Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne
Master 2 de Géographie, Parcours « Dynamique des milieux et risques »

Mémoire de M2 présenté par Emma COZLER
N° étudiant : e2505073749
Soutenu le 05/09/2018

« Elaboration d'un plan pluriannuel de gestion : Le cas de l'envasement des canaux du val d'Authion, Maine-et-Loire »

FIGURE 1 - CANAL 5007 T2 APRES TRAVAUX DE RETALUTAGE (X = -32137 ; Y = 6031940 ; ORIENTATION NORD-OUEST ; CLICHE REALISE PAR COZLER LE 18/05/2018)

Directeur de mémoire :
Emmanuèle GAUTIER (*Enseignant-Chercheur en géographie physique l'Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne*)

Maître de stage :
Guillaume MORELLATO (*Technicien de rivière, chargé de la gestion du val d'Authion au SMBAA*)

Membres du jury :
Salem DAHECH (*Enseignant-Chercheur en Climatologie à l'Université Paris 7 Diderot*)
Aline GARNIER (*Enseignant-Chercheur en géographie physique et paléoenvironnement à l'Université Paris Est Créteil Val-de-Marne*)

SOMMAIRE

SOMMAIRE **0**

REMERCIEMENTS **1**

INTRODUCTION **2**

PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL : LE SMBAA 4
PLAN PLURIANNUEL DE GESTION DE TRAVAUX 6

CHAPITRE 1 : PRESENTATION DU SUJET ET DU SITE D'ETUDE **8**

1. CONTEXTE GENERAL DU SITE D'ETUDE : LE BASSIN VERSANT DE L'AUTHION, UN AMENAGEMENT HISTORIQUE ENTRE ENJEUX ENVIRONNEMENTAL ET ECONOMIQUE 8
2. DYNAMIQUES HYDROMORPHOLOGIQUES : PRINCIPES GENERAUX 19
3. CONSEQUENCES ET GESTION DE L'ENVASEMENT DES CANAUX 22

CONCLUSION DU CHAPITRE 1 27

CHAPITRE 2 : METHODOLOGIE **28**

1. PRESENTATION DES DONNEES MOBILISEES 28
2. SUIVI SEDIMENTOLOGIQUE ET BATHYMETRIQUE. 29
3. DETERMINATION DES TRONÇONS PRIORITAIRES 35
4. IDENTIFICATION DES CANAUX PRIORITAIRES ET PREMIERES APPROCHES DE GESTION 45

CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION **48**

1. LE SUIVI SEDIMENTAIRE 48
2. ESTIMATION DU NIVEAU D'ALTERATION DES COURS D'EAU ET DES ENJEUX POTENTIELS 62
3. IDENTIFICATION DES CANAUX PRIORITAIRES ET PREMIERES APPROCHES DE GESTION 75

CONCLUSION, DISCUSSION ET PERSPECTIVES **88**

CONCLUSION ET DISCUSSION 88
PERSPECTIVES 89

REFERENCES **91**

BIBLIOGRAPHIE 91
RAPPORTS 94
CARTES GEOLOGIQUE ET NOTICES EXPLICATIVES 95
CADRE REGLEMENTAIRE ET TEXTES DE REFERENCE 95
SITOGRAPHIE 96
LISTE DES FIGURES 96
LISTE DES TABLEAUX 98
LISTE DES EQUATIONS 99
LISTE DES ANNEXES 99
LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES 99

TABLE DES MATIERES **101**

ANNEXES **104**

RESUME **119**

ABSTRACT **119**

REMERCIEMENTS

Je tiens tout particulièrement à remercier Madame Emmanuèle GAUTIER qui m'a accompagnée pendant ces deux années de master, pour son encadrement, ses précieux conseils et son soutien depuis le début de la formation.

Un grand merci à Guillaume MORELLATO, technicien de rivière et maître de stage, pour m'avoir fait confiance dans cette mission en m'intégrant dans ce projet, pour ses précieux conseils en matière de gestion et de conduite de projets ainsi que pour le temps si précieux qu'il m'a accordé.

Je salue l'ensemble de l'équipe du SMBAA ainsi que celle du SAGE Authion et de l'Entente Authion, qui m'ont accueillie les bras ouverts et qui effectuent un travail formidable dans ce territoire complexe qui est le bassin versant de l'Authion. Je tiens à remercier en particulier Bastien DELAUNAY pour ses conseils en SIG, Arnaud DECAS pour m'avoir aiguillée sur mes recherches bibliographiques et m'avoir intégrée dans les différentes missions de relevés topographiques, ainsi que Ralph CLARKE pour ses conseils en gestion de projets et son regard sur le plan de gestion ainsi que Sylvain ROYER, pour son aide sur la méthode REH et pour m'avoir permis de partager son bureau.

Je remercie Vincent VIEL pour ses précieux conseils sur l'évaluation de l'évolution spatio-temporelle de la hauteur de vase.

Enfin je tiens à remercier ma famille, Nelly, Isabelle et Ben, pour leur relecture et leur accompagnement quotidien ainsi que pour m'avoir toujours poussée à aller de l'avant.

INTRODUCTION

Dans le cadre de la DCE (Directive Cadre sur l'Eau) de 2000 et du SAGE (Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux) Authion, le SMBAA (Syndicat Mixte du Bassin de l'Authion et de ses Affluents) souhaite mettre en place une gestion globale du val d'Authion afin de répondre aux objectifs d'atteinte de bon potentiel écologique des eaux superficielles et souterraines.

Le val d'Authion, à l'est d'Angers, est fortement anthropisé, il se caractérise par un maillage de canaux mis en place dans le contexte du remembrement des années 70 afin de répondre à deux problématiques : l'assainissement des terres et l'irrigation pour les besoins agricoles. L'Authion, un cours d'eau de plaine, affluent de la rive droite de la Loire, et ses annexes hydrauliques ont été fortement modifiés, recalibrés ou encore recreusés pour améliorer l'assainissement. Situé dans la plaine alluviale de la Loire, le val d'Authion doit faire face à une autre problématique, celle du risque d'inondation. À cela s'ajoute le phénomène l'envasement des canaux induit par une pente faible, voire nulle, et par un nombre important d'ouvrages hydrauliques qui entravent la continuité écologique et sédimentaire du cours d'eau et qui ont pour conséquence le dépôt de la matière en suspension en amont des ouvrages. Ce dernier processus provoque l'exhaussement du lit, ainsi que l'eutrophisation du cours d'eau conduisant à une homogénéisation du milieu et donc une importante perte de la biodiversité, tout en provoquant le dysfonctionnement des pompes d'irrigation.

Face à ces problématiques d'envasement des tronçons du val d'Authion, le SMBAA intervient ponctuellement en fonction des demandes des communes ou des propriétaires. Ces interventions sont curatives, comme le recours au curage qui s'accompagne dans le meilleur des cas d'un retalutage des berges. Ces actions se réalisent dans le cadre d'un programme de travaux hydrauliques sur un pas de temps court (1 à 2 ans) en hiérarchisant les interventions. Dans ce contexte, et afin de répondre aux objectifs d'atteinte du bon potentiel écologique des cours d'eau imposés par la DCE, le SMBAA a souhaité mettre en place un plan pluriannuel de gestion afin de remédier aux interventions curatives et non préventives et d'élaborer une gestion cohérente sur l'ensemble du val sur une périodicité de 6 ans. Ainsi le SMBAA pourra faire face aux problématiques de prévention des inondations, d'amélioration de la qualité de l'eau et de la biodiversité aquatique tout en maintenant une quantité d'eau suffisante dans les canaux à des fins d'irrigation. Deux études ont été réalisées afin de définir le fonctionnement hydromorphologique des cours d'eau, l'une traitant de l'élaboration d'un plan de suivi sédimentaire et de l'état des lieux des annexes hydrauliques de l'Authion (MARTEAU, 2016), la seconde ayant pour principal objectif l'amorce de l'identification des canaux prioritaires et la pérennisation du suivi sédimentaire (KAROUI, 2017), pour réaliser un plan de gestion de travaux en milieu aquatique sur le val d'Authion.

C'est dans la continuité de ces travaux que s'inscrit cette étude qui inclut trois grands objectifs : (1) identifier les **canaux prioritaires** en fonction de leur **vitesse d'envasement** et de l'importance des **enjeux** qui les entourent ; (2) amorcer une réflexion sur **l'amélioration de la continuité transversale** et longitudinale des canaux du val d'Authion. Ces objectifs se structurent autour de deux questions :

- **Comment concilier amélioration de la qualité de l'eau et amélioration de la continuité sédimentaire et écologique dans un contexte où l'agriculture est fortement dépendante des ouvrages hydrauliques ?** Quelles sont les actions à mettre en œuvre pour concilier la réduction de l'envasement tout en conservant l'utilité hydraulique du val ?
- **Quels sont les critères de priorisation à mettre en œuvre ?**

L'objectif de ce travail est de pouvoir **quantifier et définir l'évolution du processus d'envasement des canaux** du val d'Authion, **les facteurs du processus et ses conséquences** sur son environnement proche. Ce travail se trouve être dans la continuité de l'état des lieux réalisé par MARTEAU (2016), nous analyserons, à partir des observations réalisées en 2016, l'état d'altération des cours d'eau afin de **déterminer les canaux les plus vulnérables** au phénomène d'envasement. Ces résultats seront ensuite confrontés aux différents **enjeux du territoire**, qu'ils soient socio-économiques ou environnementaux, afin de **proposer des solutions de restauration et de réhabilitation** des canaux qui **correspondent aux enjeux** spécifiques du val d'Authion.

L'étude se déroulera en trois phases. Dans un premier temps, nous reviendrons sur le contexte d'étude (Chapitre 1). Puis nous présenterons les méthodes employées, centrées sur l'utilisation d'un SIG, de l'étude de l'évolution sédimentaire et du rôle des ouvrages sur la modification des transferts hydriques et sédimentaires, en passant par l'estimation du niveau d'altération des cours d'eau et de l'analyse des différentes bases de données permettant d'identifier les enjeux du territoire (Chapitre 2). Nous analyserons ensuite ces résultats en les confrontant aux études déjà menées (Chapitre 3) afin de proposer des mesures cohérentes et répondant aux enjeux du val d'Authion.

PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL : LE SMBAA

Le Syndicat Mixte du Bassin De l'Authion et de ses Affluents (SMBAA), a été créé le 1er janvier 2015 à la suite de la fusion des syndicats suivants :

- Syndicat Mixte pour l'Aménagement du Couasnon (SMAC),
- Syndicat Intercommunal du Bassin du Lathan (SIBL),
- Syndicat Intercommunal pour l'Entretien du Lathan et de ses Affluents (SIELA) département d'Indre-et-Loire,
- Syndicat Intercommunal du Haut Lathan (SIHL),
- Syndicat Mixte Loire Authion (SMLA).

Le fonctionnement du SMBAA peut se résumer *via* l'organigramme suivant (Figure 2) :

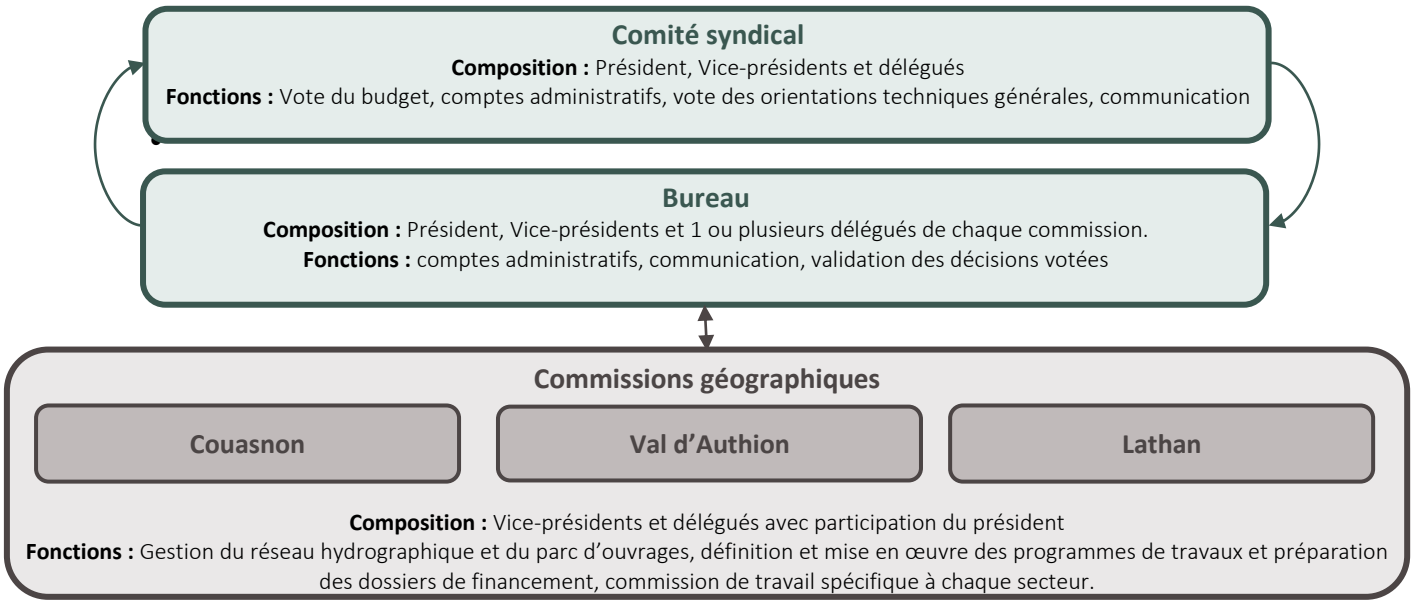


FIGURE 2 - ORGANIGRAMME SYNTHETIQUE DU FONCTIONNEMENT DU SMBAA (SMBAA, 2017 ; REALISE PAR COZLER, 2018)

Dans le cadre de la loi MAPTAM (LOI n° 2014-58, articles 56 et 59, Modernisation de l'Action Publique Territoriale et d'Affirmation des Métropoles) du 27 janvier 2014 et de la Loi NOTRe (LOI n° 2015-991, article 76, Nouvelle Organisation Territoriale de la République) du 7 août 2015 le SMBAA est aujourd'hui composé de 6 EPCI (Etablissement Public de Coopération Intercommunale) dont 4 EPCI en Maine-et-Loire et 2 EPCI en Indre-et-Loire.

Toutefois, les communes d'Indre-et-Loire adhérentes au SMBAA ont souhaité quitter le syndicat. Une délibération a été faite en ce sens en décembre 2016 afin que des négociations puissent être engagées avec l'ensemble des communes d'Indre-et-Loire pour créer une structure unique à l'échelle du bassin versant. Le SIACEBA (Syndicat Intercommunal pour l'Aménagement des Cours d'Eau du Bassin de l'Authion) exerce alors les compétences GEMA (Gestion des Milieux Aquatiques) sur la partie Indre-et-Loire du bassin versant de l'Authion et le SMBAA porte la compétence GEMAPI (Gestion des Milieux Aquatiques et de Prévention des Inondations) seulement sur la partie Maine-et-Loire du bassin versant de l'Authion correspondant à 4 EPCI.

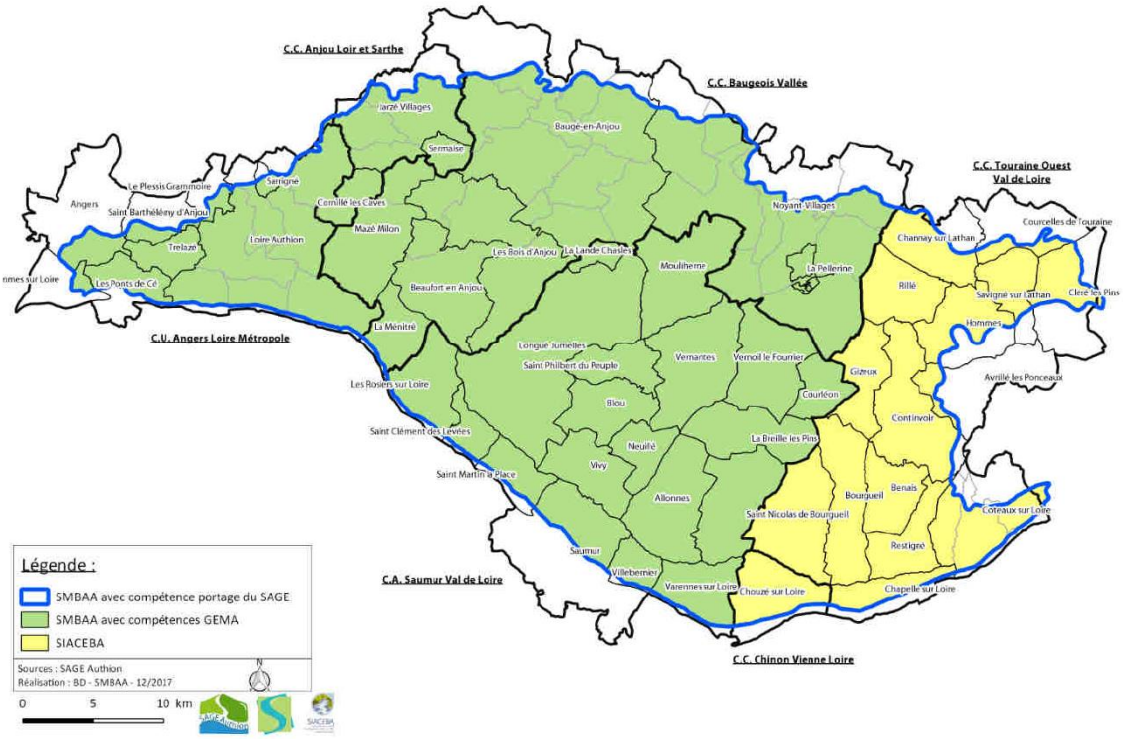


FIGURE 3 - PERIMETRE DU SMBAA ET DU SIACEBA (SAGE AUTHION ET SMBAA, 2017)

Dans le cadre du SOCLE 2017 (Stratégie Locale des Compétences Locales de l'Eau du bassin Loire-Bretagne) et aux propositions de la CLE (Commission Locale de l'Eau) du SAGE Authion, la création d'une structure unique gestionnaire du bassin versant de l'Authion est en cours d'étude avec la Communauté de Communes Touraine Ouest Val de Loire, le SMBAA, les autres EPCI, le SIACEBA et le SAGE Authion. Cette étude aboutira à la création d'une structure unique au 1er janvier 2019.

Le SMBAA a donc pour compétence la mise en œuvre du SAGE Authion sur l'ensemble du bassin versant depuis le 1er janvier 2018. Celle-ci s'étoffe avec la mise en place et l'exploitation de dispositifs de surveillance de la ressource en eau et des milieux aquatiques (suivi de la qualité et de la quantité d'eau).

Dans sa partie Maine-et-Loire, le SMBAA exerce l'ensemble des compétences GEMAPI. Ainsi il assure la restauration et l'aménagement des cours d'eau et canaux à travers l'entretien de la ripisylve et l'aménagement du lit mineur afin d'améliorer son fonctionnement. Il assure également la protection et la restauration des sites, des écosystèmes aquatiques, des zones humides ainsi que des formations boisées riveraines *via* la réalisation d'études et la mise en œuvre de travaux spécifiques tout en assurant la protection contre les inondations.

De plus, il gère et entretient l'ensemble de ses ouvrages hydrauliques (clapets, vannes, madriers…) répartis sur le réseau hydrographique du bassin en Maine-et-Loire. Sur le val d'Authion, territoire sur lequel l'enjeu inondation est très prégnant (Classement en Territoire à Risque Important d'inondation TRI), le Syndicat a défini un réseau de canaux et fossés stratégiques qui permet de limiter les inondations locales. Aussi, il assure l'entretien régulier et l'aménagement de ce réseau dans le respect de toutes ses fonctionnalités, y compris écologiques, à travers le montage d'un plan de gestion différenciée qui est l'objet de cette étude.

PLAN PLURIANNUEL DE GESTION DE TRAVAUX

DEFINITION ET CADRE JURIDIQUE

Le plan pluriannuel de gestion s'inscrit dans un ensemble de cadres réglementaires dont la déclinaison à l'échelle locale de deux directives : la Directive Inondation de 2007 (DIRECTIVE 2007/60/CE) et la Directive Cadre sur l'Eau (DIRECTIVE 2000/60/CE) (Figure 4 et annexe 4).

Le plan de gestion s'inscrit donc dans la SLGRI (Stratégie Locale de Gestion du Risque d'Inondation) des « vals d'Authion et de la Loire », un outil de mise en œuvre de la DI (Directive Inondation) qui fixe le cadre réglementaire à l'échelle européenne pour l'évaluation et la gestion des risques d'inondation, visant à réduire les conséquences négatives liées aux inondations. La SLGRI PAPI (Programme d'Actions de Prévention des Inondations) est aussi une déclinaison du PGRI Loire-Bretagne à l'échelle du TRI Angers-Authion-Saumur. Le PAPI d'intentions se décline en 7 grands axes, dans lesquels sont dénombrées différentes actions. L'actuel plan de gestion correspond à la première mission de l'axe 6 concordant à la gestion des écoulements (EPTB Loire, 2018) (Figure 4).

Le plan de gestion s'inscrit aussi dans le cadre de l'application de la DCE (Directive Cadre sur l'Eau) (Figure 4). En effet, il correspond aux dispositions 5A1 et 6A1 du PAGD (Plan d'Aménagement et de Gestion Durable) (Annexe 3), qui correspondent respectivement à « Restaurer les continuités écologiques dans le respect de tous les usages et en fonction des enjeux économiques » et à l'objectif d'« Entretenir les cours d'eau du bassin versant de manière différenciée » (SAGE Authion, 2015, Annexe 3) (Figure 4).

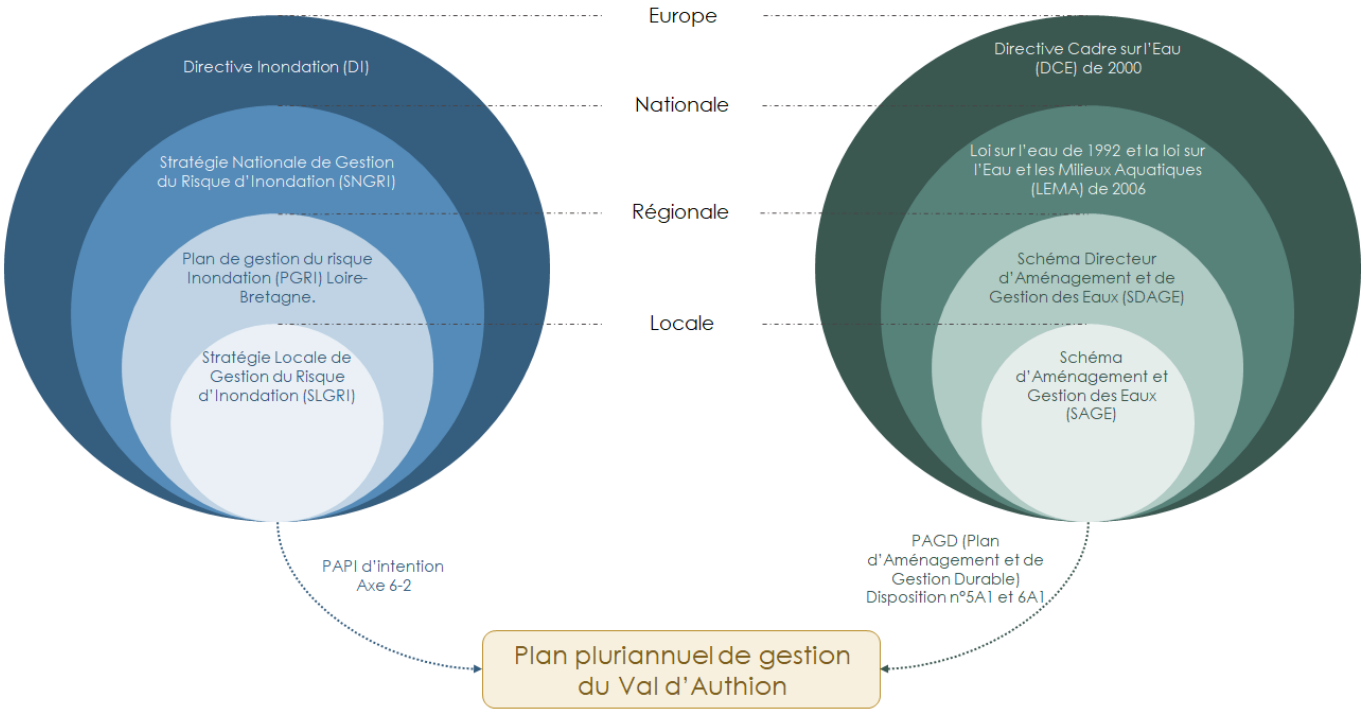


FIGURE 4 - SCHEMATISATION DU CADRE REGLEMENTAIRE DE L'ELABORATION DU PLAN DE GESTION PLURIANNUEL DU VAL D'AUTHION (ADAPTE DE EPTB LOIRE, 2017 ; SAGE AUTHION, 2015, REALISE PAR COZLER,2018)

LES ETAPES DU PLAN PLURIANNUEL DE GESTION : DU DIAGNOSTIC AU SUIVI.

Les deux premières étapes du plan de gestion pluriannuel du val d'Authion ont été réalisées par MARTEAU (2016), correspondant à la réalisation de l'état des lieux et du découpage du linéaire en tronçons homogènes, et par KAROUI (2017) pour l'amorce de l'identification des canaux prioritaires et des enjeux majeurs (Figure 5). Cette présente étude a pour objectif d'identifier les zones prioritaires, les plus vulnérables à l'envasement tout en amorçant l'élaboration du programme d'actions à mettre en œuvre, ce qui correspond aux étapes 2 et 3 présentées dans le schéma ci-après (Figure 5).

FIGURE 5 - LES ETAPES DE LA MISE EN PLACE D'UN PLAN DE GESTION (ADAPLTE DE MALAVOI, 2011 ET SYMAGE DRONNE, 2013, REALISE PAR COZLER,2018)

CHAPITRE 1 : PRESENTATION DU SUJET ET DU SITE D'ETUDE

1. CONTEXTE GENERAL DU SITE D'ETUDE : LE BASSIN VERSANT DE L'AUTHION, UN AMENAGEMENT HISTORIQUE ENTRE ENJEUX ENVIRONNEMENTAL ET ECONOMIQUE

1.1. LOCALISATION

Le bassin versant de l'Authion a une superficie de 1 476 km², dont 77,4 % couvrent le département du Maine-et-Loire, dans la région des Pays de Loire, et 22,6 % se trouvent en Indre-et-Loire, dans la région Centre. L'Authion est un cours d'eau domanial jusqu'à la commune de Vivy, puis non domanial jusqu'à sa confluence. Il est issu de la confluence du Changeon et du Lane, ses principaux affluents sont le Lathan et le Couasnon. L'Authion traverse au total 23 communes (Figure 6).

FIGURE 6 - LOCALISATION DU VAL D'AUTHION (SOURCE : SMBAA ; REALISEE PAR COZLER, 2018)

L'Authion est parallèle à la Loire sur plus de 60 km, de Saint-Patrice aux Ponts-de-Cé, la confluence située au Sud d'Angers. **Son bassin versant actuel est en partie artificiel** dans la mesure où la ligne de crête sud correspond à la digue ou levée construite progressivement à partir du XI^{ème} siècle le long de la Loire. Le **fonctionnement hydrologique** de l'Authion est fortement **dépendant de la Loire**. En effet, celui-ci se

confondait avec la Loire avant la construction de la levée, ce qui se traduit par des résurgences de nappe et des remontées du niveau d'eau en période de crue de la Loire (BURNOUF et CARCAUD, 2000, p.8 et p.10).

Le périmètre du val d'Authion correspond à celui RSTRI (Réseau stratégique du Territoire à Risque d'Inondation), défini par la direction départementale du Maine-et-Loire dans le cadre de la Stratégie Locale de Gestion des Risques d'Inondation (SLGRI, 2017). Il a été choisi de se concentrer sur ce périmètre puisque le plan de gestion ne sera mis en œuvre qu'à partir de 2019. Le choix du territoire concerné par le plan de gestion s'est donc fait en fonction des modifications des compétences du SMBAA et des cours d'eau à sa charge.

1.2. CONTEXTE CLIMATIQUE : UN CLIMAT TEMPERE OCEANIQUE

Le bassin versant de l'Authion, à cheval sur les départements du Maine-et-Loire et de l'Indre-et-Loire, se trouve dans une zone de transition climatique entre le climat tempéré océanique à l'Ouest et le climat tempéré océanique altéré à l'Est. Caractérisé par une amplitude thermique légèrement plus élevée que sur la côte atlantique, de 8,7°c entre 1981 et 2010 à la station de Beaucouzé, station de référence de météo-France dans la région d'Anjou, et de 8,4°c à la station de Nantes sur la même période. Les températures y sont globalement douces avec une moyenne annuelle de 12,25°c. Quant à la pluviométrie, elle est relativement modérée avec une moyenne de 630 mm par an (METEO FRANCE, entre 1981 et 2010) (Figure 7).

Le val de Loire est caractérisé par **un mésoclimat influencé par la Loire** (SERVANT, 1977). Un **déficit hydrique annuel moyen de 125 mm** par rapport au reste de la région d'Anjou caractérise le val d'Authion. Nous pouvons aussi y relever des différences de température entre les deux rives, la rive droite présentant une amplitude thermique plus importante que la rive gauche. (GUERLESQUIN et CORILLION, 1957, p.46 et NCA Environnement, 2015).

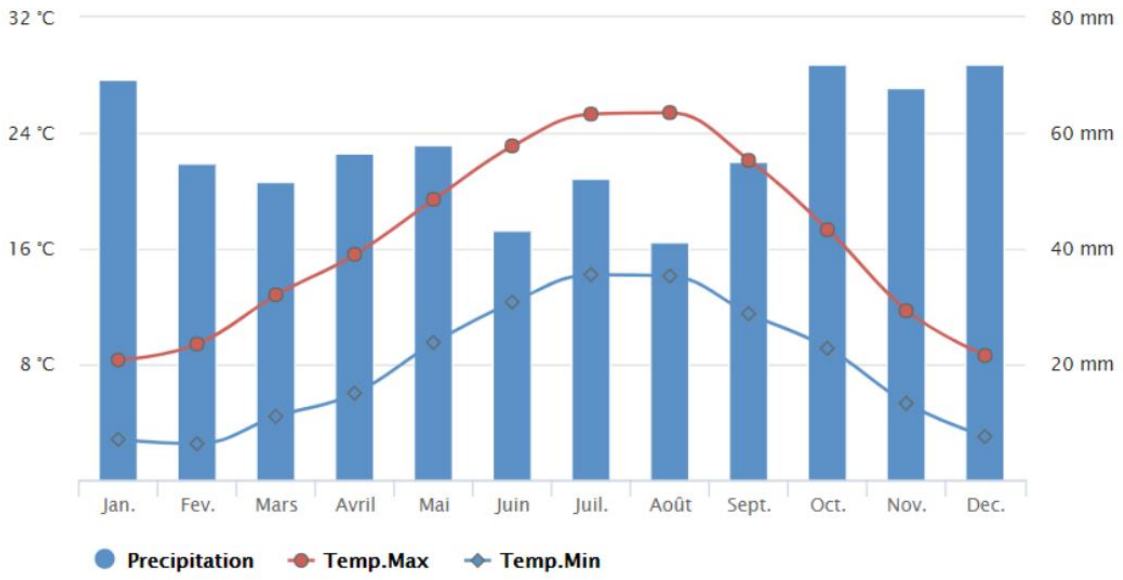


FIGURE 7 - DIAGRAMME OMBROTHERMIQUE PRESENTANT LA NORMALE DES PRECIPITATIONS ET DES TEMPERATURES MINIMALES ET MAXIMALES OBSERVEES SUR LA PERIODE DE 1981 A 2010 A LA STATION DE BEAUCOUZE (METEOFRANCE, 2018)

1.3. CONTEXTE GEOLOGIQUE : REVELATEUR D'UN TERRITOIRE A RISQUE.

Le « programme Loire », au début des années 1990, a permis de mettre en évidence l'histoire géologique de la vallée (BURNOUF et CARCAUD, 2000). L'amont du val traverse la limite du bassin parisien avant de rejoindre le socle rocheux du massif armoricain à l'extrême Est, ce qui se traduit dans le paysage par une dissymétrie des rives droite et gauche de la Loire. En effet, les plateaux Saumurois, sur la rive gauche, présentent des versants abrupts, tandis que le plateau de la Gâtine tourangelle au Nord présente des pentes beaucoup plus douces creusées dans les calcaires Bartonien et Sénonien (BROSSE et al., 1974, p.2 ; SAGE Authion, 2015) (Figure 8). Le val d'Authion fait partie des trois dépressions latérales du bassin versant de la Loire (BABONAUX, cité par CARCAUD et al., 1998)

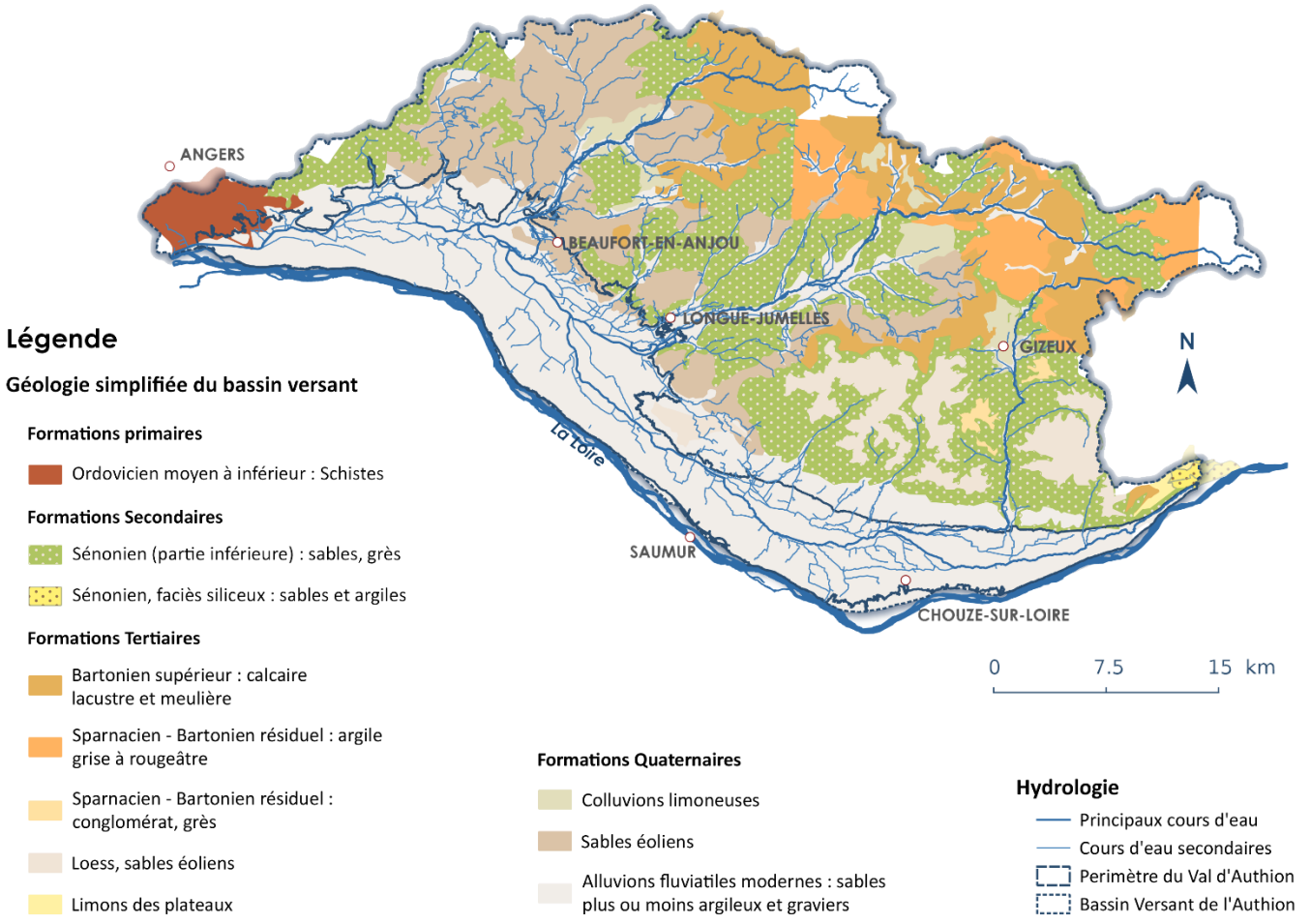


FIGURE 8 - CARTE GEOLOGIQUE SIMPLIFIEE DU BASSIN VERSANT DE L'AUTHION (SOURCE : BRGM, 1953, 1974, 1978, 1984, 1989, 1991 ET LE SMBAA ; REALISEE PAR COZLER, 2018)

Le bassin versant de l'Authion peut se découper en 4 grands ensembles géologiques globalement orientés du nord-ouest au sud-est, correspondant aux ères du Primaire Paléozoïque, du secondaire Mésozoïque et du Tertiaire Cénozoïque et à la période du Quaternaire. En effet, nous retrouvons les formations les plus anciennes à l'extrême ouest du bassin versant, dans la partie la plus avale, constituée principalement de schistes. Quant à l'ère du Secondaire, elle affleure sur les coteaux, correspondant à la période de la seconde partie du Crétacé Supérieur, composée principalement de sables, de grès et d'argile. Puis viennent les formations de l'ère Tertiaire qui affleurent au-dessus de 85 m d'altitude et occupent les plateaux du nord-est du bassin versant et le sommet des buttes témoins à l'est, elles sont composées principalement de calcaire, d'argile et de grès. Quant aux formations plus récentes, les **formations alluviales du Quaternaire**,

nous les distinguons aisément en fond de vallée, composées principalement de sables, d'argile et de graviers. La couche alluvionnaire récente est de plus en plus profonde en se rapprochant de la Loire et d'amont en aval, passant d'une épaisseur inférieure à 1 m en amont et pouvant atteindre 5 m en aval. (BROSSE et al., 1974 ; SAGE Authion, 2015 ; SERVANT, 1977) (Figure 8). La carte géologique nous permet aisément de comprendre le positionnement de l'Authion, dans un ancien chenal de la Loire, située **dans sa plaine alluviale**, le fonctionnement de l'Authion et plus particulièrement de son val, est dépendant de la Loire.

1.4. UN TERRITOIRE EN ZONE INONDABLE : ENTRE RISQUE ET SENTIMENT DE PROTECTION.

Dans le Val de Loire, les levées construites progressivement depuis le début du XI^{ème} siècle pour améliorer les conditions de navigation et, pour le cas particulier du val d'Authion, protéger les terres arables de la plaine alluviale de la Loire des inondations (MAURIN et GUILLOU, 2004), intéressent la sphère scientifique sur deux principaux plans : les conséquences hydromorphologiques de la construction des levées, notamment sur l'incision du lit majeur de la Loire (GRACIN et al., 2009, p.5 et 7) et l'augmentation de la vulnérabilité des populations face au risque d'inondation. (BETHEMONT et WASSON, 1996, p.38 ; DOURNEL S., 2016 ; GRACIN et al., 2009, p.7).

