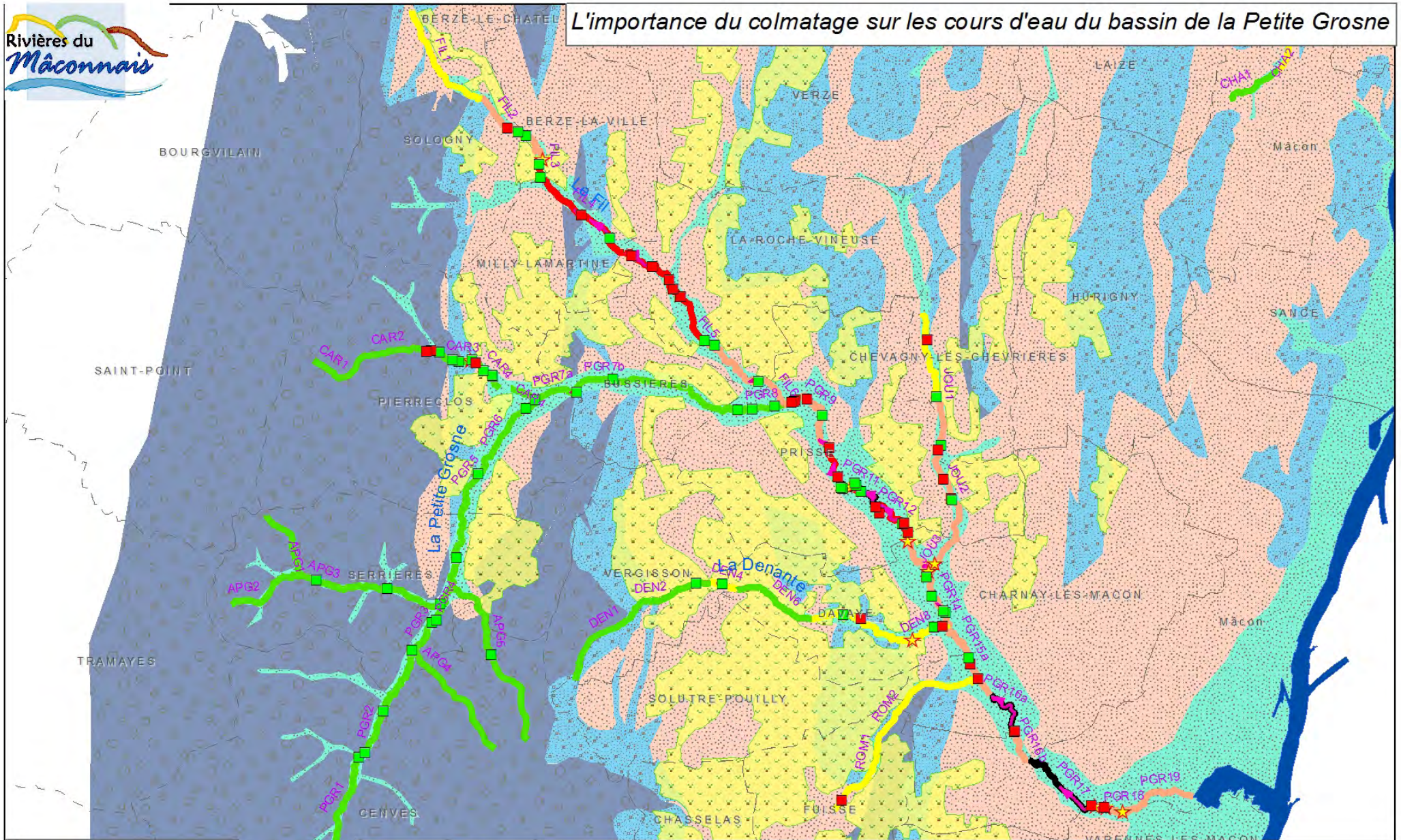


Figure 33 : L'importance du colmatage sur les cours d'eau du bassin de la Petite Grosne



0 500 1000 2000 m.

Réalisation : Fluvial.IS, 2010

Fluvial.IS
Environnement

L'état du colmatage par tronçon homogène

- Très fortement colmaté
- Fortement colmaté
- Moyennement colmaté
- Peu colmaté
- Globalement naturel

Les causes du colmatage des fonds des cours d'eau du Mâconnais

- 1) Naturelles : Nature des éléments apportés par le substratum géologique**
- Alluvions récentes
 - Majorité d'éléments fins (argiles à sables fins)
 - Apports d'éléments fins et grossiers
 - Majorité d'éléments grossiers (sables grossiers à galets pluri-décimétriques)
- 2) Anthropiques : impacts de l'occupation des sols et franchissabilité sédimentaire des ouvrages transversaux**
- Piétinement par le bétail
 - Surfaces occupées par le vignoble
- Franchissabilité sédimentaire**
- Ouvrages infranchissables
 - Ouvrages franchissables
- Importance du remous hydraulique de l'ouvrage

3 Enseignement de ces résultats

L'emploi de la méthode développée par l'INRA nous permet de visualiser l'impact du colmatage des fonds des cours d'eau du Mâconnais. En effet, plus les fonds sont recouverts par des fines (éléments argileux, limons, matières organiques en décomposition...), moins les échanges d'oxygène dans le substrat seront importants. Le colmatage des fonds, à l'amont d'ouvrages transversaux, sur les secteurs rectifiés, sur les tronçons fortement piétinés par le bétail... est incompatible avec la mise en place de frayères pour les espèces piscicoles comme la truite fario.

L'utilisation de cette méthode peut être un bon indicateur de suivi d'efficacité de mise en place de travaux (diversification du lit mineur, suppression d'ouvrages transversaux...) sur les cours d'eau impactés par le colmatage (majorité des tronçons homogènes des cours d'eau du Mâconnais).

Il est conseillé de retirer les bâtonnets de pins après une période supérieure à 3 semaines (délai présenté dans la méthode de l'INRA), afin de permettre d'atteindre un certain équilibre depuis la mise en place des bâtonnets.

Nous considérons que le retrait des bâtonnets après 2 à 3 mois d'implantation est un bon compromis. Aussi, il conviendra d'éviter de les laisser en place lors des périodes de crues. En effet, les cours d'eau peuvent charrier des matériaux en crue, qui se déposent sur les bâtonnets implantés, empêchant de retrouver ces derniers.

3.5.3. Analyse de la continuité du cordon végétal

1. Rôles et intérêts de la végétation riveraine

La végétation rivulaire se caractérise par la présence ou non de plusieurs strates (herbacées, semi-ligneuses, arbustives et arborescentes). Sont à considérer également les caractères anthropiques et exogènes de certaines espèces (plantations d'ornement) ou invasifs (prolifération végétale non indigène).

La végétation rivulaire naturelle joue un rôle essentiel sur la prévention des risques liés aux inondations et aux pollutions.

Tous les types de végétation ont donc leur importance dans le fonctionnement d'un cours d'eau.

La végétation herbacée terrestre et semi-aquatique joue un rôle :

- dans la fixation du sol à l'aide de leur système racinaire,
- dans la protection du sol et ralentissement du courant par la formation d'un tapis,
- d'abri pour la faune invertébrée et piscicole,
- de lieu de reproduction pour les oiseaux et certains poissons,
- dans la contribution à l'auto-épuration.

Il est important de souligner l'efficacité de filtration des bandes enherbées sur les polluants, les matières en suspension et les matières minérales. Une bande enherbée d'au moins 6 m de large agit positivement sur le ralentissement des vitesses de ruissellement et sur l'infiltration de l'eau provenant du bassin versant.

La végétation ligneuse qu'elle soit :

En strates buissonnante et arbustive, joue un rôle :

- dans la fixation rapide des sols par leur système racinaire,
- dans la diminution de la vitesse du courant par frottement des parties aériennes,
- dans la fixation des bans alluvionnaires par effet de "peigne",
- dans l'auto-épuration des polluants provenant du bassin versant par filtration et fixation,
- de lieu de vie pour les insectes, les oiseaux et la faune aquatique,
- de diversification du milieu et du paysage.

En strate arborescente :

- dans la stabilisation des berges par les systèmes racinaires d'essences adaptées au cours d'eau,
- dans l'auto-épuration des polluants,
- dans la régulation thermique et lumineuse du cours d'eau,
- de lieu de vie, notamment pour la faune,
- de diversification paysagère.

La végétation aquatique génère :

- des actions épuratrices et oxygénantes du milieu,
- le maintien de la qualité faunistique (abri, reproduction, nourriture),
- la diminution de la vitesse du courant et des dépôts de sédiments.

La conservation d'une végétation assurant correctement son rôle est valable pour tous les types de cours d'eau, du simple fossé jusqu'au fleuve.

Les actions proposées doivent permettre d'améliorer le fonctionnement "naturel" des cours d'eau tout en préservant la diversité biologique (intra-spécifique = génétique et interspécifique = richesse spécifique) et la qualité habitacionnelle (biotopes et corridor écologique).

A cela peuvent se rajouter l'intégration de l'aspect esthétique du cours d'eau au paysage, la gestion durable d'une biomasse renouvelable et la préservation cohérente des biens et des personnes face aux aléas climatiques et inondations.

L'absence de ripisylve est préjudiciable au bon fonctionnement d'un cours d'eau tant sur l'aspect écologique que morpho-dynamique. A outrance, l'absence d'ombrage sur le lit favorise le développement de certaines hélrophytes pouvant fixer alors les sédiments dans le lit et ainsi limiter le transport solide.










A contrario, une ripisylve dense et non entretenue, même si action à long terme peut refaire évoluer un cours d'eau d'une situation artificielle vers une situation naturelle, génère généralement des désagréments dans l'usage actuel anthropique du cours d'eau.

Le compromis peut être une gestion équilibrée de ces milieux en fonction des différents enjeux rencontrés.

2. Représentation de la continuité longitudinale de la ripisylve

Pour cette évaluation, seules les strates arborées et arbustives sont considérées.

La continuité longitudinale de la ripisylve a été préalablement décrite sur fond d'orthophotoplans datant de 2007 en considérant les deux berges et des tronçons de ripisylve homogènes. La typologie suivante a été employée : (d'après communication CARHYCE, non publié)

Etat de la ripisylve	Visualisation sur orthophotoplans	Schéma correspondant	Code Couleur utilisé
Absence	 <p data-bbox="488 739 831 763">Absence de ripisylve sur la Natouze</p>		
Isolée	 <p data-bbox="488 1061 807 1086">Ripisylve isolée sur la Bourbonne</p>		
Espacée-Régulière	 <p data-bbox="488 1420 991 1473">Ripisylve espacée régulière sur le ruisseau de la Petite Mouge</p>		


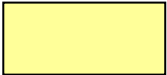






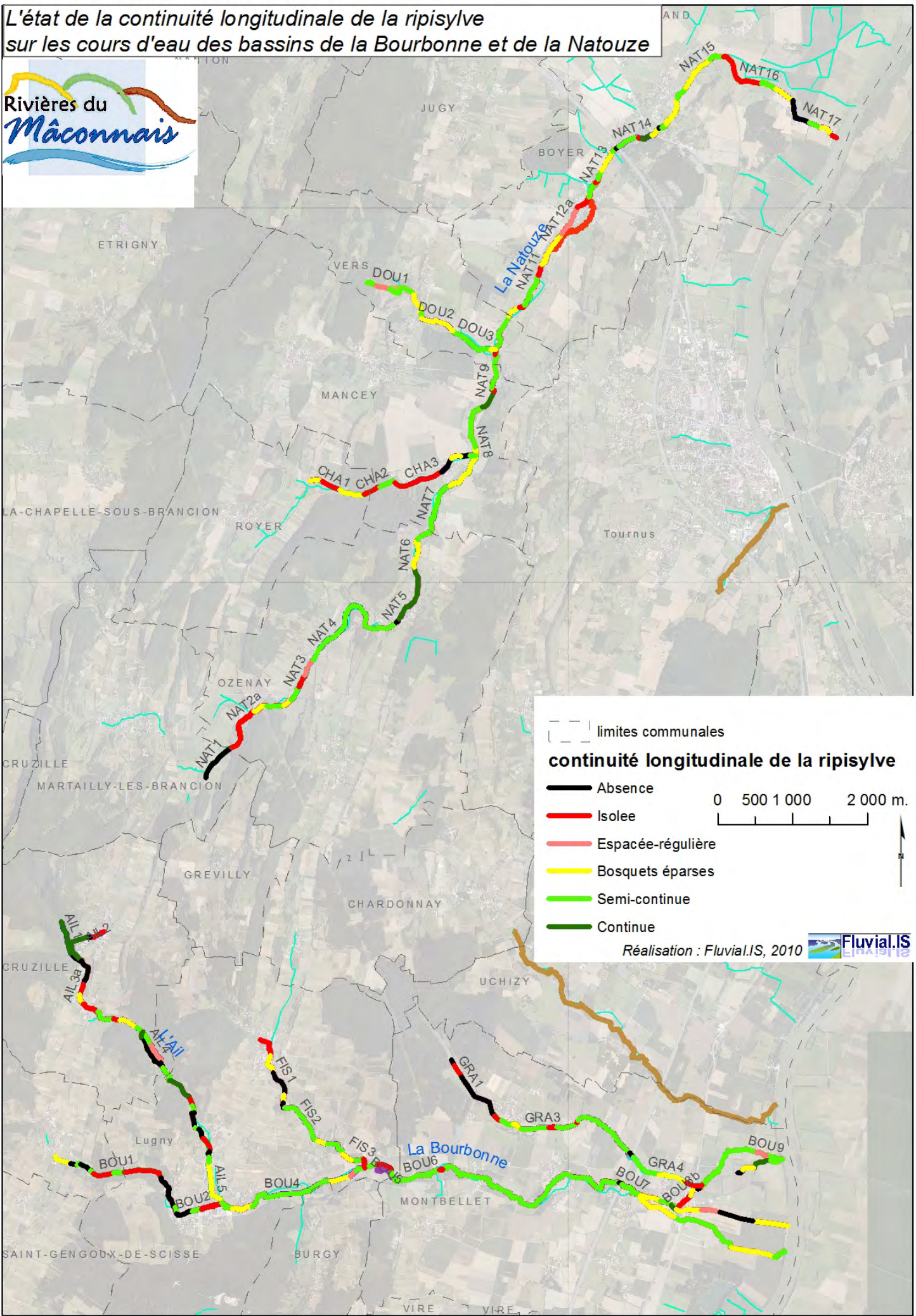
<p>Bosquets éparses</p>	 <p>Bosquets éparses sur le ruisseau de Charbonnière</p>		
<p>Semi-continue</p>	 <p>Ripisylve semi-continue sur la Petite Grosne</p>		
<p>Continue</p>	 <p>Ripisylve continue sur la Natouze</p>		

Figure 34 : typologie employée pour la caractérisation de la continuité longitudinale de la ripisylve sur les cours d'eau du Mâconnais (d'après protocole CAHRYCE)

Figure 35 : L'état de la continuité longitudinale de la ripisylve sur les bassins de la Bourbonne et de la Natouze

L'état de la continuité longitudinale de la ripisylve sur les cours d'eau des bassins de la Bourbonne et de la Natouze



limites communales

continuité longitudinale de la ripisylve

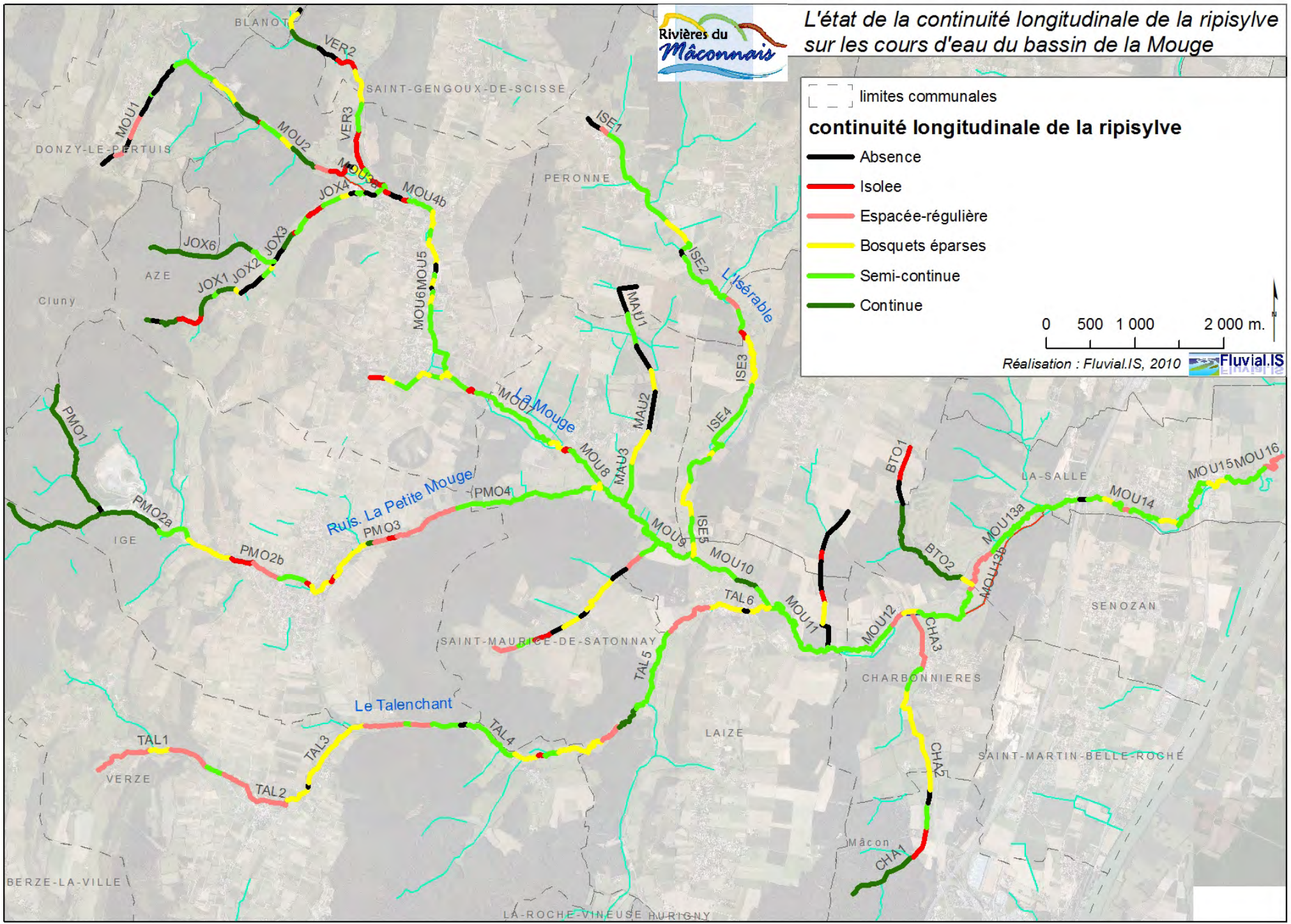
- Absence
- Isolee
- Espacee-régulière
- Bosquets éparses
- Semi-continue
- Continue

0 500 1 000 2 000 m.

Réalisation : Fluvial.IS, 2010

Figure 36 : L'état de la continuité longitudinale de la ripisylve sur les bassins de la Mouge

L'état de la continuité longitudinale de la ripisylve sur les cours d'eau du bassin de la Mouge



— limites communales

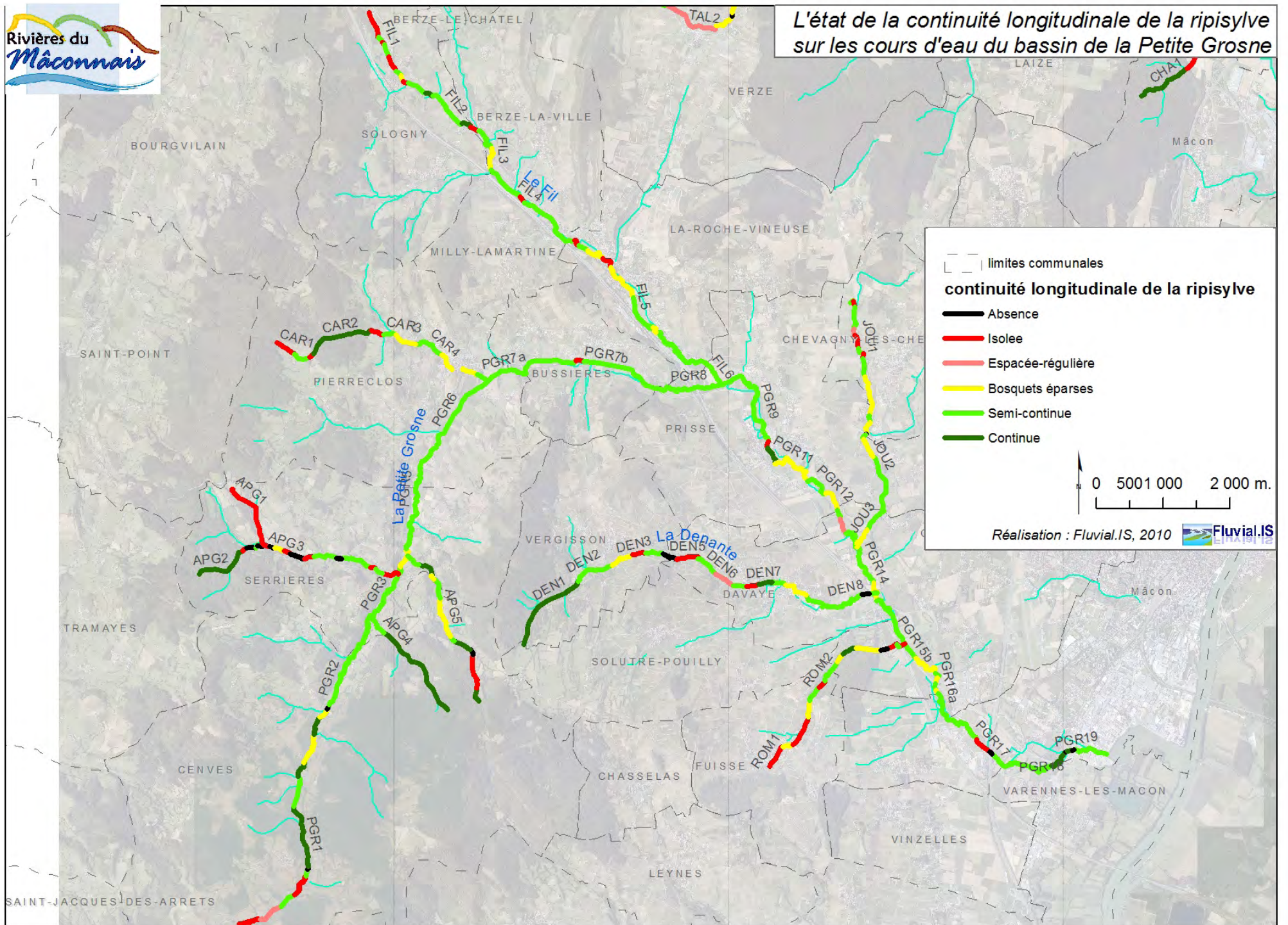
continuité longitudinale de la ripisylve

- Absence
- Isolee
- Espacée-régulière
- Bosquets éparses
- Semi-continue
- Continue

0 500 1 000 2 000 m.