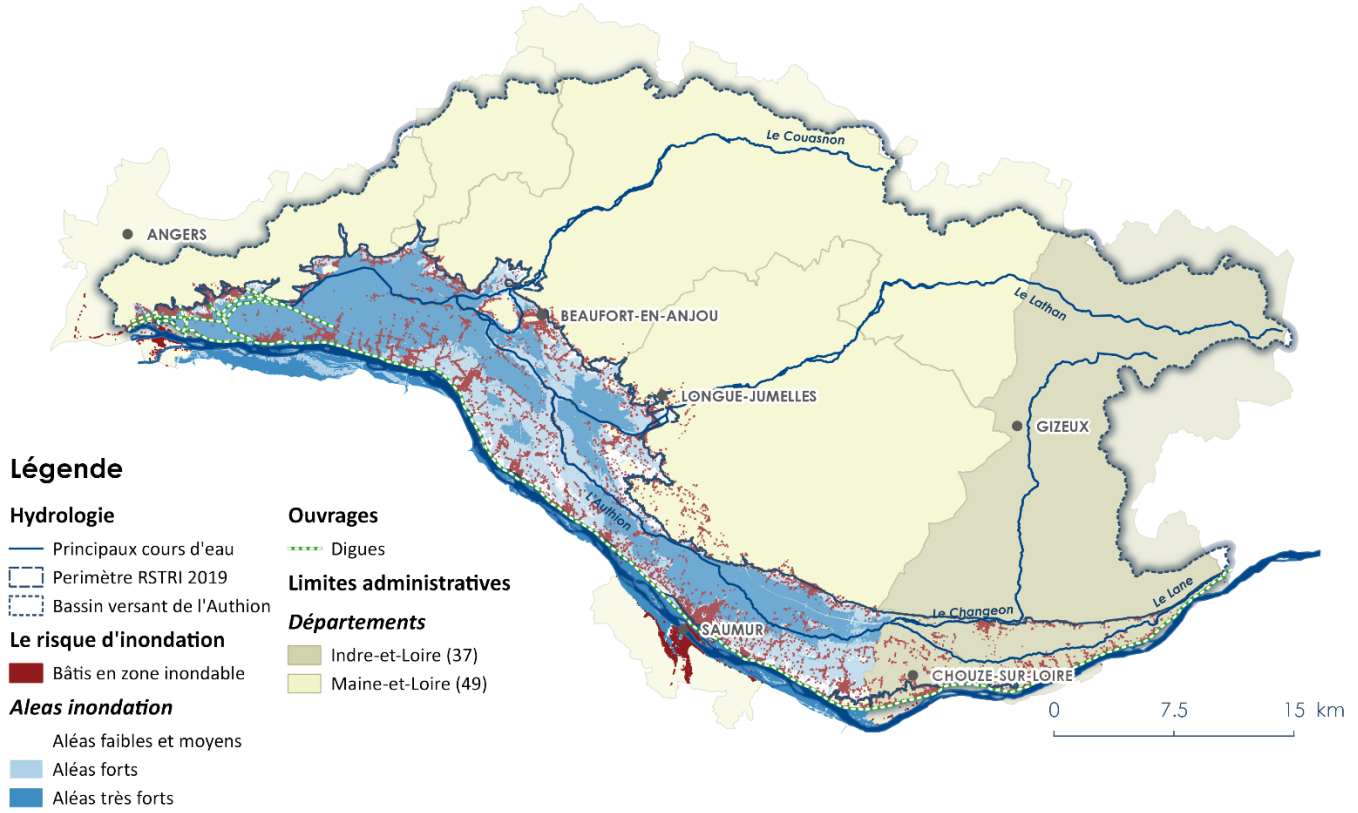


FIGURE 9 - LE VAL D'AUTHION : UN TERRITOIRE EN ZONE INONDABLE (SOURCES : SMBAA, REALISE PAR COZLER, 2018)

Situé dans le lit majeur de la Loire, le val d'Authion **n'est protégé des crues que par la présence de la levée d'Anjou.** Les levées de la Loire ont été progressivement renforcées du XII^{ème} siècle jusqu'au milieu du XIX^{ème} siècle. Les crues de 1846, 1856 et 1866 ont démontré que les levées n'étaient pas suffisantes en cas de débit supérieur à 6000 m3/s (BETHEMONT et WASSON, 1996, p.34). Ces épisodes de crues majeures, ayant

provoqué jusqu'à 16 brèches en 1856 sur la rive droite, se sont suivis d'un changement de stratégie de prévention du risque d'inondation dans les vals. En effet, après avoir rehaussé les levées à maintes reprises la gestion se tourne vers la mise en place de déversoirs vers les vals, mis à part pour le cas particulier du val d'Authion où l'économie agricole est telle qu'elle doit être protégée par l'atténuation des crues en amont (MAURIN et GUILLOU, 2004). Le val n'a pas été inondé par la Loire depuis 1866 ce qui a renforcé le sentiment de protection face aux inondations (GRACIN et al., 2009, p.7 ; SMBAA, 2008).

Le PPRI (Plan de Prévention des Risques d'Inondation) du val d'Authion a été révisé entre 2012 et 2014 et est en cours d'approbation. Sur l'ensemble du bassin versant, environ 60 000 immeubles ou bâtis sont exposés au risque d'inondation ainsi que 500 km de routes et axes de desserte, 80 usines pour la distribution de l'eau et son assainissement sont également exposées (Tableau 1).

TABLEAU 1 - INVENTAIRE DES BIENS ET INFRASTRUCTURES EXPOSES AUX INONDATION DANS LE PPRI (SAGE AUTHION, 2015)

Nombre d'immeubles ou bâtis exposés	59980
Surface du bâti (ha)	724
Routes et axes de desserte (km)	489
Usines AEP exposées	80
Usines d'assainissement	24

1.5. UN TERRITOIRE A DOMINANCE AGRICOLE

Le bassin versant de l'Authion est un secteur **dominé par l'agriculture** qui recouvre un total de 53,2 % de la surface du bassin versant, comprenant les terres arables et les zones agricoles hétérogènes, principalement situées sur les versants et dans les fonds de vallées. Quant aux plateaux, ils sont occupés par des surfaces forestières représentant 27,1 % du territoire. Seuls quelques espaces urbanisés sont à relever et couvrent seulement 5,6 % du bassin versant, comme l'aire urbaine d'Angers située à l'exutoire du bassin versant de l'Authion ainsi que celle de Saumur à son extrême-sud. Nous pouvons aussi relever les communes de Beaufort-en-Anjou, de Longué-Jumelles et de Bourgueil respectivement à proximité de la confluence du Couasnon, du Lathan et du Changeon avec l'Authion (Figure 9 etFigure). Le val d'Authion est **dominé par l'horticulture** et en particulier par la production de maïs semences, production à haute valeur ajoutée (GUEYDON et MAILLET, 2010). Les sols du val sont limoneux à **sablo-limoneux**. La présence de ces terres agricoles dans le périmètre du RSTRI est permise par un ensemble d'infrastructures de gestion hydraulique.

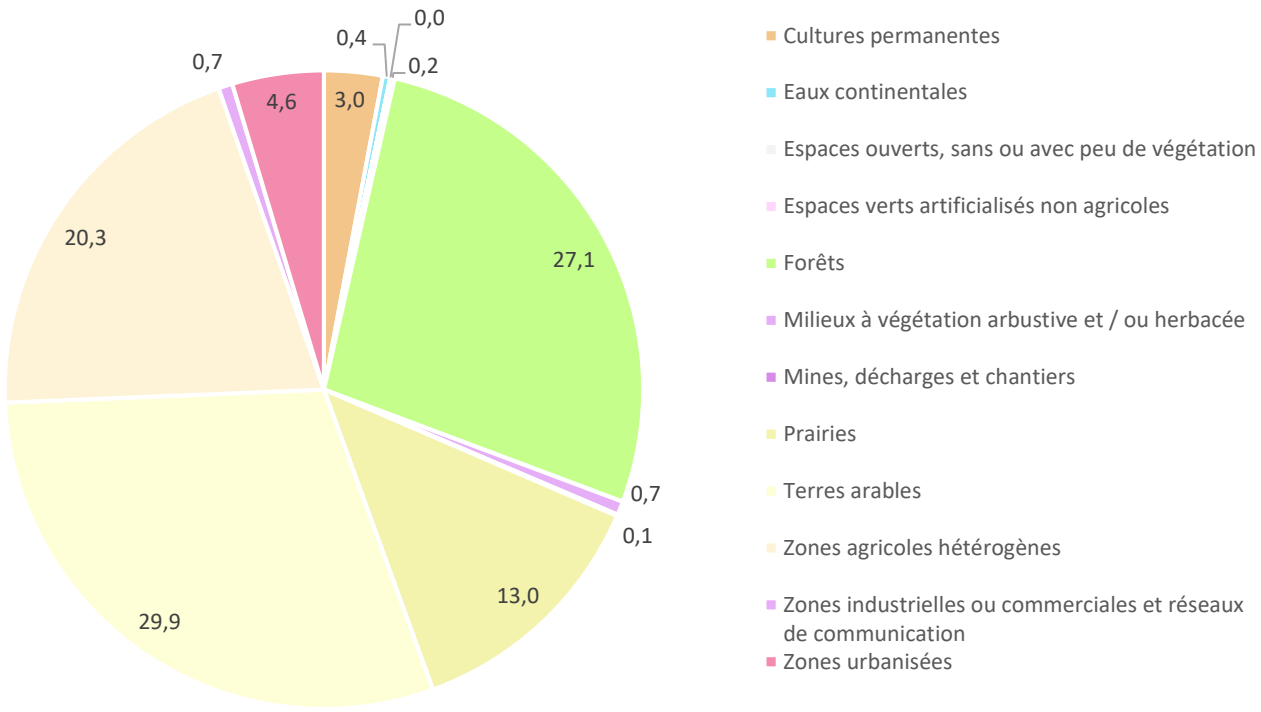


FIGURE 8 - PART (%) DES DIFFERENTES CATEGRORIES D'OCCUPATION DU SOL DANS LE BASSIN VERSANT DE L'AUTHION (CORINE LAND COVER, 2012 ; REALISEE PAR COZLER, 2018)

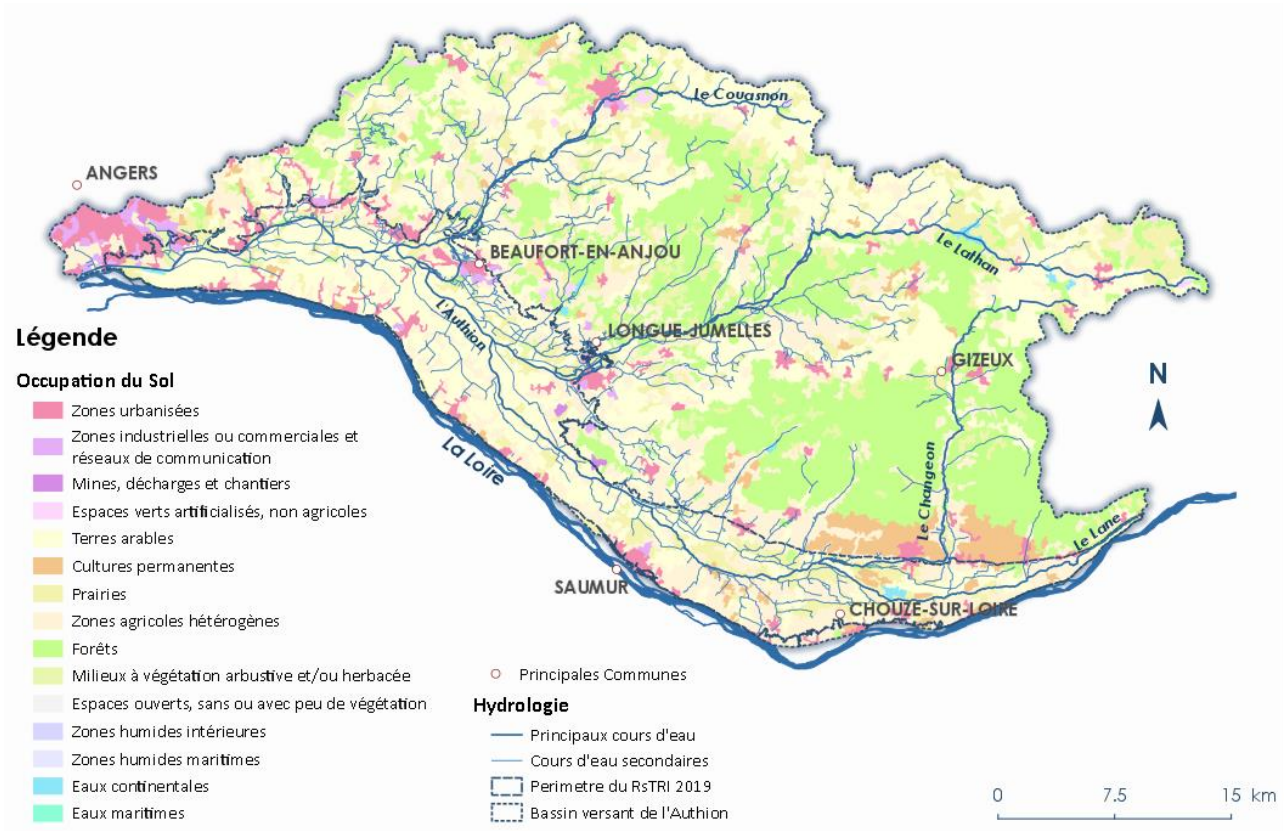


FIGURE 9 - LE BASSIN VERSANT DE L'AUTHION : UN TERRITOIRE AGRICOLE (SOURCE : SMBAA ET CORINE LAND COVER, 2012 ; REALISEE PAR COZLER, 2018)

1.6. L'HYDROLOGIE DU VAL D'AUTHION : UNE GESTION HISTORIQUE, POUR LES BESOINS DE L'AGRICULTURE.

Le développement de l'agriculture dans cette plaine alluviale a été permis par la mise en place progressive de la **levée de la Loire** et le développement d'un **réseau dense de canaux** accompagnés de nombreux ouvrages, tel que les barrages, vannes ou encore les madriers. Ces aménagements permettent de relever la ligne d'eau en été pour les besoins de l'irrigation. **Au total plus de 1337 ouvrages sur l'ensemble du bassin versant** sont à dénombrer dont 175 sont gérés par la SMBAA, ces derniers sont présentés sur la carte ci-dessous (Figure 10). Le val est aujourd'hui considéré comme un « polder »[1] fluvial, les terres ayant été drainées par un réseau de canaux, dans la plaine d'inondation de la Loire. L'Authion est aujourd'hui déconnectée de celle-ci en surface par la levée de la Loire, pour permettre le développement de l'agriculture intensive et spécialisée en particulier dans la production de semences (BETHEMONT et WASSON, 1996, p.34 ; NORMANDIN, 1973).

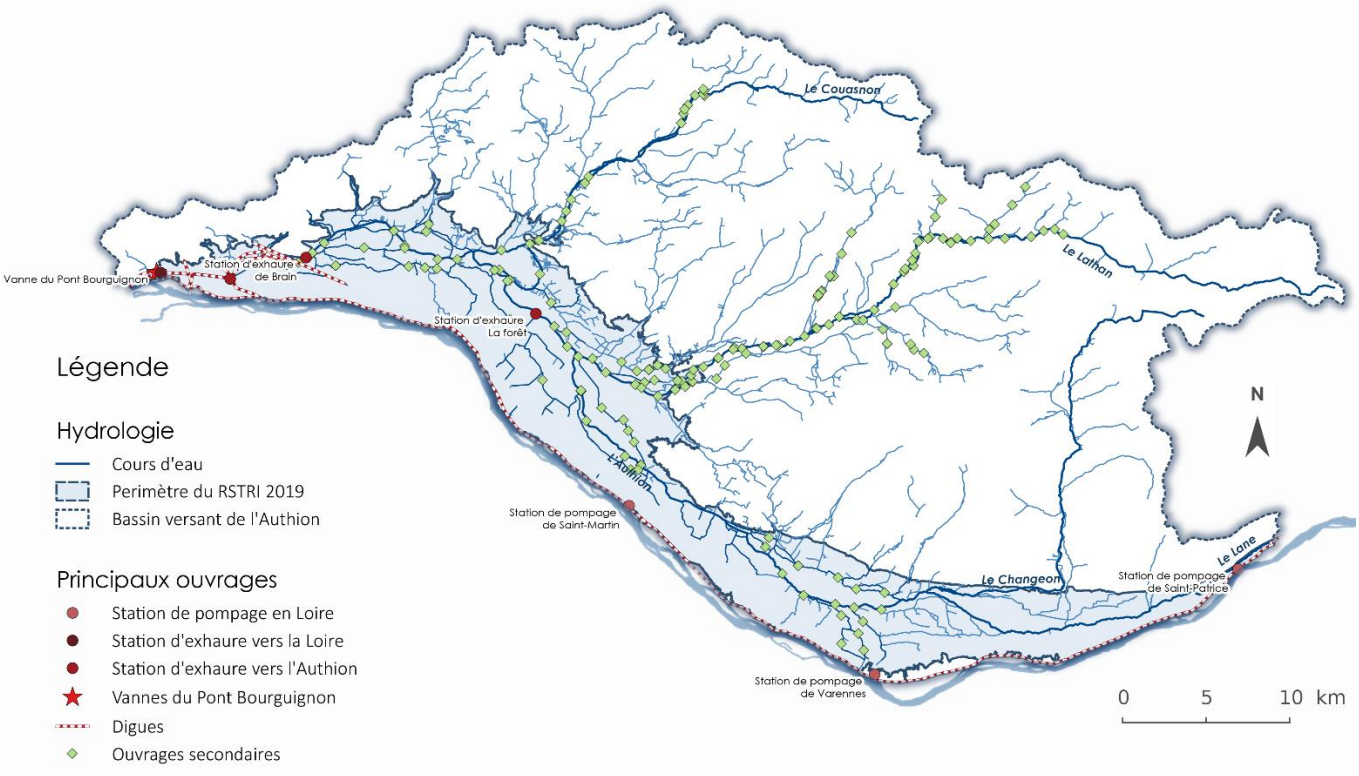


FIGURE 10 - PRINCIPAUX OUVRAGES HYDRAULIQUES DU BASSIN VERSANT DE L'AUTHION (DONNEES DU SMBAA, 2018 ; REALISEE PAR COZLER, 2018)

[1] *« Un polder […] est une terre conquise sur une étendue d'eau (marine, lacustre ou fluviale) par endiguement ou assèchement, généralement à des fins d'exploitation agricole ou industrielles. » (Définition de GOELDNER-GIANELLA, HYPERGEO, 2014)*

1.6.1. UNE SUCCESSION DE GRANDS TRAVAUX HYDRAULIQUES…

Les premières levées, appelées aussi turcies, séparant le val d'Authion de la Loire datent du début du moyen Âge puis elles ont progressivement été rassemblées à partir du XI^{ème} siècle (CHOUQUER et al., cité par CARCAUD et al., 1998 et SMBAA, 2008) pour former une levée continue d'Angers à Tours (en 1732) et régulièrement agrandie au-dessus de la crue de référence de 1856 (BETHEMONT et WASSON, 1996, p.34). L'aménagement du val s'est fait à partir du 17ème siècle afin d'assainir les terres et de rendre l'Authion en partie navigable. Cependant, le projet n'a réellement abouti qu'en 1958 (CARCAUD et al., 1998). Ce dernier s'est composé de trois grands objectifs :

- **Les travaux de curage**, de remise en l'état et de **recalibrage** de l'Authion permettant d'améliorer les écoulements, s'accompagnant de l'assainissement du val par un réseau de canaux et de fossés
- L'installation d'une **station de pompage** au Ponts-de-Cé afin de limiter les inondations
- Enfin la mise en place des **travaux d'irrigation** des cultures (DE CHAVAGNAC, 1977).

1.6.2. … PERMETTANT DE CONTROLER LES NIVEAUX D'EAU…

À l'origine le régime de l'Authion est de type pluvial, avec des hautes eaux en hiver et une période d'étiage en été**.** Cependant, après de nombreux aménagements réalisés dans les années 1960, **le régime est aujourd'hui contrôlé**. En effet, dans un contexte de remembrement, l'Authion a été recalibré et curé, dessinant un réseau complexe de canaux et de stations de pompage pour l'irrigation des cultures. Le **soutien d'étiage** est accompli en été, par pompage en Loire, *via* 3 stations dont la plus ancienne est située à Varenne sur Loire (Figure 10 et 9) et la plus importante à Saint Martin de la Place, ayant une capacité de pompage de 2m^3/s. Cette action est accompagnée du maintien du niveau d'eau par le rehaussement des ouvrages hydrauliques dans les canaux afin de permettre aux agriculteurs d'irriguer. Cette technique d'irrigation est possible par le pompage directement dans le cours d'eau, en période normale d'étiage. Au contraire d'une irrigation qui se réalise normalement dans les nappes phréatiques ou dans le cours d'eau en période de hautes eaux pour permettre le stockage jusqu'au prochain étiage.

FIGURE 11 - STATION DE POMPAGE EN LOIRE DE VARENNE (X = 476896 ; Y = 6685237 ; CLICHES REALISES PAR COZLER LE 19/04/2018)

Au total, 3 types d'ouvrages hydrauliques permettant le contrôle des niveaux d'eau dans le val d'Authion : les clapets (A, Figure 12), les vannes (C, Figure 12) ou encore les madriers souvent accompagnés d'un ouvrage de franchissement de type « buse » en aval (B, Figure 12).

FIGURE 12 – TYPOLOGIE DES OUVRAGES HYDRAULIQUES PRESENTS DANS LE VAL D'AUTHION : (A) CLAPET DU PONT DE BOIS SUR LA BOIRE DES ROUX (X = 474706 ; Y = 6691062) ; (B) MADRIER B2 DU CANAL DE GAURE (X = 475914 ; Y = 6687689) ; (C) VANNE LATERALE DU CANAL 200, CONFLUENCE AVEC LE CANAL 301 (X = 458589.8 ; Y = 6701220.8) (CLICHES REALISES PAR COZLER LE 19/04/2018)

Tandis que l'hiver, et plus généralement en période de hautes eaux, les stations de pompage, comme celle du pont Bourguignon aux Ponts-de-Cé, permettent **d'écrêter les crues** de l'Authion vers la Loire (Figure 13). Cette station d'exhaure a été construite en 1974 pour éviter le refoulement de la Loire dans l'Authion au niveau de la confluence. En effet, l'Authion présente une pente plus faible que celle de la Loire et un niveau d'eau moins important. La station d'exhaure permet donc d'évacuer l'eau de l'Authion vers la Loire par pompage en période de crue (Figure 10). Cette gestion des hautes eaux est accompagnée par l'abaissement de l'ensemble des ouvrages hydrauliques présents sur les canaux, afin de permettre le bon écoulement des eaux vers la station d'exhaure tout en assurant l'assainissement des terres agricoles.

FIGURE 13 - LES VANNES DU PONT BOURGUIGNON (CLICHE DE GAUCHE ; X = 434414, Y = 6709118) ET LA STATION D'EXHAURE DES PONTS-DE-CE (CLICHE DE GAUCHE ; X = 434414 ET Y= 6709321) (CLICHEES REALISES PAR COZLER LE 14/05/2018)

Le val d'Authion est donc caractérisé par une économie agricole dépendante des pompes, pour l'évacuation des eaux de l'Authion par surverse dans la Loire, et des retenues d'eau, pour le soutien d'étiage. Des aménagements nombreux qui font du val d'Authion un véritable polder fluvial caractérisé par **une gestion du val ingénioriale** tentant de préserver la vallée des inondations et permettant de développer l'agriculture.

1.6.3. … ET D'ASSAINIR LES TERRES PAR UN RESEAU DENSE DE CANAUX.

Le réseau complexe de canaux et de fossés a été progressivement mis en place depuis le début du 17ème siècle. Les cours d'eau ont été rectifiés afin d'augmenter la vitesse d'écoulement des eaux et creusés pour faciliter l'assainissement des terres. En effet, à l'origine le fonctionnement du val est similaire à celui d'un marais endigué, de par sa faible pente et par des terres humides, lié aux connexions avec la Loire, difficilement drainées par le réseau hydrographique (Forum des marais Atlantiques, 2005 ; CARCAUD et al., 1998). Le réseau de canaux et de fossés mis en place à partir du 17ème siècle et amélioré en 1958 (DE CHAVAGNAC, 1977) est donc destiné à assainir les terres et permettre le développement de l'agriculture, en complément des ouvrages hydrauliques facilitant l'irrigation.

Au total, un linéaire de 64,40 km de fossés, et de 176,86 km de canaux, caractérise le val d'Authion. Les canaux sont classés comme cours d'eau, conformément à la Loi sur l'eau (article L. 215-7-1 ; annexe 2). Selon cette dernière, sont classés cours d'eau les écoulements répondant à au moins un des trois critères majeurs (la présence et permanence d'un lit naturel à l'origine, l'alimentation par une source et un débit suffisant une majeure partie de l'année), la détermination est ensuite affinée avec des critères complémentaires (la présence de berges et d'un lit au substrat spécifique, la présence de vi aquatique, la continuité amont/aval), le détail de l'arborescence est présenté en annexe 2. Dans le cas du val d'Authion, les canaux ont été classés cours d'eau puisqu'ils présentent un débit suffisant une majeure partie de l'année, même si celui-ci est contrôlé par les gestionnaires, et qu'ils présentent une continuité amont/aval et une faune et flore aquatiques.

Les canaux composent le réseau secondaire du val d'Authion. En effet, ils sont tous connectés à l'Authion de façon directe ou indirecte, formant des « boucles » annexes et dont le niveau d'eau est contrôlé à la fois par les clapets du réseau principal (situés sur l'Authion) et les ouvrages hydrauliques situés sur les canaux. Nous pouvons noter une **grande diversité de profils des canaux** du val, avec des largeurs allant de 1,30 m à 6 m et une profondeur allant de 0,5 m à 2,60 m, la végétation rivulaire y est aussi hétérogène, de dense à absente, composée d'espèces arbustives et arborescentes (Figure 14). Cependant, ils présentent tous un tracé rectiligne et une pente faible. Les débits étant très variables et dépendant de la gestion des ouvrages, aucune mesure n'est réalisée au niveau des canaux. Seule la cote altimétrique de la ligne d'eau est observée, sur les échelles des ouvrages, lors des contrôles, afin d'assurer la présence d'une quantité d'eau suffisante dans les canaux.

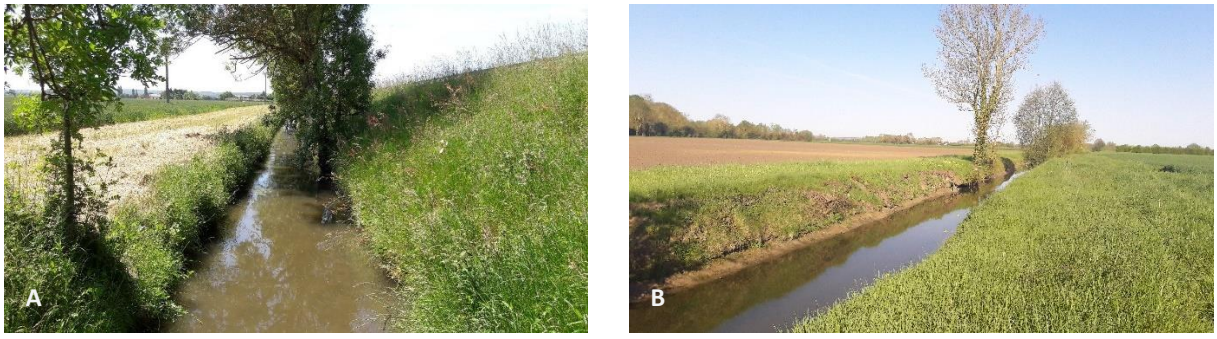


FIGURE 14 – (A) CANAL 300 (X = 454907, Y= 6706670, CLICHE REALISE PAR COZLER, LE 18/05/2018), ET (B) CANAL 900 (X = 461077, Y = 6700697, CLICHES REALISES PAR COZLER LE 30/03/2018)

Ces canaux sont aujourd'hui en proie à des problématiques d'envasement, liées à différents facteurs : morphologiques (profil en « U », tracé rectiligne, surlargeur, pente très faible voire nulle) conséquences des différentes modifications anthropiques, dont notamment la présence de nombreux ouvrages, mais aussi

liées à la présence d'une faune classée comme invasive, comme les ragondins ou encore les écrevisses de Louisiane (DUTARTE et al., 2010).

1.7. LES CONFLITS D'USAGES : ENTRE PROTECTION CONTRE LES INONDATIONS, GESTION HYDRAULIQUE, INTERET PATRIMONIAL, PAYSAGER ET ENVIRONNEMENTAL

Les conflits engendrés par l'intensification agricole du début des années 1960 ont été étudiés entre autres par BONNEAU et BARBAZA (1974). Dans le contexte du remembrement, l'assainissement des terres du val d'Authion a provoqué l'homogénéisation du paysage et des activités économiques, avec l'émergence des exploitations de « peupliers robusta » et des cultures intensives au détriment des activités récréatives, telles que la pêche, les promenades pédestres ou encore la pratique du canoë ou de la baignade dans la Loire. Dans les années 1970, ce changement d'occupation du sol et le tournant économique impulsé par le remembrement intéressent la sphère des sciences sociales non pas pour les impacts environnementaux mais pour repenser l'organisation de l'occupation du sol afin de garder une diversité économique pour assurer l'emploi (BONNEAU et BARBAZA, 1974, p.192). Puis le début des années 1990 a été marqué par une volonté de mise en valeur des paysages avec la « Loi sur la protection et la mise en valeur des paysages » adoptée en 1993 (DAVODEAU, 2008). Les pays de la Loire deviennent alors une richesse paysagère à préserver, et notamment les trois Val de Tours à Angers de par leurs caractéristiques spécifiques, paysages agraires permis par la levée de la Loire. Les riverains se sont par la suite approprié cette identité paysagère, impulsée par l'État, engendrant alors des conflits avec les gestionnaires. En effet, les riverains se sont opposé à différents projets, tel que le renforcement de la levée en 1995, sous l'argument de l'« identité paysagère » du val (DAVODEAU, 2008, p.5). **Le paysage maillé de canaux** du val d'Authion est aujourd'hui perçu comme tel, un **bien patrimonial**, par les agriculteurs du val d'Authion, ce qui implique certaines réticences de la part des propriétaires fonciers vis-à-vis des travaux de réhabilitation visant à remédier à la problématique d'envasement des canaux de façon pérenne.

2. DYNAMIQUES HYDROMORPHOLOGIQUES : PRINCIPES GENERAUX

2.1. L'ENVASEMENT : RESULTAT DU REAJUSTEMENT DYNAMIQUE DU COURS D'EAU

S.A. Schumm qualifie le système fluvial de « système à processus-réponse » (SCHUMM, 1981) en référence au concept d'équilibre dynamique se traduisant par l'ajustement permanent de deux variables (SCHUMM, 1981) : les variables de « contrôle » et celles de « réponse ». On compte alors deux principales variables de contrôle, le débit liquide (Q) et le débit solide (Qs) (THORNE, 1997). Quant aux variables de réponse, elles se traduisent par un ajustement morphologique du cours d'eau aux variations des variables de contrôle, parmi elles on peut citer : la pente, la géométrie de la vallée, la nature des alluvions et du substratum mais aussi la ripisylve.

C'est en 1955 que Lane conceptualise cette dynamique sous la forme d'une balance (Figure 15), tous les cours d'eau cherchant continuellement leur équilibre entre leur charge grossière – aussi appelée débit solide (Qs) – et leur débit liquide (Q) (LANE, 1955) ce qui se traduit par un ajustement permanent de la morphologie du cours d'eau en fonction des deux principales variables de contrôle, se traduisant par des processus de dépôts et d'érosion.

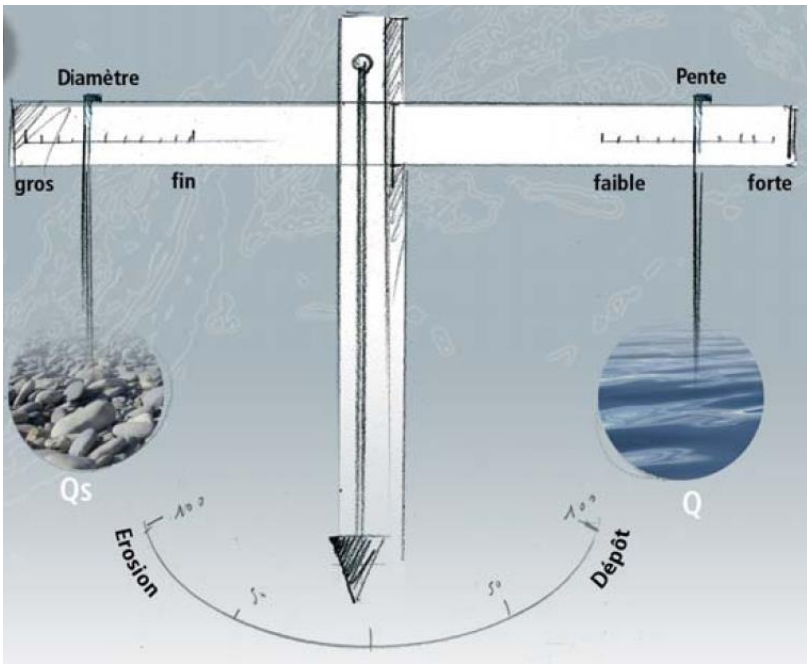


FIGURE 15 - SHEMAS DE LA "BALANCE DE LANE" (MALAVOI ET BRAVARD, 2011, FIGURE 2, P.11)

Le val d'Authion étant caractérisé par une pente faible, de 0,02 % en moyenne et ne dépassant pas les 0,21 %, nous pouvons alors supposer que l'envasement des canaux du val d'Authion est la conséquence d'une pente trop faible pour assurer un débit suffisant permettant d'évacuer la charge alluviale, ce qui provoque l'exhaussement du lit. **La largeur des canaux** est aussi à questionner dans leur rôle sur le processus d'envasement. En effet, plus le lit présente une largeur importante, plus la vitesse d'écoulement diminue, plus la capacité de transport du cours d'eau est faible. Il est alors important de déterminer l'origine de la charge sédimentaire afin de pouvoir réaliser une gestion cohérente.

2.2. LES APPORTS SEDIMENTAIRES

Dans la littérature, deux grandes sources sédimentaires sont décrites : les apports externes, venant de la plaine alluviale du cours d'eau et de ses versants, et les apports internes, provenant du lit du cours d'eau (MALAVOI et BRAVARD, 2010, p.21 et 2011, p.15).

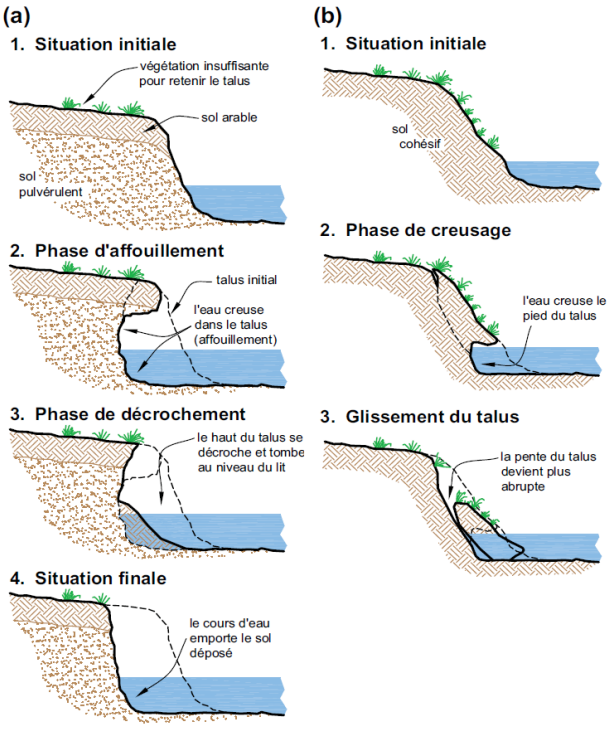


FIGURE 16 - PROCESSUS D'EROSION DES BERGES OBSERVE (A) EN SOL PEU COHESIF ET (B) EN SOL COHESIF LORSQUE LA VITESSE DE L'EAU EST IMPORTANTE (LEMINEUX, MAPAQ, ADAPTE DE BENTRUP ET HOAG, 1998)

Les principaux apports sédimentaires dans le val d'Authion, ont été mis en évidence par MARTEAU (2016). Lors de cette première étude, l'hypothèse d'un apport important provenant des affluents et de la tête du bassin versant, comme cela est souvent le cas (ARNAUD-FASSETTA, 1993), a été en partie réfutée. Les apports sédimentaires dans le val d'Authion seraient en **grande majorité d'origine interne**, *via* le processus d'érosion des berges par affouillement et effondrement des canaux (Figure 16, (a)) et d'origine externe par ruissellement diffus des parcelles agricoles. Un nombre important de drains agricoles se rejettent aussi dans les canaux du val, amenant avec eux de la Matière En Suspension (MES). Le rôle des drains agricoles dans l'apport de la charge alluviale dans les cours d'eau a été démontré notamment par PENVEN et MUXART en 1995 pour le cas du plateau Briard.

Les ragondins (en latin, *Myocastor coypus*) jouent aussi un rôle dans l'apport sédimentaire et sont particulièrement présents dans la vallée, préférant des berges abruptes caractéristiques des profils en « U » que l'on retrouve sur la grande majorité des canaux. Ils ont été introduits au 19ème siècle pour l'exploitation de leur fourrure. Aujourd'hui ils sont considérés comme une espèce envahissante et ont des impacts importants sur la déstabilisation des berges par la construction de leur terrier (DUTARTE et al., 2010). Parmi les espèces invasives participant à la déstabilisation des berges, les écrevisses de Louisiane (*Procamabrus clarkii*) sont aussi présentes dans le val d'Authion (Arrêté du 31 juillet 2000 établissant la liste des organismes nuisibles aux végétaux, produits végétaux et autres objets soumis à des mesures de lutte obligatoires).

Les élevages en bord de cours d'eau sont aussi une source d'apport sédimentaire interne. C'est ce qui a été démontré dans de petits bassins versants de plaine par LEFRANCOIS (2007) et VONGVIXAY (2012)

2.3. L'IDENTIFICATION DES FACTEURS D'ENVASEMENT ET L'ELABORATION DU SUIVI SEDIMENTAIRE (MARTEAU, 2016)

L'élaboration du plan de gestion a commencé par les travaux de MARTEAU (2016) qui s'est attaché à comprendre le fonctionnement sédimentaire afin d'adapter la gestion du bassin face aux problèmes d'envasement résultant d'une faible pente et d'un apport important de MES (Matières En Suspension). Suite à la réalisation d'un inventaire suivant la méthodologie REH (Réseau d'Evaluation des Habitats). Il a pu mettre en évidence le rôle de plusieurs **facteurs expliquant l'envasement des canaux du val** (Tableau 2). C'est dans le cadre de cet état des lieux que le suivi sédimentaire du val a été mis en place afin de caractériser le processus d'envasement et ainsi estimer une vitesse de sédimentation à l'échelle du tronçon.