Réalisation : Fluvial.IS, 2010

Figure 37 : L'état de la continuité longitudinale de la ripisylve sur les bassins de la Petite Grosne



Les cartes précédentes montrent l'état de la continuité de la ripisylve sur les différents bassins des cours d'eau du Mâconnais. Il en ressort que :

- Les têtes de bassins des cours d'eau majeurs présentent une ripisylve globalement discontinue.
- L'aval de ces cours d'eau (avant leur confluence avec la Saône) présente également ces caractéristiques.
- Entre ces zones, la continuité de la ripisylve des cours d'eau majeurs du Mâconnais (Petite Grosne, Mouge, Bourbonne et Natouze) semble préservée. Seuls quelques tronçons présentent des ruptures dans cette continuité ;
- La situation sur les affluents semble plus dégradée que sur les cours d'eau principaux

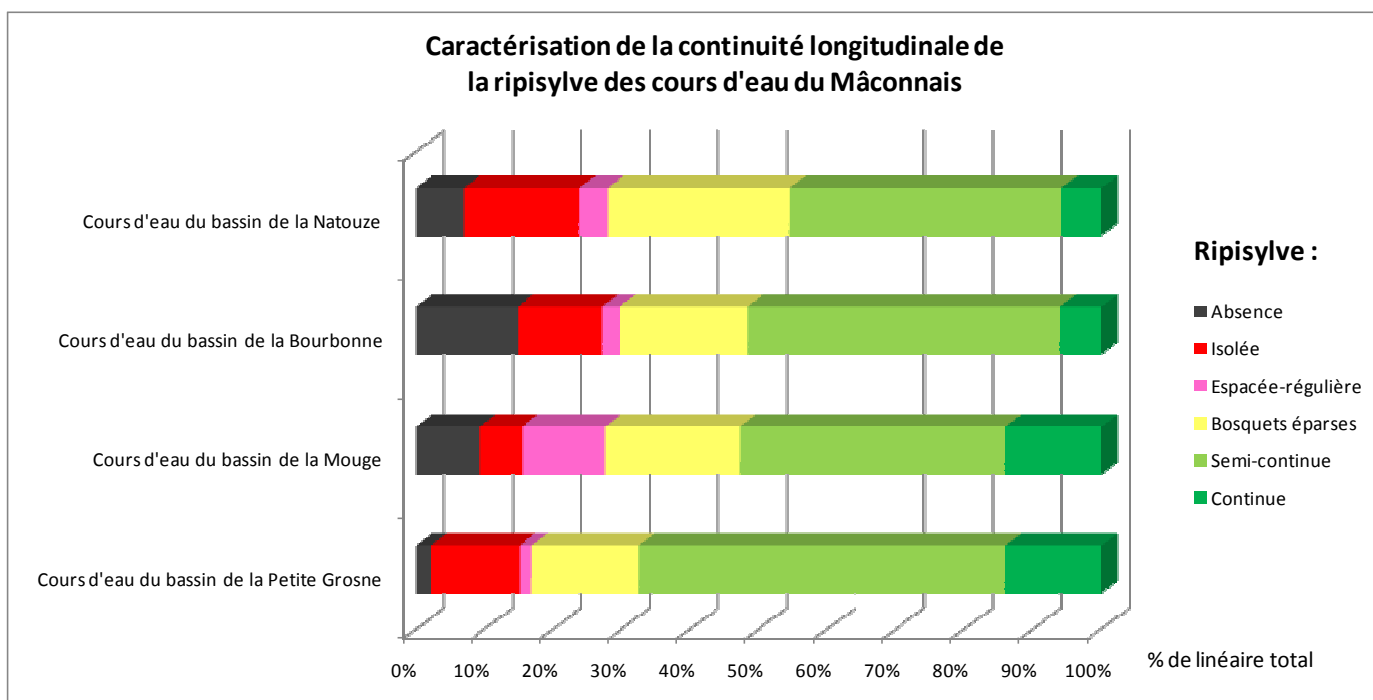


Figure 38 : Histogramme montrant la continuité longitudinale de la ripisylve par bassin sur l'ensemble du linéaire d'étude

Le tableau ci-dessus illustre cette continuité de la ripisylve sur les différents bassins.

- Sur les bassins de la Petite Grosne, la ripisylve est en continuité (semi continue et continue), sur environ 70 % du linéaire total des cours d'eau. Ce pourcentage se situe légèrement au dessus de 50% pour les cours d'eau des autres bassins
- Les cours d'eau du bassin de la Bourbonne et celui de la Natouze sont les plus dégradées. Une ripisylve absente ou isolée représente de 20 à 25% des linéaires des rivières.

L'occupation des sols explique en grande partie ces discontinuités de ripisylve.

Les têtes de bassin (petits ruisseaux) sont plus dépourvues de ripisylve que les parties centrales et aval. Les bandes vertes (tampon) sont assez présentes surtout en milieu de bassin versant. Elles sont généralement accompagnées d'une ripisylve plus ou moins diversifiée en termes de classes d'âge et d'espèces.

3.5.4. Corridors écologiques, trame verte et trame bleue

Nous pouvons considérer (cf. paragraphe 2.7) que les secteurs à intérêt écologique fort (ZIC, ZICO, ZNIEFF type 1, ZPS, NATURA 2000) forment un certain nombre de noyaux centraux écologiques. Il existe également des trames vertes en dehors de ces noyaux centraux (principalement des zones boisées) qui peuvent être considérées comme des zones écologiques transitoires. Or les cours d'eau et leur ripisylve jouent un rôle de corridors écologiques (circulation des espèces et échanges génétiques intraspécifiques) entre ces noyaux centraux et ces trames vertes. Ces corridors sont plus ou moins fonctionnels.

La cartographie suivante montre l'état des corridors existants en fonction de la continuité actuelle de la ripisylve, ceux à renforcer et ceux à créer pour favoriser l'interconnexion des espèces entre ces différents îlots de biodiversité.

Nous observons qu'environ 56 Km de corridors sont à créer ou généralement à renforcer (plantation et entretien). Alors que 53 Km de corridors écologiques existants fonctionnels sont à préserver (entretien). L'objectif est d'obtenir une ripisylve continue à semi continue bordée d'une bande verte enherbée (ce qui souvent le cas déjà actuellement). Cette ripisylve doit être diversifiée en termes d'espèce et de classes d'âge. Un mode de gestion sélectif et durable garantira une pérennisation de cet objectif.

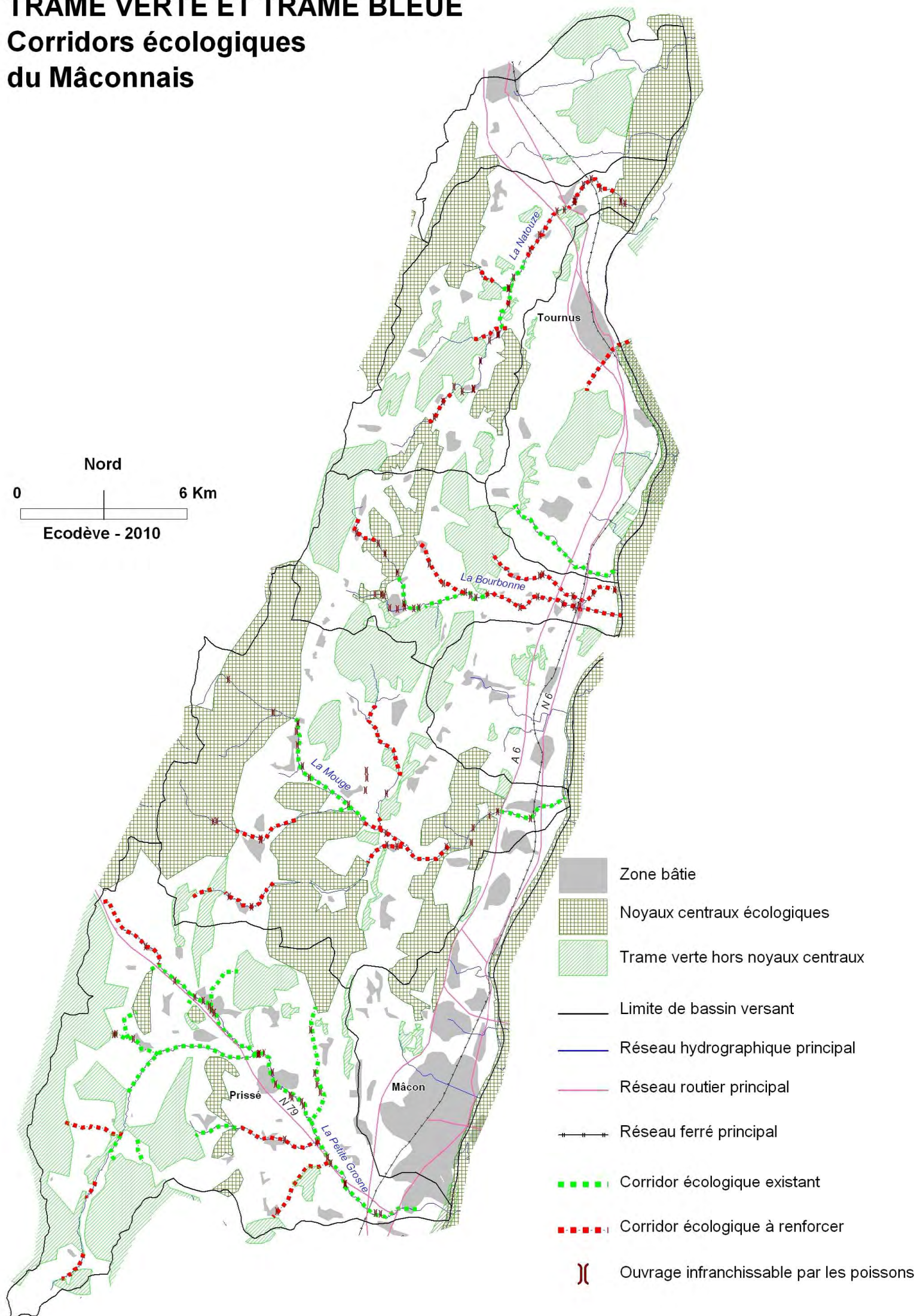
Concernant les infrastructures de transport, un peu plus d'une douzaine de passages semblent difficilement franchissables par la grande faune (voie ferrée, autoroute et nationales).

Pour la franchissabilité des ouvrages (ponts, seuils, ...) par la faune aquatique, nous pouvons observer environ 120 points de blocage (total ou partiel) répartis sur l'ensemble du réseau hydrographique.

Figure 39 : corridors écologiques sur le secteur d'études

TRAME VERTE ET TRAME BLEUE

Corridors écologiques du Mâconnais



4. LE POTENTIEL DE MOBILITE DES RIVIERES DU MACONNAIS

Le potentiel dynamique des cours d'eau du Mâconnais a été apprécié à partir de plusieurs éléments :

- une analyse géomorphologique historique fine à partir de cartes, ainsi que de photographies aériennes anciennes,
- des reconnaissances de terrains et la représentation des formes sédimentaires caractéristiques des rivières mobiles (encoches d'érosion notamment en extrados de méandres, bancs de dépôts non végétalisés en intrados, présence d'anciens bras...),
- la définition d'un potentiel de mobilité théorique des cours d'eau en fonction de leur puissance fluviale spécifique, de leur indice de stabilité des berges (incluant la cohésion du substrat de berges, ainsi que l'influence de la végétation rivulaire sur cette dernière).

4.1. Les résultats de l'étude géomorphologique historique

D'après la méthode de cartographie de l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse, la définition d'une « enveloppe de mobilité fonctionnelle des cours d'eau » passe par une étape d'appréciation de l'évolution en plan des différents tracés historiques des cours d'eau depuis le début du 19^{ème} s.

Les cartes et photographies retenues et géoréférencés ont été les suivantes :

- Copies de cartes d'Etat Major en couleur de 1836 à l'échelle 1/40000^{ème}, commandées à l'IGN
- Photographies aériennes datant de 1945 et 1946 déjà calées, transmises par l'EPTB Saône Doubs
- Deux séries d'orthophotoplans de l'IGN (de 2002 et 2007), également transmises par le Maître d'ouvrage.

4.1.1. Les limites et difficultés rencontrées de l'étude géomorphologique historique

3. Le problème lié à la taille des cours d'eau du Mâconnais

La méthode de visualisation des anciens tracés des cours d'eau est suffisamment précise sur les rivières de grandes tailles (largeur supérieure à 15-20 m.) mais reste très imprécise sur les petits cours d'eau. Cette limite est d'ailleurs mentionnée par Jean-René Malavoi (AERMC, 1999)..

Les cours d'eau du Mâconnais, dont la largeur à pleins bords excède rarement 6 à 7m ne peuvent donc être décrit que de façon indicative (sinuosité générale, style fluvial) sans beaucoup de précision (largeur et forme du lit mineur).

4. Le problème lié au défaut de calage des cartes anciennes

Les imprécisions dues au calage des plans et photographies aériennes anciennes est un biais à prendre en compte lors de l'estimation de la mobilité historique. Le calcul de l'erreur quadratique moyenne (erreur RMS) indique des imprécisions cartographiques de l'ordre du mètre à quelques mètres. Il faut également signaler des erreurs de calages entre les SCAN 25 et les orthophotoplans de l'IGN.

Une des raisons à ce défaut de calage des cartes anciennes peut provenir du système de projection utilisé pour la création de la carte d'archive. Le système de projection utilisé pour les cartes d'Etat Major de 1836 était le système de projection de Bonne.

4.1.2. Les principales modifications historiques des lits mineurs des cours d'eau des bassins du Mâconnais

Le parti a donc été pris de ne pas représenter les lits aux différentes époques bien que l'ensemble des données historiques rassemblées aient été utilisées et aient permis plusieurs constats :

- Les cours d'eau des rivières du Mâconnais ne montrent pas de dynamique en plan marquée. La superposition des différents tracés anciens se résumerait à la visualisation d'un seul tracé (le plus récent, les plus anciens étant masqués par ce dernier).
- Seuls 2 sites de dynamique latérale historique pu être identifiés. Il s'agit de la Petite Grosne le premier sur les communes de Bussières/Pierreclos (lorsque la rivière « bute » contre un talus relativement peu cohésif), un autre sur les communes de Davayé / Charnay-Les-Mâcon (sinuosité peu marquée dans les années 1840 qui semble s'être développée jusqu'en 1945 puis stabilisée depuis)
- Les difficultés de calage des cartes et la faible largeur des cours d'eau ne permettent visualiser aucune évolution en plan des cours d'eau des têtes de bassins (cours d'eau dont la largeur à plein bords n'excède pas 3 m. et où la ripisylve large bordant le cours d'eau masque le lit actif sur les anciennes photographies). Pourtant, après investigations de terrains, il s'est avéré que quelques tronçons, notamment à l'amont de la Petite Grosne, donnent les signes d'un potentiel dynamique (cf. partie suivante)
- Pour tous les bassins, les modifications historiques majeures des lits se résument à des rectifications anthropiques. Cela concerne près de 30 tronçons (une quinzaine sur le bassin de la Petite Grosne, une dizaine sur celui de la Mouge et 5 sur les bassins de Bourbonne / Natouze) qui ont subi des aménagements lourds de type rectification depuis les années 1840. Les causes sont multiples, par exemple :
 - Construction des voies routières et autoroutières majeures (implantation de l'autoroute du soleil, création de la RN79...) ainsi que la ligne TGV
 - Modifications de l'occupation du sol en lit majeur (implantation de lotissements, créations de bassins de rétention, implantation de stations d'épurations...)
 - Gain de surface pour l'agriculture (par la rectification de secteurs fortement sinueux)

La situation des différents secteurs sur lesquels ces modifications peuvent être historiquement visualisées est présentée en annexe 1.

4.2. La mise en place d'un potentiel dynamique par tronçons homogènes sur les cours d'eau du Mâconnais

Suite à ce constat de la quasi-absence de mobilité historique des rivières du Mâconnais, il est intéressant de travailler sur les variables ralentissant leur dynamique latérale et d'en estimer le potentiel dynamique.

4.2.1. Généralités sur la mobilité des cours d'eau

La prise de conscience du coût, pour la collectivité, des interventions lourdes en rivière et de leur entretien (type enrochement, seuil de fond, digue, etc.), les exigences en matière de qualité écologique des milieux aquatiques et leur rôle dans la préservation de la ressource en eau, leur traduction dans la législation européenne (EU-WRRL) et nationale (Loi sur l'Eau), obligent à aborder de manière différente le problème de la divagation latérale des cours d'eau, en considérant la dynamique des rivières comme une chance pour la préservation ou l'atteinte du « bon état écologique » (Directive Cadre sur l'Eau, 2000).

La mobilité du lit d'une rivière dépend de multiples facteurs (pente d'énergie, débits morphogènes, charge solide, cohésion des berges, influence de la végétation, rôle des embâcles, etc.) (Schumm, 1977, Knighton, 1987), certains de ces facteurs agissant soit dans le sens d'une accélération de la dynamique latérale (ex. puissance fluviale dépendant des variables de pente, de débit et de largeur moyenne du cours d'eau), soit dans celui d'un « frein » à la divagation latérale du cours d'eau (ex. berges cohésives et stabilisée par la végétation de berges...)

En coopération avec l'Université de la Sarre (Allemagne) et pour le compte du Ministère Sarrois de l'Environnement, Fluvial.IS a mis au point un outil simple à utiliser par les gestionnaires des cours d'eau, prenant en compte les facteurs principaux de la dynamique fluviale (cf Annexe 5).

4.2.2. Application : la mobilité des tronçons homogènes des rivières du Mâconnais

L'indice de mobilité potentielle (ou potentiel dynamique M_{pot}) des cours d'eau du Mâconnais, à été déterminé sur les tronçons homogènes préalablement définis lors du diagnostic sédimentaire et morphologique (Cf. cartes suivantes). Les différents indices attribués (puissance fluviale, cohésion du substrat de berges et influence de la végétation rivulaire), l'ont été à l'échelle du tronçon homogène (plusieurs centaines de mètres de longueur), et non à l'échelle du faciès (quelques mètres de longueur). Aussi, les notes attribuées permettent de classer les tronçons homogènes en fonction de leur potentiel dynamique actuel. Des variations au niveau local (par exemple encoche d'érosion au niveau d'un tronçon au potentiel dynamique faible), peuvent être observées.

Classes de potentiel dynamique actuel des cours d'eau du Mâconnais

Les potentiels de mobilité ont été déterminés sur les cours d'eau où l'étude des enveloppes de mobilité des cours d'eau était demandée dans le cahier des charges de la présente étude (cf. CCTP p.5).

Ainsi, les tronçons homogènes de la dizaine de cours d'eau étudiés peuvent être comparés en fonction de leur potentiel dynamique.

Classe	Notes de potentiel dynamique (ou indice de mobilité potentielle M_{pot})	Potentiel dynamique actuel
1	$2 \leq M_{pot} \leq 3$	Fort
2	$1.50 \leq M_{pot} \leq 2$	Assez fort
3	$1.20 \leq M_{pot} \leq 1.50$	Moyen
4	$0.70 \leq M_{pot} \leq 1.20$	Limité
5	$0.47 \leq M_{pot} \leq 0.70$	Très limité à nul

Mise en évidence des secteurs mobiles (ou potentiellement mobiles) sur les différents bassins

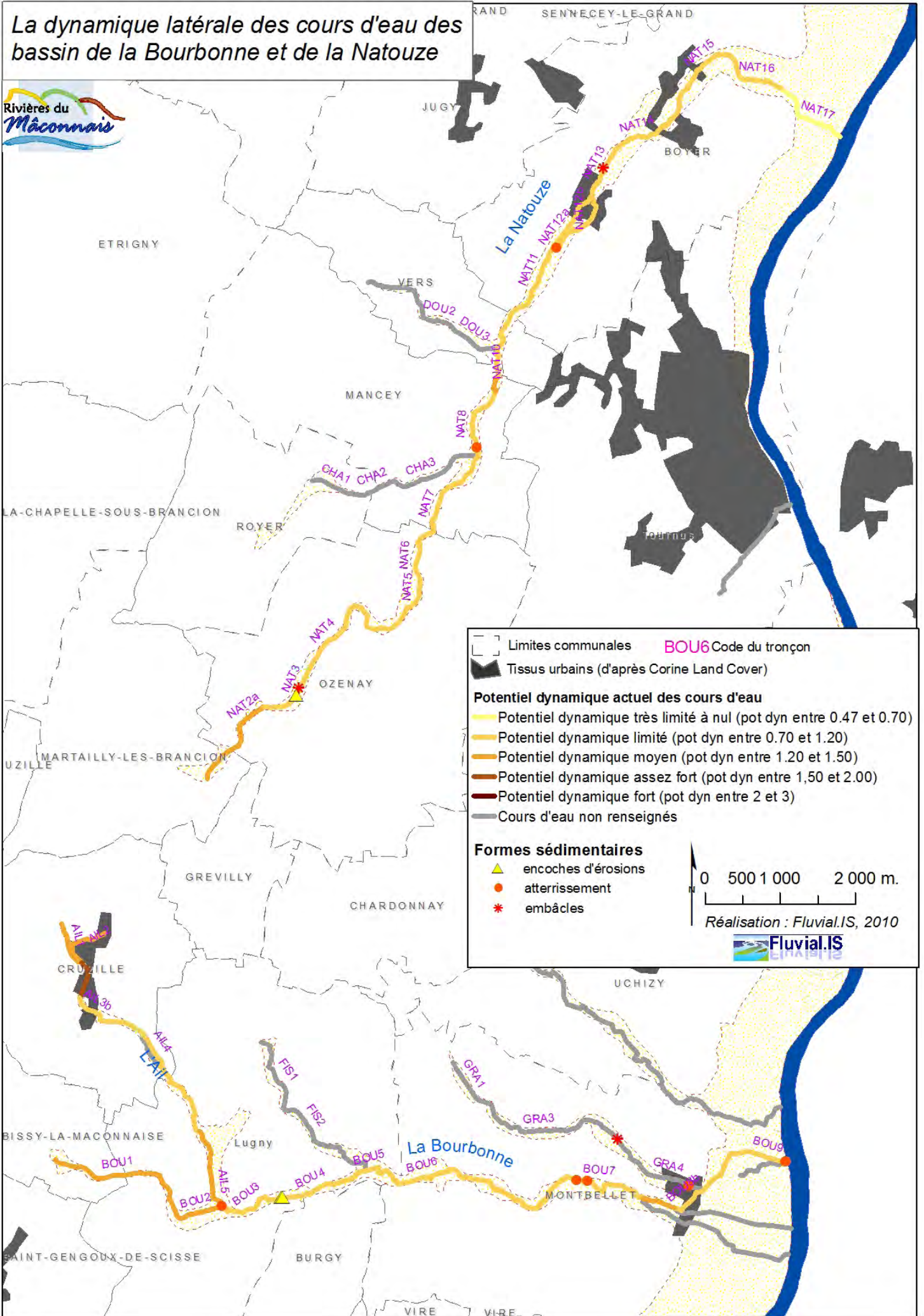
Sur les cartes suivantes, les formes sédimentaires (encoches d'érosion, atterrissement, embâcles...) ont été superposées aux tronçons homogènes représentés selon leur potentiel dynamique actuel. Les détails de la construction des notes pour chaque tronçon sont présentés en annexe 2. Globalement :

- Les rivières des bassins de la Natouze et de la Bourbonne possèdent un potentiel dynamique très limité à limité, confirmé par le peu d'encoches d'érosions actives observées. Les têtes de bassins possèdent des potentiels dynamiques plus importants, qui s'expliquent en partie par la végétation peu présente sur ces secteurs.
- Sur le bassin de la Mouge :
 - Sur les secteurs amont de la Mouge, du Talenchant et de la Petite Mouge, on observe des potentiels dynamiques assez forts à forts, s'expliquant par la nature des berges peu à moyennement cohésives d'une part, et de la végétation d'autre part (absente ou génératrice d'embâcles)
 - La mobilité du tronçon Mou2 s'explique par une rupture de pente de la vallée. Les matériaux transportés (blocs et galets issus des massifs cristallins environnants) se sont accumulés au niveau de cette rupture de pente et favorisent une dynamique latérale active.