TABLEAU 2 - TABLEAU RECAPITULATIF DES FACTEURS EXPLICATIFS DE L'ENVASEMENT DES CANAUX DU VAL D'AUTHION (ADAPTE DE MARTEAU, 2016)

Processus	Facteurs	Rôle, impact
Apports internes : Erosion des berges	La ripisylve	Maintien des berges par le système racinaire
	La morphologie en « U » des canaux	Pente forte des berges
	La nature du sol	Des berges sablo-limoneuses peu cohésives
	Alternance des niveaux d'eau : le marnage[2]	Provoque un affouillement en pied de berge
	La faune	Déstabilisation des berges par la construction de terriers ou de galeries (ragondin, rat musqué et écrevisse de Louisiane)
	La flore	Comme les peupleraies (peupliers alignés sur le bord des cours d'eau) puisque leur système racinaire est peu développé mais leur taille est élevée, ce qui permet une prise au vent importante et augmente les risques d'arrachage qui entraine la destruction et la déstabilisation des berges. De plus, les feuilles de peupliers se décomposent très lentement, participant à l'envasement du cours d'eau et à l'homogénéisation du milieu (WURTZ, 1955)
	L'élevage	L'accès direct des élevages au cours d'eau entraine le piétinement de la berge et donc sa fragilisation
	Les pompes de refoulement des réseaux de drainage	Provoquent une érosion du lit et des berges
Apports externes : Erosion des versants	Occupation du sol : les parcelles agricoles	Susceptibilité plus ou moins importante au ruissellement diffus selon le type de production et si le sol est à découvert une partie de l'année.
	Drainage des parcelles agricoles	Qui apporte une charge non négligeable en MES dans les cours d'eau
Dynamiques hydriques : Un écoulement plat lentique	Les ouvrages	Le fonctionnement du val est dicté par ces multiples ouvrages qui favorisent les écoulements en période de hautes eaux et qui jouent le rôle de soutien d'étiage en basses eaux, l'économie agricole de la vallée en dépend.
	La pente faible	Qui ne permet pas d'assurer l'évacuation de la charge sédimentaire.
	La largeur des canaux	Amplifié par les travaux de curages (entre 1981 et 2016)

[2] « Variation du niveau d'un plan d'eau d'une voie navigable ou d'une retenue en cours d'exploitation normale » (définition du Larousse, 2017)

3. CONSEQUENCES ET GESTION DE L'ENVASEMENT DES CANAUX

3.1. CONSEQUENCES DES AMENAGEMENTS ET DE LA CHENALISATION SUR LES TRANSFERTS HYDRIQUES ET SEDIMENTAIRES DES COURS D'EAU

Il a été démontré par de nombreux auteurs que l'hydromorphologie des cours d'eau était intimement liée à leur qualité écologique (BUNN et ATHINGTON, 2002 ; NILSSON et SVEDMARK, 2002 et ELOSEGI *et al.*, 2010, cités par GOB, 2014, WASSON et a., 1995). L'aménagement des cours d'eau, en modifiant les variables de contrôle, provoque le déséquilibre de son fonctionnement hydromorphologique, l'altération des habitats et par conséquent, la diminution de la faune et de la flore aquatique.

Le rôle des aménagements d'origine anthropique a intéressé la sphère scientifique à partir des années 1980, il a été constaté, par de nombreux auteurs, une diminution généralisée de la charge solide dans les cours d'eau et une homogénéisation des milieux aquatiques, conséquence de multiples facteurs d'origine anthropique : l'extraction des granulats en lit mineur, l'urbanisation et l'imperméabilisation des sols, les travaux de chenalisations effectués pour accélérer les écoulements, le curage et les divers barrages et seuils (MALAVOI *et al.*, 2011, p.82**). A l'inverse, malgré des travaux de recalibrages importants, dans le val d'Authion nous observons une dynamique d'exhaussement** liée à une pente très faible voire nulle et à la présence de nombreux ouvrages hydrauliques, modifiant les transferts hydriques et sédimentaires et provoquant le dépôt de la charge alluviale en amont.

3.2. L'ENVASEMENT : D'UNE APPROCHE QUANTITATIVE A LA RECHERCHE D'UNE GESTION COHERENTE

Le phénomène d'envasement a commencé à être étudié dans les années 1950. En effet, la construction des grands ouvrages hydrauliques au début du XX^{ème} siècle a provoqué l'envasement de l'amont par sédimentation de la matière en suspension. Ce qui motive ces études ce n'est pas le risque de pollution ou d'eutrophisation engendrée par l'envasement des lacs formés par les barrages mais la mesure du volume du dépôt sédimentaire pour estimer l'érosion du bassin versant et les facteurs d'envasement (GHORBEL et CLAUDE, 1977). Nous sommes dans une démarche quantitative des flux dans un contexte où les préoccupations scientifiques sont tournées vers l'érosion des terres agricoles, en particulier au Maghreb depuis le début des années 1950, suite au Congrès de Madison de l'Association Internationale de Science du Sol (ROOSE, 1994) ce qui aboutira à la création du réseau érosion de l'OSTROM en 1983. C'est dans le cadre de l'OSTROM que GHORBEL et CLAUDE mettent en évidence en 1977 l'influence de la taille du bassin versant, de la pente, du couvert végétal et de la nature du sol ainsi que le mode d'exploitation sur le volume de sédiments stockés en amont des barrages étudiés. Cependant, ces résultats restent à titre indicatif puisque cette étude n'a été menée que sur 7 barrages et qu'aucun test de corrélation n'a été réalisé (GHORBEL et CLAUDE, 1977, p.10 et p.33).

Ce n'est que plus tardivement que l'envasement prend une dimension économique, puisque l'irrigation des terres agricoles dépend des lacs collinaires ou de barrages, en particulier au Maghreb. Les préoccupations se centrent alors sur la vitesse de remplissage des barrages et la perte en capacité de stockage (MAMMOU et LOUATI, 2007, REMINI et BENFETTA, 2015).

D'autre auteurs s'intéressent à l'envasement des deltas, tel que ARNAUD-FASSETTA (1993) amorçant des études plus globales sur l'identification des zones de production sédimentaire aux espaces de dépôts à

l'exutoire du bassin versant (VIEL, 2012) par le biais du développement des bilans sédimentaires. Nous sommes encore dans une logique d'estimation des flux de charge solide.

Cependant, les travaux qui prennent en compte l'ensemble du processus, de l'érosion des versants en passant par le transport jusqu'à la sédimentation dans les cours d'eau et en amont des seuils sont encore timides. Une approche statistique multifactorielle a cependant été menée par HAJJI *et al.* en 2015. En utilisant l'analyse en composantes principales (ACP) et la classification hiérarchique (CH), ils mettent en évidence les différents facteurs intervenant dans le processus d'envasement des lacs collinaires Tunisien en les hiérarchisant par ordre d'importance afin de réaliser une carte de la vulnérabilité de la dynamique d'envasement.

Ce constat, du manque de prise en compte de l'ensemble des processus d'envasement dans l'étude et la gestion de cette problématique, a aussi été effectué lors d'un séminaire en Décembre 2017 à Orléans intitulé « Des versants aux masses d'eau : érosion, colmatage et envasement » (VANDROMME *et al.* 2017). À l'issue de ce séminaire, il a été retenu l'importance de la communication entre la communauté scientifique et les gestionnaires mais aussi au sein même de la communauté scientifique (entre les pédologues et les agronomes qui travaillent sur les versants et les hydrauliciens et sédimentologues qui se concentrent sur les cours d'eau) afin de prendre en compte l'ensemble des facteurs amenant à des problématiques d'envasement.

Au Brésil, la gestion du risque d'envasement de la baie d'Antonia tente de concilier l'ensemble des acteurs au sein du même programme (BERTRAND *et al.*, 2014). En effet, la gestion se réalise par la maitrise des zones de production sédimentaire tout en intégrant au sein du même programme les acteurs économiques, territoriaux et issus de la sphère civile. Cette organisation a été résumée sous forme de modèle conceptuel présenté ci-après (Figure 17).

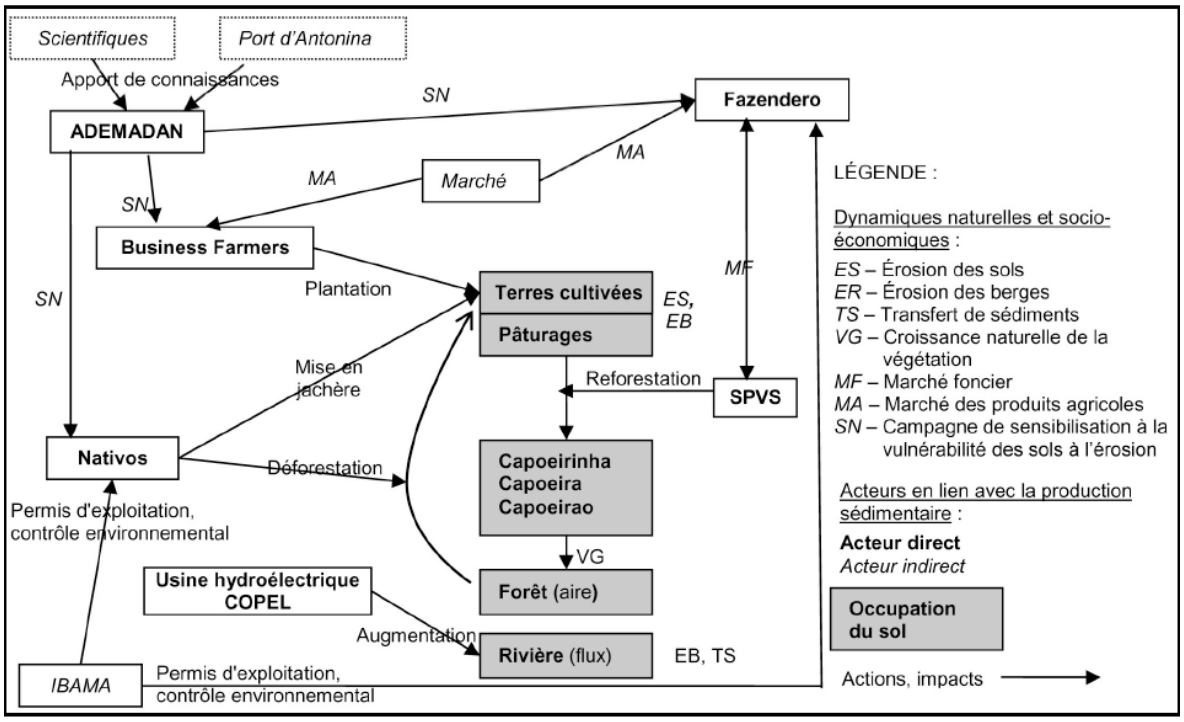


FIGURE 17 - MODELE CONCEPTUEL DES INTERACTIONS SOCIO-ENVIRONNEMENTALES LIEES A L'ENVASEMENT DE LA BAIE D'ANTONINA (BERTRAND *et al.*, 2014, P.370)

Quant à la **dynamique d'envasement au sein des canaux** d'assainissement et d'irrigation, elle reste une **thématique très peu abordée**, seules quelques études portent sur la dynamique des flux solides dans des

petits bassins de plaine (LEFRANCOIS, 2007 ; VONGVIXAY, 2012). Il apparait donc nécessaire de mettre en **place une gestion intégrée** tout en **d'approfondissant les liens existants** entre les **différents facteurs** participant au processus d'envasement et de mettre en place une gestion intégrée entre l'ensemble des acteurs du territoire du val d'Authion.

3.3. L'ENVASEMENT : DES CONSEQUENCES ENVIRONNEMENTALES, ECONOMIQUES ET SOCIALES

Les conséquences de l'envasement sont multiples et ont été mises en évidence par BADRAOUI et HAJJI (2001) pour le cas particulier des retenues de barrages. En dehors de **l'impact économique** causé par la réduction de la capacité de stockage du barrage, ils mettent aussi en exergue la **fragilisation des ouvrages** hydrauliques liée aux blocages des sédiments en amont et ainsi pouvant créer un « bouchon de vase ». De plus, l'envasement peut conduire à l'**eutrophisation** du cours d'eau suite à un apport excessif d'éléments nutritifs (phosphore, manganèse et azote), en particulier en contexte agricole. L'eutrophisation des cours d'eau peut se traduire dans le paysage par la présence de lentilles, de jussies ou d'hydrophytes, espèces invasives témoins de la présence de vase (THIEBAUT et al., 2010).

3.4. MESURES DE GESTION DE L'ATTERRISSEMENT

Afin de limiter le phénomène d'exhaussement du lit, deux approches sont possibles :

- La gestion des apports sédimentaires externes provenant des versants, *via* la modification du mode et de l'organisation de l'occupation du sol, en créant des espaces tampon permettant de bloquer les sédiments par « effet de peigne ». C'est le rôle, entre autres, des bandes enherbées, obligatoires le long des cours d'eau dont les versants sont occupés par des parcelles agricoles.
- La gestion des apports internes – provenant des berges – *via* des interventions internes au cours d'eau, comme le curage qui s'accompagne de mesures compensatoires visant à restaurer l'équilibre dynamique des cours d'eau (ORAISON et al., 2011).

Dans le cadre du plan de gestion et des compétences portées par le SMBAA, nous nous intéresserons à ce deuxième type de gestion.

3.4.1. LE CURAGE : UNE MESURE CURATIVE DE PLUS EN PLUS ENCADREE

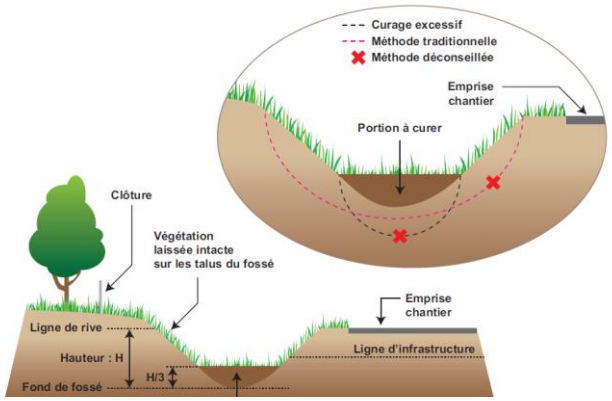


FIGURE 18 - SCHEMA D'ENTRETIEN DES FOSSES PAR LA TECHNIQUE DU TIERS INFERIEUR (GUAY ET AL., 2012, AFB, 2018 P.81)

Le curage est une mesure de gestion qui consiste à prélever une partie de la charge alluviale du cours d'eau afin d'améliorer sa capacité d'écoulement (MALAVOI et al., 2011, p.86). Cette action a connu son apogée dans la seconde moitié du vingtième siècle, elle fut pratiquée de façon abusive afin d'augmenter la vitesse des écoulements et la capacité de stockage du cours d'eau, tout en améliorant l'assainissement des terres, provoquant alors un phénomène

d'incision. Le recours au curage est aujourd'hui fortement restreint par le code de l'environnement (L215-15), se limitant à une mesure à prendre en cas d'enjeux majeurs pour les populations ou pour les espèces aquatiques. Dans ce contexte la technique du curage, pour l'entretien des canaux et fossés, a évolué et s'est adoucie. La méthode du **curage selon le tiers inférieur** est aujourd'hui préconisée par l'AFB (AFB, 2018, p.81). Cette dernière consiste à limiter la portion à curer au lit en largeur et au tiers de la hauteur de dépôt en profondeur, elle s'accompagne aussi de préconisation dans la réalisation des travaux, la taille du godet doit être adaptée à celle de la largeur du fond du lit pour ne pas risquer de déstabiliser les berges. Pour le cas des cours d'eau, cette mesure doit s'accompagner de mesures compensatoires, aussi appelées mesures préventives, comme le reprofilage du lit du cours d'eau *via* le retalutage (DES TOUCHES et ANRAS, 2005).

3.4.2. LA RESTAURATION OU REHABILITATION : DES MESURES PREVENTIVES.

La restauration des cours d'eau est une mesure de gestion fortement conseillée par la DCE pour l'atteinte du bon état écologique et assurer la quantité et la qualité des eaux souterraines et de surfaces. Elle a pour objectif l'atteinte d'un meilleur équilibre dynamique du cours d'eau, et ainsi permettre la présence d'une diversité d'habitats et de recharger les nappes phréatiques. Différents niveaux de restauration sont à envisager selon les problématiques et les enjeux définis (Eau Seine Normandie, 2007), du niveau R3 – qui a pour objectif de redonner au cours d'eau son fonctionnement naturel *via* une restauration lourde de sa morphologie – au niveau R1 – dont les objectifs et les techniques de restauration sont plus modestes tout en améliorant la diversité des habitats.

Le terme de restauration des cours d'eau fait débat dans la sphère scientifique. En effet, le degré de restauration demande une emprise foncière importante et les objectifs à atteindre dépendent de l'état « naturel » du cours d'eau. Ce dernier est difficile à définir, il dépend de l'année de référence et des objectifs du décisionnaire (MORANDI et PIEGAY, 2017). Le terme de réhabilitation est aussi employé. Ce dernier permet d'intégrer des travaux d'un niveau inférieur, dont les objectifs sont plus modestes et se limitent à une amélioration du fonctionnement du cours d'eau pour l'accompagner vers un équilibre dynamique tout en améliorant l'hétérogénéité de la biodiversité (ARONSON et al., 1995).

Dans le cas d'un cours d'eau présentant des processus d'envasement, l'objectif de la réhabilitation est de **redonner au cours d'eau sa capacité d'autoépuration tout en améliorant la diversité des habitats** (ORAISON, 2011). Différentes techniques sont utilisées, telles que la création d'un chenal préférentiel lors du curage permettant d'accélérer la vitesse des écoulements et ainsi favoriser l'autoépuration du cours d'eau. On peut aussi agir sur le profil en travers en créant des pentes douces :

- Par retalutage – *via* la création d'une pente de 1 pour 2 m (1 m de haut pour 2 m de large) (à gauche Figure 19 ; Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 2011, p.7)
- Par la création de banquettes végétalisées, permettant – à moindre niveau que le reméandrage – de diversifier les dynamiques d'écoulement et les habitats, propices notamment au développement des hélophytes (à gauche, Figure 19, De TOUCHES et ANRAS, 2005, p.28).

Afin de définir les canaux nécessitant des travaux de réhabilitation, il est nécessaire d'évaluer leur vulnérabilité face au risque d'envasement (MALAVOI et BRAVARD, 2011, p.152).

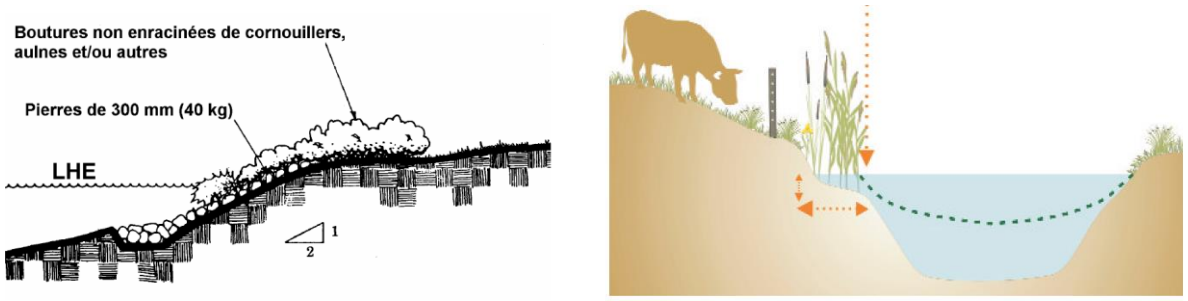


FIGURE 19 - STABILISATON DES BERGES PAR RETALUTAGE ET ENROCHEMENT (MINISTERE DU DEVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS, 2011, P.7 ; A GAUCHE) ET PAR CREATION D'UNE BANQUETTE (DE TOUCHES ET ANRAS, 2005, P.28, A DROITE)

3.4.3. L'ANALYSE DE L'ETAT DES LIEUX (KAROUI, 2017)

Par la suite, KAROUI (2017) s'est attachée à la seconde étape de l'élaboration du plan de gestion du val d'Authion. Ce dernier consiste à identifier des zones prioritaires en croisant des facteurs aggravants mis en évidence lors de l'état des lieux réalisé par le précédent stagiaire (MARTEAU, 2016). Une typologie a alors été effectuée (Figure 20) en ordonnant les tronçons les plus vulnérables en trois catégories, selon le nombre de facteurs croisés :

- L'ordre 1 correspond aux tronçons cumulant les facteurs suivants : la présence de drains agricoles connus, l'absence de ripisylve sur les deux rives, la pente (qui est similaire sur l'ensemble du val) et l'érosion des berges, seul un tronçon est à dénombré, le canal 900.
- L'ordre 2, qui compte 7 entités, comprend les tronçons dont les berges sont dépourvues de ripisylve et qui présentent des marques d'érosion sur les deux rives.
- L'ordre 3, prend en compte l'absence de ripisylve seulement sur les deux rives, un total de 55 tronçons sont concernés.

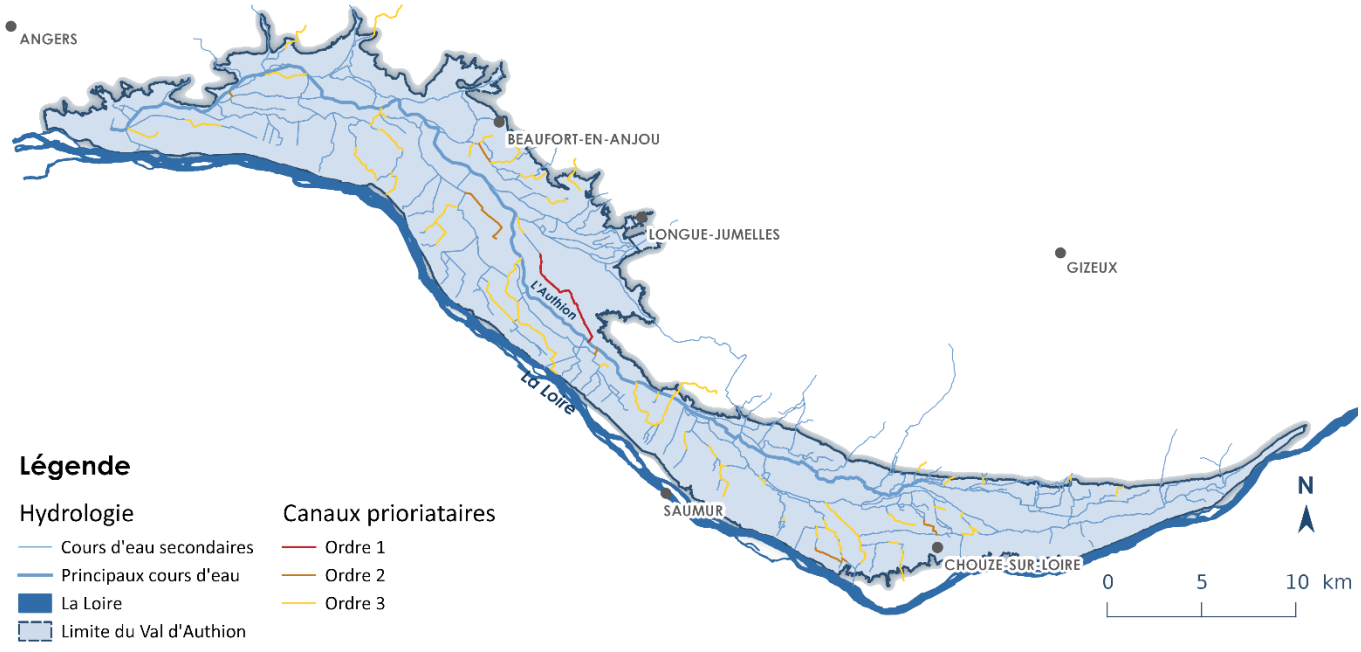


FIGURE 20 - CARTE RECAPITULATIVE DES CANAUX PRIORITAIRES IDENTIFIES PAR KAROUI, 2017 (SOURCE : KAROUI, 2017 ; REALISE PAR COZLER, 2018)

Cependant, la base de données du SMBAA recensant les parcelles agricoles drainées est incomplète et concerne seulement les projets de drainage nécessitant une autorisation auprès de la chambre d'agriculture, c'est-à-dire les parcelles drainées sur plus de 100 ha, (Nomenclature Eau, Article R214-1 du code de l'environnement, rubrique 3.3.2.0.). Ce facteur est donc difficilement exploitable et peut expliquer qu'il n'y a qu'un seul tronçon dans l'ordre 3.

De plus, cette typologie ne prend pas en compte la présence d'espèces envahissantes et le type d'occupation du sol des versants, ni les tronçons qui ont déjà bénéficié de travaux de curage ou de retalutage ces dernières années. **Cette étude vise donc à exploiter les données acquises** par MARTEAU (2016), **à approfondir les travaux réalisés par** KAROUI (2017) afin **d'affiner l'identification des canaux** prioritaires et d'exploiter les données de suivi sédimentaire et ainsi estimer la vitesse de remplissage des canaux considérés. Par la suite, des mesures de gestion de l'envasement et de réhabilitation des canaux les plus altérés seront à identifier.

CONCLUSION DU CHAPITRE 1

Le fonctionnement du val d'Authion est dépendant de la Loire et des ajustements d'origine anthropique du niveau d'eau afin de limiter le risque d'inondation et d'assurer l'irrigation des cultures et la prospérité économique de la région. Cependant, ce réseau hydrologique présente une pente faible, voire nulle, et des ruptures du continuum sédimentaire et écologiques ce qui entraine un envasement accéléré.

➔ Comment concilier continuum sédimentaire, irrigation et gestion des inondations dans un territoire dépendant du réseau de canaux et qui fait face à un envasement croissant ? Comment concilier la gestion des conflits, la gestion sédimentaire et la gestion hydrologique ?

CHAPITRE 2 : METHODOLOGIE

1. PRESENTATION DES DONNEES MOBILISEES

La gestion intégrée du milieu est nécessaire dans un contexte complexe, partagé entre la prévention des inondations, l'irrigation pour l'agriculture et les enjeux environnementaux des objectifs imposés par la DCE. La nécessité d'une gestion intégrée a été mise en avant par plusieurs auteurs dont BETHEMONT et WASSON (1996, p.39) pour le cas du Val de Loire et a été préconisée par VANDROMME (2017). Le choix du périmètre d'action doit être cohérent et homogène d'un point de vue géomorphologique, hydrologique et sur le plan socio-économique. L'échelle du val d'Authion au profit du bassin versant apparaît donc plus cohérente dans la mise en place du plan de gestion. En effet, le val d'Authion correspond à un ensemble géomorphologique caractérisé par une pente faible, encaissé entre la levée de la Loire au sud et les coteaux au nord, il correspond à la plaine alluviale de la Loire. Le val forme aussi un ensemble hydraulique cohérent de par son réseau de canaux, son fonctionnement dépend alors de la gestion hydraulique visant à soutenir l'étiage pour l'irrigation des terres, et à écrêter les crues l'hiver afin d'assainir les terres agricoles et de limiter les inondations. Le fonctionnement du val d'Authion est similaire à celui d'un marais, de par sa faible pente et ses connexions à la Loire. La limite du val correspond aussi à celle du RSTRI (Réseau Stratégique du Territoire à Risque Inondation). Ce dernier présente l'ensemble des cours d'eau du val dont la gestion et la réalisation des travaux d'entretien, sont confiées au SMBAA.

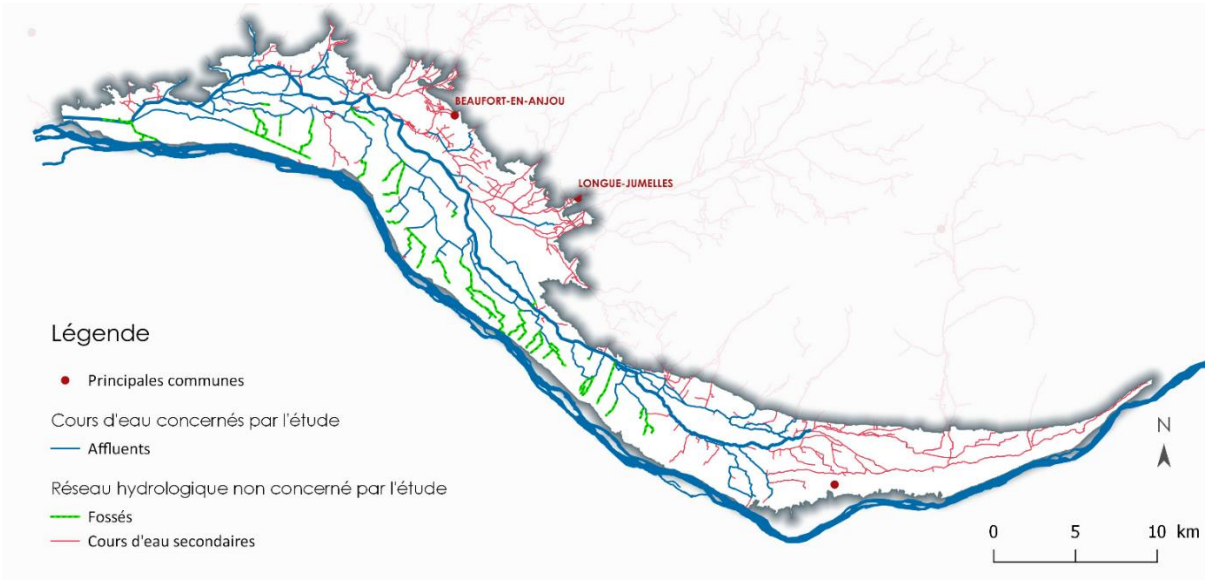


FIGURE 21 - PRESENTATION DES COURS D'EAU CONCERNES PAR LE PLAN DE GESTION PLURIANNUEL (REALISEE PAR COZLER, 2018)

Le réseau hydraulique a été découpé en tronçons homogènes par MARTEAU (2016). Cependant, ce découpage a été fait à partir de la base hydrographique 2016 avant que les cours d'eau gérés par le SMBAA ne soient mis à jour dans le cadre de la GEMAPI en 2017. Certains décalages en résultent entre les deux bases, pouvant aller jusqu'à une différence de 18,30 m. De plus, certains tronçons ne sont plus gérés par le SMBAA. Une mise à jour de la base de données a donc été nécessaire afin qu'elle ne contienne plus que les canaux concernés par le plan de gestion. C'est-à-dire les tronçons des canaux, classés cours d'eau, dont la gestion est confiée au SMBAA, et ceux qui n'ont pas fait l'objet de travaux depuis plus de 5 ans. Cependant, ces canaux nous serviront de référence afin d'évaluer la vitesse de remplissage sédimentaire.

2. SUIVI SEDIMENTOLOGIQUE ET BATHYMETRIQUE.

Le suivi sédimentaire mis en place par MARTEAU en 2016, comporte aujourd'hui 4 séries de mesures : juin 2016 (MARTEAU, 2016), mars et juin 2017 (KAROUI, 2017) et la dernière série de mesures réalisées pendant cette étude en mai 2018. Au total 47 points de mesures sont répartis sur l'ensemble du val d'Authion, chaque campagne de mesure s'effectue sur les mêmes points de suivi sédimentaires. L'analyse des hauteurs de vase obtenue lors de ces campagnes de mesures va nous permettre de **questionner l'évolution spatio-temporelle de l'envasement** dans le RSTRI concerné par le plan de gestion pluriannuel, et ainsi définir des zones où l'aléa est plus important.

2.1. LE SUIVI SEDIMENTAIRE DANS LE VAL D'AUTHION : LA METHODE DE LA PERCHE COULISSANTE.

Le protocole de suivi sédimentaire dans le val d'Authion a été mis en place par MARTEAU (2016) à l'aide de **la perche coulissante** (Figure 22) recommandé par la DREAL et le forum des marais aquatiques. Le principe de la perche est d'atteindre le substratum avec la pige coulissante (en gris, Figure 22) après avoir posé le plateau de la partie fixe de la perche de mesure (en noir, Figure 22) sur le toit de vase. La longueur de la pige est alors mesurée entre le toit de vase et le haut de la pige. Cette mesure permet alors de calculer la hauteur de vase *via* la formule suivante :

ÉQUATION 1 - EQUATION DE LA HAUTEUR DE VASE

$$Hv = (Lc - M) - Lp$$

Avec :

- $Hv =$ hauteur de vase
- $Lp =$ longueur de la pige
- $Lc =$ longueur de la canne
- $M =$ mesure de la pige rétractée

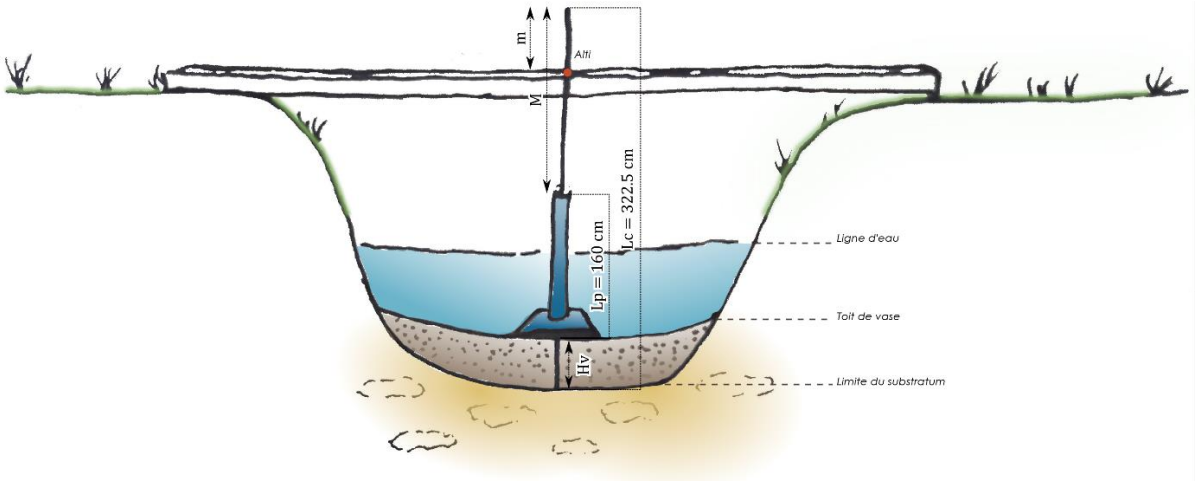


FIGURE 22 - SCHEMA DU FONCTIONNEMENT DE LA PERCHE COULISSANTE (REALISE PAR COZLER, 2018)

L'utilisation de la perche coulissante a l'avantage d'être peu coûteuse mais présente quelques inconvénients, de par son manque de précision. En effet, le plateau a tendance à s'enfoncer légèrement dans la vase ce qui induit une **erreur de mesure de 4.36 cm,** ce qui est important dans un contexte où la pente est en moyenne de 0.02 %, en particulier pour les valeurs les plus basse. Cette dernière a été estimée

en effectuant à deux reprises la mesure sur 9 points de suivi. La différence entre la première et la seconde mesure a alors été calculée afin d'estimer le niveau de compression de la vase engendré par la perche. L'erreur a ensuite été calculée en appliquant la formule suivante :

ÉQUATION 2 - EQUATION DE L'ESTIMATION DE LA MARGE D'ERREUR DE LA PERCHE COULISSANTE

$$Er = \sqrt{\sum C}$$

Avec :

- $Er =$ Marge d'erreur
- $C =$ Valeurs de compression (différence entre la première et la seconde mesure)

Une autre limite est à signaler, celle du changement d'opérateur imposé par le protocole. En effet, depuis la mise en place du suivi en 2016, quatre personnes ont effectué le suivi : MARTEAU en 2016, KAROUI en 2017, COZLER en 2018 et MORELLATO. Cependant, ces mesures de hauteurs de vase nous permettent d'avoir une première approche de l'évolution du remplissage sédimentaire de la vallée.

2.2. RATTACHEMENT DES VALEURS AUX COTES NGF

Lorsque les points de suivi sont raccordés aux cotes NGF, et présentent donc un référentiel fixe en altimétrie, une seconde mesure est réalisée. Celle-ci correspond à la hauteur entre le fond du lit et le point de suivi altimétrique (Hp). Progressivement les points de suivi ont été rattachés aux cotes NGF à l'aide d'un DGPS (Differential Global Positioning System) Proflex du bureau d'études NCA environnement (KAROUI, 2017, p.30). Cet appareil permet d'avoir une précision de 1 cm en altitude et de 2 cm en latitude et longitude, selon NCA environnement. La détermination des cotes altimétriques du fond du lit a été réalisée à l'aide de la perche coulissante. Ce rattachement des points de suivi aux cotes NGF a pour objectif de raccorder les hauteurs de vase (Hv) au réseau géodésique national et l'altitude du fond du lit ($Alti_{sub}$) *via* la formule suivante :

ÉQUATION 3 - EQUATION DE L'ALTITUDE NGF DU LIT DU COURS D'EAU

$$Alti_{Sub} = Alti - Hp$$

Avec :

- $Alti_{Sub} =$ Altitude NGF du fond du lit
- $Alti =$ Altitude NGF du point de suivi sédimentaire
- $Hp =$ Hauteur entre le fond du lit et le point de suivis

ÉQUATION 4 - EQUATION DE L'ALTITUDE NGF DU TOIT DE VASE

$$Alti_{Vase} = Alti_{Sub} + Hv$$

Avec :

- $Alti_{Vase} =$ Altitude NGF du toit de vase
- $Alti_{Sub} =$ Altitude NGF du fond du lit
- $Hv =$ Hauteur de vase

L'altitude du fond des ouvrages a été déterminée par la méthode du **nivellement directe** ou géométrique (Figure 23) permise par l'utilisation d'un niveau fixe qui nous permet de viser horizontalement la règle graduée aussi appelée mire. Ce rattachement des points de suivi aux cotes NGF permet de déterminer l'altitude du fond des ouvrages hydrauliques afin d'en mesurer l'impact sur la dynamique sédimentaire. Cette opération est permise par l'utilisation d'un niveau de chantier et se traduit par l'opération suivante :

ÉQUATION 5 - EQUATION DE L'ALTITUDE NGF DU FOND DES OUVRAGES

$$Alti_{Fond} = Alti + (AR - AV)$$

Avec :

- $Alti_{Fond}$ = Altitude NGF du fond de l'ouvrage (fond de buse ou radier de fond de pont)
- $Alti$ = Altitude NGF du point de suivi sédimentaire
- AR = Lecture arrière de la mire
- AV = Lecture avant de la mire

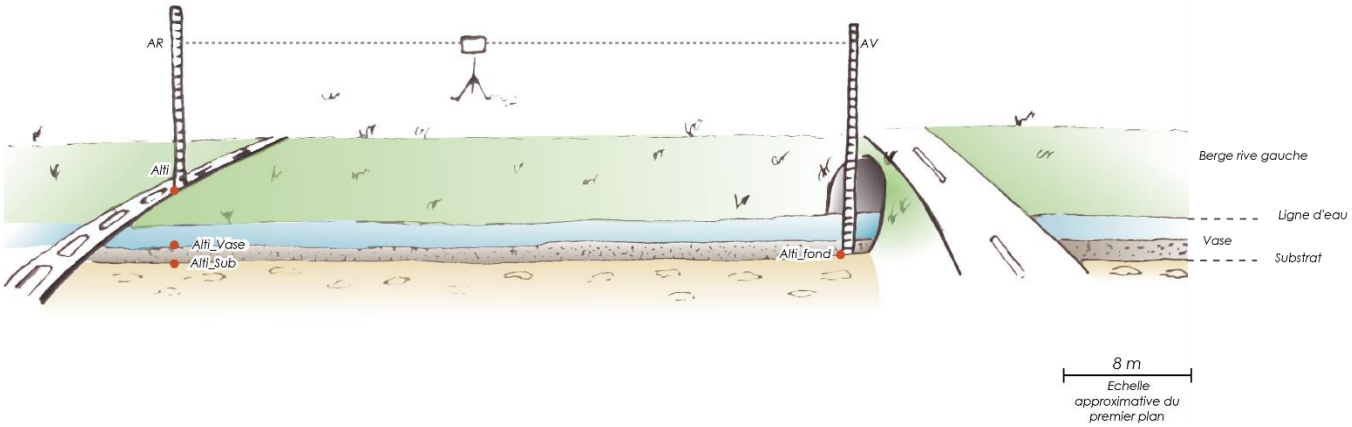


FIGURE 23 - SCHEMA DU RATTACHEMENT DU FOND DES OUVRAGES AUX COTES NGF CONNUES (REALISE PAR COZLER, 2018)

Le rattachement s'est fait avec un niveau à horizontalisation automatique GK1-A dont le niveau de précision sur 1 km est estimé à 2,5 mm, auquel on peut rajouter 1 cm de marge d'erreur de l'estimation de l'altitude par l'utilisation du DGPS Proflex. Le rattachement altimétrique a donc une **précision de 1,25 cm**. Cependant, d'autres erreurs, plus aléatoires, sont à prendre en compte : le bon calage de la nivelle sphérique, la lecture de la mire par l'observateur ou la bonne tenue de la mire (MAQUAIRE O. et LEVOY, 1987).