- Les autres tronçons du bassin (la Mouge à l'aval d'Azé, le Talenchant dans sa partie aval et l'Isérable) sont potentiellement peu dynamiques, mais affichent parfois des notes de M_{pot} proches du seuil 1,20/1,30 qui leur permettraient d'exprimer une dynamique latérale un peu plus prononcée (avec par exemple une gestion raisonnée des embâcles)
- Au niveau du tronçon MOU16, dans la vallée de la Saône, la faible pente ne procure pas à la rivière la puissance nécessaire pour divaguer latéralement.
- Sur le bassin de la Petite Grosne :
 - Le secteur préservé de la Petite Grosne amont (de la source à Bussières) présente une dynamique latérale intéressante
 - Sur le secteur entre les tronçons PGR13 et PGR18, on observe un certain nombre d'encoches d'érosions actives. Les profils de berges sont globalement constitués de matériaux argileux (ou limono-argileux), surmontant, en pied de berge, une formation constituée d'éléments plus grossiers (matériaux déposés à l'Holocène provenant des processus altération/transport/dépôt des roches massives, notamment du socle cristallin présent à l'amont)
 - Le ruisseau du moulin de Journet s'écoule sur un fond de vallée constitué essentiellement d'argiles et de limons. Les berges du cours d'eau sont donc stables.
 - A l'instar de la Mouge et de la Natouze dans leur partie aval (quelques centaines de mètres avant leur confluence avec la Saône), le dernier tronçon de la Petite Grosne (PGR19), de faible pente, possède un potentiel dynamique actuel très limité. Les aménagements en berges fréquents limitent de plus toute divagation latérale du cours d'eau.

Figure 40 : La dynamique latérale des cours d'eau des bassins de la Bourbonne et de la Natouze

La dynamique latérale des cours d'eau des bassins de la Bourbonne et de la Natouze



Limites communales
 BOU6 Code du tronçon

Tissus urbains (d'après Corine Land Cover)

Potentiel dynamique actuel des cours d'eau

- Potentiel dynamique très limité à nul (pot dyn entre 0.47 et 0.70)
- Potentiel dynamique limité (pot dyn entre 0.70 et 1.20)
- Potentiel dynamique moyen (pot dyn entre 1.20 et 1.50)
- Potentiel dynamique assez fort (pot dyn entre 1.50 et 2.00)
- Potentiel dynamique fort (pot dyn entre 2 et 3)
- Cours d'eau non renseignés

Formes sédimentaires

- ▲ encoches d'érosions
- atterrissement
- * embâcles

0 500 1 000 2 000 m.

Réalisation : Fluvial.IS, 2010

Figure 41 : La dynamique latérale des cours d'eau du bassin de la Mouge

La dynamique latérale des cours d'eau du bassin de la Mouge



 Limites communales
 Tissus urbains (d'après Corine Land Cover)
Potentiel dynamique actuel des cours d'eau
 Potentiel dynamique très limité à nul (pot dyn entre 0.47 et 0.70)
 Potentiel dynamique limité (pot dyn entre 0.70 et 1.20)
 Potentiel dynamique moyen (pot dyn entre 1.20 et 1.50)
 Potentiel dynamique assez fort (pot dyn entre 1,50 et 2.00)
 Potentiel dynamique fort (pot dyn entre 2 et 3)
 Cours d'eau non renseignés
 Espace de mobilité maximal (EMAX)
Formes sédimentaires
▲ encoches d'érosions
● atterrissement
* embâcles

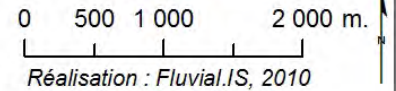
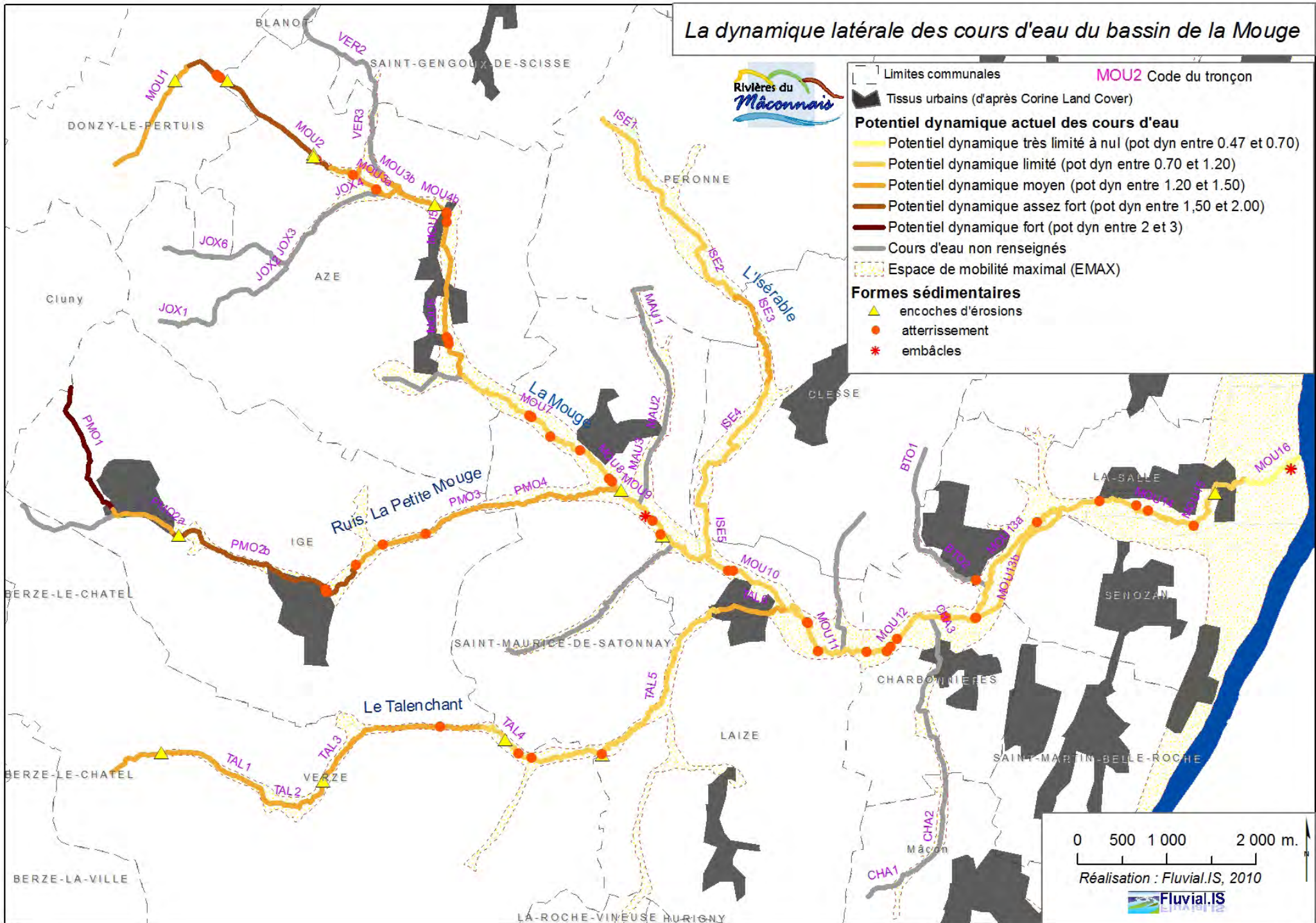
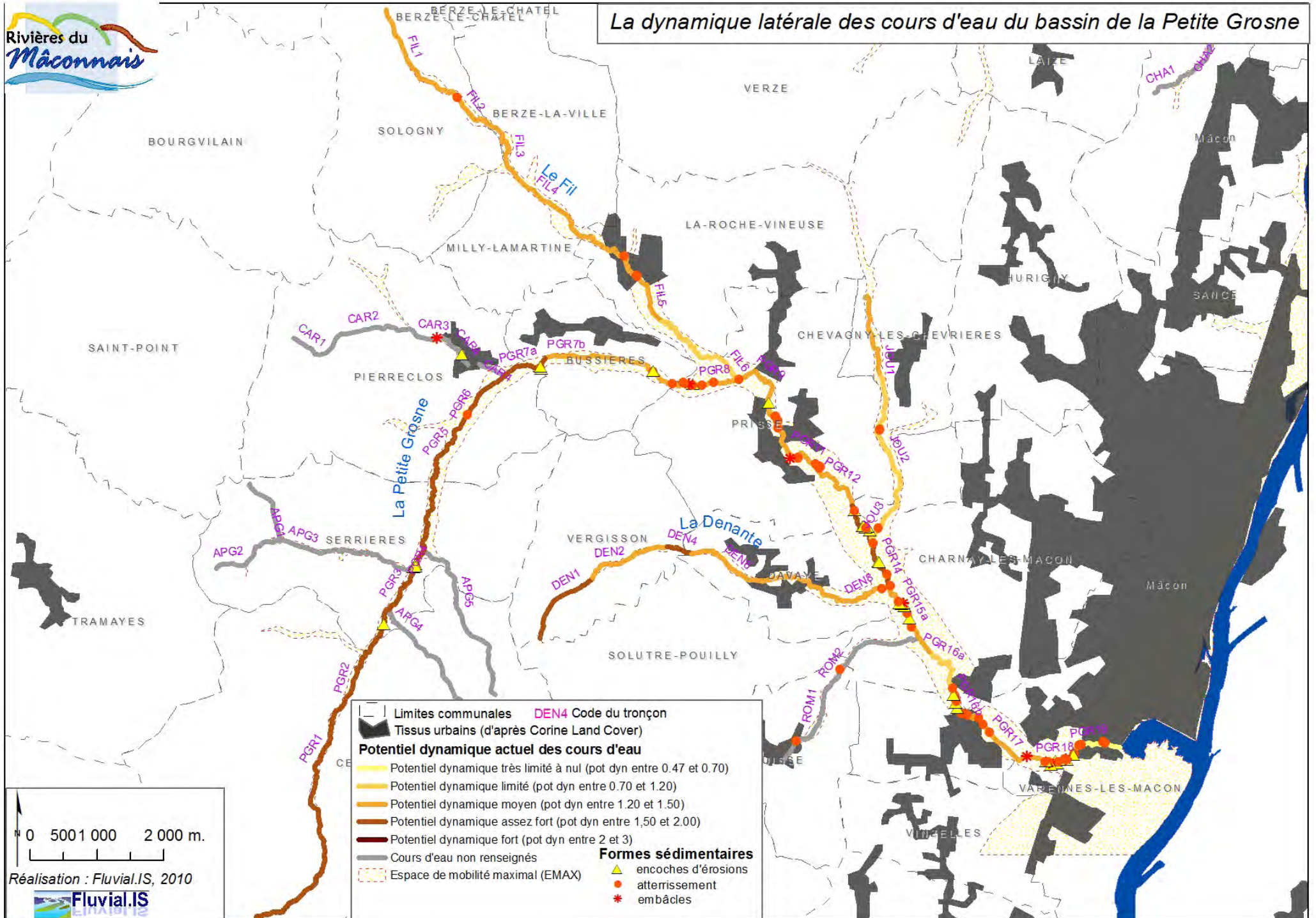
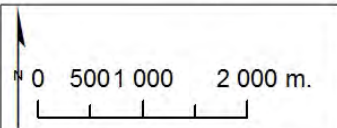


Figure 42 : La dynamique latérale des cours d'eau du bassin de la Petite Grosne



—	Limites communales	DEN4	Code du tronçon
■	Tissus urbains (d'après Corine Land Cover)		
Potentiel dynamique actuel des cours d'eau			
■	Potentiel dynamique très limité à nul (pot dyn entre 0.47 et 0.70)		
■	Potentiel dynamique limité (pot dyn entre 0.70 et 1.20)		
■	Potentiel dynamique moyen (pot dyn entre 1.20 et 1.50)		
■	Potentiel dynamique assez fort (pot dyn entre 1.50 et 2.00)		
■	Potentiel dynamique fort (pot dyn entre 2 et 3)		
—	Cours d'eau non renseignés		
■	Espace de mobilité maximal (EMAX)		
▲	Formes sédimentaires encoches d'érosions		
●	atterrissement		
*	embâcles		