2.3. REPARTITION SPATIALE DES POINTS DE SUIVI SEDIMENTAIRES.

Les points de suivi sédimentaire ont été définis afin de permettre un suivi bathymétrique régulier trois fois par an. En effet, les manœuvres d'ouvrages – permettant de soutenir l'étiage en été en relevant les vannes et d'abaisser la cote en hiver en abaissant les ouvrages – influent fortement sur la dynamique sédimentaire, il a été convenu de réaliser le suivi sédimentaire **sur trois périodes chaque année** : en mars, après une période prolongée d'abaissement des ouvrages ; en septembre, avant l'abaissement des ouvrages ; en novembre à la suite de l'abaissement des ouvrages **afin de mesurer « l'effet de chasse »** (MARTEAU, 2016, p.32). Cette temporalité permet ainsi de mesurer **l'impact des manipulations d'ouvrages** sur la dynamique

sédimentaire. Cependant, cette chronologie est difficile à tenir compte tenu du manque de moyens humains. Seules trois séries de mesures ont été réalisées au lieu de six depuis la mise en place du suivi : une en juin 2016 (MARTEAU, 2016) et deux autres en mars et juin 2018 (KAROUI, 2017).

Les points de suivi sédimentaire ont été choisis en fonction de leur accessibilité, caractérisée par la proximité du réseau routier mais aussi par la présence d'un pont, poteau électrique ou passerelle mis en place par les agriculteurs, permettant d'accéder au milieu du chenal avec la perche coulissante (Figure 25). Ces accès doivent aussi être à bonne distance d'un ouvrage hydraulique, perturbant la dynamique sédimentaire. Ou bien ils doivent être identifiés pour être étudiés à part et ainsi déterminer l'impact de l'ouvrage sur la dynamique d'exhaussement ou d'abaissement du lit mineur et définir l'excédent de vase perturbant les écoulements. De plus, le choix de la distribution spatiale des points de suivi tente d'être représentatif de chaque sous-bassin versant (MARTEAU, 2016, p.20). Cependant, cet objectif n'a pas été atteint, 25 sous-bassins versants n'ont pas de point de suivi sédimentaire, soit un peu plus de la moitié des sous bassins versants présent dans le RSTRI (Figure 24). Néanmoins, les sous-bassins versants ne présentant pas de point sédimentaire n'ont souvent pas de canaux intégrés dans le plan de gestion. Une autre limite est à relever, certains canaux étudiés dans le plan de gestion ne présentent pas de point de suivi. Afin de pallier ce déficit, trois points de mesures ont été rajoutés au suivi dont deux sur le canal 900 qui ne présente pas de mesures sédimentaires et un sur le canal 100 aussi appelé Ruisseau de courants. **Au total, 47 points** de mesures ont été identifiés dont 38 par MARTEAU (2016) et 9 par KAROUI (2017). Sur ces 47 points de mesures, 9 sont situés dans l'Indre-et-Loire et ne sont donc pas à la charge du SMBAA et 3 ont dû être supprimés, les ponts ayant été retirés d'une année à l'autre (Figure 24).

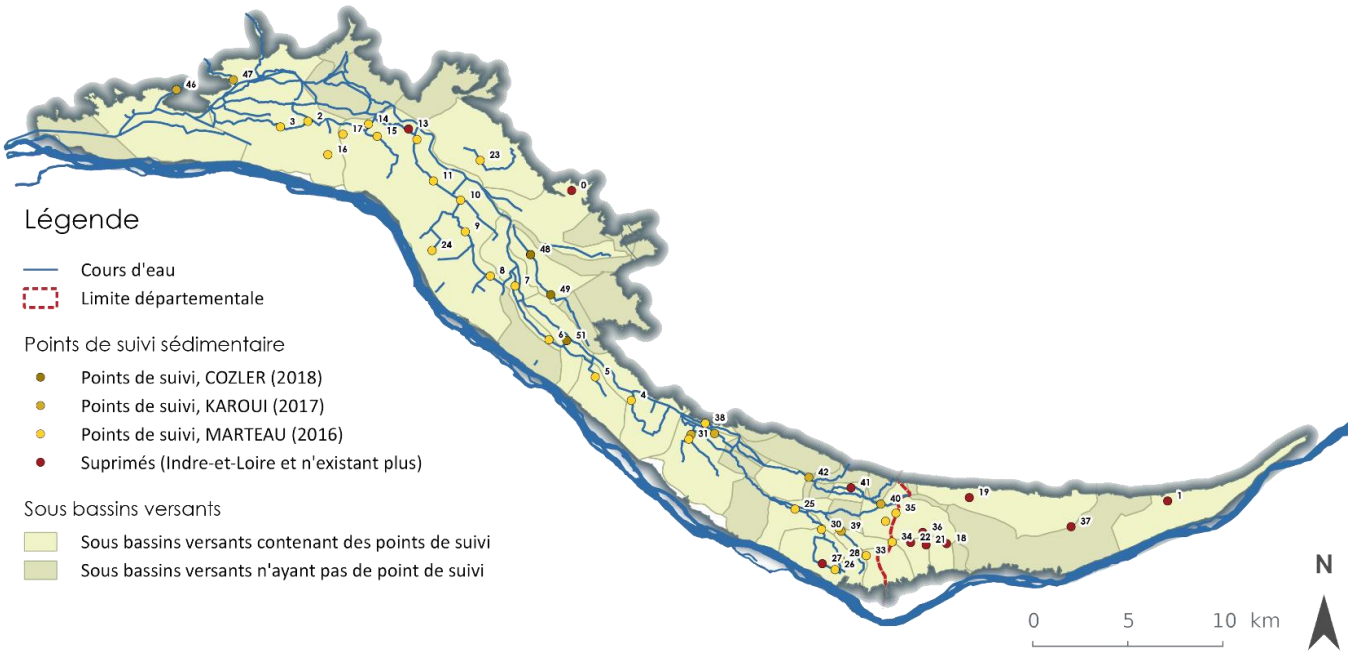


FIGURE 24 - SITUATION DES POINTS DE SUIVI SEDIMENTAIRE PAR SOUS BASSINS VERSANTS (SMBAA ; MARTEAU, 2016 ; KAROUI, 2017, REALISE PAR COZLER, 2018)

Ces points de suivi peuvent être repérés sur le terrain par les opérateurs grâce à la présence de marquages (Figure 25). Cependant, ces marquages sont réalisés avec de la peinture biodégradable à base d'huile végétale et s'effacent d'une année sur l'autre. Afin de pallier à ce problème, un atlas des points de suivi sédimentaire a été mis en place. Celui-ci a été réalisé à partir d'une maille de 2,5 km de côté appliquée sur l'ensemble du val d'Authion pour un total de 91 carrés (Annexe 5). Ces derniers sont numérotés, permettant à chaque opérateur de se référer à la carte au 1 : 25 000ème, chacune d'entre elles est alors accompagnée

d'un descriptif des points de suivi comprenant une photographie, l'altitude lorsque le point a été rattaché aux cotes NGF, le nom du canal concerné, la prise de la mesure (si celle-ci doit être prise à l'amont de l'ouvrage ou à l'aval) ainsi que le type de travaux réalisés sur le tronçon concerné et leur date de réalisation (Annexe 6).

FIGURE 25 - EXEMPLE D'UN POINT DE SUIVI SEDIMENTAIRE, LE POINT N°28 SUR LE CANAL DE GAURE (X = 476290.23 ; Y = 6686877.83 ; ORIENTATION SUD-EST ; CLICHE REALISE PAR COZLER LE 16/05/2018)

2.4. EVOLUTION DU REMPLISSAGE SEDIMENTAIRE.

2.4.1. TAUX D'EVOLUTION DES HAUTEURS DE VASE

Le suivi sédimentaire a été mis en place en 2016 par MARTEAU (2016), il comprend – avec celui de mai 2018 – **quatre séries de relevés de hauteur de vases sur 3 ans**. C'est donc la première année que les tendances d'exhaussement ou d'abaissement du lit des différents canaux suivis commencent à se dessiner même si dans l'idéal il faudrait **au moins 5 ans** pour dégager une tendance représentative de la dynamique sédimentaire. L'étude de ces tendances a été réalisée par le calcul du taux d'évolution *via* la formule suivante :

ÉQUATION 6 - EQUATION DU TAUX D'EVOLUTION DE LA HAUTEUR DE VASE ENTRE JUIN 2016 ET MAI 2018

$$E = \frac{H_{2016} - H_{2018}}{H_{2018}} * 100$$

Avec :

- $E =$ Taux d'évolution de la hauteur de vase (%)
- $H_{2016} =$ Hauteur de vase en Juin 2016
- $H_{2018} =$ Hauteur de vase en Mai 2018

2.4.2. VITESSE DE REMPLISSAGE DES CANAUX CURES

Afin de pallier à ce manque de recul, la **vitesse de remplissage** sédimentaire a été calculée pour les canaux ayant été curés par le passé. On compte **22 points de suivi sédimentaire** situés sur un canal ayant été curés précédemment. **La hauteur de vase a été estimée à 0 cm à la date du curage**. Cette dernière valeur est une estimation puisque les archives ne mentionnent pas la hauteur de vase enlevée. L'opération de curage a connu deux approches correspondant à des préoccupations bien différentes. Dans un premier temps, les gestionnaires curaient plus que la hauteur de vase, jusqu'à atteindre une partie du substratum, afin que les travaux soient moins récurrents, ce qui a provoqué le surcreusement du lit de certains canaux. Puis la pratique s'est adoucie depuis le début des années 2000, dans le contexte de la DCE, le curage ne s'effectuant que sur la partie haute de la vase selon la méthode du tiers inférieur et ne concerne que le centre du lit afin de créer un chenal préférentiel et d'accélérer les écoulements (AFB, 2018). Durant l'opération la préservation des berges est aussi centrale pour ne pas les déstabiliser et agrandir la largeur du lit (DES TOUCHES et ANRAS, 2005).

3. DETERMINATION DES TRONÇONS PRIORITAIRES

La détermination des tronçons prioritaires, qui feront l'objet de travaux de réhabilitation et de restauration, a été effectuée en trois étapes :

- **L'identification des cours d'eau les plus altérés**, les plus vulnérables à l'envasement et les plus homogènes sur le plan géomorphologique et par extension sur le plan biologique.
- **L'identification des enjeux présents** sur le territoire et pouvant être impactés par l'envasement du lit et l'homogénéité du cours d'eau en cohérence avec le contrat nature 2017 du PNR Loire-Anjou-Touraine
- **Le croisement** des niveaux d'altération avec les enjeux afin de définir un linéaire où le risque d'envasement est le plus important et qui sera concerné par les travaux de réhabilitation.

3.1. CARACTERISATION DE L'ALTERATION MORPHO-SEDIMENTAIRE DES COURS D'EAU

Depuis le début des années 2000 les méthodes d'évaluation de la morphologie des cours d'eau se sont développées, on en compte aujourd'hui 21 à l'échelle de l'union européenne (RINALDI et al., 2013), elles sont diverses et adaptées à l'échelle d'analyse afin de répondre aux objectifs de bon état écologique des cours d'eau. La méthode CarHyCE (Caractérisation Hydromorphologique des Cours d'Eau) développée par l'AFB (Agence Française pour la Biodiversité) est adaptée à une échelle d'analyse fine, (BAUDOIN et al., 2017 et GOB et al., 2014) tandis que la méthode SYRAH (SYstème Relationnel d'Audit de l'Hydromorphologie des cours d'eau) s'applique à une plus large échelle et est plus adaptée à l'évaluation des altérations d'origines anthropiques (GOB et al., 2014, p.3 et CHANDESRIS et al., 2008)

L'état des lieux des canaux a été réalisé par MARTEAU (2016) selon la méthode REH (Réseau d'Evaluation des Habitats) en complétant une grille d'évaluation de chacun des facteurs contribuant à l'envasement des canaux (annexe 8). Cette méthode rentre dans le cadre de la DCE et a pour objectif d'évaluer la qualité des cours d'eau par rapport aux exigences globales des populations piscicoles, c'est-à-dire la diversité des habitats présentant des espaces de repos, de nourriture et de reproduction (Hydro Concept, 2009). L'expertise du REH s'effectue à l'échelle des tronçons de cours d'eau homogènes, eux même subdivisés en segments. Elle se réalise *via* des observations à partir d'une grille d'évaluation (Annexe 7) et permet de couvrir un linéaire important mais reste très subjective puisque descriptive. L'expertise REH porte sur trois compartiments physiques – le lit, les berges et les versants – et sur trois compartiments dynamiques – le débit, la ligne d'eau et la continuité. Tous les critères d'évaluation pour chaque compartiment sont alors analysés et croisés en fonction de la surface en eau touchée, et du linéaire décrit afin de définir l'état d'altération des 6 compartiments étudiés et ainsi évaluer chaque segment homogène du cours d'eau.

Cependant, la part de la surface en eau touchée par les perturbations observées lors de la campagne ne peut être calculée puisque la base de données correspondant aux canaux est sous format linéaire, il faudrait alors mettre en place un travail de cartographie détaillé de la surface en eau de chaque canal. De plus, les données sur la ligne d'eau et les débits par tronçon sont manquantes et difficilement accessibles étant donné le nombre important de canaux de l'étude. **Nous avons donc adapté la méthode REH** aux moyens mis à disposition et à l'étendue du diagnostic.

Nous avons conservé les trois compartiments physiques du REH : le lit, les berges et les versants en intégrant le compartiment dynamique de la continuité dans l'étude du lit (Figure 26) – c'est-à-dire le nombre d'ouvrages par tronçon et le type d'ouvrage pouvant impacter sur la dynamique hydrique et sédimentaire.

Comme pour la méthode REH, **des indices ont été attribués** à chacun des facteurs, directs ou indirects, identifiés et décrits par MARTEAU (2016) contribuant à l'envasement du cours d'eau et à son homogénéisation morphologique. L'utilisation d'indices est très répandue (GOB et al., 2014 ; RINALDI, 2013 et FMA, 2015). La valeur des indices attribués est le résultat d'une **synthèse bibliographique** sur les méthodes d'évaluation ayant recourt à l'utilisation d'indices issus d'observations de terrain (FMA, 2015 et Hydro Concept, 2009) et du rôle des différents facteurs sur le processus d'envasement, plus l'indice est élevé plus son rôle, direct ou indirect, est important dans l'envasement des tronçons.

Le niveau d'altération des cours d'eau correspond alors à la mise en commun de l'ensemble des indices des facteurs présentés ci-après. Il faut cependant prendre en compte que tous les canaux du val d'Authion sont fortement altérés, puisqu'ils ont tous été recalibrés et curés pour les besoins de l'agriculture, ils présentent tous un tracé rectiligne et une pente faible, ne dépassant pas les 0.21%. Nous cherchons alors à mettre en évidence les canaux les plus altérés, où des travaux de réhabilitation seraient nécessaires dans les 6 prochaines années imposées par le plan de gestion.

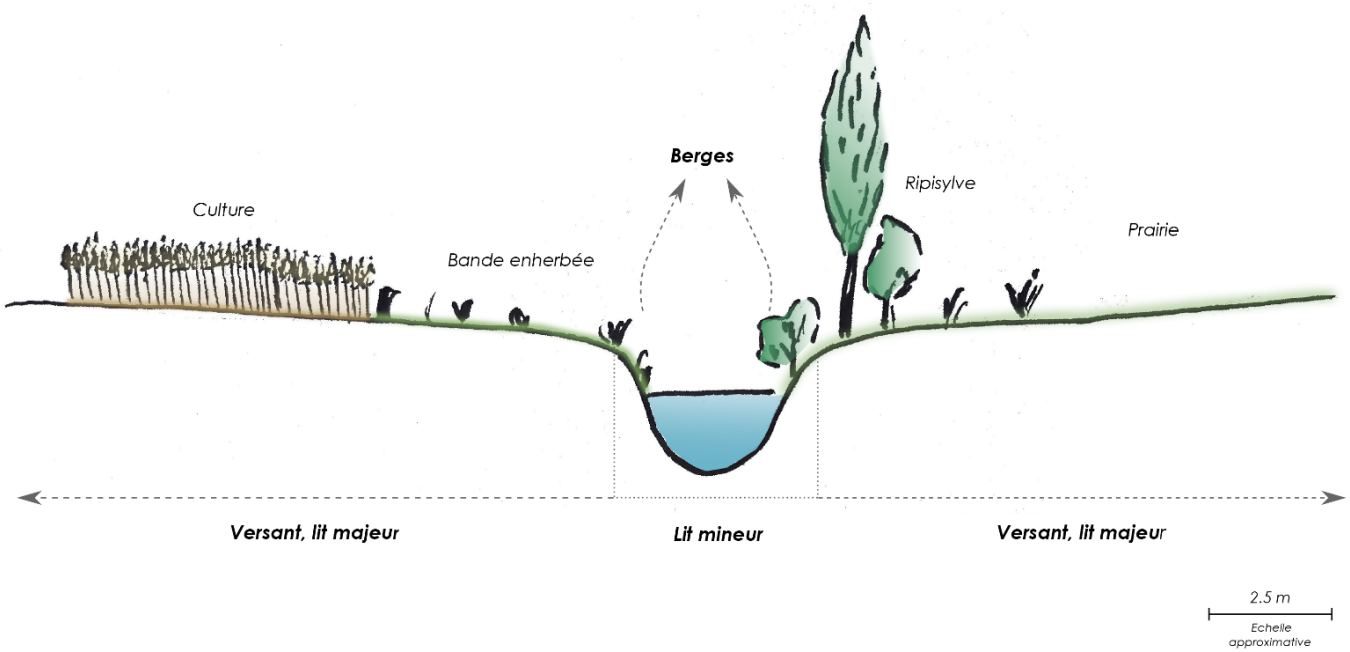


FIGURE 26 - SCHEMA DES COMPARTIMENTS GEOMORPHOLOGIQUES DU COURS D'EAU UTILISES POUR L'ESTIMATION DE L'ALTERATION DES CANAUX DU VAL D'AUTHION (REALISE PAR COZLER, 2018)

3.1.1. LES VERSANTS

Les versants sont décrits selon **l'occupation du sol** en rive droite et gauche, et selon la présence ou non d'une **bande enherbée**. Pour l'occupation du sol, les indices d'intensité de l'altération correspondent à la sensibilité du type d'occupation du sol à l'érosion diffuse et donc à la susceptibilité d'être une source d'apport sédimentaire pour le tronçon étudié ; l'indice le plus faible correspondant à une sensibilité faible voire nulle à l'érosion, comme les zones humides, tandis que les sols nus sont plus vulnérables au risque d'érosion et donc plus susceptibles d'être un facteur d'envasement du cours d'eau. Quant aux bandes enherbées, elles jouent le rôle d'une zone tampon entre les cultures et le cours d'eau, permettant ainsi de piéger les sédiments provenant des cultures par ruissellement ; elles favorisent également l'infiltration des eaux de surface tout en filtrant les produits phytosanitaires. La présence d'une bande enherbée est

normalement obligatoire le long des linéaires classés cours d'eau. L'ensemble des cours d'eau décrits pendant l'état des lieux par MARTEAU (2016) dont les versant en rive gauche ou droite sont occupés par des cultures respectent cette réglementation. Cependant, d'autres catégories d'occupation du sol sont aussi associées à la présence d'une bande enherbée, comme les chemins ou les prairies et forêts. Se pose alors la question du critère de la bande enherbée, il semble que certaines bandes enherbées ont été notées comme telles mais n'étaient, en réalité, qu'une partie enherbée le long du cours d'eau, ne respectant pas les 5m réglementaires. Nous avons choisi de la laisser dans l'état des lieux en connaissance de la diversité des profils inscrits dans cette catégorie. En effet, la présence de cette surface enherbée jouant un rôle de peigne permet d'atténuer les apports sédimentaires provenant des versants.

TABLEAU 3 – GRILLE D'EVALUATION DES DEGRES D'INTENSITE D'ALTERATION DES VERSANTS

Occupation du sol RD et RG		Bandes enherbées RD et RG	
Zones humides	0	Présence	0
Prairies et forêts	0,5	Absence	1
Pépinières et sols artificiels	1		
Chemins	1,5		
Cultures	2		
Sols nus	2,5		

3.1.2. LES BERGES

L'état des berges englobe de multiples critères : **les altérations morphologiques, la flore et la faune, l'intensité et le type d'érosion ainsi que les mesures de protection des berges.**

Les altérations morphologiques sont caractérisées par la hauteur des berges et le profil en travers du cours d'eau. Plus la hauteur des berges érodées est importante plus la charge sédimentaire apportée dans le lit du cours d'eau est susceptible d'être importante dans le cas où il y a sapement et/ou glissement. De plus la hauteur des berges, jumelée au profil en travers souvent en « U », et aussi le signe d'un recalibrage du cours d'eau, ou d'un curage excessif et donc d'une altération morphologique d'origine anthropique. Cette dernière a pour conséquence l'homogénéisation du milieu et la dégradation de la biodiversité.

La flore, et plus particulièrement la ripisylve, pour son rôle d'épuration et de stabilisation des berges et du sol (ORAISON, 2011, p28), est caractérisée sous deux formes :

- La densité de la ripisylve : plus elle est dense plus son indice est important puisque sa capacité de maintien de la berge est efficace. Cette dernière a été estimée par MARTEAU (2016), par le biais d'observations (annexe 8).
- La nature de la végétation : l'indice le plus bas correspond à la présence d'espèces arborescentes et arbustives au système racinaire développé permettant de maintenir la berge. A contrario, l'indice le plus haut correspond à une ripisylve absente, à des berges couvertes par des espèces herbacées. Quant aux jeunes plantations, leur système racinaire est encore peu développé, ce qui explique cet indice assez élevé de 1,5. Cette catégorie regroupe aussi les peupleraies, qui ont une emprise au vent importante et un système racinaire qui se développe en surface, plantés le long des cours d'eau, les peupliers sont le facteur d'un apport sédimentaire important lorsqu'ils tombent (DRENOU, 2000).

La faune, et en particulier la présence de ragondins, qui par la construction de leur terrier déstabilisent les berges (DUTARTE et al., 2010), est un facteur indirect d'apport sédimentaire et donc de l'envasement des cours d'eau du val. Les écrevisses de Louisiane *(procambarus clarkii)* sont aussi présentes dans le val d'Authion mais n'ont pas été recensées pendant l'état des lieux alors que leur impact sur la déstabilisation des berges est similaire à celui des ragondins (DUTARTE et al., 2010).

L'érosion des berges est la conséquence des interactions des différents facteurs présentés ci-avant. En effet, la végétation permet de protéger les berges en les stabilisant par le système racinaire, tandis que la hauteur de berges et la pente sont des facteurs structurels propices au glissement gravitaire aggravé par la présence d'espèces envahissantes déstabilisant celle-ci par la mise en place de leur terrier. Quant aux éventuelles mesures de gestion, elles permettent à la fois de stabiliser les pieds de berges et de diversifier légèrement les habitats dans un contexte fortement homogène.

TABLEAU 4 - GRILLE D'EVALUATION DES DEGRE D'INTENSITE D'ALTERATION DES BERGES

Hauteurs de berges		**Pente des rives gauche et droite**			
Moins de 50cm	0	Douce	0		
Entre 50 cm et 1m	1	Importante	1		
Entre 1m et 2m	2				
Plus de 2m	3				
Densité de la ripisylve en rive droite et gauche		**Type de ripisylve en rive gauche et droite**		**Ragondins**	
Dense	0	Arborescente et arbustive	0	Absence	0
Moyenne	0.5	Arborescente	0,5	Présence	1
Faible	1	Arbustive	1		
Absence	1.5	Jeunes plantations, roseaux, peupleraies et hélophytes	1,5		
		Absence	2		
Erosion des berges de la rive droite et gauche		**Type d'érosion des berges de la rive droite et gauche**		**Protection des berges**	
Absence	0	Absence	0	Aucune	1
Partielle	0,5	Sapement	0,5	Enrochement	0
Moyenne	1	Glissement	1		
Importante	1,5	Sapement et glissement	1,5		

Cependant, des facteurs dynamiques internes aux cours d'eau, sont aussi vecteurs de la déstabilisation des berges, et donc de l'envasement du cours d'eau. Il est donc important de s'intéresser à l'état du lit des cours d'eau de l'étude. Des indices ont été attribués à chacun des facteurs, directs ou indirects, contribuant à l'envasement du cours d'eau et à son homogénéisation morphologique.

3.1.3. LE LIT

Le niveau d'altération du lit mineur est défini par des **facteurs hydromorphologique, écologique et anthropique.**

L'hydromorphologie du cours d'eau est caractérisée ici par la description des faciès d'écoulement. Seuls deux types de faciès ont été répertoriés pendant la prospection de terrain (MARTEAU, 2016) : « lentique », lorsque le profil en long présente une pente faible voire nulle et le faciès d'écoulement « plat courant » qui est représentatif d'une pente douce et d'un substrat peu rugueux. Ces deux faciès sont caractéristiques des cours d'eau présentant un profil en travers symétrique et une vitesse d'écoulement inférieur à 30 cm/s (MALAVOI et SOUCHON, 2002, p.360). La pente est un facteur central dans la caractérisation de ces faciès, et dans le processus d'envasement du cours d'eau. Cependant, les moyens mis à disposition pour déterminer la pente de chaque tronçon ont une marge d'erreur trop importante pour être exploitable dans la caractérisation morphologique des cours d'eau.

En effet, les pentes de chacun des tronçons des canaux ont été déterminées à partir du LIDAR levé en 2003 pour une densité de points supérieure à 1 pour 4 m², ce qui est relativement faible et conduit à une marge d'erreur planimétrique de 30 cm et altimétrique de 15 cm. La lecture y est d'autant plus incertaine pour estimer l'altitude du fond du lit, elle dépend de la hauteur d'eau et de la densité de la ripisylve. La marge d'erreur altimétrique liée à la hauteur de la ligne d'eau et à la végétation a été calculée à partir de l'altitude NGF IGN 69 du toit de vase des points de suivi sédimentaire, elle est en moyenne de 74 cm, ce qui, ajouté à l'erreur de la mesure, fait une erreur altimétrique globale de 89 cm. Dans la mesure où le val d'Authion présente des pentes très faibles voire nulles, d'une moyenne de 0,02 %, cette marge d'erreur est bien trop importante pour pouvoir exploiter la pente dans le diagnostic de l'altération des canaux.

Quant au facteur écologique, il est caractérisé par l'importance de l'ombrage apporté par la ripisylve. En effet, moins l'ombrage est important, plus la végétation au sein du lit du cours d'eau se développe. Cette dernière peut être à la fois **facteurs d'envasement –** *via* le piégeage des sédiments et leur décomposition – et le **témoin d'une dynamique d'envasement** – puisque la concentration des éléments nutritifs contenus dans la vase favorise la prolifération des plantes et peut conduire à une eutrophisation du cours d'eau et à la diminution de la biodiversité. La densité de la végétation du lit et le type de végétation sont alors des facteurs d'altération du cours d'eau (BENSAFIA et REMINI, 2014).

Le facteur anthropique intervient aussi dans la modification de la dynamique des écoulements. En effet, les seuils créent un obstacle qui conduit au ralentissement des écoulements et à l'envasement du cours d'eau en amont. Cette rupture du continuum impacte aussi sur les espèces aquatiques en réduisant l'hétérogénéité des habitats. Les ouvrages sont abordés sous deux angles : le nombre d'ouvrages par tronçon et le type d'ouvrage. Plus un tronçon a d'ouvrages sur son linéaire plus il est fragmenté, ce qui entraine une baisse de la biodiversité et une baisse de la capacité du cours d'eau à évacuer la charge sédimentaire. Cependant, tous les ouvrages n'ont pas le même impact sur la dynamique sédimentaire. Une typologie des ouvrages a été mis en place pour évaluer leur impact. Nous distinguons alors les ouvrages transparents ou de franchissement, comme les ponts ou les buses, des ouvrages hydrauliques, comme les barrages, clapets, madriers ou vannes, qui crééent un obstacle aux écoulements, souvent de façon saisonnière. Cependant, les ouvrages dit « transparents » ne le sont généralement pas entièrement, les buses ne respectent pas la largeur du cours d'eau, les ponts sont munis d'un radier créant ainsi un seuil, ils engendrent donc de façon plus ou moins importante une modification de la dynamique des écoulements, c'est pourquoi une note de 0,5 leur a été attribuée.

TABLEAU 5 - GRILLE D'EVALUATION DES DEGRES D'INTENSITE D'ALTERATION DU LIT

Granulométrie		Faciès d'écoulement			
Sable	0	Absence	0		
Vase	1	Plat courant	1		
		Lentique	2		
Ombrage		**Végétation du lit**		**Type de végétation du lit**	
Total (90 % à 100%)	0	Absence	0	Absence	0
Important (75% à 90%)	0.5	Faible	0,5	Algues	0,5
Moyen (25% à 75%)	1	Moyenne	1	Lentilles ou hydrophiles	1
Partiel (5% à 25%)	1.5	Importante	1,5	Lentilles et hydrophiles	1,5
Absence (0% à 5 %)	2				
Nombre d'ouvrages / km		**Type d'ouvrages**		**Embâcles**	
0 à 1	0	Aucun	0	Présence	0
1 à 3	0,5	Transparent	0,5	Absence	1
3 à 5	1	Hydraulique	1		
5 à 8	1,5	Transparent et hydraulique	1,5		
8 à 13	2				

3.1.4. ALTERATION MORPHOLOGIQUE DES COURS D'EAU

Le niveau d'altération morphologique correspond alors à la **somme des indices d'altération** des trois compartiments décrits. Comme la méthode REH, cinq classes ont alors été créées selon une discrétisation correspondant aux ruptures naturelles de Jenks, c'est-à-dire aux plus grandes discontinuités, de la distribution étudiée. L'utilisation des ruptures naturelles de Jenks permet de rassembler dans une même catégorie les cours d'eau présentant un niveau d'altération et un profil similaire. La valeur de l'indice ne correspond qu'à un **degré d'altération subjectif** au vu des conditions d'acquisition des données, réalisée entre mars et juillet 2016 ce qui influence la perception de la végétation qui se développe amplement au cours du mois d'avril et mai. De plus ces données sont subjectives puisqu'elles sont le fruit d'observations, elles sont susceptibles de changer d'un opérateur à l'autre. Enfin les indices attribués ne correspondent pas à l'intensité exacte de l'influence du facteur concerné sur l'exhaussement du lit ou bien encore de l'eutrophisation du cours d'eau. De plus, la sectorisation des canaux en tronçons homogènes implique une perte de la compréhension des dynamiques amont-aval.

TABLEAU 6 - TABLEAU RECAPITULATIF DES BORNES DES CLASSES DU NIVEAU D'ALTERATION DES CANAUX

Qualité	Très bon	Bon	Moyen	Mauvais	Très mauvais
Bornes des classes	12.0 à 14.5	14.5 à 18.0	18.0 à 22.0	22.0 à 27.0	27.0 à 33.5

3.2. CARACTERISATION DES ENJEUX SOCIO-ECONOMIQUES ET ENVIRONNEMENTAUX

La seconde étape de la priorisation des canaux consiste à identifier les secteurs du val d'Authion où il y a des enjeux socio-économiques et environnementaux susceptibles d'être impactés par l'envasement du cours d'eau. Ces enjeux sont récapitulés dans le tableau ci-après :

TABLEAU 7 - TABLEAU RECAPITULATIF DES ENJEUX CONCERNES PAR LE RISQUE D'ENVASEMENT DES CANAUX DU VAL D'AUTHION

Type d'enjeux	Indicateurs	Base de données
Socio-économiques	Parcelles irriguées	RPG (Registre Parcellaire Graphique) (ASP, 2012)
	Parcelles drainées	SMBAA (KAROUI, 2017)
	Ouvrages structurants	SMBAA et SAGE Authion
	Bâtis	PPRI 2018
	Axes de communications	ROUTE500 (IGN, 2017) et BD CARTO (IGN, 2015)
	Occupation du sol, assainissement des espaces urbains	CORINE Land Cover (2012)
Ecologiques	La trame verte et bleue	SRCE (Schéma Régionale de la Cohérence Ecologique), (SIGLOIRE, 2014)
	Mares et bocages inscrits dans le projet de réhabilitation du contrat nature 2017 du PNR	Le contrat nature du PNR Loire Anjou-Touraine

3.2.1. LES ENJEUX SOCIO-ECONOMIQUES

3.2.1.1. DES ENJEUX AGRICOLES

Les canaux du val d'Authion ont une fonction hydraulique centrale pour l'économie agricole de la vallée : ils favorisent l'irrigation des terres agricoles et l'assainissement de ces dernières en période de hautes eaux. Ils permettent aussi le transfert des eaux prélevées en Loire vers le bras principal.

Nous avons donc identifié les zones où **l'enjeu d'irrigation** est présent à partir de la base de données du RPG (Réseau Parcellaire Graphique) de 2012, produit par l'ASP (Agence de Service et de Paiement) et mis à jour annuellement par le biais de dossiers de déclaration. Cette obligation de déclaration des exploitations et des parcelles agricoles rentre dans le cadre du règlement communautaire n°1593/2000. La base de données renseigne sur : la localisation des parcelles, le type de cultures, la surface concernée mais aussi si la parcelle fait l'objet d'irrigation ou non. Nous pouvons relever cependant une limite à l'utilisation de cette base de données : la date de la dernière mise à jour, 5 ans avant cette étude, les données d'irrigation ont donc pu évoluer depuis, malgré une déclaration annuelle obligatoire des exploitants. De plus, le type d'irrigation n'est pas précisé, qu'elle soit par le biais d'un forage ou directement pompée dans les canaux.

L'enjeu d'assainissement des terres agricoles n'est pas précisé dans le RPG. Le drainage est peu renseigné dans les bases de données nationales, seules les parcelles nécessitant une déclaration pour un drainage supérieur à 20 ha sont recensées par la chambre d'agriculture et transmises au SAGE Authion. Seuls le département de l'Eure et l'agence de l'eau Seine-Normandie ont élaboré une telle base de données en accès libre (BRGM, 2016). Dans le cas du SMBAA, la base de données des parcelles drainées a commencé à être mise en place par KAROUI (2017) à partir des dossiers de déclaration du SAGE Authion. Malgré un manque de données, puisque les dossiers de déclaration ne concernent seulement que les exploitations

drainées sur plus de 20 ha et que les dossiers rentrés dans la base de données ne concernent seulement que les déclarations effectuées après septembre 2013. Nous avons fait le choix de prendre en compte ces parcelles dans l'évaluation des enjeux socio-économiques, puisque l'envasement conduit à un exhaussement du lit ce qui peut entraver le bon fonctionnement du drainage des terres agricoles.

Les ouvrages structurants, qui permettent de régir les niveaux d'eau du val d'Authion, ont aussi été pris en compte dans la détermination des enjeux. En effet, certains ouvrages d'art peuvent être impactés par l'envasement en provoquant l'obstruction des ouvrages et pouvant aggraver les inondations. De plus, certains canaux, notamment en amont du val, permettent de transférer les flux pompés en Loire, ils ont donc un rôle majeur dans la gestion de la quantité d'eau disponible pour l'irrigation des terres agricoles. Au total, 8 ouvrages structurants sont à relever sur le val d'Authion :

- Les trois stations de pompage en Loire, permettant de soutenir l'étiage et d'assurer une quantité d'eau suffisante pour l'irrigation en été dans les canaux
- Les trois stations d'exhaure vers l'Authion, permettant d'évacuer les eaux des canaux vers l'Authion en période de hautes eaux et lorsque l'écoulement gravitaire ne suffit plus pour évacuer les eaux des canaux
- La station d'exhaure des Ponts-de-Cé vers la Loire et les vannes du Pont Bourguignon, à la confluence de l'Authion avec la Loire, permettant à la fois de soutenir l'étiage et de limiter les remontées de la Loire vers l'Authion en période de hautes eaux.

3.2.1.2. DES ENJEUX STRUCTURANTS

Les canaux du val d'Authion sont, pour la plupart, connectés au réseau de fossés servant à collecter les eaux de ruissellement du **réseau routier et des espaces urbanisés**, ces espaces sont donc vulnérables face aux problématiques d'envasement des canaux. En effet, la dynamique d'exhaussement du lit des canaux entraine aussi un ralentissement des écoulements et une hausse du risque d'inondation. MALAVOI et BRAVARD ont proposé, en 2011, une grille de détermination du niveau d'enjeux socio-économiques en déterminant huit paliers selon le type d'occupation du sol en bordure de rivière (Figure 27, MALAVOI et BRAVARD, 2011, Figure 136, p.175).

Ces indices ont été attribués aux différentes classes d'occupation du sol de la base de données CORINE Land Cover (2012) dont la précision est suffisante à l'échelle du val d'Authion mais qu'il est nécessaire de compléter à une échelle plus fine pour la détermination des canaux prioritaires par l'analyse du bâti *via* la base de données de la DDT (Direction Départementale des Territoires) du Maine-et-Loire référençant l'ensemble du bâti du val dans le cadre de la révision actuelle du PPRI. Le type d'occupation du sol a été complété par les axes de communication *via* la base de données ROUTE500 (IGN, 2017) et la BD CARTO (IGN, 2015) pour le réseau ferroviaire, classés selon leur importance d'après la grille d'évaluation de MALAVOI et BRAVARD (2011). Nous avons alors retenu les **deux niveaux d'enjeux les plus élevés** (3.5 et 4) puisqu'ils correspondent aux enjeux pouvant être impactés par la dynamique d'exhaussement du lit (Figure 27).