Réalisation : Fluvial.IS, 2010

5. LA CARTOGRAPHIE DES ESPACES DE MOBILITE DES COURS D'EAU DU MACONNAIS

5.1. Introduction et contexte réglementaire

5.1.1. Les enjeux d'une rivière à lit mobile

Malgré la forte puissance des cours d'eau du Mâconnais, la dynamique latérale actuelle (phénomène d'érosion latérale, migration amont aval des trains de méandres, recouplement de sinuosités par tangence ou par déversement...) est limitée. Seulement quelques secteurs présentent une dynamique moyenne à forte. Il convient d'ores et déjà conseiller de préserver ces secteurs qui rendent des services indispensables à la collectivité, car, outre la création de milieux naturels variés, ils permettent :

- Un soutien des débits d'étiage et de recharge des nappes : Lors des fortes pluies et des crues, les zones humides fonctionnent comme des éponges, elles emmagasinent de l'eau qu'elles restituent progressivement en période d'étiage. Néanmoins, sur le Mâconnais, du fait de la nature des terrains du fond de vallée, le rôle des nappes alluviales n'est pas significatif.
- Une protection contre les inondations : Avoir des zones préservées où la rivière peut divaguer librement permet de réserver des espaces de rétention et de dissipation de l'énergie diminuant ainsi le risque inondations pour les agglomérations aval. L'énergie de la rivière est dissipée également par le transport solide et l'érosion des berges.
- Amélioration de la qualité des eaux et auto-épuration :

Les sols des vallées alluviales sont composés de limons, mais aussi de sables et de galets qui constituent le squelette du sol. Les particules plus fines comme des minéraux argileux ont la capacité d'adsorber à leur surface divers éléments (matières en suspension, polluants organiques ou inorganiques...). Lors des crues, les eaux de submersion vont être filtrées à travers les matériaux du sol et les éléments polluants retenus.

Les végétaux qui se développent sur ces sols particuliers vont incorporer des éléments tels que des éléments traces métalliques, des fertilisants agricoles... Les roselières en bord de zones humides ainsi que les ripisylves et les prairies participent donc à l'épuration des eaux.

5.1.2. La définition du fuseau de mobilité des rivières, contexte et définition

Suite à la prise de conscience collective de ces impacts, de nouveaux concepts de gestion des hydrosystèmes ont été développés. L'un d'eux s'inscrit comme préconisation fondamentale dans la plupart des SDAGE (Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux) : il s'agit de la préservation d'un espace de liberté, ou espace de mobilité des cours d'eau.

L'espace de mobilité d'un cours d'eau est défini comme étant l'« espace du lit majeur à l'intérieur duquel le ou les chenaux fluviaux assurent des translations latérales pour permettre une mobilisation des sédiments ainsi que le fonctionnement optimum des écosystèmes aquatiques et terrestres ». (D'après SDAGE Rhône-Méditerranée-Corse)..

Avec la définition de l'espace de mobilité des cours d'eau par les textes réglementant la Police de l'Eau (arrêté du 13/02/02 : « l'espace de mobilité du cours d'eau est défini comme l'espace du lit majeur à l'intérieur duquel le lit mineur peut se déplacer »), la loi stipule qu'une étude d'incidence doit préciser les modalités de cette évolution historique sur 5 km au moins à l'amont et à l'aval du site. Le Code de l'Environnement permet la mise en place de servitudes d'utilité publique pour les zones de rétention temporaires ou les zones de mobilité des cours d'eau (art. L211-12).

Un guide technique de « *Détermination de l'espace de liberté des cours d'eau (Guide technique n°2)* » a été présenté dans le bassin Rhône-Méditerranée-Corse en Novembre 1998.

Plusieurs enveloppes peuvent alors être définies afin de gérer au mieux cette espace de mobilité. On distinguera :

- l'enveloppe de mobilité maximale : c'est l'ensemble de la plaine alluviale (Emax) auquel on peut ajouter éventuellement certaines marges comme des terrasses mobilisables par l'énergie érosive de la rivière.
- les enveloppes de mobilité, internes à cette enveloppe maximale :
 - o l'amplitude d'équilibre théorique (AEq): cette enveloppe a été définie comme 10 fois plus large que la largeur à pleins bords (w) de la rivière ($A=10w$).
 - o Le fuseau de mobilité historique : c'est l'enveloppe englobant l'ensemble des traces de mobilité depuis les 150 dernières années, qui peuvent être aujourd'hui identifiées à partir des cartes d'archives, des photographies aériennes, ou de modèles numériques de terrain. Il s'agit donc d'un fuseau de mobilité reconstitué à but de documentation de la mobilité passée de la rivière. Cette mobilité historique ne préjuge pourtant pas de la mobilité future de la rivière du fait des modifications non seulement de l'occupation du fond de vallée et des équipements du lit, mais également des modifications éventuelles de la dynamique même du cours d'eau (perturbations anthropiques, modifications globales, etc.).
 - o Les zones d'érosion probable à 50 ans (Er50) : elles correspondent à l'aléa d'érosion et permettent de relativiser l'étendue des espaces cartographiés comme disponibles à la divagation de la rivière.
 - o Le fuseau de mobilité fonctionnel (FmF): il correspond à la somme des trois enveloppes cartographiées précédemment (amplitude d'équilibre théorique, fuseau de mobilité historique et espace d'érosion à 50 ans). La limite finale de cette enveloppe sera définie par les contraintes.
 - o L'espace de mobilité minimal (EMIN) : Cet espace correspond à la surface minimum à laisser à la rivière pour ne pas accentuer des dysfonctionnements morphodynamiques, hydrologiques ou écologiques. Il s'agira, en fonction des enjeux et concertations locales, de prendre en considération certaines contraintes anthropiques secondaire telles que des axes de communications communaux, des puits de captages, certaines habitations isolées...

5.1.3. Proposition de compléments à la méthode de l'Agence de l'Eau RMC sur les cours d'eau du Mâconnais

Nous avons montré lors des étapes précédentes que :

- L'analyse historique ne permet pas d'identifier une mobilité latérale historique des cours d'eau du Mâconnais (problème de la largeur des cours d'eau et du défaut de calage des cartes anciennes).
- Un certain nombre de tronçons homogènes des cours d'eau du Mâconnais présentent des potentiels de mobilité moyens à limités voire nuls.
- Sur le terrain, très peu de preuves d'une quelconque mobilité latérale ont pu être observées (encoches d'érosions, atterrissements, anciens bras, etc)..

En conséquence, il paraît difficile d'appliquer en l'état la méthode de l'Agence de l'Eau RMC pour la « détermination de l'espace de liberté des cours d'eau ». L'auteur de cette méthode précise d'ailleurs, (p.8 de la méthode) qu'« il semble important de n'appliquer le concept d'espace de mobilité qu'aux rivières mobiles à notre échelle de temps (ou potentiellement mobiles si elles sont aménagées) ».

L'auteur propose par la suite : « **Cette remarque n'exclut pas la possibilité de définir d'autres enveloppes de préservation, non mobilisables par le cours d'eau, mais qui peuvent présenter d'autres enjeux et que l'on nommera zones tampons** »

Seront donc cartographiées sur les cours d'eau du Mâconnais, et avec l'accord du maître d'ouvrage, les enveloppes suivantes :

- l'enveloppe de mobilité maximale ou EMAX
- L'enveloppe d'amplitude d'équilibre théorique (Aeq) : cette enveloppe, correspondant à 10 fois la largeur à pleins bords du cours d'eau, se justifie par la nécessité de préserver un espace autour du cours d'eau pour la « respiration » de ce dernier. L'espace cartographié correspond à l'amplitude d'équilibre théorique pour les objectifs hydromorphologiques (érosion à court terme pour les cours d'eau potentiellement très mobiles, à très long terme pour les cours d'eau à potentiel dynamique latéral limité), hydrauliques (zone d'écoulement préférentielle en crue) et écologique (équilibre de la ripisylve et zone humide en lien direct avec le cours d'eau)
- Les bandes d'érosions potentielles à 10 et 50 ans (Aléa érosion): elles correspondent à l'aléa d'érosion, défini de part et d'autre du cours d'eau en fonction de la taille de ce dernier et du potentiel dynamique actuel des tronçons homogènes.
- L'espace théorique de mobilité résiduelle : cette enveloppe correspond sensiblement au fuseau de mobilité fonctionnel de la méthode de l'Agence de l'Eau RMC. Elle correspond à l'enveloppe d'amplitude d'équilibre théorique de laquelle on retranche les installations anthropiques interdisant toute divagation latérale du cours d'eau. Sont également retranchés les rives des remous hydrauliques des ouvrages transversaux.
- L'espace de mobilité projet : il s'agit de la proposition finale de restitution ou de préservation d'une zone riveraine laissée à la « respiration » de la rivière ; elle doit intégrer les aspects écologiques, hydrologiques et socio-économiques afin de proposer une gestion intégrée des rives des cours d'eau du Mâconnais :
 - prise en compte du risque d'inondation et de la nécessité d'expansion des crues :

- prise en compte du patrimoine écologique à préserver ou à développer
- préservation d'un stock de matériel alluvial à disposition de la rivière afin d'en préserver ou améliorer l'équilibre de fonctionnement et les qualités écologiques, en particulier sur les secteurs potentiellement dynamiques.

Par rapport à l'espace de mobilité résiduelle, certaines zones sont donc restituées à la rivière en fonction des choix de gestion réalisés (suppression de remous hydraulique, restauration de la sinuosité naturelle, réactivation de la dynamique latérale, lutte contre le colmatage, etc.).

5.2. L'espace de mobilité maximal (EMAX)

5.2.1. Concept

Cet espace maximal correspond sensiblement à la surface couverte par le corps sédimentaire mis en place à la fin de la glaciation du Würm (-12000 ans) dans les fonds de vallée et potentiellement mobilisable par les cours d'eau actuels.

Cette enveloppe, le plus souvent non entièrement mobilisable à notre échelle de temps, pourrait se rapprocher d'un concept d'espace de mobilité idéal. En effet, si on laisse au cours d'eau l'ensemble de cet espace, il disposera de toute la gamme des paramètres d'ajustement morpho-dynamiques à long terme : amplitude du champ de méandrage pour ajuster sa pente, ensemble du stock alluvial pour ajuster sa charge solide...

5.2.2. Méthode de cartographie

La méthode la plus simple consiste à se référer aux cartes géologiques à grande échelle (1/50000^{ème} et 1/80000^{ème}) et à prendre comme enveloppe externe de l'EMAX les limites des alluvions récentes (couches Fz et Fy des cartes géologiques). Dans l'étude de la dynamique alluviale des cours d'eau du Mâconnais, les cartes géologiques de la région de Tournus Mâcon, issues du visualiseur infoterre du BRGM (www.infoterre.brgm.fr), ont été calées sur le logiciel SIG.

Les limites des alluvions récentes et anciennes peuvent connaître des imprécisions pour plusieurs raisons :

- Premièrement, les limites des terrains cartographiés par les géologues peuvent être relativement imprécises du fait du choix de l'échelle, relativement grande, de représentation cartographique (1/50000^{ème}).
- De plus, dans un contexte géologique comme celui des cours d'eau du Mâconnais, avec présence de « formations quaternaires d'âge indéterminée » (composées de grands épandages argileux, parfois sableux avec des passées conglomératiques de galets calcaires anguleux..., BRGM, feuille de Mâcon XXX-28), il peut être compliqué de déterminer une limite précise entre des alluvions qui ont été remaniées depuis les dernières glaciations et des formations en place depuis plusieurs milliers d'années mais de nature similaire. Des terrains issus du colluvionnement (dépôt de pente) ont ainsi pu être interprétés comme des alluvions lors de la création de cette carte géologique.

Pour ces différentes raisons et afin de définir au plus juste une enveloppe de mobilité maximale, le fond de vallée a été précisé selon la méthode HydroGéoMorphologique (HGM). Ainsi, l'étude de la topographie (courbes de niveau IGN) nous permet de définir un fond de vallée alluviale (limite entre deux versants). Les cartographies des atlas des zones inondables déjà disponibles viennent par endroit, valider notre cartographie.

5.3. L'enveloppe d'amplitude d'équilibre des cours d'eau

5.3.1. Notions de bases : la relation entre l'amplitude des méandres et le type de cours d'eau

L'amplitude d'équilibre d'une rivière à lit mobile peut être définie comme l'espace nécessaire à la rivière pour exprimer sa dynamique latérale librement de telle sorte que les déplacements latéraux de la rivière, suite à un excédent de force érosive, puissent, en atténuant la pente de la rivière, lui permettre de maintenir un équilibre dynamique. L'augmentation des sinuosités de la rivière, en diminuant la pente des écoulements, modère son énergie. Inversement, la réduction des possibilités de divagation latérale fait courir aux

rives et au fond de la rivière un risque d'érosion accru, soit sur site, soit à l'aval, voire à l'amont (érosion régressive).

Néanmoins, toutes les rivières à lit mobile ne s'expriment pas de la même façon.

Les rivières à méandres libres de plaine à pente faible (moins de 2‰) développent lentement de grands méandres qui finissent par se recouper suite au rétrécissement progressif de leur ombilic (« recouplement par tangence »).

Les rivières à méandres libres sur fond de vallée à pente plus forte (typiques des vallées montagnardes) se recourent plus rapidement (« recouplement par déversement »): avant que le méandre ait eu le temps de se développer avec une forte amplitude, l'énergie de la rivière permet au lit mineur de traverser l'intrados du méandre (fig. ci-dessous).

L'amplitude relative à la largeur à pleins bords de la rivière est donc moins importante pour le second type que pour le premier type de recouplement (fig. ci-dessous).

La plupart des tronçons du Mâconnais se situent entre ses deux situations. Leurs variables de contrôle (fortes pentes, fortes puissances, berges globalement cohésives...), leur confèrent des styles fluviaux de type sinueux et non à méandres divaguant.

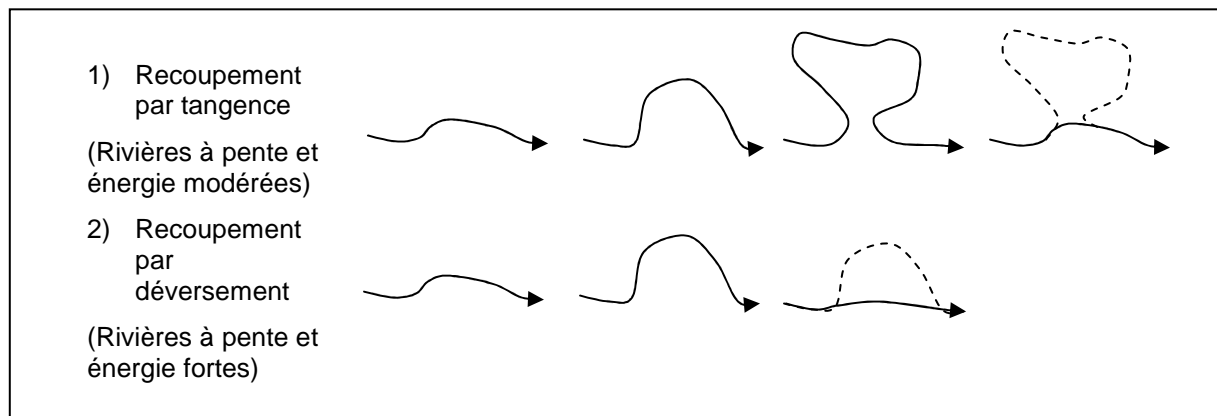


Figure 43 : différence de développement des méandres selon la puissance des cours d'eau et conséquence sur l'amplitude des trains de méandres

L'analyse géomorphologique historique ne permet pas de visualiser et de caractériser, s'ils existent, les types de recouplement de sinuosités des cours d'eau du Mâconnais. En effet, la période étudiée (depuis 1840 à actuelle) est probablement trop courte pour visualiser des recouplements de sinuosités. Sur les têtes de bassin potentiellement dynamique, les faibles largeurs des cours d'eau ne permettent pas de visualiser les évolutions historiques.

5.3.2. Le choix d'un coefficient d'amplitude d'équilibre théorique

La largeur de l'amplitude d'équilibre théorique des cours d'eau a été définie dans la méthode de l'Agence de l'Eau RMC, suite à différentes analyses bibliographiques :

Amplitude d'équilibre (A) = 10 fois la largeur du lit à pleins bords (w)

Cette valeur théorique de l'amplitude d'équilibre est à considérer pour le risque érosif des rivières mobiles.

Sur les cours d'eau du Mâconnais, le choix a été fait de retenir cette enveloppe de 10 fois la largeur à pleins bords moyenne pour la préservation d'une « zone tampon » autour du cours d'eau qui regroupe plusieurs enjeux :

- Enjeux hydrologiques : Il a été montré (Fluvial.IS, études antérieures) que cette enveloppe constituait une zone d'écoulement préférentielle des eaux en crues (cf. figure suivante) et correspond approximativement à la zone inondée par les crues

quinquennales. Il convient donc de ne pas implanter de nouvelles infrastructures sensibles dans cette espace.

- Enjeux écologiques : il s'agit d'un espace privilégié pour les zones humides en lien direct avec le fonctionnement de la rivière (habitats pour flore, avifaune, insectes...). Par exemple, ce type de zone proche de la rivière, notamment pour les rivières de deuxième catégorie, peut être inondée régulièrement et devenir des secteurs intéressants pour le frai des brochets.
- Enjeux socio-économiques : cette zone tampon, lorsqu'elle est préservée, permet l'amélioration de l'état physico-chimique de l'eau des rivières. En effet, les espèces végétales (associées le plus souvent avec des micro-organismes) permettent la fixation et la dégradation d'une partie des éléments polluants transitant dans la rivière.
- Enjeux hydromorphologiques : bien qu'il a été démontré que la plupart des rivières du Mâconnais ne possèdent pas un potentiel de mobilité latérale important (et une dynamique latérale historique prononcée), cet espace peut néanmoins être indispensable à la rivière pour assurer son équilibre à plus long terme (au-delà de 150 ans pour les rivières à potentiel dynamique limité à moyen).

5.4. Les bandes d'érosion potentielle à 10 et 50 ans

5.4.1. La détermination de la largeur des bandes d'érosions potentielles à court et moyen terme

Les vitesses d'érosions latérales des cours d'eau du Mâconnais sont difficilement mesurables du fait des difficultés déjà citées.

Néanmoins, on peut dire que :

- Plus une rivière présente un indice de mobilité potentiel important, plus la largeur des bandes d'érosions, à court et moyen terme, sera importante.
- Les taux d'érosions moyens annuels sont faibles sur la plupart des encoches d'érosions observées (du fait de la cohésion des berges et de l'entretien de la végétation), (inférieur à 20 cm par an sur les tronçons au potentiel de mobilité moyen).
- Les taux d'érosions moyens annuels peuvent être fonction de la largeur du cours d'eau. Jean-René Malavoi, (1998) propose, une classification de l'intensité de l'activité latérale d'une rivière (non publié) :

Classe d'activité	Taux annuel d'érosion relative (% de la largeur)
Rivières très peu ou non actives	< 1 %
Rivières peu actives	1-3 %
Rivières moyennement actives	3-5 %
Rivières actives	5-10 %
Rivières très actives	10-15 %
Rivières extrêmement actives	> 15 %

Tableau 16 : Taux annuel d'érosion relative donnés en % de la largeur des cours d'eau en fonction des classes d'activités des cours d'eau (Malavoi, non publié)

Ainsi pour la détermination de la largeur des bandes d'érosion à court (environ 10 ans) et moyen (50 ans) termes, nous nous basons sur une classification équivalente qui reprend les classes de potentiel dynamique actuel (réflexions Fluvial.IS, en coopération avec l'Université de la Sarre, non publiées).

Classe	Notes de potentiel dynamique (ou indice de mobilité potentielle M_{pot})	Potentiel dynamique actuel	Largeur de la bande d'érosion à 10 ans	Largeur de la bande d'érosion à 50 ans	Rappel : largeur de l'amplitude d'équilibre dynamique
1	$2 \leq M_{pot} \leq 3$	Fort	2^*w	10^*w	10^*w
2	$1.50 \leq M_{pot} \leq 2$	Assez fort	1^*w	5^*w	10^*w
3	$1.20 \leq M_{pot} \leq 1.50$	Moyen	0.5^*w	2.5^*w	10^*w
4	$0.70 \leq M_{pot} \leq 1.20$	Limité	0.3^*w	1.5^*w	10^*w
5	$0.47 \leq M_{pot} \leq 0.70$	Très limité à nul	0.1^*w	0.5^*w	10^*w

Tableau 17 : Largeurs de bandes d'érosions retenues en fonction du potentiel dynamique des cours d'eau. (w = largeur moyenne à pleins bords)

5.4.2. Erosion potentielle et érosion probable, quelles différences ?

Si pour des cours d'eau encore rectifiés il paraît indispensable de délimiter des bandes d'érosion continues et régulières sur chaque rive, pour des cours d'eau déjà sinueux ou méandreux, ces échéances ne justifient pas la délimitation d'enveloppes continues et régulières sur les deux rives.

En effet :

- 1) les rives situées à l'amont des apex des sinuosités et dans les intrados sont moins soumises au risque d'érosion
- 2) il a été démontré que les rivières à méandres de faible puissance et de berges cohésives n'éroderont qu'une partie infime de la bande de méandrage au cours d'une période de 100 voire 200 ans.

Ainsi, nous différencions les espaces d'érosion probable d'une part, des bandes d'érosion potentielles d'autre part.

Les bandes d'érosion potentielle ont été déterminées de manière à délimiter les surfaces de la plaine alluviale qui peuvent potentiellement être soumises à l'érosion latérale du cours d'eau. Les espaces d'érosion probable correspondent aux surfaces susceptibles d'être érodées en priorité en considérant l'évolution naturelle du cours d'eau Ceci est valable dans le cas où aucune protection de berge (type emmurements, enrochements...) ne vient perturber la libre divagation latérale de la rivière.

5.5. *Méthode de cartographie de l'enveloppe d'amplitude d'équilibre théorique, des bandes d'érosion potentielle à 10 et 50 ans des cours d'eau.*

5.5.1. Cartographie de l'enveloppe d'amplitude d'équilibre théorique des cours d'eau

La méthode la plus simple est de dessiner une zone de 5 fois la largeur du lit à pleins bords de part et d'autre de l'axe du lit actif. Dans le cas de la présence d'une contrainte non déplaçable dans cet espace, l'enveloppe correspondant à 10 fois la largeur est décalée d'un côté ou de l'autre du lit actif.

Les limites de l'enveloppe d'amplitude d'équilibre théorique ne doivent pas sortir de l'espace de mobilité maximale (ou EMAX). Ainsi, un versant franc constitue une contrainte naturelle majeure (à l'inondation et à la divagation latérale).