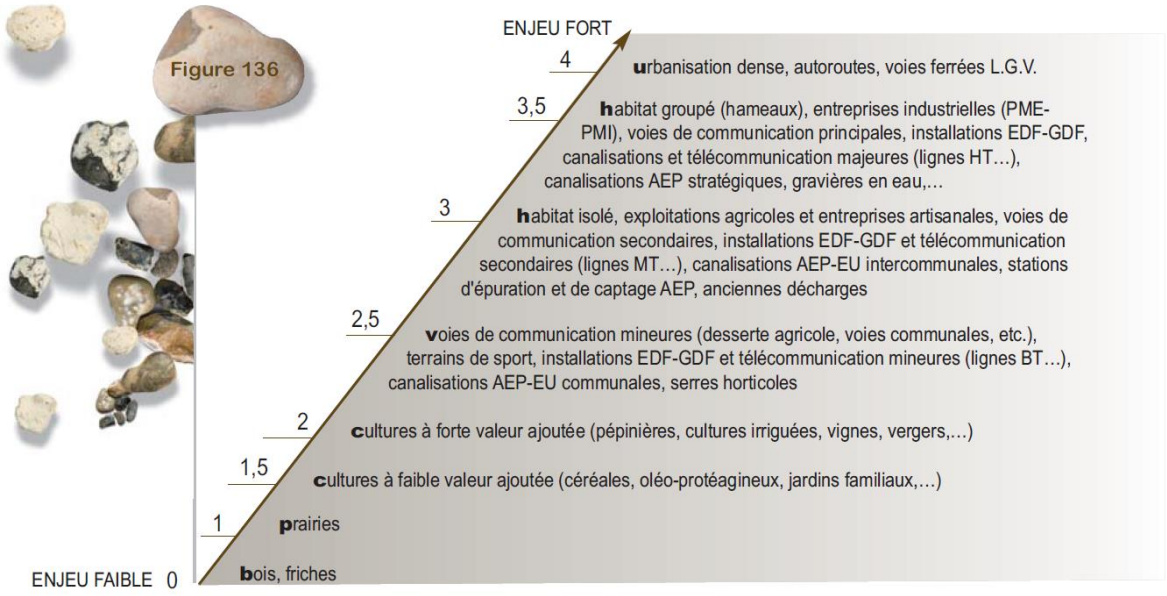


FIGURE 27 - GRILLE DE DETERMINATION DU NIVEAU D'ENJEU SOCIO-ECONOMIQUE SUSCEPTIBLE D'ETRE MENACE PAR DES RISQUES D'INONDATION/EROSION LIES AU TRANSPORT SOLIDE (MALAVOI ET BRAVARD, 2011, FIGURE 136, P.175)

3.2.2. LES ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX

L'envasement des canaux peut provoquer l'**eutrophisatio**n de ces derniers en favorisant le développement **d'espèces envahissantes**, tel que la jussie ou les lentilles d'eau, par la présence en quantité trop importante d'éléments nutritifs dans la vase. Cette eutrophisation se traduit par une perte en biodiversité suite à une consommation excessive d'oxygène par les espèces invasives conduisant à une homogénéisation du milieu (BENSAFIA et REMINI, 2014). Il a donc paru important de s'intéresser aux réservoirs de biodiversité présents dans le val et qui constituent un enjeu central dans le développement de la faune et de la flore, aquatique ou/et terrestre.

Afin que le projet de réhabilitation des canaux du val d'Authion soit **cohérent avec les autres actions du territoire**, nous nous sommes rapprochés des acteurs et notamment du PNR (Parc Naturel Régional) Loire-Anjou-Touraine. L'aval du val d'Authion a fait l'objet de deux grandes études, l'une en 2013, portant sur la réalisation de la cartographie de la TVB (Trame Verte et Bleue) et sur l'identification des zones prioritaires à enjeux TVB, où des actions en faveur de la continuité écologique sont prioritaires. Ce « Plan concerté TVB en val d'Authion » n'a pas de valeur réglementaire mais constitue une aide à la décision des gestionnaires et l'élaboration des plans d'aménagement (PNR, 2013). La seconde étude réalisée par le PNR Loire-Anjou-Touraine se situe dans la continuité de la définition de la TVB, avec l'identification des mares et des boires et la réalisation d'un inventaire de la faune et de la flore (PRAMPART et TERTRAIS, 2016). Cette dernière étude vise aussi à rouvrir et restaurer des mares en les reliant à la TVB en effectuant des recommandations de gestion aux communes et aux propriétaires des mares à moindre coût.

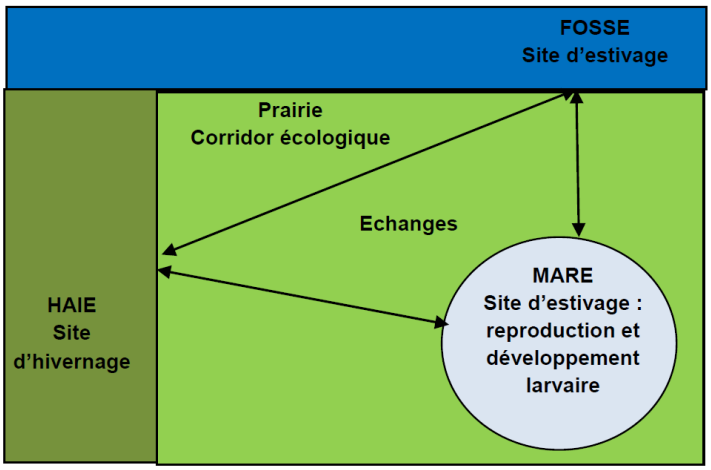


FIGURE 28 - SCHEMA DE LA CONTRIBUTION DES ELEMENTS DU PAYSAGE A L'ETABLISSEMENT ET AU DEVELOPPEMENT DES POPULATIONS D'AMPHIBIENS (PRAMPART ET TERTRAIT, 2016, FIGURE 2, P.7)

En collaboration avec le PNR Loire-Anjou-Touraine, nous souhaitons intégrer les canaux dans la TVB afin de réhabiliter les échanges entre les différents corridors de biodiversité. En effet, certaines espèces ont besoin d'habitats aquatiques et terrestres pour s'alimenter et se reproduire, tels que les amphibiens (Figure 28).

L'identification des enjeux environnementaux se réalise donc sur deux plans :

- L'intégration du projet dans la TVB et notamment dans les zones à enjeux TVB où les actions de restauration sont considérées comme prioritaires par le PNR Loire-Anjou-Touraine.
- L'identification des mares à moins de 300 m d'un canal, qui correspond à la capacité moyenne de dispersion des amphibiens (PRAMPART et TERTRAIS, 2016, p.43), afin de favoriser leur reconnexion aux canaux et améliorer la continuité entre ces deux espaces de la Trame Bleue.

4. IDENTIFICATION DES CANAUX PRIORITAIRES ET PREMIERES APPROCHES DE GESTION

L'indentification des canaux prioritaires découle du **croisement du niveau d'altération** générale des canaux et de **l'intensité des enjeux présents.** Ces derniers feront l'objet de travaux de réhabilitation sur une périodicité de 6 ans dans le cadre du plan pluriannuel afin de répondre à différents objectifs : concilier la réduction de l'envasement tout en conservant l'utilité hydraulique des canaux du val d'Authion et en améliorant la diversité des habitats pour restaurer la Trame Bleue.

4.1. DETERMINATION DES CANAUX PRIORITAIRES

La détermination des canaux prioritaires permet de réaliser une première estimation des canaux dont l'amélioration de la continuité sédimentaire, la prévention du risque d'envasement et la diversification des habitats sont des objectifs de réhabilitation à réaliser en priorité sur le territoire.

La détermination des canaux présentant un risque d'envasement important a été réalisée sous SIG, avec le logiciel Qgis qui permet de croiser les différents facteurs de la priorisation :

- **La répartition des hauteurs de vase et l'évolution** de la dynamique sédimentaire entre juin 2016 et mai 2018.
- **Le niveau d'altération** hydro-sédimentaire des canaux, en sélectionnant les canaux présentant un niveau d'altération considéré comme « Mauvais » à « Très mauvais »
- **Les enjeux et leur zone d'influence**, tels que les connexions existantes entre les espaces urbains et les canaux, matérialisées par le réseau de fossés, ou bien encore le rayon de capacité de dispersion des amphibiens (300 m) autour de leur lieu de vie : la mare.

Ces derniers seront ensuite à affiner en fonction des attentes des élus et du budget alloué à l'entretien des canaux.

4.2. DETERMINATION DU LINEAIRE CONCERNE EN FONCTION DU BUDGET

La détermination de ces canaux ne dépend pas seulement de leur niveau de vulnérabilité face à l'envasement ou des enjeux qui les entourent mais aussi du **budget disponible** sur une période de 6 ans pour la réhabilitation des canaux du val d'Authion. En effet, d'après les premières estimations, il serait possible d'avoir un budget de 25 000 € pour les travaux de réhabilitation du réseau hydrographique (Tableau 9). Le linéaire concerné par les travaux doit donc être estimé en fonction de ce budget.

Pour cela, un premier scénario est élaboré en fonction des pratiques déjà effectuées dans le val : le curage selon la méthode du tiers inférieur (AFB, 2018) associé impérativement à l'adoucissement du profil en « U » par retalutage afin de diminuer la vulnérabilité des berges au processus érosif (DES TOUCHES et ANRAS, 2005, p.34). Le scénario 1 consiste à prendre en compte que pour 1 km de curage, 300 m de berges seront retalutées (Tableau 8), ce qui correspond à une obligation du SAGE Authion. Ce premier scénario ne prend pas en compte les autres mesures de gestion possibles, tels que l'enrochement et l'utilisation du génie végétal pour renforcer les pieds de berge, ou bien encore la création de banquettes, et le débouchage des buses ou encore la rénovation / la suppression des certains ouvrages. En effet, ces dernières mesures seront

à intégrer lors de l'élaboration des plans de travaux de réhabilitation au cas par cas en fonction du niveau d'altération du tronçon et des enjeux avoisinants. Pour pallier à cette inconnue, et en connaissance des coûts importants de ces dernières mesures, le linéaire estimé a été réduit de moitié, seuls 10 % supplémentaires sont rajoutés dans l'éventualité de refus de propriétaires riverains. Au total, un linéaire de **13,75 km** sera intégré dans le plan pluriannuel de gestion pour des travaux de réhabilitation, soit 2,30 km par an (Tableau 9).

TABLEAU 8 - TABLEAU RECAPITULATIF DU BUDGET A PREVOIR POUR LE SCENARIO 1 (300 M DE RETALUTAGE POUR 1 KM DE CURAGE)

	Le mètre linéaire (TTC)	**1 km de linéaire réhabilité (TTC)**
Retalutage	2,40 €	720 €
Curage	5,28 €	5 280 €
Total	**7,68 €**	**6 000 €**

TABLEAU 9 - TABLEAU RECAPITULATIF DU LINEAIRE A REHABILITER EN FONCTION DU SCENARIO 1

Enveloppe par an	***25 000 €***
Linéaire par an	4,16 km
Enveloppe pour 6 ans	***150 000 €***
Linéaire pour 6 ans	25 km
Linéaire réel pour 6 ans *(50% du linéaire, pour d'éventuels coûts supplémentaires de réalisation : enrochement, buse, ouvrages...)*	12,5 km
10 % du linéaire réel *(marge pour palier à d'éventuels refus de la part des propriétaires)*	1,25 km
Linéaire à réhabiliter pour 6 ans *(linéaire réel + 10%)*	**13,75 km**
Linéaire à réhabiliter par an	**2,30 km**

4.3. DEFINITION DES OBJECTIFS DE REHABILITATION ET PREMIERE PROPOSITION DE GESTION

Pour chacun des enjeux et des canaux considérés comme vulnérables à l'envasement, des objectifs, complétés par des sous-objectifs, ont été définis afin d'orienter les actions à mettre en place et ainsi préconiser des mesures de gestion adaptées et entrant dans le cadre des objectifs de la DCE et des SDAGE (MALAVOI et BRAVARD, 2011, p.152).

Dans le cas de la présente étude, la gestion intégrée du val d'Authion a pour objectif **d'atteindre un équilibre entre les différents usages de l'eau**, notamment agricole, **la qualité de l'eau et l'amélioration de la biodiversité** aquatique, tout en **prévenant le risque d'envasement des canaux et d'inondation du val.** Les propositions de travaux et les orientations de gestion doivent donc prendre en compte ces enjeux, socio-économiques et environnementaux en cohérence avec les orientations de gestion des autres acteurs du territoire, tel que le PNR Loire-Anjou-Touraine.

Une échelle d'analyse plus fine est alors nécessaire pour déterminer les actions à mettre en œuvre. Dans cette présente étude, nous analyserons les enjeux et la dynamique sédimentaire à l'échelle des canaux déterminés précédemment afin d'engager des premières orientations de gestion parmi lesquelles nous pouvons citer :

- L'effacement des seuils et ouvrages non fonctionnels ou l'abaissement des vannes et clapets
- Le curage selon la technique du tiers inférieur, lorsque celui-ci est indispensable et toujours accompagné de mesures compensatoires, tel que le retalutage.

Quant aux opérations de protection des berges (retalutage, création de banquettes, enrochement des pieds de berges, génie végétal) elles seront définies après une enquête de terrain approfondie.

CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION

Ce chapitre vous présente (1) **le bilan du suivi sédimentaire** amorcé en juin 2016 sur la base d'une analyse spatio-temporelle des hauteurs de vase ainsi qu'une analyse de l'impact des ouvrages sur la modification des transferts hydro-sédimentaire et sur le réajustement du lit ; (2) **l'analyse du niveau d'altération** morpho-sédimentaire des canaux afin de déterminer les plus vulnérables à l'envasement ainsi que l'analyse des enjeux pouvant être impactés par le processus d'envasement ; (3) la dernière partie a pour objectif de **déterminer les canaux prioritaires**, qui feront l'objet de travaux de réhabilitation dans le cadre du plan de gestion en croisant la dynamique de remplissage sédimentaire avec le niveau d'altération des canaux et les enjeux présents sur le territoire. Cette dernière partie permettra d'amorcer la question des mesures à mettre en place sur les canaux retenus afin qu'elles soient cohérentes avec les enjeux présents.

1. LE SUIVI SEDIMENTAIRE

1.1. REPARTITION SPATIALE DE LA HAUTEUR DE VASE

1.1.1. A L'ECHELLE DU VAL D'AUTHION

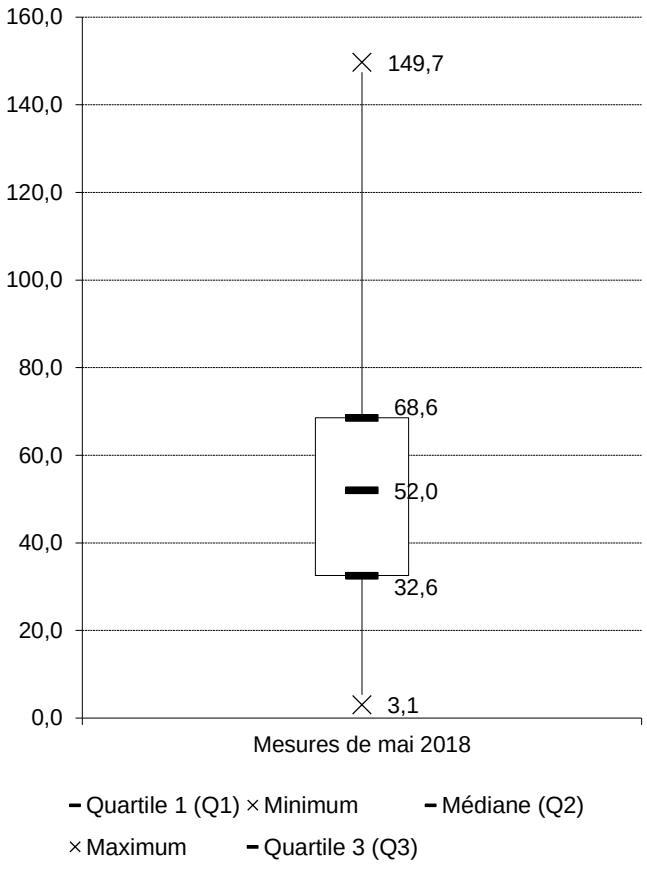


FIGURE 29 - RECAPITULATIF DE LA REPARTITION DES VALEURS DE HAUTEUR DE VASE (EN CM) OBSERVEES EN MAI 2018

De façon générale nous avons relevé une **médiane de 52,0 cm de vase** au mois de mai 2018 sur l'ensemble des points de suivi sédimentaire (Figure 29), **allant de 3,1 cm,** qui ne peut pas être considérée comme significative (la marge d'erreur étant de 4.36 cm) au point n°29 situé à **l'amont du val à 149,7 cm de vase** au point n°50 (Figure 30). A l'échelle du bassin versant, nous pouvons noter une tendance générale se traduisant par un **gradient positif d'amont vers l'aval**, **avec des valeurs ne dépassant pas les 69,2 cm en amont et des valeurs atteignant les 149,7 cm en aval** (Figure 31). Cette tendance à l'augmentation de la hauteur de vase d'amont en aval peut être la **conséquence d'une accumulation progressive de la charge en suspension en lien avec la diminution de la pente du val**, passant de 0,022 % en amont entre la confluence du Changeon et du Lane et la confluence du Lathan avec l'Authion à 0,010 % à l'aval entre la confluence du Lathan avec l'Authion et celle de l'Authion avec la Loire aux Ponts-de-Cé (Figure 30). Quant **à l'occupation du sol et plus précisément le type de culture, il semble aussi influer sur ce gradient amont-aval.** En effet, à

l'aval, où les hauteurs de vase sont les plus importantes, l'occupation du sol est dominée par des cultures à fort potentiel érosif (comme le blé tendre ou les semences) alors qu'en amont nous trouvons un peu plus de diversité dans le type de culture, avec la présence d'arboriculture ou de vergers qui ont un potentiel érosif moyen (Figure 30).

Les apports en charge solide des affluents ne semblent pas influencer grandement sur la hauteur de vase. En effet, nous pouvons observer une augmentation de la hauteur de vase à l'aval de la confluence avec le Couasnon (zone 3, Figure 30), mais pas à l'aval de la confluence avec le Lathan où les fortes valeurs de hauteurs de sédiments atteignent 149,7 cm juste en amont de la confluence (zone 2, point de suivi n°50, Figure 30 etFigure 31). Le Couasnon semble donc être un facteur plus déterminant dans l'apport de la charge solide dans le val d'Authion que le Lathan. Pour vérifier cette hypothèse il serait intéressant d'effectuer des prélèvements en période d'étiage et de crue à l'exutoire du bassin versant du Couasnon et du Lathan afin d'estimer la charge solide transportée. Cette technique a été utilisée dans un contexte aride par LAMACHERE (2000) et YLES et BOUANANI (2012). **A l'échelle du bassin versant la pente et l'occupation du sol semblent être les facteurs les plus déterminants dans la dynamique d'envasement des canaux.**

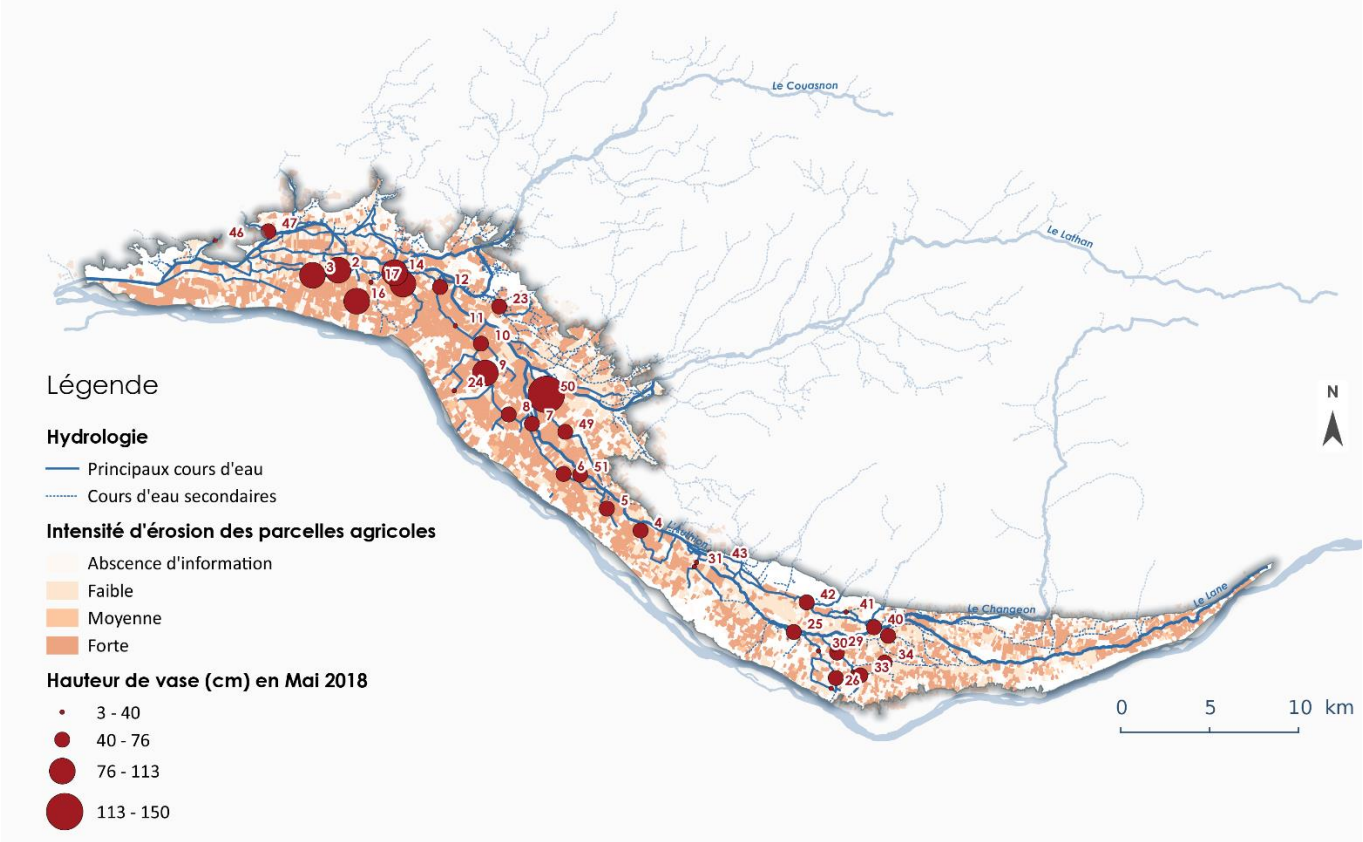


FIGURE 30 - REPARTITION DES HAUTEURS DE VASE AU MOIS DE MAI 2018 (SOURCE : RPG, 2012 ; REALIEE PAR COZLER, 2018)

Néanmoins, ce gradient présente des discontinuités importantes. **En effet, nous pouvons distinguer trois zones où la hauteur de vase est plus importante et qui sont suivies d'une rupture** (Figure 31). Ces espaces présentant une concentration de points de suivi où les hauteurs de vase sont plus importantes ont aussi été constatés par KAROUI (2017) et par MARTEAU (2016) pour la zone 1 et 3.

Dans la zone 1, située en aval du val, nous observons une moyenne de 40,15 cm, avec des valeurs allant de 3,1 cm pour le point n°29 sur le canal de Varenne, à 69.2 cm pour le point n°40. Le point n°29 est situé à 87 m en aval d'un madrier et ne présente pas d'ouvrage hydraulique en aval sur plus de 2 km, ce qui peut être un élément d'explication de la faible épaisseur de vase, les sédiments se retrouvant bloqués en amont du

madrier du canal de Varenne. De plus, les versants en rive gauche et droite sont caractérisés par la présence d'arboriculture, à sensibilité érosive moyenne, en rive gauche et en amont. La présence d'un ouvrage hydraulique en amont et l'occupation du sol semblent, dans le cas présent, être des facteurs influençant la hauteur de vase.

La zone 2 quant à elle présente deux valeurs extrêmes, le point n°50 de 149,7 cm, et le point n°9 de 91,6 cm par rapport au contexte alentour d'une moyenne de 54,72 cm. Le point n°50 présente la hauteur de vase la plus importante sur l'ensemble du val, situé sur le canal 900 il est pourtant à plus de 1,8 km en amont d'un ouvrage hydraulique. De plus, les apports sédimentaires externes semblent provenir des versants, occupés par des cultures à forte susceptibilité érosive sur les deux rives, jumelés à des apports internes provenant de l'érosion des berges par sapement et glissement (MARTEAU, 2016).

Quant à la zone 3, en aval du val, nous retrouvons des valeurs plus importantes d'une moyenne de 81,9 cm, mais cette moyenne est tirée vers le bas par le point de suivi n°17 qui présente une hauteur de 9 cm. Ce dernier point de suivi se trouve sur le ruisseau de la Boire au Champ (BRC T1.), qui aujourd'hui n'est plus géré que par les propriétaires riverains et ne présente pas d'ouvrage ou de besoins particulier pour l'irrigation. Quant au point n° 46, d'une hauteur de vase de 9,4 cm, il se trouve en amont du canal 560 T1. et a été curé en 2010. Les hauteurs de vase dépassant les 80 cm sont concentrées sur le canal 500 qui présente de nombreux ouvrages, des berges fortement dégradées avec une ripisylve discontinue (MARETAU, 2016)

Cependant, ces 3 zones ne correspondent pas à une évolution amont – aval, ce qui explique en partie les **fortes amplitudes d'un point de suivi à l'autre**, une grande partie des points de suivi sont déconnectés les uns des autres. Il apparaît donc important de s'intéresser à l'évolution de la hauteur de vase sur un même tronçon afin de mieux définir les dynamiques présentes dans ces différentes zones et les facteurs influençant le processus d'envasement, tels que les ouvrages, l'état des berges ou encore l'occupation du sol des versants.

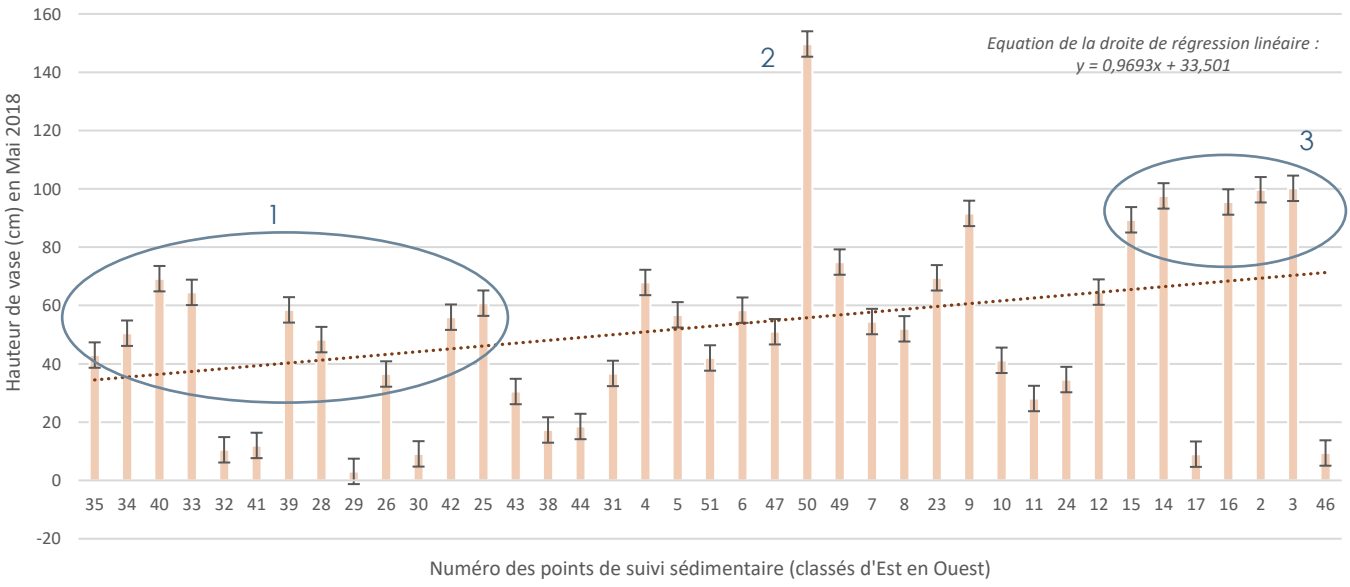


FIGURE 31 - EVOLUTION DES HAUTEURS DE VASE (EN CM) EN MAI 2018 D'EST EN OUEST DU VAL D'AUTHION (COZLER, 2018)

1.1.2. A L'ECHELLE DU TRONÇON

Afin de mieux définir la dynamique d'envasement, il est nécessaire de s'intéresser à l'évolution d'amont en aval de la hauteur de vase présente dans un même tronçon. Pour cela, nous avons sélectionné deux exemples, un à l'amont et un à l'aval du val, qui ne sont pas représentatifs de l'ensemble de la zone mais qui illustrent la multiplicité des facteurs jouant sur la hauteur de vase.

L'amont du val présente de fortes disparités de hauteurs de vase, il est donc essentiel de changer d'échelle et de s'intéresser à un tronçon de canal. Par exemple, le Canal de Varenne présente au sein du même tronçon des hauteurs de vase très hétérogènes pour une pente très faible, de 0,056 %. Ce dernier, long de 4,31 km, présente 3 points de suivi sur son linéaire avec une amplitude de 48 cm entre le point de suivi n°32 et le point n°39 situé à 1,5 km en aval, et une amplitude de -55,4 cm entre le point 39 et le point n°29 situé seulement à 279 m en aval (Figure 32). Malgré une pente faible, il existe des écarts importants entre les différentes hauteurs de vase, ce qui peut s'expliquer par la présence d'ouvrages. En effet, le point n°39 est caractérisé par la présence d'un madrier à 197m plus en aval tandis que le linéaire entre les points n°32 et n°39 est ponctué d'ouvrages plus transparents, tels que des ponts ou buses (Figure 33). Les madriers, lorsqu'ils sont installés, provoquent une rupture du continuum sédimentaire, et ralentissent les écoulements, ce qui déclenche le dépôt des sédiments sur de longues distances en amont au vu de la faible pente du tronçon. De plus, les versants sont essentiellement occupés par des cultures à potentiel érosif moyen. Enfin, les berges sont enherbées, ce qui limite l'érosion par glissement. **Ce canal présente donc des apports externes et internes modérés.**

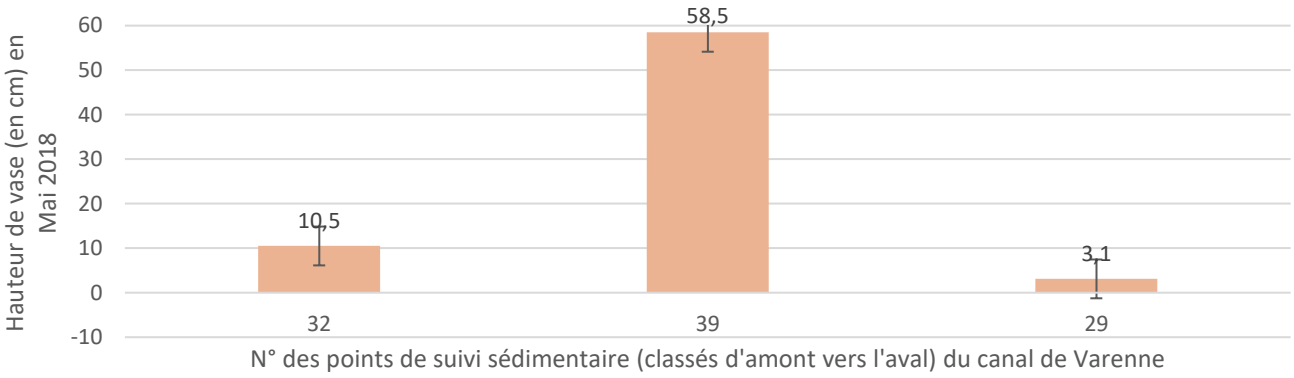


FIGURE 32 – EVOLUTION D'AMONT EN AVAL DE LA HAUTEUR DE VASE (EN CM) DU CANAL DE VARENNE EN MAI 2018 (COZLER,2018)

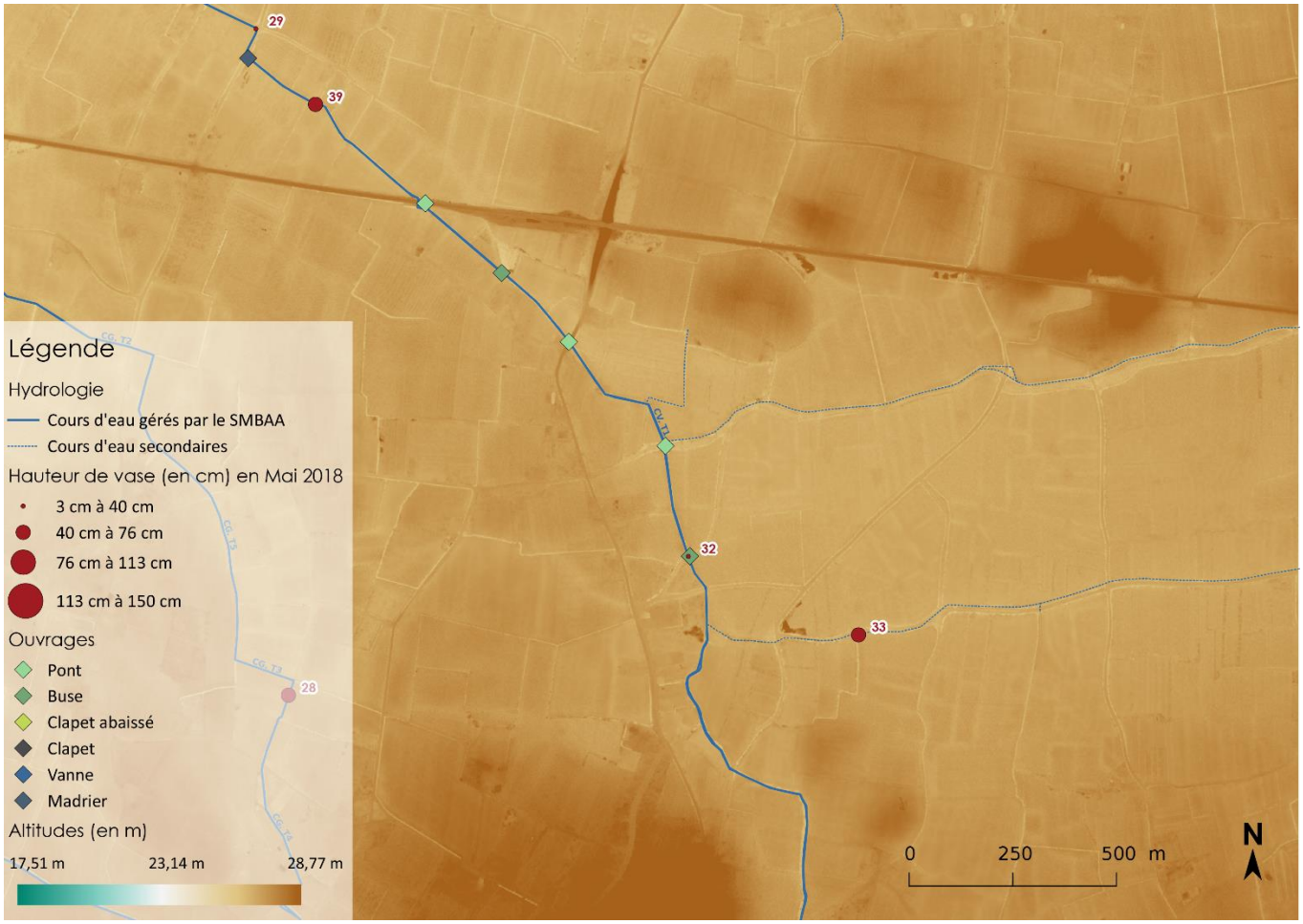


FIGURE 33 - IMPACTS DES OUVRAGES SUR LA REPARTITION DES HAUTEURS DE VASE (EN CM) SUR LE CANAL DE VARENNE (REALISEE PAR COZLER, 2018)

A contrario, dans la zone 3 en aval du val d'Authion, le tronçon du canal 5007 au canal 500, présente une hauteur de vase stable d'amont en aval du tronçon, avec une amplitude de 10.8 cm entre le point de suivi n°15 sur le canal 5007 à l'amont du tronçon et le point de suivi n°3 sur le canal 500 à l'aval (Figure 34) pour une pente nulle de 0,010 %. Ce dernier est ponctué d'ouvrages hydrauliques impactant sur la dynamique sédimentaire, et dans le cas présent 6 clapets dont 1 inactif donc abaissé. Nous pouvons aussi relever des ouvrages plus transparents à l'aval du point de suivi n°2, un pont et une buse, qui semblent avoir un impact sur la dynamique sédimentaire puisque le point n°2 présente des hauteurs de vase similaires au point n°3 situé à 1 600 m plus en aval. Quant aux apports sédimentaires, ils semblent provenir à la fois des versants, occupés par des cultures fortement sensibles au risque d'érosion sur l'ensemble du linéaire, et par l'érosion des berges par sapement, peu protégées par la ripisylve.

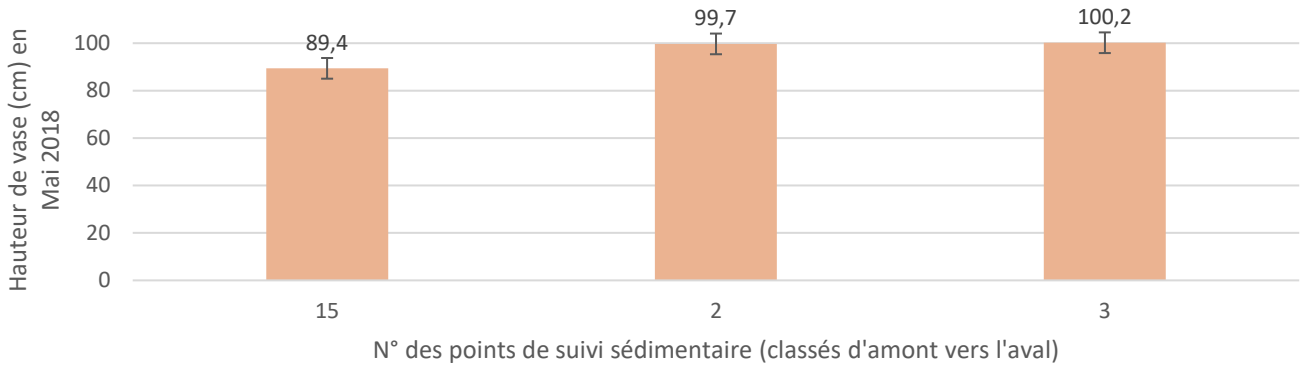


FIGURE 34 - EVOLUTION D'AMONT EN AVAL DE LA HAUTEUR DE VASE (EN CM) DU CANAL 5007 AU CANAL 500 EN MAI 2018 (COZLER, 2018)

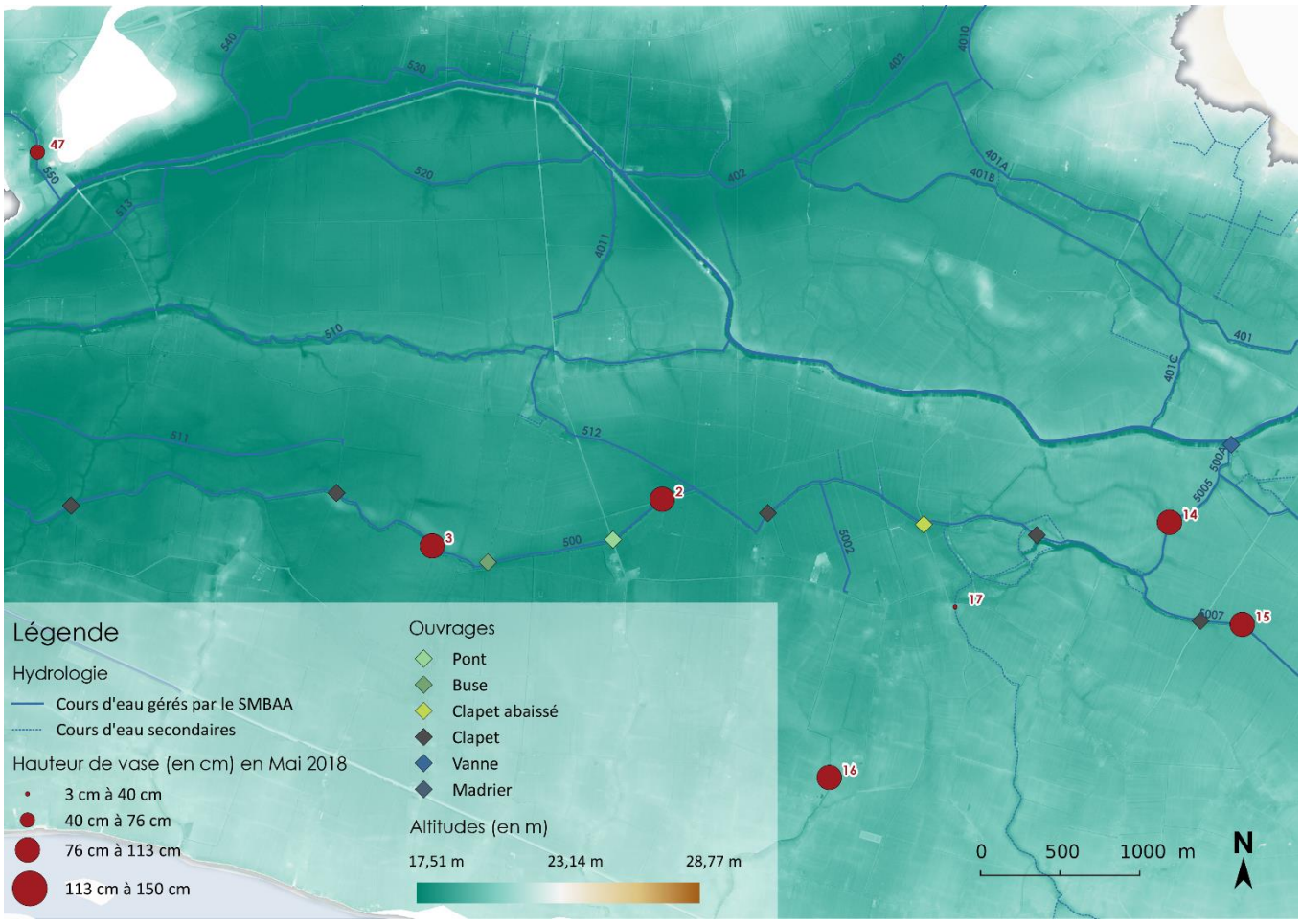


FIGURE 35 - IMPACTS DES OUVRAGES SUR LA REPARTITION DES HAUTEURS DE VASE (EN CM) DU CANAL 5007 AU CANAL 500 EN MAI 2018 (COZLER, 2018)

Dans le cas présent, **le nombre d'ouvrages hydrauliques, combiné à des apports externes et internes sur l'ensemble du linéaire, semble jouer sur la dynamique sédimentaire**. Les ouvrages du canal 500 sont élevés simultanément afin de relever la ligne d'eau pour les besoins de l'irrigation, formant ainsi des cuvettes contraignant les sédiments à l'intérieur. Les ouvrages, jumelés à une pente faible voire nulle, jouent donc un rôle central dans la dynamique d'envasement des canaux. Afin de compléter cette approche nous nous sommes intéressés aux cotes des ouvrages afin de mettre en évidence les éventuels ralentissements des écoulements, pour les ouvrages hydrauliques et ceux qui se veulent plus transparents, comme les buses et ponts.

1.2. INFLUENCE DES OUVRAGES : RESULTATS DES MESURES TOPOGRAPHIQUES

1.2.1. CANAL DE VARENNE (POINT N°29) ET LE CANAL 5007 (POINT N°15)

Nous avons vu précédemment le cas particulier du canal de Varenne (1.1.2) où les hauteurs de vase apparaissaient très hétérogènes et semblaient liées à la présence d'un madrier entre les points de suivi 39 et 29. L'élaboration du profil en long nous permet d'affiner l'explication de cette amplitude de -55,4 cm de hauteur de vase entre les deux points de suivi (Figure 36). En effet, le nivellement permet de mettre en évidence la présence d'une contre-pente de 0,057 % entre le point de suivi n°39 et l'amont du madrier, ce qui peut être le résultat d'un mauvais calibrage du madrier ou d'un curage trop important. Cette contre-pente s'accentue en aval de l'ouvrage, passant à 0,42% entre l'ouvrage et le point de suivi n°29 où nous retrouvons une pente correcte, et même supérieure à la moyenne du val, de 0,21% entre le point n°29 et le pont situé 139,8 m à l'aval. La présence du madrier n'est donc pas le seul facteur de l'hétérogénéité des hauteurs de vase dans le canal, **le calibrage des ouvrages et le recreusement du lit lié au curage sont des facteurs additionnels.**

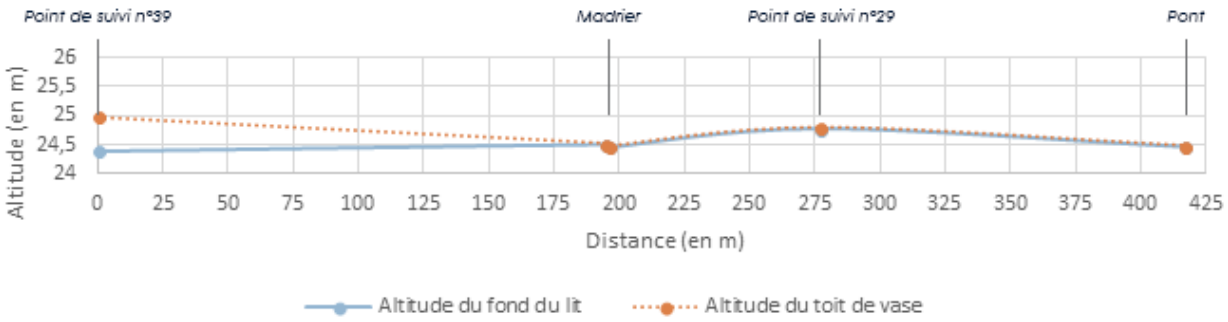


FIGURE 36 - PROFIL EN LONG D'UN TRONÇON DU CANAL DE VARENNE, DU POINT DE SUIVI N°39 AU PONT 416,45 M EN AVAL (REALISE PAR COZLER, 2018)

Pour ce qui concerne le canal 5007 qui présentait des mesures homogènes sur l'ensemble de son tronçon (1.1.2), l'élaboration du profil en long nous permet de confirmer l'hypothèse émise selon laquelle la présence d'une buse en aval impacte sur la dynamique sédimentaire (Figure 37). En effet, nous pouvons observer que le fond du lit présente une contre-pente de 0,59 %, le cours d'eau procède alors au rééquilibrage de son profil par dépôt régressif (MALAVOI et BRAVARD, 2010, p.47) ce qui se traduit par une contre-pente moins importante (de 0,25 %) du toit de vase, la buse a été mal calibrée ou bien le lit en amont a été surcreusé, ce qui rejoint ce qui a été observé sur le canal de Varenne (Figure 36).

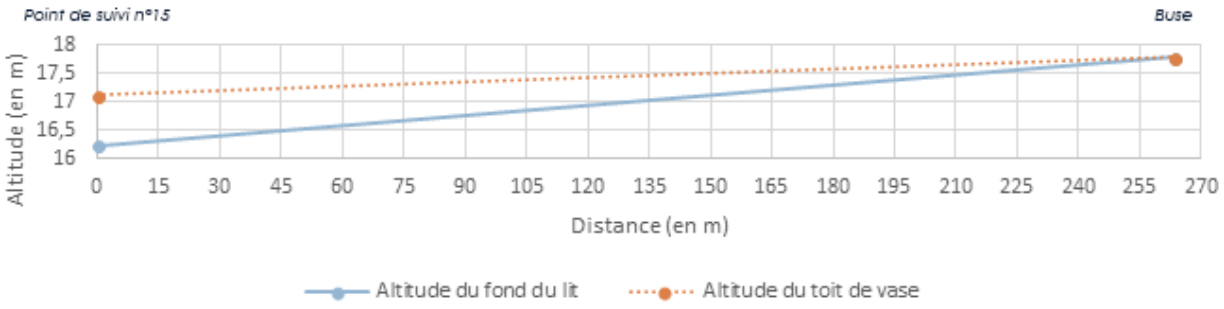


FIGURE 37 - PROFIL EN LONG D'UN TRONÇON DU CANAL 5007, DU POINT DE SUIVI N°15 A LA BUSE SITUEE 263.34 M EN AVAL (REALISE PAR COZLER, 2018)

1.2.2. *ALTITUDE DU TOIT DE VASE PLUS IMPORTANTE QUE L'ALTITUDE DU FOND DE L'OUVRAGE EN AMONT ET EN AVAL : RESULTAT D'UN CURAGE EXCESSIF*

A contrario, le point de suivi n°34 présente une altitude du toit de vase plus importante que celle du radier du pont situé 24,12 m plus en amont, tandis que le fond du lit se trouve être plus bas de 42 cm que le fond de la buse avale. Nous avons donc dans le cas présent une contre-pente entre le fond du lit du point de suivi et l'ouvrage aval de 0,97 % ce qui a ralenti les écoulements et a provoqué le dépôt de la matière en suspension en amont de l'ouvrage, le cours d'eau cherchant à rétablir sa ligne d'équilibre par dépôt régressif. Dans le cas présent, le calibrage des deux ouvrages n'a pas été bien effectué puisqu'il y a une augmentation de 0,051 m d'altitude entre le radier du pont à l'amont et le fond de la buse avale, ce qui a provoqué l'envasement à l'amont et possiblement le creusement par curage, créant alors une cuvette entre les deux ouvrages. **Les travaux semblent donc être un facteur central dans la dynamique sédimentaire du canal 18.**

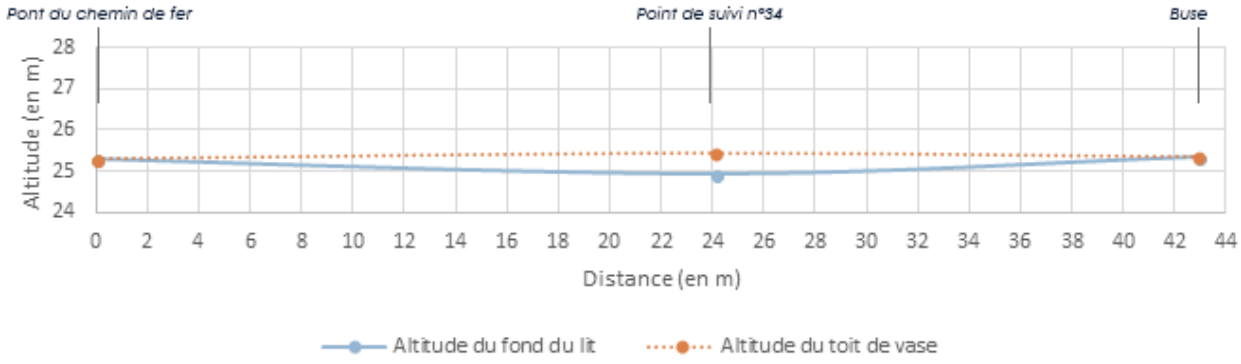


FIGURE 38 - PROFIL EN LONG D'UN TRONÇON DU CANAL 18 DU PONT DU CHEMIN DE FER A L'AMONT A LA BUSE EN AVAL DU POINT DE SUIVI N°34 (REALISE PAR COZLER, 2018)

1.2.3. *ALTITUDE DU FOND DE L'OUVRAGE AVAL PLUS IMPORTANTE QUE LE TOIT DE VASE*

Sur les 15 points de suivi présentant un ouvrage en aval, de type pont ou buse, 5 présentent une hauteur de vase plus importante que la hauteur du fond dur de l'ouvrage, c'est-à-dire le fond de la buse ou bien

encore le radier du pont. Cette différence d'altitude peut-être le résultat soit d'un ouvrage mal calibré lors de sa construction, soit d'un curage excessif ayant provoqué le surcreusement du lit en amont.

Parmi les 5 ouvrages dont l'altitude du fond dur est plus élevée que le toit de vase en amont, deux d'entre eux sont à relever, le point de suivi n°4 du canal 16 T1 et le point de suivi n°11 du canal 300 I, qui ont été curés respectivement en 1988, 1994 et 2012 pour le premier et 1985, 2000, 2002 et 2012 pour le second. Les hauteurs de vase relevées lors de ces travaux ne sont pas précisées dans les archives du SMBAA. Cependant, la récurrence de ces opérations de curage est le signe d'un envasement rapide qui peut être le résultat d'une altitude trop importante du fond de l'ouvrage – ce qui rejoint ce qui a été constaté précédemment sur le tronçon du canal 18. Nous avons supprimé les cinq canaux, présentant une altitude du toit de vase inférieure à celle du fond de l'ouvrage plus en aval, de la liste des canaux à étudier pour le plan de gestion. En effet, des travaux de curage ne sont pas adaptés, dans ce cas, puisque **le réajustement du lit par dépôt régressif** reprendra. Il serait nécessaire de recaller le fond de l'ouvrage à la bonne altitude, dans la continuité du fond du lit.

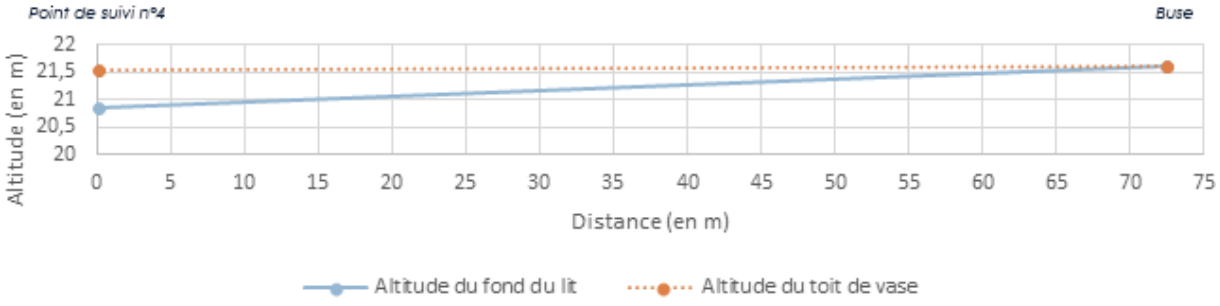


FIGURE 39 - PROFIL EN LONG D'UN TRONÇON DU CANAL 16 T1. DU POINT DE SUIVI N°4 A LA BUSE 72.43 M EN AVAL (COZLER, 2018)

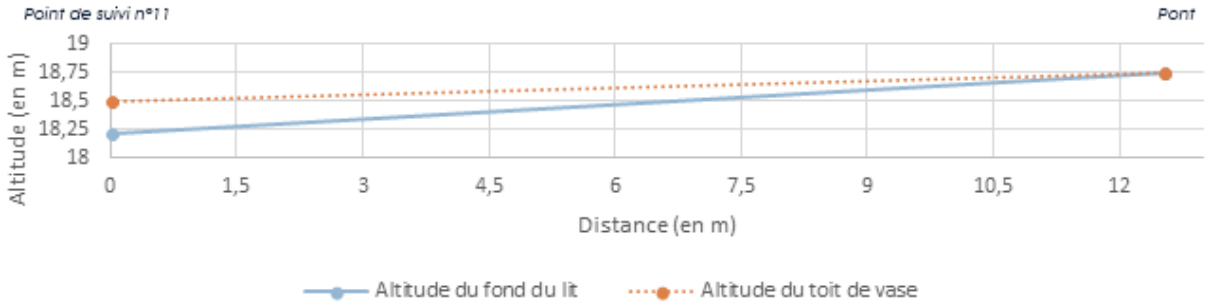


FIGURE 40 - PROFIL EN LONG D'UN TRONÇON DU CANAL 300 I., DU POINT DE SUIVI N°11 AU PONT SITUE 12.52M EN AVAL (COZLER, 2018)

1.3. EVOLUTION DU REMPLISSAGE SEDIMENTAIRE

1.3.1. A L'ECHELLE DU VAL D'AUTHION : TAUX D'EVOLUTION DES HAUTEURS DE VASE

Ne sont concernés et représentés sur la carte ci-après que les points dont le suivi sédimentaire a débuté en juin 2016, les points définis par KAROUI (2017) et lors de cette étude ne présentent pas assez de mesures pour estimer leur évolution.

Globalement, **nous pouvons relever une baisse de la hauteur de vase sur l'ensemble du val de 12,13 % entre juin 2016 et mai 2017**. Mais cette baisse globale est à nuancer. En effet, **les trois espaces identifiés précédemment se différencient** (Figure 30 etFigure 41), caractérisés par un gradient positif est-ouest, avec une baisse globale à l'amont de -44,42 % puis une légère augmentation de 5,24 % et enfin une augmentation plus importante de 32,45 % à l'aval du val (Figure 42).

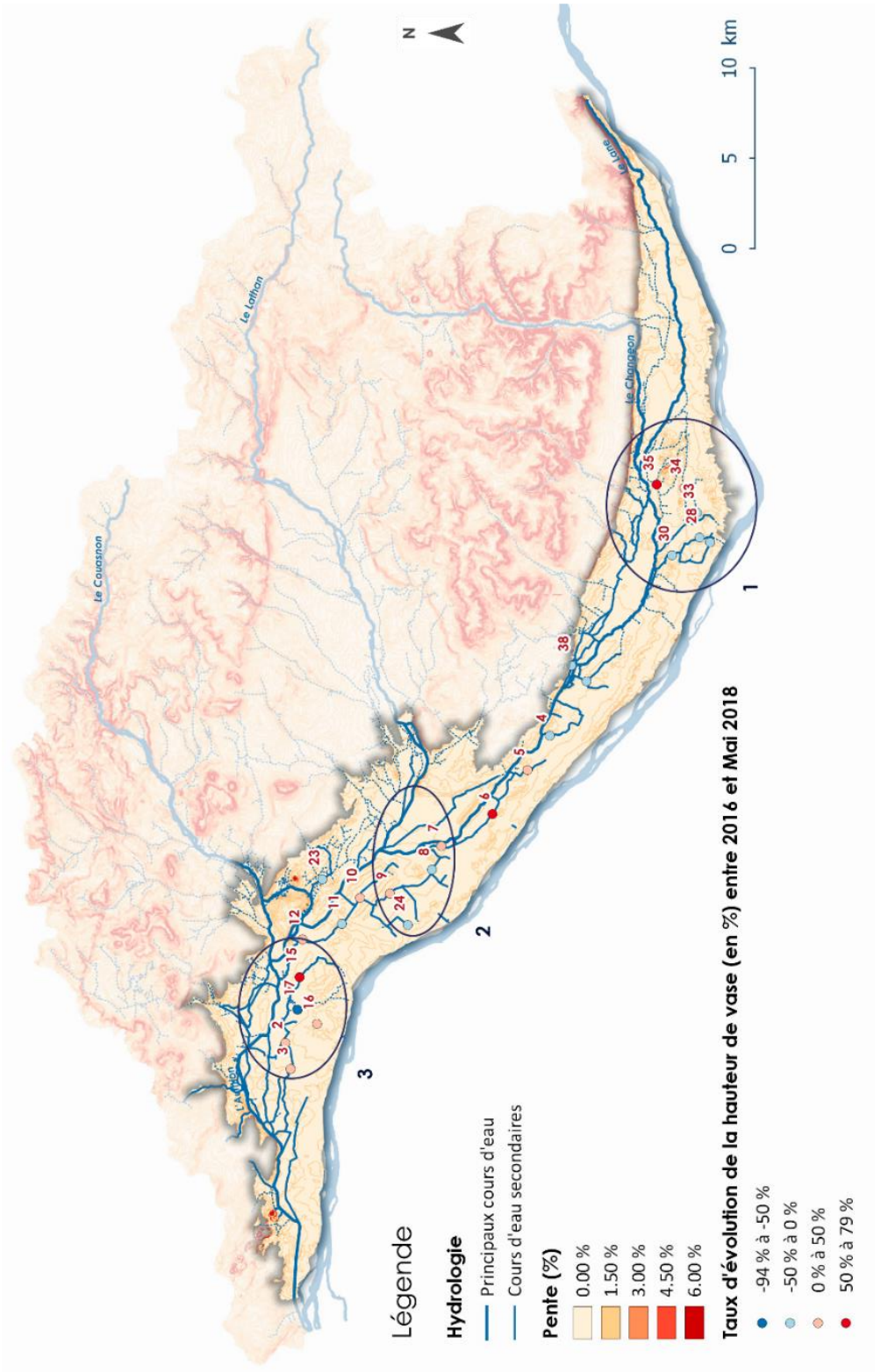


FIGURE 41 – REPARTITION DES TAUX D'EVOLUTION (%) DE LA HAUTEUR DE VASE ENTRE JUIN 2016 ET MAI 2018 DES POINTS DE SUIVI SEDIMENTAIRES (REALISEE PAR COZLER, 2018)

Comme pour les hauteurs de vase, il existe de fortes disparités au sein de ces espaces (Figure 42). En effet, l'amont du val présente les deux taux d'évolution extrêmes, allant de -94 % au point de suivi n°32 sur le canal de Varenne à une augmentation de 79 % au point n°35 sur le petit Lane. Quant à l'aval du val, caractérisé par une hausse moyenne de 32 % entre juin 2016 et mai 2018, celle-ci se trouve être minorée par le point de suivi n°17 qui présente une baisse de 59 % de la hauteur de vase.

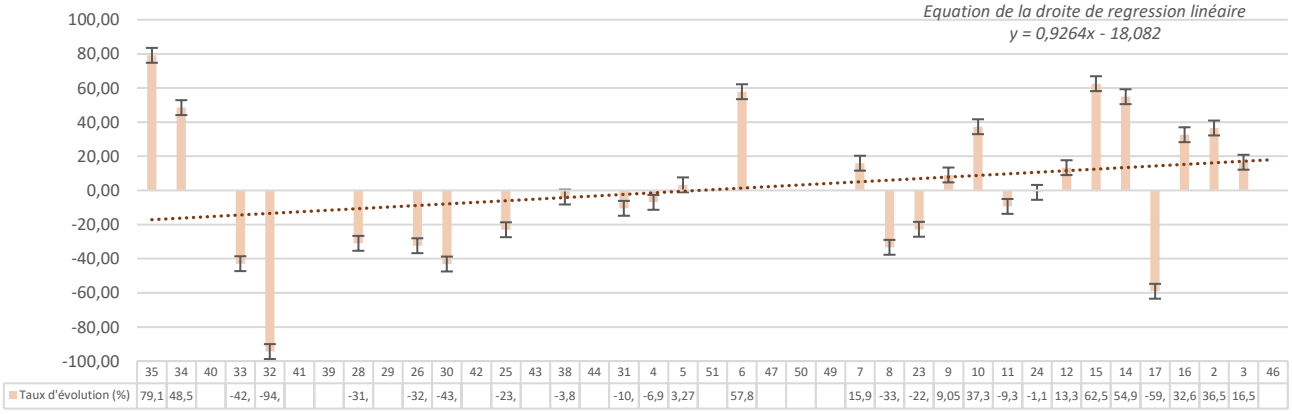


FIGURE 42 - TAUX D'EVOLUTION (%) DE LA HAUTEUR DE VASE DES POINTS DE SUIVI SEDIMENTAIRES (DE JUIN 2016 A MAI 2018 EN %) (COZLER, 2018)

1.3.2. A L'ECHELLE DES CANAUX : ESTIMATION DE LA VITESSE DE REMPLISSAGE

Afin d'estimer les vitesses de remplissage, nous nous sommes intéressés aux canaux sur lesquels des travaux de curage sont connus, même si la hauteur de vase prélevée n'est pas précisée dans les archives du SMBAA. Ces résultats montrent donc une tendance.

De façon générale nous observons une hausse moyenne de la hauteur de vase de 3,88 cm/an, mais pas de tendance nette d'amont en aval (Figure 43). Les vitesses de remplissage varient de 1,15 cm/an pour le point n°38 du canal BN T2. à 36,50 cm/an pour le point 26 du canal CE T3 situé à l'amont de notre zone d'étude.

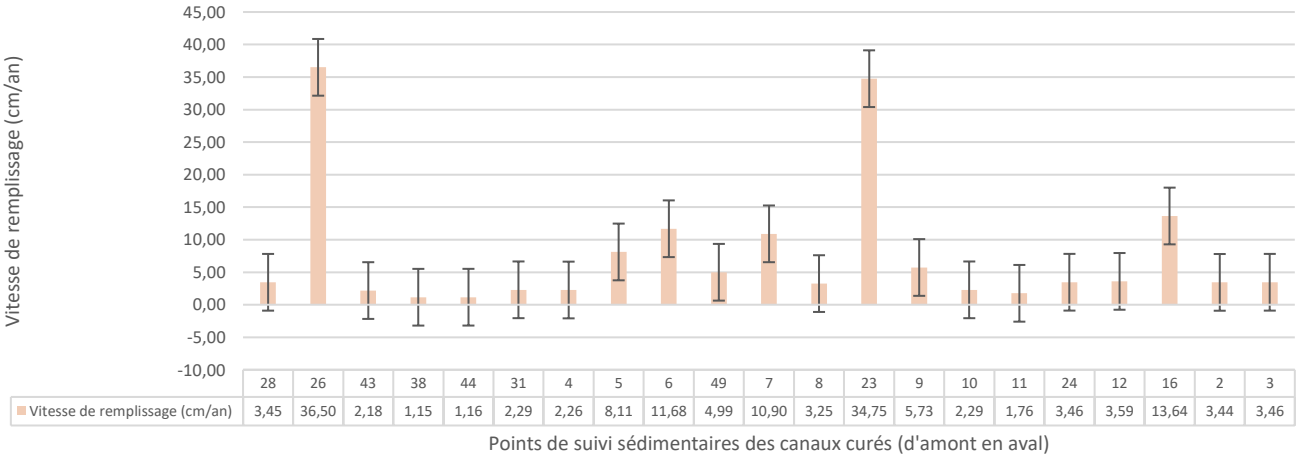


FIGURE 43 - VITESSE DE REMPLISSAGE SEDIMENTAIRE (EN CM/AN) DES CANAUX CURES PRESENTANTS DES POINTS DE SUIVI SEDIMENTAIRE (CLASSES D'EST EN OUEST ; COZLER, 2018)

1.3.3. *EVOLUTION SAISONNIERE : INFLUENCE DES OUVRAGES ET DE LEUR MANIPULATION*

Afin d'approfondir l'impact des ouvrages, et notamment de la manipulation saisonnière des ouvrages – pour soutenir l'étiage en été et drainer les terres en hiver – sur la hauteur de vase, nous nous sommes intéressés aux points de suivi n°4 du canal 16 et au point n°11 du canal 300 dont les profils en long ont été présentés précédemment (Chap. 3 1.2.3.) et dont les vitesses de remplissages sont respectivement de 2,26 cm/an et 1,76 cm/an (Chap. 3 1.3.2.). Ces points de suivi sont perturbés par la présence d'une buse et d'un pont dont l'altitude du fond de l'ouvrage est supérieure à celle du lit au point de suivi. Ces deux canaux sont alors en phase de rééquilibrage par dépôt régressif comme l'ont montré les profils présentés précédemment (Chap. 3 1.2.3.). Cependant, ces deux points de suivi montrent une tendance générale à une légère baisse depuis le début du suivi sédimentaire, avec une baisse de 6,44 % pour le point de suivi n°4 et une baisse de 9,35 % (Chap. 3 1.3.2.). Mais lorsque nous nous intéressons aux changements saisonniers de la hauteur de vase nous pouvons constater **une évolution cyclique** (Figure 44). En effet, pour les deux points de suivi nous observons **une baisse de la hauteur de vase entre juin 2016 et mars 2017 puis une légère augmentation en juin 2017 et de nouveau une diminution en mai 2018.** Nous pouvons alors émettre l'hypothèse que cette cyclicité s'explique par la manipulation saisonnière des ouvrages. Ces derniers sont relevés entre fin mars et début avril afin de réhausser la ligne d'eau et ainsi permettre aux pompes d'irrigation de fonctionner sans se désamorcer, ce qui a engendré dans le cas présent la hausse de la hauteur de vase entre mars 2017 et juin 2017 provoqué par le ralentissement des écoulements. Puis ils sont abaissés à la fin de l'automne pour permettre l'assainissement des terres agricoles ce qui engendre la remobilisation des sédiments, nous appelons cette dynamique l'« effet de chasse ».

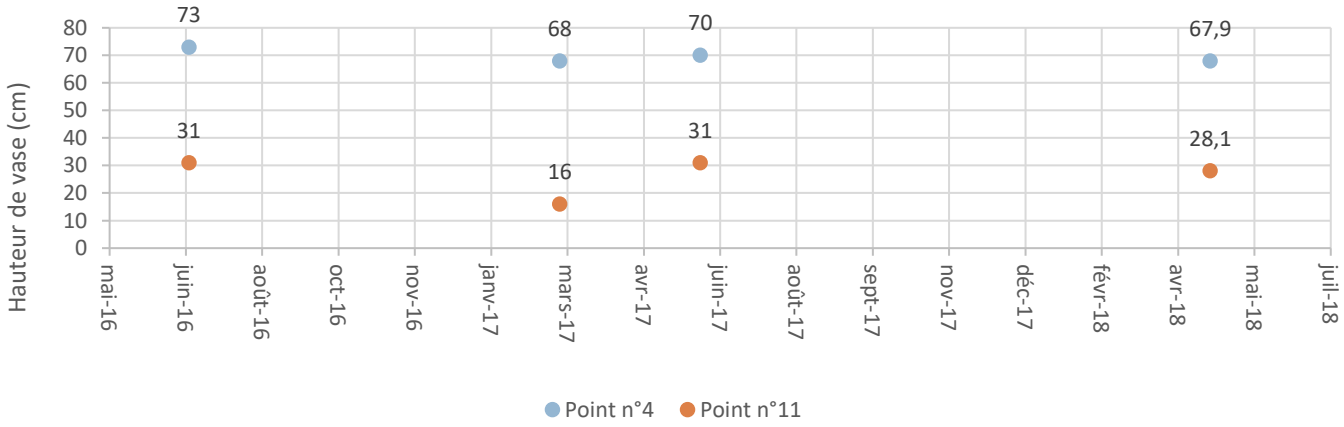


FIGURE 44 - EVOLUTION DE LA HAUTEUR DE VASE (CM) DES POINT DE SUIVI N° 4 ET 11 ENTRE JUILLET 2016 ET MAI 2018 (COZLER, 2018)

1.4. BILAN DU SUIVI SEDIMENTAIRE ET PERSPECTIVES

Le val d'Authion se caractérise par une augmentation de la hauteur de vase d'amont en aval. Nous relevons également une tendance à la baisse depuis juin 2016 à l'amont et une nette tendance à la hausse à l'aval du val. Nous pouvons alors supposer la présence d'une dynamique de migration des sédiments d'amont en aval. Ces variations semblent s'expliquer par des **facteurs géomorphologiques** – la pente – **et anthropiques** – l'occupation du sol – et peu par l'apport sédimentaire des affluents, ce qui rejoint ce qu'a démontré MARTEAU (2016) par l'étude des zones sensibles à l'érosion des sols en tête de bassin versant.

Mise à part cette tendance générale, chaque tronçon a sa propre dynamique sédimentaire. Ils ne réagissent pas de la même façon face aux apports :

- Externes : provenant principalement des versants par ruissellement diffus, dont l'intensité dépend du type de culture, et par drainage qui est un facteur d'apport important en MES (PENVEN et MUXART, 1995)
- Internes : résultant de l'érosion des berges par sapement – suite au marnage engendré par la manipulation des ouvrages – et effondrement (MARTEAU, 2016).

Ces apports sont engendrés par des facteurs structuraux, comme la nature et la structure du sol, la végétation ou encore les espèces invasives, et par des facteurs externes, telles que les modifications d'origine anthropique (exploitation agricole, modification de la géomorphologie du cours d'eau, rupture du continuum sédimentaire par la présence d'ouvrages) (Figure 45). Afin d'estimer les apports internes, il serait intéressant d'effectuer un suivi de l'érosion des berges des canaux, ce qui permettrait à la fois de quantifier l'apport sédimentaire provenant des berges et d'estimer l'impact de la gestion hydraulique sur la déstabilisation des berges qui semble être la source d'apports sédimentaires principale. En effet, l'étude de l'évolution de la hauteur de vase nous a permis de mettre en évidence le rôle de la **manipulation des ouvrages hydrauliques sur les transferts sédimentaires.**

De plus, l'élaboration des profils en long fait ressortir le rôle anthropique sur le réajustement du cours d'eau. Nous avons pu constater la présence d'ouvrages dont l'altitude du fond est supérieure à celle du lit en amont, provoquant alors le ralentissement des écoulements en amont et le dépôt de ces derniers. Ce réajustement**, par dépôt régressif**, peut être soit la conséquence d'un **ouvrage mal calibré soit le signe d'un curage excessif.** L'influence des ouvrages est donc double : l'abaissement de ces derniers permet d'évacuer une partie de la charge alluviale l'hiver mais le creusement du lit par curages répétés ou la présence d'ouvrages mal calibrés en amont exacerbe le phénomène d'envasement engendré par une très faible pente et par la manipulation des ouvrages hydrauliques déstabilisant les pieds de berge (Figure 45). Tous les ouvrages n'ont pas été rattachés aux cotes altimétriques NGF, seulement ceux à proximité des points de suivi sédimentaire. Il serait donc, par la suite intéressant d'approfondir ce travail et de le compléter afin de rattacher l'ensemble des ouvrages du val pour en mesurer l'impact sur la dynamique sédimentaire mais aussi pour valider ou réfuter l'hypothèse selon laquelle certains ouvrages ont été mal calibrés.

Le taux d'évolution du remplissage sédimentaire est à prendre en considération lors de l'élaboration du planning des travaux à réaliser, sans concentrer l'ensemble des travaux à l'aval (où les taux d'envasement sont les plus importants) pour avoir une approche cohérente sur l'ensemble du territoire. Face à cette hétérogénéité des réponses sédimentaires et la multiplicité des facteurs, il apparaît central d'intégrer chacun de ces facteurs participant de manière directe ou indirecte à la dynamique d'envasement du cours d'eau pour identifier les canaux les plus vulnérables.

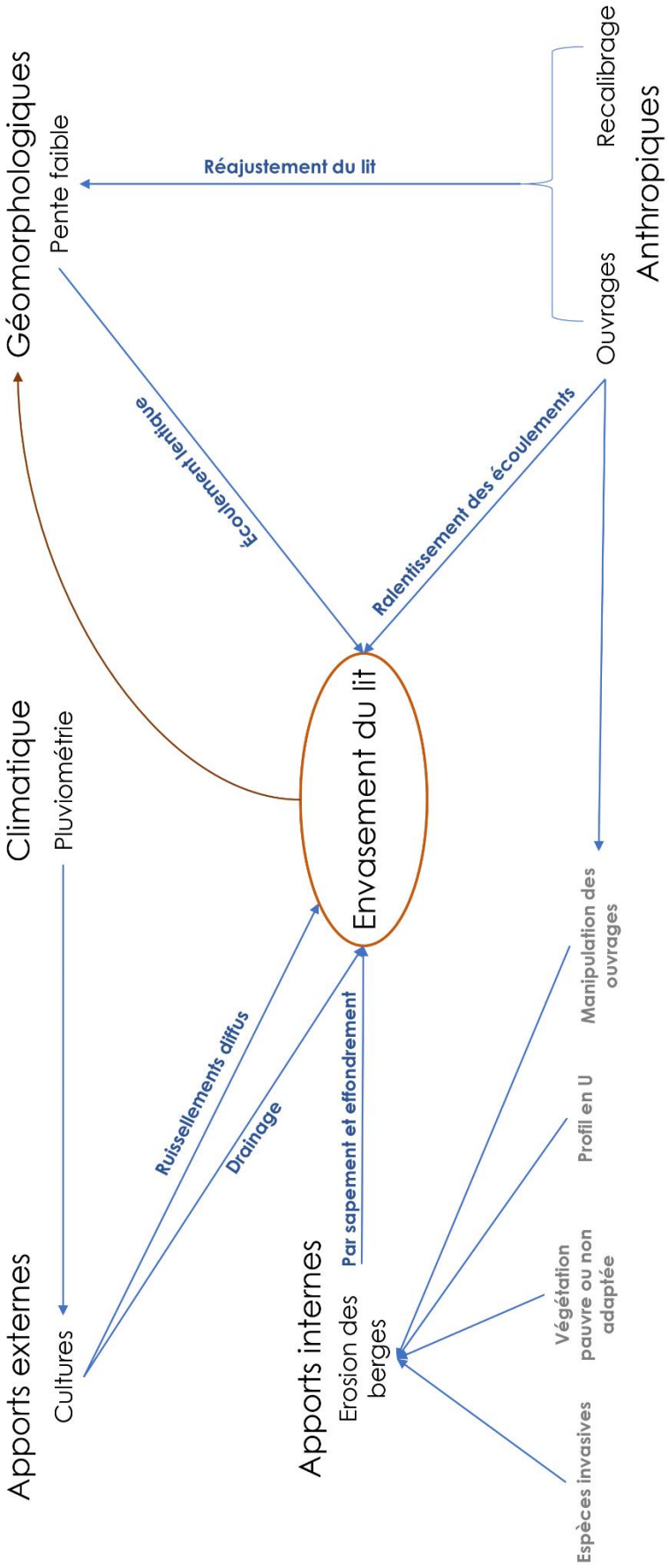


FIGURE 45 - MODELE CONCEPTUEL PRESENTANT LES INTERACTIONS ENTRE LES FACTEURS PARTICIPANTS A LA DYNAMIQUE D'ENVASEMENT DES CANAUX (REALISE PAR COZLER, 2018)

2. ESTIMATION DU NIVEAU D'ALTERATION DES COURS D'EAU ET DES ENJEUX POTENTIELS

Afin d'identifier les canaux prioritaires, nous avons estimé le niveau d'altération morpho-sédimentaire des canaux à partir des indices décrits plus haut (Chapitre 2, 3.1) afin de les croiser avec l'importance des enjeux présents et pouvant être impactés par l'envasement du cours d'eau.

2.1. ALTERATION DES CANAUX DE L'AUTHION : BILAN DE LA QUALITE MORPHO-SEDIMENTAIRE

Au total, 231 tronçons ont été prospectés et décrits pendant l'état des lieux (MARTEAU, 2016), seuls 65 tronçons, soit un linéaire total de 77,862 km, sont concernés par l'étude du degré d'altération morpho-sédimentaire. Les tronçons non classés comme cours d'eau et les canaux ayant été réhabilités pendant les 5 dernières années ne font pas partie de l'étude (Chapitre 2, 1). L'estimation du niveau d'altération se décompose en trois phases correspondant aux trois compartiments décrits plus haut (Chapitre 2, 3.1) : les versants, les berges, le lit.