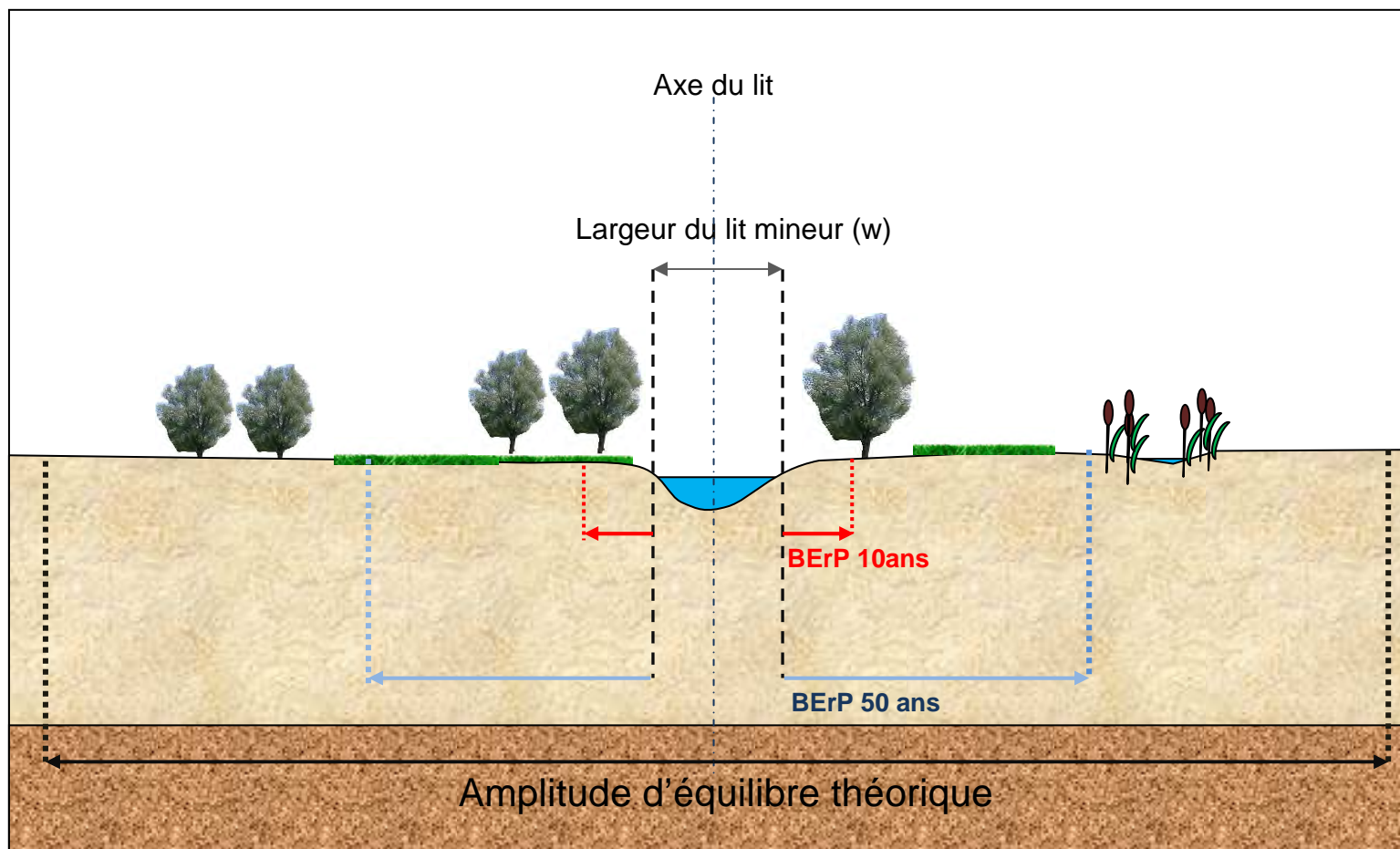
5.5.2. Cartographie des bandes d'érosion à court et moyen terme

La méthode consiste à dessiner une enveloppe de part et d'autre du lit mineur pour chaque période de temps (10 et 50 ans). Cet espace est défini à partir des berges qui limitent le lit mineur et non à partir de l'axe du lit (comme l'enveloppe d'amplitude d'équilibre théorique).

En raison de l'échelle de l'atlas cartographique du diagnostic (1/10000^{ème}), le partie a été pris de ne pas cartographier ces espaces.

Le schéma suivant illustre la méthode de la cartographie des différentes enveloppes pour un petit cours d'eau peu mobile.

Un tableau résumant la largeur de ces différentes enveloppes à préserver pour le risque érosion est présenté en annexe 6.



Légende :

BErP 10ans : Bande d'érosion potentielle à 10 ans

BErP 50 ans : Bande d'érosion potentielle à 50 ans

Amplitude d'équilibre théorique : correspond à 10 fois la largeur du lit mineur pour tout type de cours d'eau.

Figure 44 : schéma du principe de cartographie des Bandes d'érosion potentielles à 10, 50 ans sur un cours d'eau potentiellement mobiles (2ème catégorie)

6. CONCLUSION DU DIAGNOSTIC

Les investigations réalisées le long des cours d'eau du Mâconnais ont confirmée le travail réalisé à partir des données cartographiques et des documents d'archives. Les bassins de la Mouge, de la Petite Grosne, de la Natouze et de la Bourbonne présentent des situations hydromorphologiques et écologiques variées.

Néanmoins, il ressort de la première phase de diagnostic que la mobilité naturelle des rivières sur fond alluvial est fortement réduite pour des causes à la fois naturelles (cohésion des berges, faiblesse du transport solide grossier type sables et graviers) et pour des causes anthropiques (rôle fixateur de la végétation de berge, opérations anciennes de rectification, artificialisation des talus de berges, densité et ancienneté des ouvrages hydrauliques).

En conséquence de quoi, dans l'objectif de pouvoir proposer en deuxième phase de l'étude un plan de gestion pour l'amélioration de la qualité écologique des rivières du Mâconnais, et en dépit de la faiblesse à l'échelle globale de la mobilité historique des rivières, une estimation du potentiel de mobilité et du potentiel de restauration des cours d'eau par tronçons homogène est proposée.

Ces indicateurs prennent en compte à la fois les caractéristiques naturelles des cours d'eau par tronçons (puissance de la rivière, nature et structure de la berge, etc.) et les impacts des activités ou interventions humaines, (colmatage des fonds, ouvrages hydrauliques, exploitation des rives et du lit majeur, etc.)

En résumé, les principaux impacts et potentiels par cours d'eau peuvent être synthétisés :

- Sur le bassin de la Petite Grosne : La Petite Grosne amont, au potentiel de mobilité intéressant, est préservée. A partir de Bussières, on observe un certain nombre de dysfonctionnements (rectifications, berges artificialisées, fonds colmatés, présence de nombreux seuils transversaux, occupation du sol par les cultures et les infrastructures...). Ce secteur possède néanmoins un potentiel dynamique intéressant sur lequel il faudra s'appuyer pour engager des travaux de restauration. Les affluents de la Petite Grosne sont de bonne qualité physique. Les tronçons les plus impactés sont en général les traversées d'agglomérations. Sur ces tronçons, et devant le potentiel spatial limité du cours d'eau (habitations, jardins...), les mesures de restauration seront engagées au sein même du lit mineur pour améliorer la situation du cours d'eau.

- Sur le bassin la Mouge : Les têtes de bassins sont préservées, notamment les cours d'eau qui s'écoulent dans le massif cristallin (Mouge, Petite Mouge...). Certains affluents sont d'excellente qualité (notamment le Talenchant et la Petite Mouge dans sa partie aval). Le secteur de la Mouge moyenne possède une sinuosité préservée. La Mouge aval est nettement plus impactée par les rectifications historiques du lit mineur. Une grande partie des cours d'eau du bassin de la Mouge possède des potentiels dynamiques moyens (en partie résultante du maintien des berges par la végétation rivulaire). Une gestion différente de la ripisylve (comme par exemple ne pas retirer systématiquement les embâcles), augmenterait les notes de potentiel dynamique, et la qualité des cours d'eau à plus ou moins long terme.

- Sur le bassin de la Bourbonne : Les cours d'eau du bassin de la Bourbonne sont fortement impactés par les ouvrages transversaux incompatibles avec la libre continuité écologique. Les fonds sont moyennement colmatés sur l'ensemble des cours d'eau (hormis sur les tronçons de tête de bassin des affluents). Un certain nombre de cours d'eau est également artificialisé et rectifié. Au regard du faible potentiel dynamique et spatial de

certaines tronçons, la qualité physique de ces derniers ne pourra être améliorée que suite à des travaux plus coûteux (diversification du lit mineur, ou recréation de sinuosités...)

- Sur le bassin de la Natouze : Les cours d'eau du bassin de la Natouze, notamment les tronçons homogènes de la Natouze elle-même, possèdent les moins bonnes qualités physiques de l'ensemble des rivières du territoire du Mâconnais. La cause majeure de cette qualité moyenne médiocre est la présence de seuils d'importance (homogénéisation des faciès d'écoulements, envasements généralisés, rupture dans la continuité écologique...). A l'instar des cours d'eau du bassin de la Bourbonne, les cours d'eau de ce bassin possèdent des potentiels dynamiques naturels limités à très limités.

A plus échelle plus large, le territoire du Mâconnais recèle un nombre intéressant de noyaux écologiques. Le travail sur la continuité du corridor écologique (continuité de la ripisylve, bandes enherbées...) permettra la connexion de ces noyaux et l'amélioration certaine de la diversité écologique du territoire.

Outre la restauration de cette continuité du corridor alluvial, la préservation ou la restauration de zones tampon de part et d'autres du lit mineur, concourra à l'amélioration de la situation des vallées des rivières du Mâconnais (enjeux inondations, érosion, qualité de l'eau, qualité écologique...).

En conséquence de quoi, les enjeux suivants par secteurs ont été identifiés :

Bassins versants	secteurs	Enjeux							
		Préservation de la qualité existante	Continuité écologique	corridor écologique	Restauration, réhabilitation du lit mineur	Restauration dynamique latérale	Préservation des fonctionnalités du lit majeur	Restauration des fonctionnalités du lit majeur	Sensibilisation des riverains, communication
Petite Grosne	La Petite Grosne dans sa partie amont								
	La Petite Grosne dans sa partie aval								
	Les affluents de tête de bassin de la Petite Grosne								
	Le Fil à l'amont de la Roche-Vineuse								
	Le fil de la traversée de La Roche-Vineuse à sa confluence avec la Petite Grosne								
	Le ruisseau du moulin de Journet								
	La Denante								
	La Romanin								
La Mouge	Les tronçons de tête de bassin de la Mouge								
	La Mouge dans sa partie moyenne								
	La Mouge dans sa partie aval								
	Les affluents de tête de bassin, la Verzée et le ruisseau de Joux								
	Le ruisseau de la Petite Mouge								
	Le Talenchant								
	petits affluents de la Mouge en rive droite								
	Les petits affluents en rive gauche de la Mouge								
	Le ruisseau de l'Isérable								
La Bourbonne	La Bourbonne de sa source à sa confluence avec la Saône								
	L'Ail et le ruisseau de Fissy								
	Le ruisseau de la Gravaise								
La Natouze	La Natouze de la source jusqu'à la pisciculture du moulin mutin								
	La Natouze de la pisciculture du Moulin Mutin à la confluence de la Saône								
	Les affluents majeurs de la Natouze (Ruis. de la Doue et le ruis. de Chanots)								




Enjeux prioritaires 
 Enjeux non prioritaires 
 Enjeux inexistantes 

Tableau 18 : Enjeux identifiés sur les cours d'eau du Mâconnais par secteur.

Bibliographie :

BRGM, janvier 1992, Nappe alluviale de la Saône, approche de son inertie en termes de piézométrie et de transferts physiques

CEREC, DIVISION HYDRAULIQUE, 1992, Schéma d'aménagement du bassin versant de la Bourbonne, Syndicat Intercommunal à Vocation Multiple du Canton de Lugny.

FLUVIAL.IS, ARBEITSKREIS GEWÄSSER, 2010, mise au point d'une méthode d'estimation des bandes d'érosions potentielles des cours d'eau dans le Land de Sarre, Ministerium für Umwelt, Energie und Verkehr des Saarlandes.

IPSEAU, 1996, Bassin versant de la Mouge, études complémentaires au schéma d'aménagement, Analyse des dernières crues et propositions de mesures conservatoires, SIVOM du Canton du canton de Lugny, DDAF Saône et Loire.

IPSEAU, 2004, Définition d'un outil de gestion pour le bassin versant de la Petite Grosne, SIVOM de la Petite Grosne.

MALAVOI J.-R., 1998, *Guide technique n°2 : détermination de l'espace de liberté des cours d'eau*, Bassin Rhône-Méditerranée-Corse, 39 p.

SCHUMM S., 1977, *The fluvial system*, Derruen, 377 p.

SILENE BIOTEC, 2003, étude d'un schéma de restauration et de valorisation de la Natouze et de ses affluents, Syndicat Intercommunal d'Aménagement de la Natouze.