2.1.1. ALTERATION DES VERSANTS : LES APPORTS EXTERNES

Les versants représentent le compartiment le plus altéré des tronçons considérés, avec **57,25% du linéaire observé qui montre un niveau d'altération mauvais à très mauvais.** Les tronçons possédant l'indice d'altération le plus faible, de 1, sont au nombre de 7, ils sont majoritairement situés à l'aval du val d'Authion – comme les tronçons 1, 12 et 6 du canal 500 aussi appelé le ruisseau des communs de la Marsaulaie, le tronçon 1 du canal 510, le tronçon 4 du canal 401 et le tronçon 3 du canal 520 – seul le tronçon 2 du ruisseau du Vieil Authion est situé à l'amont du val d'Authion. Ces tronçons montrent tous des versants occupés par de la forêt ou de la prairie, moins susceptibles d'être soumis à une érosion diffuse que les cultures que nous retrouvons sur les versants des tronçons les plus altérés. Ces derniers sont au nombre de 6 et sont tous à l'aval du val : le 302, 530, 5002, le tronçon A du canal 300 et les tronçons 1 et 3 du canal 5007. Ils présentent sur leurs versants une **majorité de sols cultivés ou occupés par des chemins**. Cette dernière catégorie se démarque des tronçons classés comme mauvais par l'absence de bandes enherbées.

Il serait cependant intéressant dans une prochaine étude d'affiner les coefficients d'occupation du sol en y intégrant le type de culture, d'après le registre RPG et la direction des ruissellements fins obtenus à partir du LIDAR par KAROUI (2017)

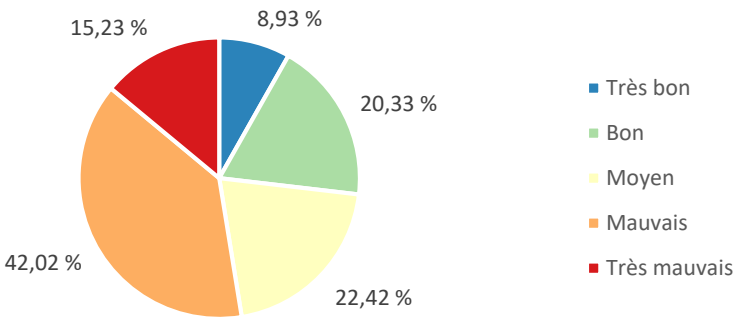


FIGURE 46 - REPARTITION DES NIVEAUX D'ALTERATION DES VERSANTS (POURCENTAGE DU LINEAIRE CONCERNE) (COZLER, 2018)

2.1.2. ALTERATION DES BERGES : LES APPORTS INTERNES

Presque la moitié des berges de l'ensemble du linéaire étudié présente un niveau d'altération mauvais à très mauvais, soit **49,7% du linéaire**. Globalement, nous relevons une concentration des berges les plus altérées dans la partie amont et centrale du val, au Sud de la commune de Beaufort-en-Vallée, ce qui correspond à des espaces agricoles dominés par de la production de semence et de blé tendre. Le canal 13 présente les berges les plus altérées avec un indice de 20, situé à l'amont du val d'Authion, au Nord-Est de la commune de Saumur. Ce dernier montre une érosion des berges en rive droite et gauche de type glissement, sur des berges dépourvues de ripisylve, aucune trace de la présence de ragondins n'a été constatée pendant la réalisation de l'état des lieux mais la hauteur de berge est importante, de 3,25 m en rive droite et gauche, ce qui « gonfle » l'indice d'altération. *A contrario,* le tronçon 6 du canal 401 présente l'indice d'altération le plus faible de la série considérée, de 3. Quant au tronçon 3 du même canal, il présente un niveau d'altération considéré comme « très bon ». Le tronçon 6 du canal 401 est le seul tronçon de la distribution présentant des berges en pente douce sur les deux rives. Tout comme les autres tronçons classés « Très bon » il présente une hauteur de berges ne dépassant pas les 1 m, pas de trace d'érosion des berges et une ripisylve arborescente moyenne à dense.

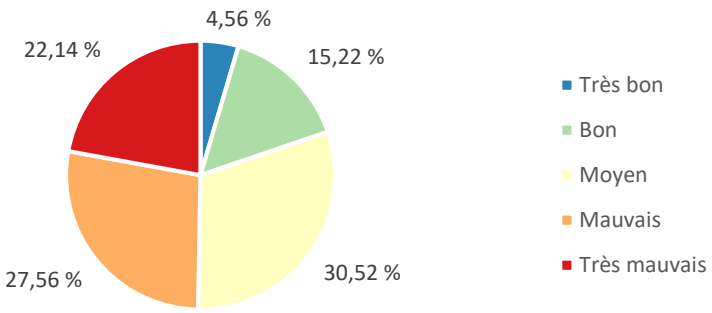


FIGURE 47 - REPARTITION DES NIVEAUX D'ALTERATION DES BERGES (POURCENTAGE DU LINEAIRE CONCERNE) (COZLER, 2018)

2.1.3. ALTERATION DU LIT : UNE REPONSE A L'ENVASEMENT

Le lit est le compartiment qui semble être le moins altéré, avec moins de la moitié du linéaire total qui présente une altération mauvaise à très mauvaise, soit 20,5 % du linéaire. Une certaine homogénéité dans les profils décrits lors de l'état des lieux est à relever sur l'ensemble des tronçons étudiés. En effet, 93,41 % du linéaire ne présente pas d'embâcles, 93,66 % de celui-ci montre un lit avec un dépôt vaseux – composé majoritairement de limons – et 100 % du linéaire prospecté présente un faciès d'écoulement de type lentique. Cette homogénéité sur certains critères peut expliquer la forte portion du linéaire considérée comme moyennement altérée (47,46 %).

La différenciation entre les tronçons considérés comme « Très bon » et « Très mauvais » se joue sur les facteurs de densité et de type de végétation aquatique ainsi que du nombre d'ouvrages par kilomètre. En effet, parmi les dix tronçons classés comme « Très bon », 7 n'ont pas d'ouvrages et 3 présentent un seul

ouvrage transparent ou de franchissement. Ce sont aussi de petits linéaires, ne dépassant pas les 1,5 km, ce qui minimise le nombre d'ouvrages par kilomètre. Le nombre d'ouvrages influe sur la valeur de l'indice, mais certains canaux présentent des hauteurs de vase importantes et un indice d'altération du lit classé comme « bon » voire « très bon », ce qui peut s'expliquer par le biais méthodologique du recensement des ouvrages. Ils ont été identifiés pour chaque tronçon mais sans prendre en compte les ouvrages présents en aval du linéaire considéré.

De plus, les canaux classés comme « très bon » sont tous dépourvus de végétation aquatique. Cependant, l'absence de végétation dans le fond du lit du cours d'eau n'est pas un critère de bon état écologique, seulement dans le cas présent un critère d'un milieu moins riche. C'est le type de végétation qui va jouer le plus, la présence d'hydrophytes et de lentilles est le témoin d'un envasement important que nous retrouvons pour les 6 tronçons classés comme « Très mauvais ».

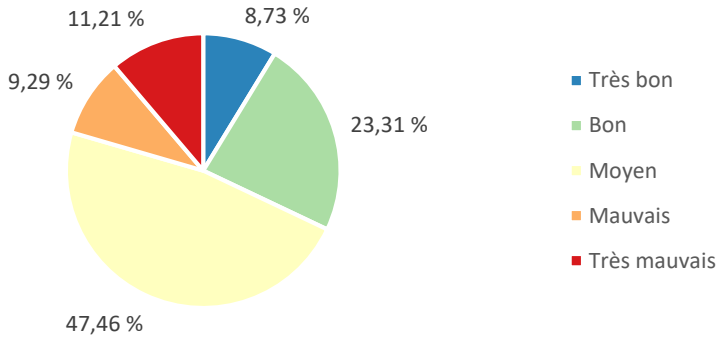


FIGURE 48 - REPARTITION DES NIVEAUX D'ALTERATION DU LIT (POURCENTAGE DU LINEAIRE CONCERNE) (COZLER, 2018)

2.1.4. ALTERATION DES CANAUX DU VAL D'AUTHION

De façon générale, plus de la moitié du linéaire concerné par l'étude, soit 71 %, présente un niveau d'altération « mauvais » à « très mauvais » (Figure 49). Les canaux ont été en effet fortement altérés de par **les multiples interventions anthropiques** ayant ainsi recalibré les lits des cours d'eau pour qu'ils soient rectilignes dans le contexte du remembrement.

Les tronçons classés comme « Très bon », sont au nombre de 5 pour un linéaire total de 2,74 km. C'est le tronçon 3 du canal 401, à l'aval, qui présente l'indice d'altération le plus faible de la série considérée. Son lit et ses berges sont classés comme « Très bon » mais ses versants sont classés comme « Bon » du fait de la présence d'une peupleraie en rive gauche, susceptible d'être vecteur d'un apport sédimentaire important en cas de tempête. Cependant, l'ensemble du linéaire du canal 401 n'est pas classé comme « Très bon ». En effet, seul 14.63 % du canal est classé comme « Très bon » représenté par les tronçons 3 et 6, 16,6% du linéaire est classé comme « Bon », 19 % comme « Moyen » et l'autre moitié du linéaire (50,4 %) est classé comme « Mauvais » (Figure 50). Il importe alors de prendre du recul sur la classification qui masque le continuum amont-aval des canaux.

Les tronçons considérés comme « Très mauvais » sont au nombre de 14 pour un linéaire total de 22,65 km, ils sont **concentrés à l'amont du val d'Authion**, un linéaire moins important est concerné dans l'extrême aval du val (de 2,27 km). Les tronçons les plus altérés sont tous deux situés sur le canal de Gaure, à l'amont

du val d'Authion, ce sont les tronçons 2 et 3 (zoom 1, Figure 51), le tronçon 6 du même canal présente aussi un niveau d'altération « très mauvais ». Parmi les tronçons classés comme « très mauvais » ces trois tronçons présentent des niveaux d'altération « très mauvais » dans les trois compartiments étudiés. Le canal de Gaure se trouve avoir un niveau d'altération « Très mauvais » sur la moitié de son linéaire (49,2 %), 44,4 % est classé comme « Moyen » et 6,4 % du linéaire, correspondant au tronçon 4, est classé comme « Bon » (Figure 50). Ce dernier tronçon, se différencie des autres par un niveau d'altération « Bon » pour les berges – stabilisées par une ripisylve arborescente et arbustive moyennement dense, et ne présentant pas de trace d'érosion des berges malgré une pente importante sur les deux rives – et pour les versants – occupés par de la prairie en rive gauche et des cultures en rive droite. Quant aux tronçons 2, 3 et 6, présentant les niveaux d'altération les plus forts, ils se différencient des autres par le nombre d'ouvrages par kilomètre, allant de 2 à 1,5, qu'ils soient transparents ou hydrauliques, mais aussi par l'absence de ripisylve, par une érosion des berges par sapement, et par la présence de culture sur les deux versants (Zoom 2, Figure 51).

Les canaux les plus altérés sont, plus la plupart, situés en amont et au centre du val, dans un contexte agricole. Ils présentent cependant des hauteurs de vase plus faibles qu'à l'aval et une tendance à la diminution de la hauteur de vase depuis juin 2016 (1.1., p.48). Ce qui renforce l'hypothèse selon laquelle il y aurait une dynamique de migration des sédiments, pouvant s'effectuer l'hiver pendant la période d'abaissement de ouvrages.

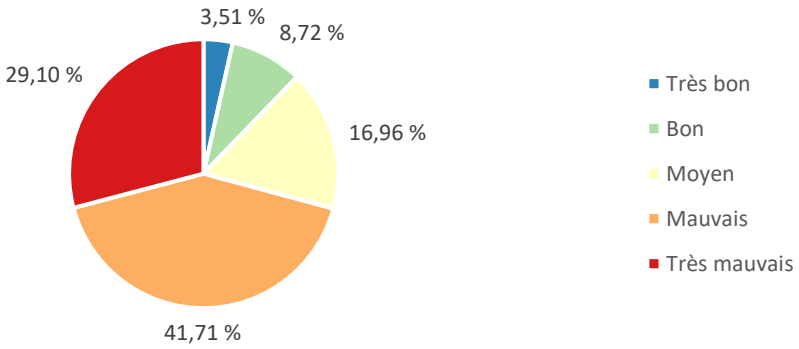


FIGURE 49 - REPARTITION DES NIVEAUX D'ALTERATION DES CANAUX DU VAL D'AUTHION (POURCENTAGE DU LINEAIRE CONCERNE) (COZLER, 2018)

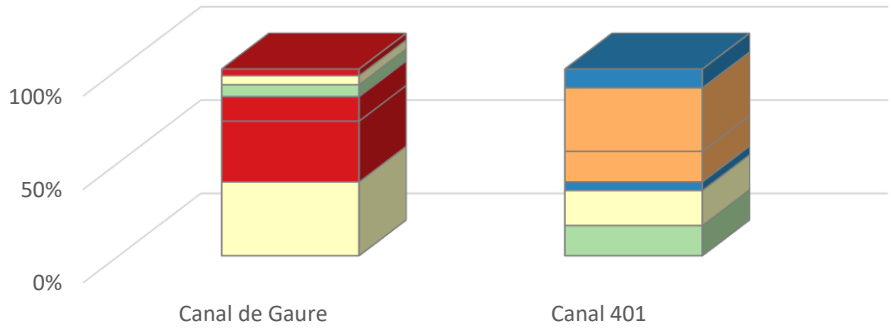


FIGURE 50 - NIVEAUX D'ALTERATION DES TRONÇONS DU CANAL DE GAURE ET DU CANAL 401 (LEGENDE IDENTIQUE A CELLE DE LA FIGURE 43) (COZLER, 2018)

FIGURE 51 – REPARTITION DES NIVEAUX D'ALTERATION MORPHOLOGIQUE DES CANAUX DU VAL D'AUTHION, PARTIE MAINE-ET-LOIRE (FOND DE CARTE : BD ORTHO, IGN, 2013 ; REALISE PAR COZLER, 2018)

Mis à part les annexes hydrauliques situées en Indre-et-Loire, l'ensemble des canaux relevés par l'ordination de KAROUI (2016) présente un niveau d'altération hydro-sédimentaire « Mauvais » à « Très mauvais ». Cependant, la mise en place de l'indice d'altération a permis d'affiner cette analyse en mobilisant l'ensemble des facteurs participant au processus d'envasement des canaux. En effet, 9 tronçons ont été classés par KAROUI (2016) en « ordre 1 » suite à l'absence de végétation sur leurs rives mais apparaissent comme ayant un niveau d'altération « Très mauvais », ces derniers sont majoritairement situés au centre et en amont du Val. Ils présentent tous une érosion des berges moyenne par glissement sur les deux rives, un profil en U avec des hauteur de berges importantes allant de 1.5 à 3.25 m, des versants occupés par des cultures susceptibles au ruissellement superficiel mais aussi un nombre important d'ouvrages. Tous ces facteurs, participant de façon direct ou indirect au processus d'envasement des canaux, n'ont pas été pris en compte dans l'ordination de KAROUI (2017).

D'autre part, certains canaux n'ont pas été relevés par KAROUI (2017) mais leur niveau d'altération apparait comme « Très mauvais » ou « Mauvais ». Ils présentent une ripisylve « moyenne » ce qui les a exclus de l'ordination (KAROUI, 2017). Cependant des traces d'érosion ont été relevées par MARTEAU (2016), ainsi que la présence de ragondins ou encore un nombre d'ouvrages dépassant les 2.8 ouvrages par kilomètre.

Malgré de nombreuses limites, la mise en place de l'indice **d'altération hydromorphologique** a permis d'affiner l'analyse effectuée par KAROUI (2017) sans exclure les canaux sur un seul critère puisque l'ensemble des facteurs impliqués de près ou de loin dans le processus d'envasement des annexes hydrauliques ont été pris en compte.

2.2. LES ENJEUX DU VAL D'AUTHION : ENTRE ECONOMIE ET BIODIVERSITE

Afin de déterminer les canaux prioritaires, les plus vulnérables au risque d'envasement, il est essentiel de recenser et d'identifier les différents enjeux susceptibles d'être impactés par la dynamique d'envasement des canaux. Le val d'Authion, majoritairement agricole, se caractérise par deux grandes catégories d'enjeux : les enjeux socio-économiques et les enjeux environnementaux.

2.2.1. ENJEUX SOCIO-ECONOMIQUES

2.2.1.1. LES ENJEUX AGRICOLES

Le val d'Authion est majoritairement agricole, son économie est dépendante de ce secteur. Les enjeux agricoles sont composés de 3 éléments dont le fonctionnement peut être altéré par le phénomène d'envasement des canaux :

- L'irrigation des parcelles agricoles.
- Le drainage des parcelles agricoles.
- Les principaux ouvrages structurant du val d'Authion.

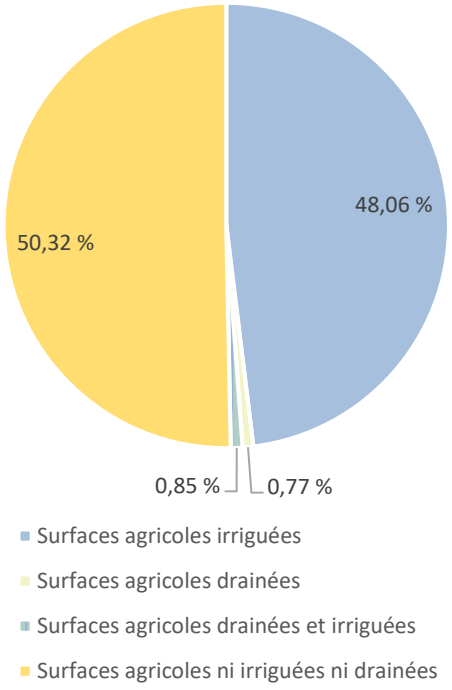


FIGURE 52 - REPARTITION DES SURFACES AGRICOLES CONCERNEES PAR LE DRAINAGE ET L'IRRIGATION (SOURCE : RPG, 2012 ET KAROUI, 2017 ; REALISE PAR COZLER, 2018)

De façon générale, un total de 2497 parcelles agricoles irriguées dans le val d'Authion (22 046 ha) est à dénombrer, correspondant à un peu moins de la moitié de la surface cultivée du val d'Authion (Figure 52). La faible part des surfaces drainées (de 1,62 %) s'explique par le peu de données disponibles, seules les surfaces de plus de 20 ha qui ont été drainées après 2013 sont répertoriées dans la base de données du SAGE-Authion. Parmi les surfaces drainées plus de la moitié (52,32 %) sont aussi irriguées. Ce sont les exploitations de semences qui représentent la plus grande part de surface irriguée avec 23,37 %, puis viennent les exploitations de maïs en grains et ensilage et de blé tendre représentant respectivement 12,74 % et 10,37 % de la surface agricole irriguée.

Le centre du Val d'Authion concentre le plus de parcelles irriguées mais aussi drainées et parfois les deux (zoom 2, Figure 54), avec plus de la moitié des parcelles agricoles irriguées (53 %). Parmi ces dernières ce sont les producteurs de semences qui occupent la plus grande surface de cette zone avec 32,23% de la superficie irriguée concernée. Il faut cependant prendre ces résultats comme indicatifs et non spécifiques à cette zone puisque la base de données sur les parcelles drainées n'est pas complète.

L'amont du val se caractérise par un enjeu **hydraulique majeur** : la présence des stations de pompage de Varenne, de Saint Patrice et de Saint Maturin. La station de Varenne est reliée au réseau hydrographique principal *via* les canaux de l'Écheneau (CE), de Gaure (CG.) et de Varenne (CV.). Ces trois canaux servent alors de relais pour alimenter l'ensemble du val d'Authion et ainsi permettre le soutien de l'étiage en période estivale, l'irrigation des parcelles agricoles en est alors fortement dépendante (Figure 54).

2.2.1.2. LE TISSU URBAIN

Les infrastructures urbaines susceptibles d'être impactées par la dynamique d'envasement se décomposent en deux grandes catégories :

- L'urbanisation, dense ou sous forme d'habitats groupés plus étalés
- Les axes de communications routiers et ferroviaire, classés selon leur importance.

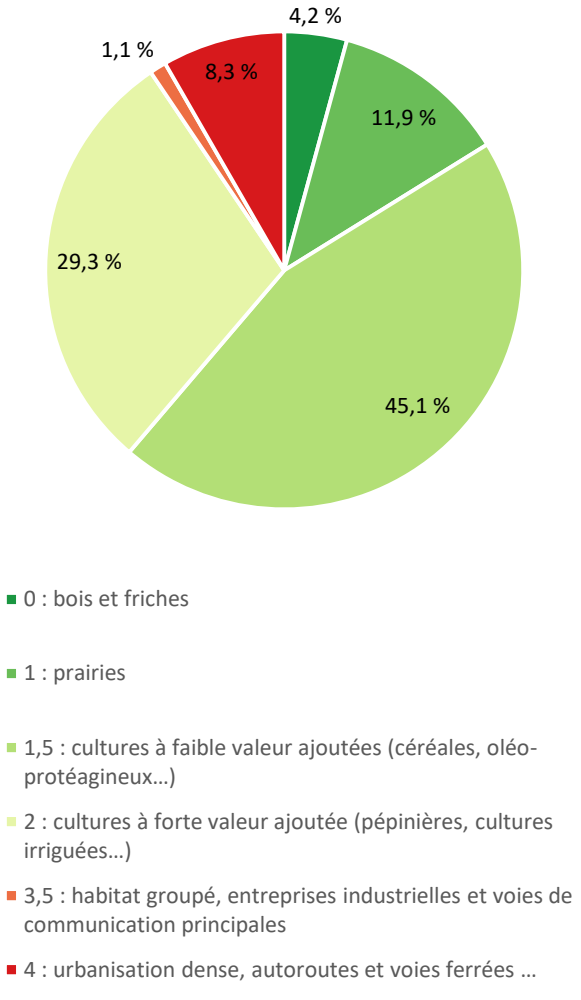


FIGURE 53 - REPARTITION DE LA PART (%) DES SURFACES CONCERNEES PAR LES DIFFERENTS NIVEAU D'ENJEUX (MALAVOI ET BRAVARD, 2011) (SOURCE : CORINE LAND COVER, 2012)

De façon générale, la moitié du val d'Authion est concernée par des enjeux d'ordre 1,5 (45,1 % de la surface), soit par des cultures à faible valeur ajoutée, telles que les céréales, suivies de près par les surfaces cultivées à forte valeur ajoutée (ordre 2 selon le niveau d'enjeu proposé par MALAVOI et BRAVARD, 2011), qui occupent 29,3 % du val d'Authion. Seulement 9,9 % du val est occupé par des espaces urbanisés (d'ordre 3,5 et 4). Parmi ces espaces, 7 principales communes sont dans la partie Maine-et-Loire du val d'Authion dont Saumur est la plus importante.

Les deux espaces relevés avec la présence d'enjeux agricoles semblent aussi vulnérables face aux **difficultés d'assainissement** pouvant être provoqués par l'envasement des canaux. En effet, dans la zone 1 nous pouvons relever la présence d'un tissu urbain dense, correspondant à la commune de Varenne-sur-Loire. Les canaux de l'Écheneau (CE), de Gaure (CG.) et de Varenne (CV.) ne servent pas simplement de jonction entre la station de pompage de Varenne et l'Authion mais aussi à récolter les eaux de ruissellement urbain de la commune. Quant à la commune de Saumur, ce sont les canaux 10 et 15 qui assurent l'assainissement des eaux pluviales de la ville.

La zone 2 aussi présente des enjeux d'assainissement urbain avec la présence de la commune des Rosiers-sur-Loire dont les eaux de ruissellement sont captées par les canaux 3011 et 3010. Deux liaisons départementales sont aussi assainies par le réseau de canaux de la zone, la D79 qui relie les Rosiers-sur-Loire à Longué-Jumelles et la D59 entre les Rosiers-sur-Loire et Beaufort-en-Anjou pour un linéaire respectif de 9,0 km et 9,6 km.

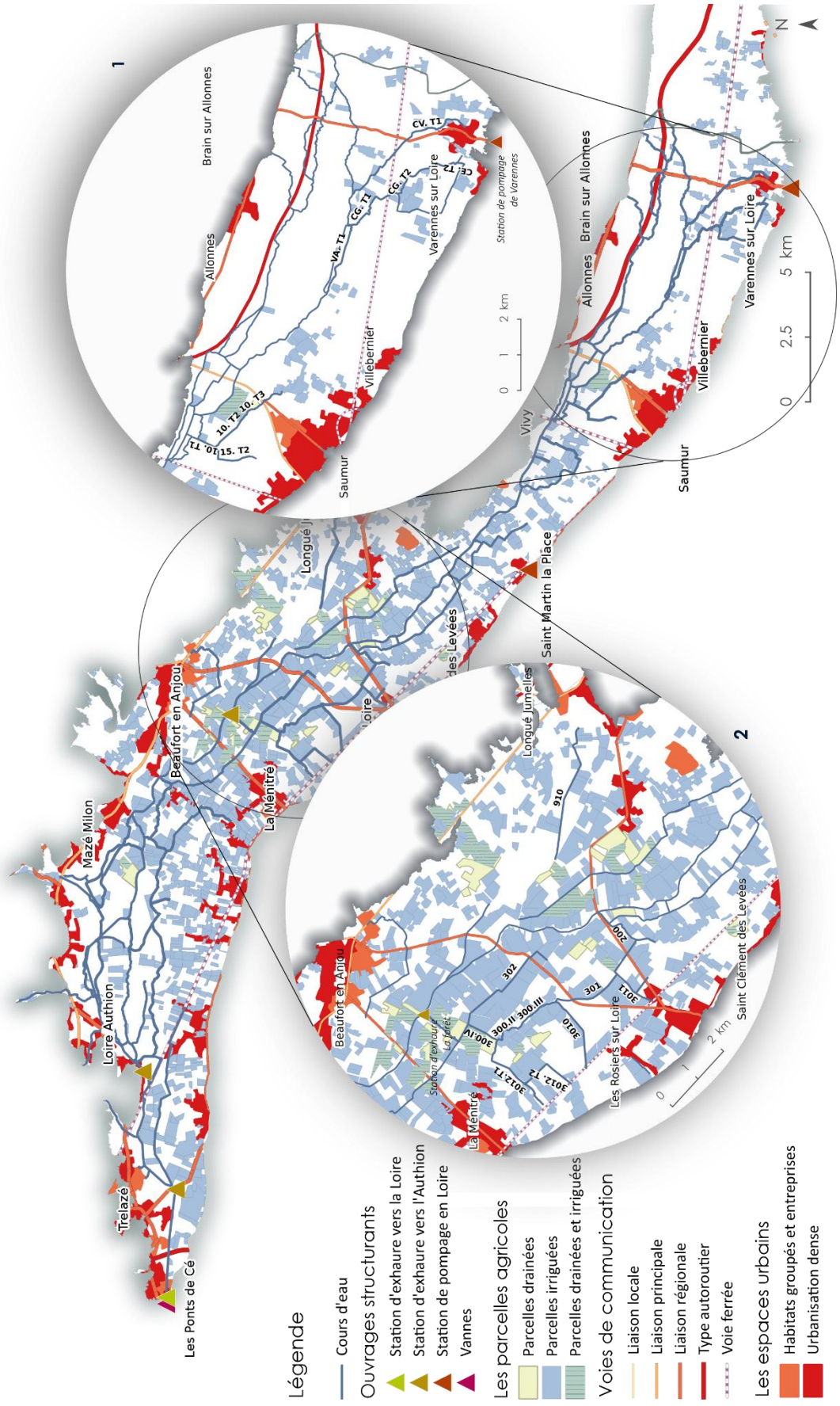


FIGURE 54 - REPARTITION SPATIALE DES ENJEUX SOCIO-ECONOMIQUES DANS LA PARTIE MAINE-ET-LOIRE DU VAL D'AUTHION (SOURCES : RPG, 2012 ; KAROUI, 2017 ET SMBAA ; REALISEE PAR COLZER, 2018)

2.2.2. *ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX*

Les enjeux environnementaux, susceptibles d'être perturbés par la dynamique d'envasement des canaux se composent de deux grandes catégories :

- Les zones prioritaires à enjeux de la TVB, identifiées par le PNR Loire-Anjou-Touraine (2013), traversées par un cours d'eau
- Les mares et les boires à moins de 300 m d'un canal, susceptibles d'être connectées aux cours d'eau.

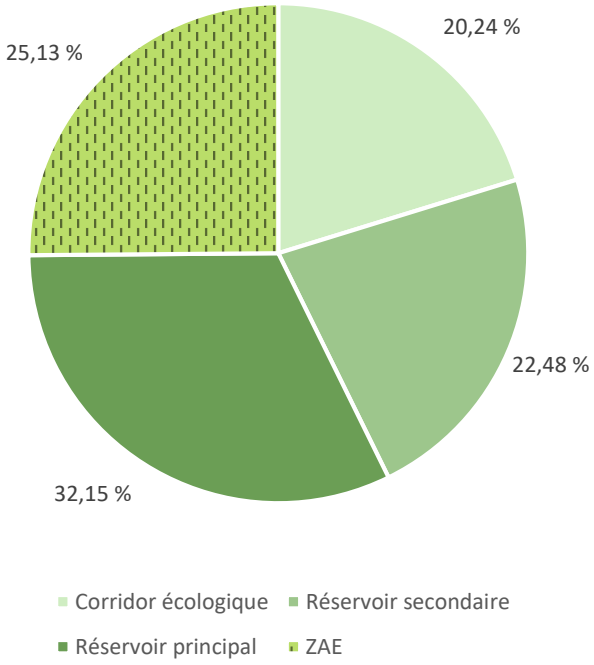


FIGURE 55 - REPARTITION DE LA PART (%) DES SURFACES DES DIFFERENTES CATEGORIES DE LA TRAME VERTE ET BLEUE DANS LE PERIMETRE DU VAL D'AUTHION (SOURCE : PNR LOIRE-ANJOU-TOURAINE, 2013 ; COZLER, 2018)

La TVB se décompose en 3 grandes catégories : les corridors écologiques, les réservoirs de biodiversité (primaires et secondaires) et **les ZAE (Zone A Enjeux) identifiés comme des espaces prioritaires pour la mise en œuvre d'actions favorisant la continuité écologique.** Parmi la TVB élaborée par le PNR Loire-Anjou-Touraine en 2013, 36,84% de la surface se situe dans le RSTRI, périmètre de cette étude, concentré à l'aval du val d'Authion (Figure 58), ce qui représente une surface totale de 6 313 ha. Parmi la surface de la TVB, 25.13% de cette surface est classée en ZAE (Zone A Enjeux) (Figure 55) dont **45,17% est traversée par un cours d'eau.** Au total 10 ZAE sont concernées par la présence d'un cours d'eau, dont : le canal 300 A., les 6 tronçons du canal 401, le canal 402 T2, 6 tronçons du canal 500, le 5002, le 5005 T3 et le canal 510 T1. Parmi ces canaux, 3 d'entre eux n'ont qu'une faible part inscrite dans une ZAE (le canal 300 A, 5005 T3 et 401 T2 dont le linéaire inscrit dans le ZAE correspond respectivement à 60 m, 16 m et 41 m) (Figure 58).

Parmi les 49 mares prospectées par le PNR en 2016, 38 sont situées dans le val d'Authion. Seulement **trois d'entre elles sont situées à moins de 300 m d'un cours d'eau** : la mare MAT 2, située à proximité du canal 500 T6 dans la commune de Saint-Martin-sur-Loire et les mares MAZ 5 et 8 situées respectivement à proximité des canaux 401 T2 et T4 dans la commune de Mazé (Figure 58). Parmi ces trois mares, seulement les mares MAT 2 et MAZ 8 ont été diagnostiquées par le PNR.

La mare MAT 2, située à moins de 300 m du canal 500 T5 est aussi située dans un réservoir principal de biodiversité dans la nomenclature de la TVB. Localisée au sein même d'une peupleraie, elle est à un stade de comblement intermédiaire et présente une espèce envahissante : les écrevisses américaines. L'étude du PNR fait ressortir la présence de fossés dans le périmètre de capacité de dispersion des amphibiens mais déplore l'absence de connexion avec ces derniers. Le PNR préconise dans son rapport, la création d'une nouvelle mare en coin de champ afin de reconnecter la MAT 2 au réseau de fossés. La reconnexion de cette mare à la Trame Bleue apparaît donc comme un élément important pour restaurer la continuité écologique et ainsi améliorer la biodiversité. Cependant, la présence d'écrevisses américaines au sein de ce plan d'eau pause une difficulté puisque cette espèce envahissante limite la biodiversité au sein de son lieu de vie en se nourrissant de larves et d'œufs.

FIGURE 56 - MARE MAT 2 A SAINT MATHURIN SUR LOIRE (CLICHE REALISE PAR PRAMPART LE 24/02/2016 ; X = 447549, Y = 6709201 ; PNR, 2016, P.238)

FIGURE 57 - MARE MAZ 8 A MAZE (CLICHE REALISE PAR PRAMPART LE 16/02/2016 ; X = 449907, Y = 6712486 ; PNR, 2016, P.208)

Quant à la mare MAZ 8, c'est une mare de prairie, située à moins de 300 m du tronçon 4 du canal 401 dans la commune de Mazé. Aucune espèce invasive n'a été recensée par le PNR Loire-Anjou-Touraine mais ils préconisent la plantation d'espèces arborescentes au sud de la mare pour réguler la température de l'eau et favoriser la diversité des habitats au sein de la mare. La proximité avec le canal 401 a aussi été soulevée ainsi que son rôle important dans les échanges et la reproduction des espèces mais aucune mesure particulière n'a été conseillée par le PNR pour favoriser et améliorer les connexions avec la TVB et en particulier la Trame Bleue.

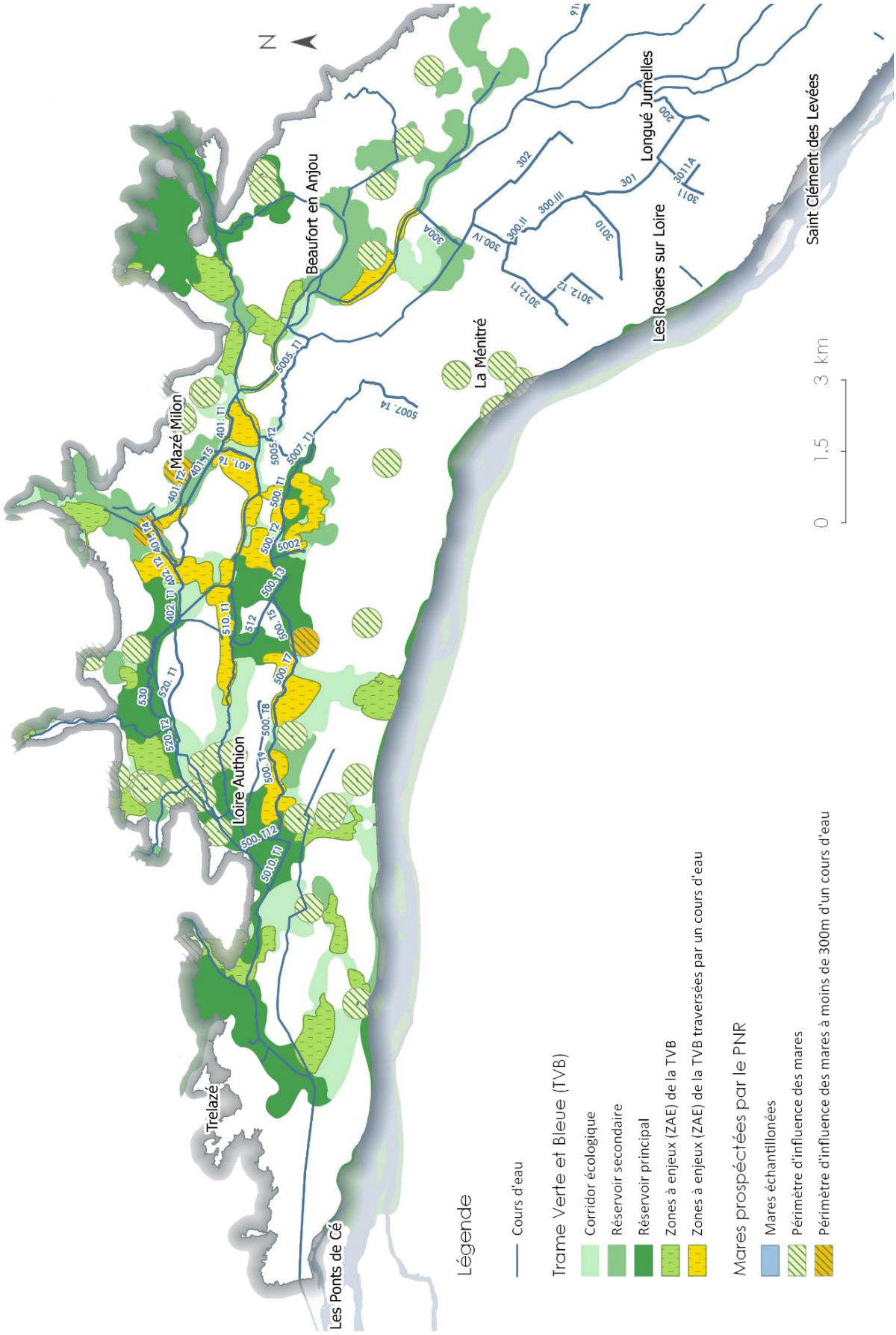


FIGURE 58 - REPARTITION SPATIALE DES ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX DE LA PARTIE AVAL DU VAL D'AUHTION (SOURCE : PNR LOIRE-ANJOU-TOURAINE, 2016 ; REALISEE PAR COZLER, 2018)

2.3. BILAN DE L'ALTERATION DES CANAUX ET DES ENJEUX AVOISINANT ET PERSPECTIVES

De façon générale, **plus de la moitié des canaux du val d'Authion** présentent un niveau d'altération hydro-sédimentaire classé comme **« mauvais » à « très mauvais »**, ils sont majoritairement situés à l'amont du val d'Authion, caractérisés par une prédominance **d'enjeux hydrauliques et d'assainissement**, et au centre du val caractérisés par **des enjeux agricoles**.

En effet, l'extrême amont, à proximité de la commune de Varenne, présente un linéaire très altéré de 6,51 km dans un contexte caractérisé par des enjeux hydrauliques majeurs – la station de pompage en Loire – et par des enjeux d'assainissement urbain des communes de Varenne et de Saumur (Zoom 1, Figure 54). Quant au centre du val, au sud de la commune de Beaufort-en-Vallée, il présente le linéaire fortement altéré le plus important (10,6 km). Cette zone concentre des enjeux agricoles avec une part importante de parcelles agricoles irriguées, ou drainées et parfois les deux et la présence d'un ouvrage hydraulique important dans la gestion des inondations du val et de l'assainissement des terres : la station d'exhaure des canaux vers la Loire de La Forêt (Zoom 2, Figure 54). Enfin, l'extrême aval présente un linéaire moyennement à fortement altéré moins important (2,27 km) et se distingue de l'amont par la coexistence d'enjeux agricoles et environnementaux. En effet, l'aval du val s'inscrit dans le contrat territorial du PNR Loire-Anjou-Touraine et présente des ZAE (Zones à Enjeux) de la TVB (Trame Verte et Bleue) dont la restauration de la continuité écologique est considérée comme prioritaire. Quant aux mares diagnostiquées par le PNR, trois sont à moins de 300 m d'un cours d'eau concerné par le plan de gestion dont deux avec une altération « mauvaise » (Figure 58).

Il semble qu'il existe une **corrélation entre les espaces présentant des enjeux agricoles concentrant des linéaires moyennement à fortement altérés.** Ce qui peut s'expliquer par le rôle central des canaux dans le développement et le maintien de l'économie agricole du val d'Authion. Il existe alors **une ambiguïté du statut de l'agriculture** dans le Val d'Authion. En effet, cette dernière apparait comme étant un facteur exacerbant l'envasement des canaux – les versants apparaissent comme les plus altérés, et l'érosion des pieds de berge est la conséquence de la gestion des hauteurs d'eau pour assainir les terres en hiver et les irriguer en été. Mais l'agriculture apparaît aussi comme un enjeu économique majeur vulnérable à l'envasement des canaux – *via* la dépendance des agriculteurs à l'irrigation et à l'assainissement de leur terre.

3. IDENTIFICATION DES CANAUX PRIORITAIRES ET PREMIERES APPROCHES DE GESTION

L'identification des canaux prioritaires découle du croisement entre le niveau d'altération des canaux, la dynamique sédimentaire et la répartition des enjeux susceptibles d'être impactés par l'envasement des canaux. Trois espaces ont été mis en évidence précédemment, il semblerait qu'il y ait une corrélation entre ces espaces pouvant alors orienter les actions de réhabilitation à mettre en œuvre sur le territoire. Cette mise en relation permet de réaliser une première estimation des canaux prioritaires à l'amélioration de la continuité sédimentaire, la prévention du risque d'envasement et la diversification des habitats. Ces derniers seront ensuite à affiner en fonction du budget alloué à l'entretien des canaux et aux attentes des élus.

3.1. L'AMONT DU VAL D'AUTHION : UN LINEAIRE FORTEMENT ALTERE DANS UN CONTEXTE D'ENJEUX HYDRAULIQUES MAJEURS

Comme nous l'avons vu précédemment, l'amont du val d'Authion présente des enjeux socio-économiques importants de deux ordres : **hydraulique agricole et d'assainissement** des eaux pluviales urbaines. Dans cet espace**, 3 canaux** présentent des tronçons dont le niveau d'altération est classé comme **« Très mauvais »** : les tronçons 3 et 4 du canal 10, les tronçons 2,3 et 6 du canal de Gaure et l'ensemble du canal de Varenne.

3.1.1. LE CANAL 10 : ENTRE ENJEUX D'ASSAINISSEMENT URBAIN ET IRRIGATION

Les tronçons 3 et 4 du canal 10 sont situés dans un contexte socio-économique important, ce canal permet de récolter les eaux de ruissellement pluviales de la commune de Saumur. Les tronçons 3 et 4, les plus altérés, longent au total 9 parcelles agricoles parmi lesquelles 3 parcelles irriguées représentant 82 % de la surface des parcelles cultivées en bordure de ces deux tronçons. Cette part de la surface est majorée par la présence d'une parcelle produisant de la semence qui couvre plus de la moitié de la surface cultivée (63,8 %).

Ces deux tronçons présentent une altération morphologique « Très mauvaise », conséquence d'une altération importante des trois compartiments. En effet, ces deux tronçons présentent une altération « mauvaise » du lit, dûe à un nombre important d'ouvrages (2 sur le tronçon 3 et 5 sur le tronçon 4, soit 8,4 ouvrages par kilomètre). Le suivi sédimentaire, effectué plus en aval sur le tronçon 1, montre une tendance à la baisse de la hauteur de vase depuis juin 2016, qui pourrait s'expliquer par le nombre important d'ouvrages en amont pouvant bloquer les sédiments dans les tronçons 2 et 3. Quant à l'altération « mauvaise » des versants, elle fait suite à la présence de cultures, et notamment des cultures classées comme fortement érosives (indice de 3) pour 66.68% d'entre elles. Quant au compartiment des berges, il se trouve être dans un mauvais état pour le tronçon 4 et dans un état « Très mauvais » pour le tronçon 3. Ces indices élevés de l'altération des berges découlent de berges en « U » assez hautes (de 1,5 m) moyennement érodées par glissement. La différence entre le tronçon 2 et 3 réside dans la présence d'une ripisylve arborescente sur les berges du tronçon 2 et non sur celles du tronçon 3.

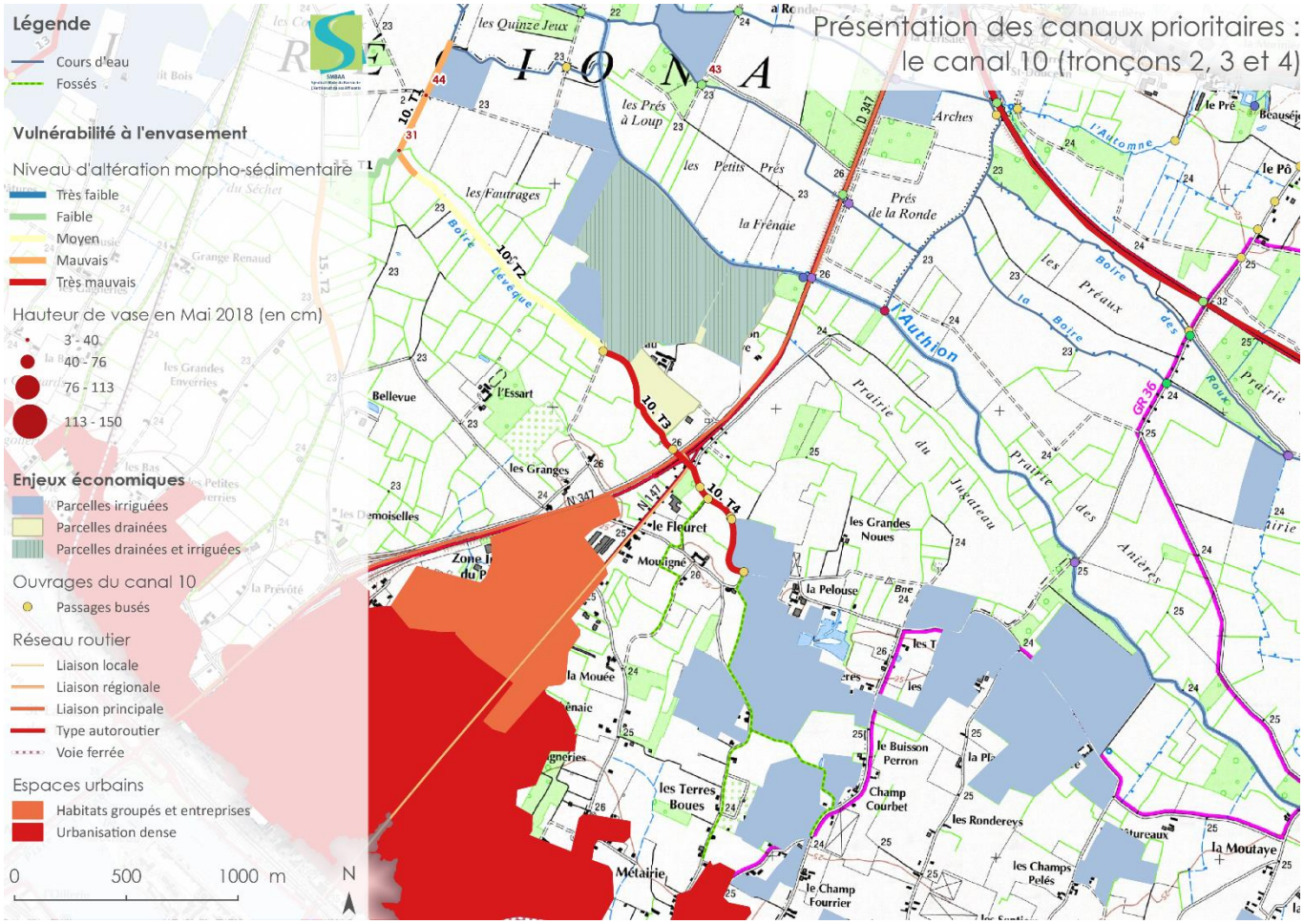


FIGURE 59 - CARTE DE SYNTHESE DES ENJEUX ET DU NIVEAU D'ALTERATION PAR TRONÇON HOMOGENE DU CANAL 10 (SOURCES : IGN ; RPG, 2012 ; CORINE LAND COVER, 2012 ; REALISE PAR COZLER, 2018)

Au vu des enjeux mis en évidence et de l'état de ces tronçons, il serait constructif de travailler sur la **continuité** des tronçons 3 et 4 qui présentent un nombre important d'ouvrages, dits transparents, mais qui perturbent les dynamiques sédimentaires et peuvent provoquer le ralentissement des écoulements. Afin d'assurer l'évacuation des eaux pluviales de l'est de la commune de Saumur il serait intéressant d'effectuer une étude approfondie du calibrage des ouvrages, de leur cote NGF altimétrique ainsi que de vérifier s'il n'existe pas de bouchons dans les buses susceptibles de ralentir les écoulements et ainsi identifier les ouvrages qu'il faut enlever, recalibrer ou simplement déboucher. La mise en place de point de suivi sédimentaire sur ces deux tronçons est aussi nécessaire afin d'évaluer la dynamique sédimentaire, d'établir un suivi et de vérifier l'hypothèse selon laquelle les buses pourraient être à l'origine d'une tendance à la baisse de la hauteur de sédiments plus en aval. Au vu de l'état d'altération des berges, et notamment du tronçon 3, il serait productif d'effectuer un diagnostic plus approfondi pour déterminer les endroits où un retalutage des berges (Figure 63) est possible pour **adoucir les pentes** et où la plantation d'espèces arborescentes permettra de consolider les berges sans gêner les agriculteurs pour accéder au canal à des fins d'irrigation.

3.1.2. LES TRONÇONS 2, 3 ET 6 DU CANAL DE GAURE ET LE CANAL DE VARENNE : DES ELEMENTS CLEFS DANS LE FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE DU VAL D'AUTHION

Les canaux de Gaure et de Varenne sont au cœur d'enjeux hydrauliques et économiques majeurs puisqu'ils permettent d'assurer l'apport des eaux pompées en Loire vers l'Authion et ses annexes en aval (Figure 60). Ainsi, les canaux de Gaure et de Varenne sont centraux pour assurer le soutien de l'étiage et permettre l'irrigation pendant la période estivale. Ils ont aussi un rôle d'assainissement urbain de la commune de Varenne-sur-Loire.

Le canal de Varenne n'a pas été sectorisé en tronçons homogènes, l'ensemble de son linéaire présente une altération d'un niveau « très mauvais ». Ce niveau d'altération résulte d'une détérioration « très mauvaise » des berges suite à une absence de ripisylve, la présence de ragondins et des berges moyennement érodées par glissement. L'altération est « mauvaise » pour les versants, occupés en partie par de la prairie et représentant 23.21% de la surface des parcelles agricoles. Le lit présente une altération « mauvaise » suite à la présence de 12 ouvrages dont 10 « transparents », des buses et ponts, et 2 hydrauliques, deux madriers, soit 2,7 ouvrages par km. Le rattachement altimétrique aux cotes NGF du fond du madrier situé à l'aval du point de suivi n°39 nous a permis de mettre en évidence la présence d'une contre-pente en amont du madrier et d'un processus de rééquilibrage du profil du lit par dépôt régressif (1.2.1., p.54). Le curage n'apparaît donc pas une mesure productive puisque le lit tendra à se rééquilibrer par la suite. Il serait alors intéressant de travailler sur l'amélioration de la continuité sédimentaire pour permettre au cours d'eau de se rééquilibrer et ainsi améliorer les écoulements – tant pour l'apport des eaux pompées en Loire vers l'aval que pour l'assainissement de la commune de Varenne-sur-Loire.

Quant au canal de Gaure, il présente trois tronçons dont le niveau d'altération est considéré comme « Très mauvais », les tronçons 2, 3 et 6. Ce fort degré d'altération est la conséquence de berges altérées, ne présentant pas de couvert végétal, occupées par des ragondins et marquées par des processus d'érosion par glissement. Le niveau d'altération du lit est majoré par la présence de 14 ouvrages dont un barrage à madrier en amont du tronçon 3, les autres étant des ouvrages dit « transparents » (buses et ponts).

Du fait d'une tendance générale à la baisse de la hauteur de vase de ces deux canaux, le curage ne semble pas être nécessaire. De plus, comme l'a montré le profil des cotes altimétriques des ouvrages encadrant les points de suivi 29 et 39 sur le canal de Varenne, la présence du madrier impacte sur la dynamique sédimentaire, celui-ci présentant un fond d'une altitude supérieure à celui du fond du lit du point de suivi à l'amont, provoquant un rééquilibrage par dépôt régressif en amont du madrier (1.2.1., p.54). La ligne d'équilibre du cours d'eau semble avoir été atteinte puis que l'altitude du toit de vase est plus importante que celle du fond du madrier en aval et que le taux d'évolution de la hauteur de vase est négatif (-5.29% depuis juin 2016, Figure 60). Il serait intéressant d'expérimenter un système **de cales en dessous des madriers** de ces deux canaux, de manière à maintenir l'utilité de gestion des niveaux d'eau de l'ouvrage tout en améliorant la continuité sédimentaire et piscicole dans le fond de l'ouvrage (Figure 61).

De plus, le canal de Varenne n'ayant pas été sectorisé en tronçons homogènes il en découle une perte de précision, un nouveau diagnostic serait alors nécessaire pour pallier ce manque et définir les tronçons les plus vulnérables au risque d'envasement. Pour ces deux canaux, un retalutage de berges (Figure 63) accompagné d'une végétalisation semble une mesure intéressante pour les stabiliser et limiter les glissements. Le piégeage des ragondins, considérés comme nuisibles depuis 2000 (arrêté ministériel du 31 juillet 2000 établissant la liste des organismes nuisibles aux végétaux, produits végétaux et autres objets soumis à des mesures de lutte obligatoire) peut être une mesure à envisager avec la collaboration de la FREDON (Fédération Régionale de Défense contre les Organismes Nuisibles) Pays-de-la-Loire.

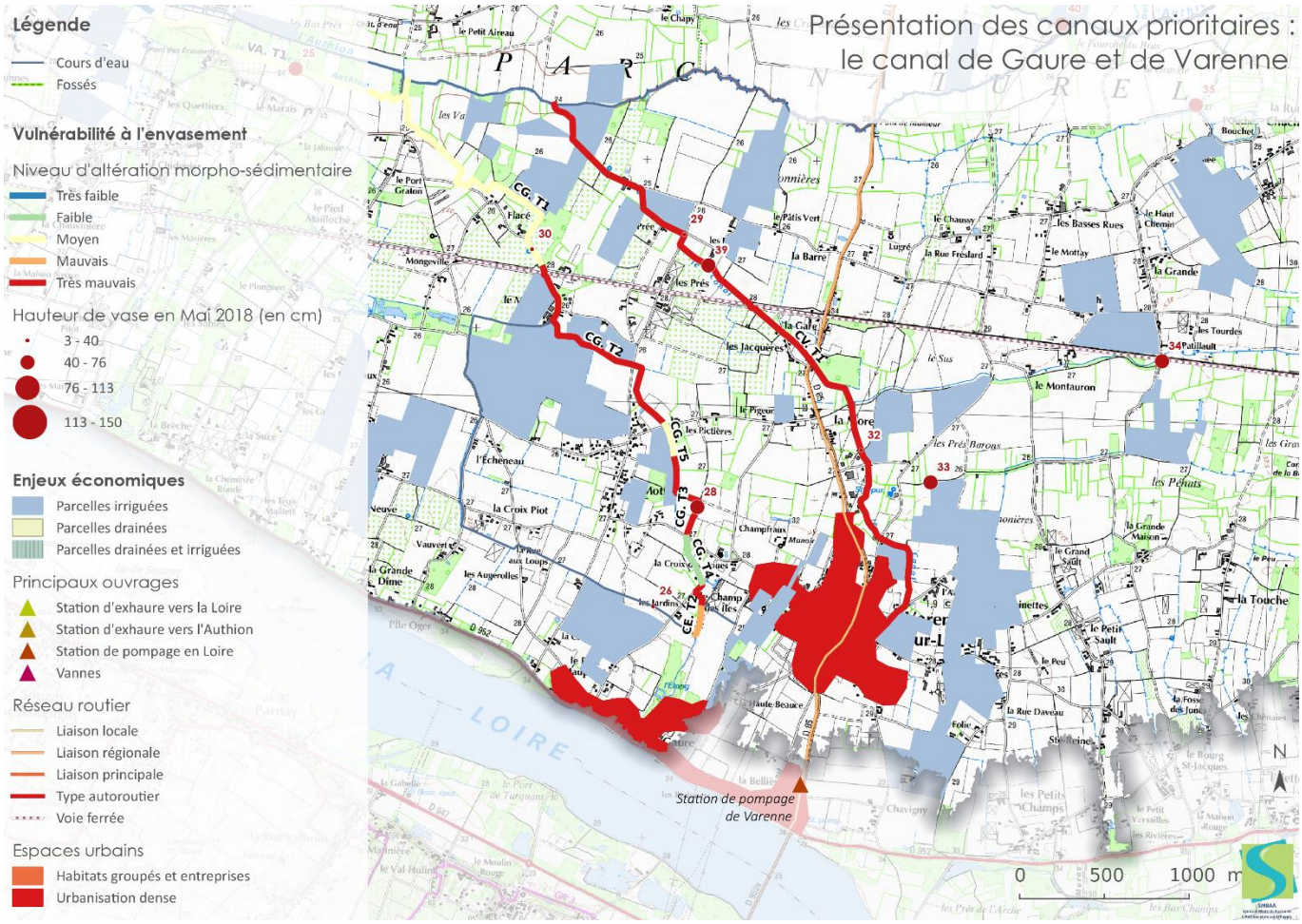


FIGURE 60 - CARTE DE SYNTHESE DES ENJEUX ET DU NIVEAU D'ALTERATION PAR TRONÇON HOMOGENE DU CANAL DE GAURE ET DU CANAL DE VARENNE (SOURCES : IGN ; RPG, 2012 ; CORINE LAND COVER, 2012 ; REALISE PAR COZLER, 2018)

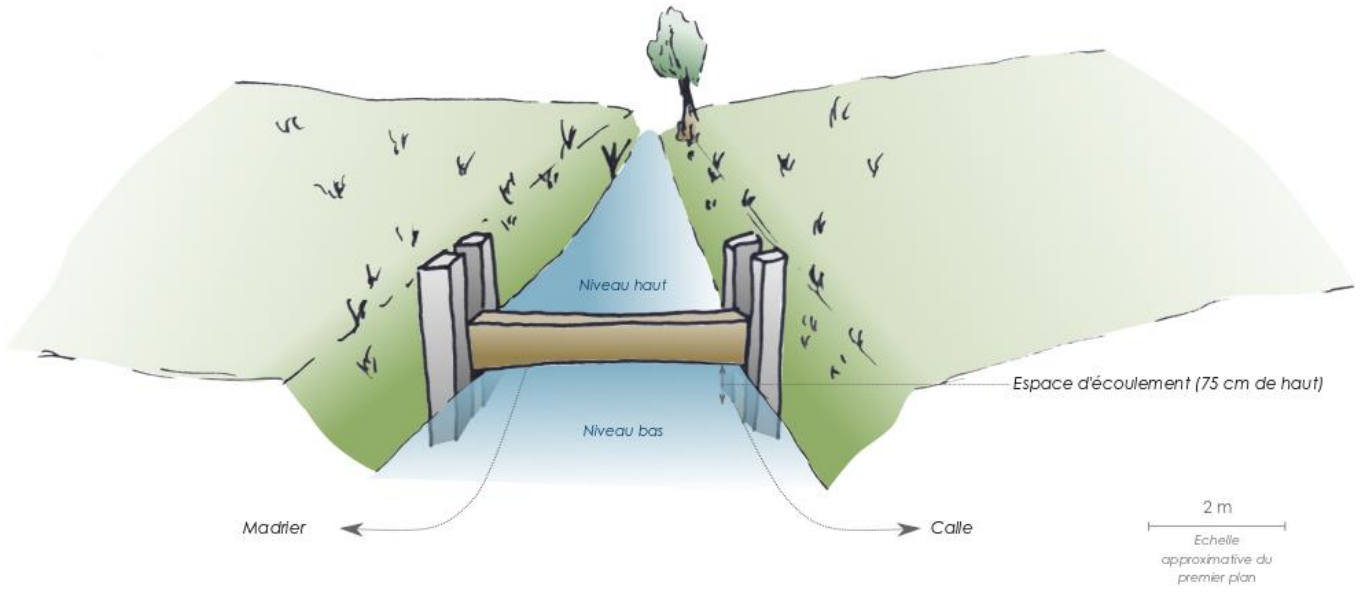


FIGURE 61 - SCHEMA PRESENTANT LE REHAUSSEMENT DU MADRIER (REALISE PAR COZLER, 2018)

3.2. LE CENTRE DU VAL D'AUTHION : UN LINEAIRE FORTEMENT ALTERE DANS UN CONTEXTE D'ENJEUX AGRICOLES

3.2.1. LES CANAUX 200 ET 301

Les canaux 200 et 301 présentent tous deux des niveaux d'altération considérés comme « Très mauvais » dans un contexte concentrant des enjeux de productions agricoles. En effet, le canal 301 présente 28 parcelles agricoles limitrophes sur ses versants dont plus de la moitié de la surface est irriguée (68,34 %), en particulier pour la production de semences. Une parcelle de 10 ha, soit 4.78 % de la surface limitrophe cultivée est aussi concernée par le drainage mécanique. Quant au canal 200, pratiquement la totalité de la surface agricole limitrophe est concernée par l'irrigation (91,60 %, ce qui représente un total de 203,37 ha).

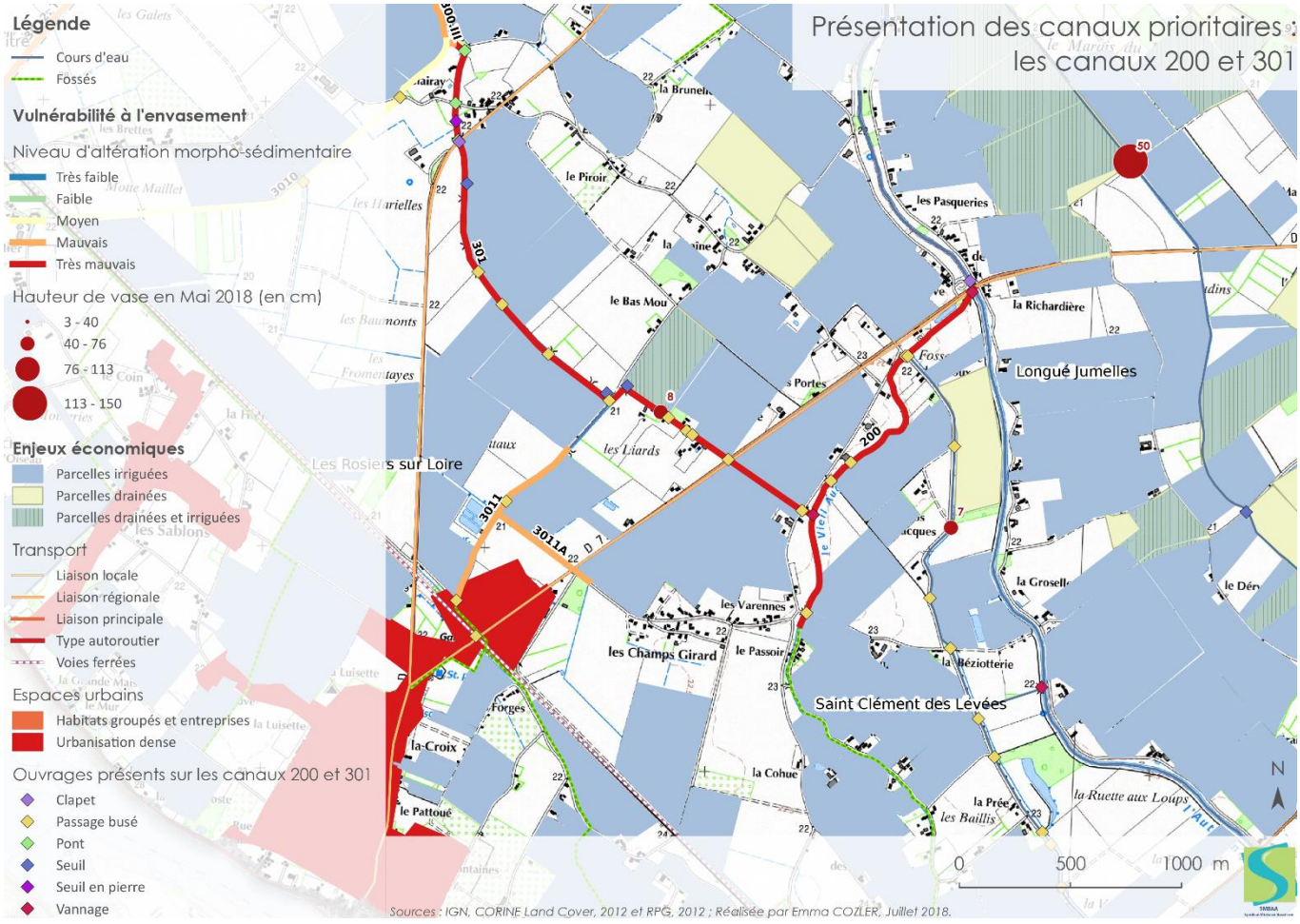


FIGURE 62 - CARTE DE SYNTHESE DES ENJEUX ET DU NIVEAU D'ALTERATION PAR TRONÇON HOMOGENE DES CANAUX 200 ET 301 (SOURCES : IGN ; RPG, 2012 ; CORINE LAND COVER, 2012 ; REALISE PAR COZLER, 2018)

Le niveau d'altération des berges de ces deux canaux est considéré comme « Très mauvais » mais pour des raisons différentes. En effet, le canal 301 présente des marques d'érosion par sapement des pieds de berges et par glissement malgré une végétation arbustive sur les berges. A contrario, le canal 200 présente des berges dépourvues de ripisylve mais pas de marque d'érosion. Quant à l'altération du lit de ces deux tronçons, elle est considérée comme « mauvaise » de par un nombre important d'ouvrages. Le canal 301 présente un très grand nombre d'ouvrages (18, soit 5,9 par kilomètre), dont 1 ouvrage hydraulique de type clapet en aval qui permet de soutenir la ligne d'eau et ainsi assurer une quantité d'eau suffisante pour

l'irrigation des parcelles agricoles. Le marnage est alors à prendre en compte dans la gestion du canal 301 puisqu'il pourrait être à l'origine du sapement des pieds de berges pourtant végétalisées.

Au vu d'une tendance à la baisse de la hauteur de vase (-33,33 %, Figure 62), le curage ne semble pas nécessaire. Cependant, la présence de vase dans les canaux (55 cm en 2018) peut provoquer un dysfonctionnement des pompes permettant d'irriguer les champs en période estivale. Il serait alors constructif de recenser l'ensemble des pompes et des rejets de drain présents sur ces tronçons et d'effectuer, dans la mesure du possible, **un retalutage des berges** (Figure 63) à proximité afin de limiter l'érosion provoquée par le rejet de drain et de limiter l'apport sédimentaire provenant des versants à proximité des pompes. Il serait aussi judicieux de rajouter un point de suivi sédimentaire sur le canal 200 afin d'effectuer un suivi de ses actions.

Quant aux ouvrages, vu le nombre important de buses sur ces ceux tronçons, il serait productif de vérifier l'état de celles-ci en rattachant le fond des buses aux cotes altimétriques NGF pour vérifier leur calage et si elles ne sont pas bouchées. En effet, le secteur présentant des enjeux d'irrigation et d'assainissement, la présence d'un embâcle au sein de la buse risque de créer une rupture d'écoulement, et ainsi de limiter l'assainissement des terres en amont et d'entraver l'irrigation des terres en aval.

Un changement dans la **gestion des niveaux d'eau** permis par le clapet situé à l'aval du canal 301 est aussi à envisager en parallèle à des travaux de stabilisation des berges, afin de limiter le risque de sapement des pieds de berges. Cette dernière peut se réaliser en réduisant les écarts de hauteur d'eau sur une période donnée afin d'en réduire le marnage.

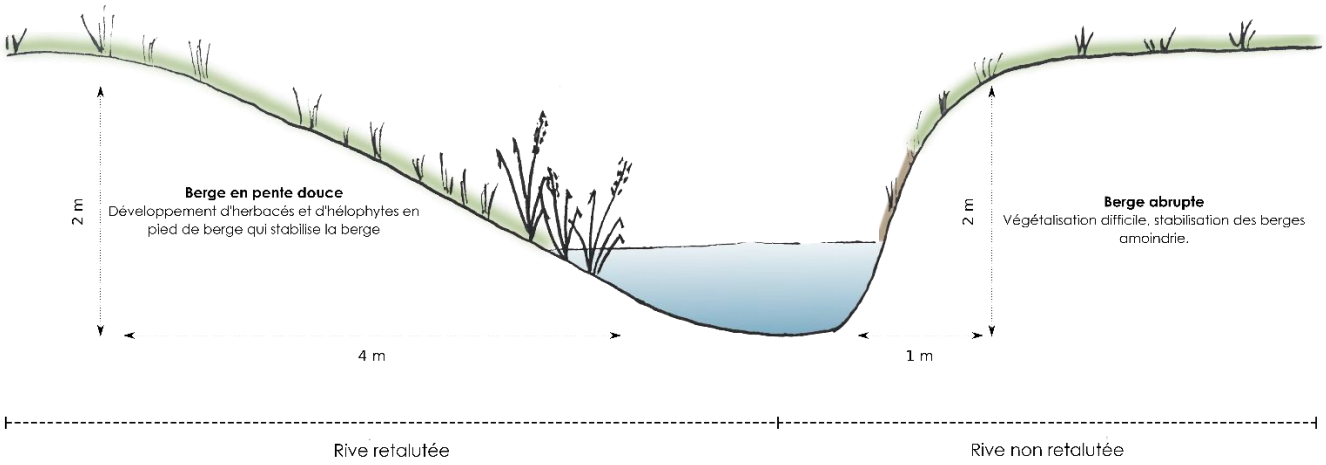


FIGURE 63 - SCHEMA DU RETALUTAGE DE BERGE (A GAUCHE) ET D'UNE BERGE NON RETALUTEE (A DROITE) (COZLER, 2018)

3.2.2. CANAL 3012, TRONÇONS 1 ET 2

Tout comme les canaux 200 et 301, le tronçon 1 du canal 3012 présente un niveau d'altération « très mauvais » dans un contexte présentant des enjeux agricoles importants. En effet, 14 parcelles agricoles sont limitrophes au cours d'eau, soit un total de 107.94 ha dont 65% de cette surface est concernée par l'irrigation. Cependant, malgré cet enjeu d'irrigation important, aucun ouvrage hydraulique n'est présent sur ce tronçon mais un nombre important de passages busés.

Dans ce contexte agricole majeur, le **curage du tiers inférieur** (Figure 65) semble une mesure adaptée pour assurer le bon fonctionnement des pompes d'irrigation. Cette mesure doit s'accompagner d'un **retalutage des berges (**Figure 63**)** en prévention, même si ces dernières, bien végétalisées, ne montrent pas de traces d'érosion. L'évaluation de l'efficacité des actions peut se faire *via* le rajout d'un point de suivi sédimentaire sur le tronçon 1 du canal 3012. Comme pour les cas précédemment décrits, la vérification de l'état des buses (altimétrie et présence d'obstacles à l'écoulement) est aussi à réaliser, afin de vérifier le bon écoulement des eaux.

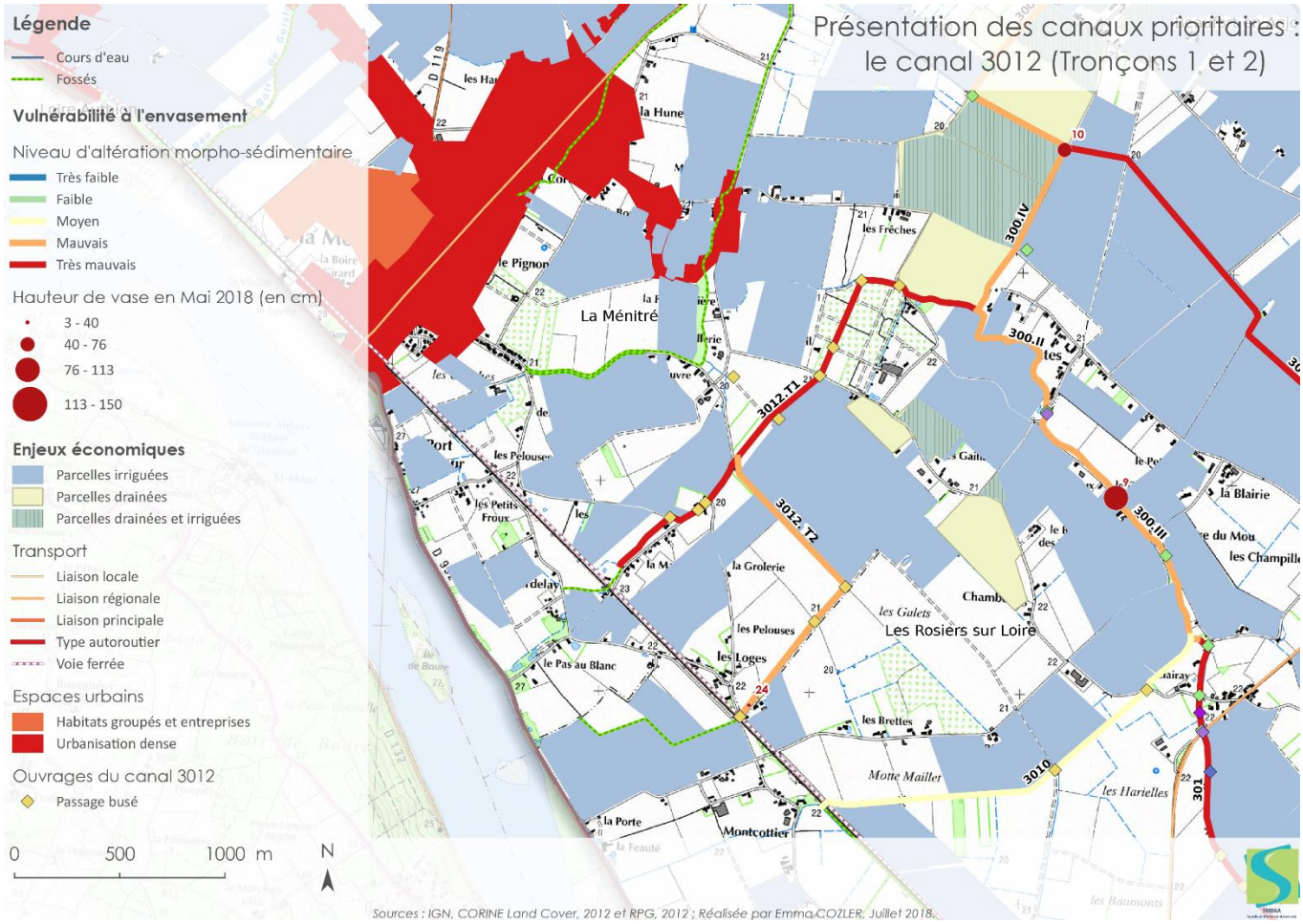


FIGURE 64 - CARTE DE SYNTHESE DES ENJEUX ET DU NIVEAU D'ALTERATION PAR TRONÇON HOMOGENE DU CANAL 3012 (SOURCES : IGN ; RPG, 2012 ; CORINE LAND COVER, 2012 ; REALISE PAR COZLER, 2018)

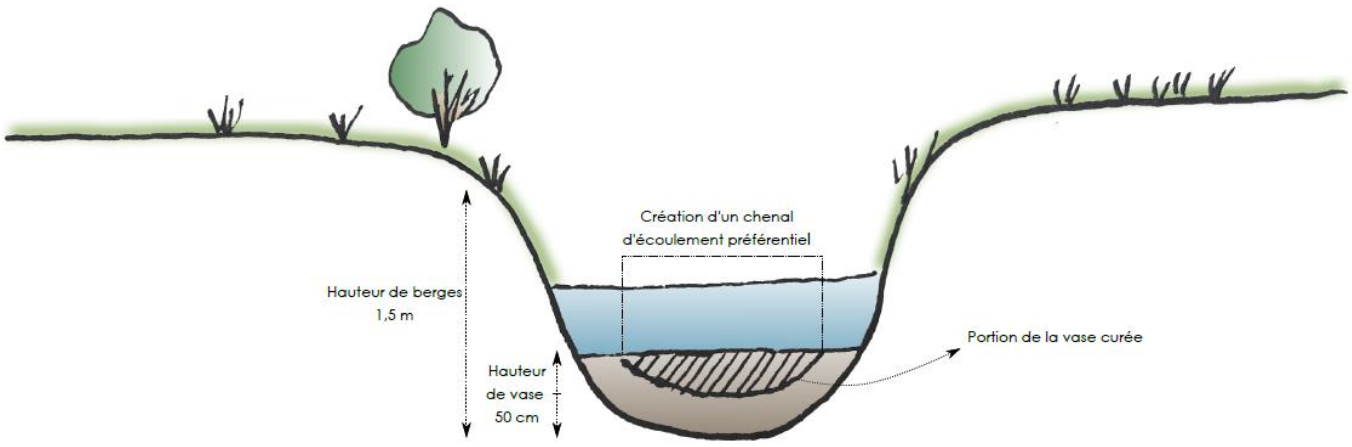


FIGURE 65 - SCHEMA DU CURAGE DU TIERS INFERIEUR, ADAPTE AU CANAUX (REALISE PAR COZLER, 2018)

3.3. L'AVAL DU VAL D'AUTHION : UN LINEAIRE MOYENNEMENT ALTERE DANS UN CONTEXTE D'ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX

3.3.1. LE CANAL 401 : AU CŒUR D'ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX

Le canal 401 présente un niveau d'altération « mauvais » mais a tout de même été retenu dans la priorisation des canaux à réhabiliter de par les enjeux environnementaux majeurs qui l'entourent. En effet, un tronçon de 339 m se situe dans le périmètre de déplacement des amphibiens de la mare MAZ 8 et dans la Zone à Enjeux (ZAE) définie par le PNR (2013).

La mise en place de **banquettes alternées** (Figure 67) et le **retalutage des berges** (Figure 63) seraient appropriées afin de diversifier les habitats propices aux échanges et à la reproduction des espèces et notamment des amphibiens. Le rattachement altimétrique aux cotes NGF du pont et du seuil permettra de vérifier le franchissement piscicole et sédimentaire de ces ouvrages et voir s'il est possible de remplacer le seuil par un radier. La mise en place d'un point de suivi sédimentaire est aussi à envisager afin de suivre l'impact de ces actions sur la dynamique d'envasement.

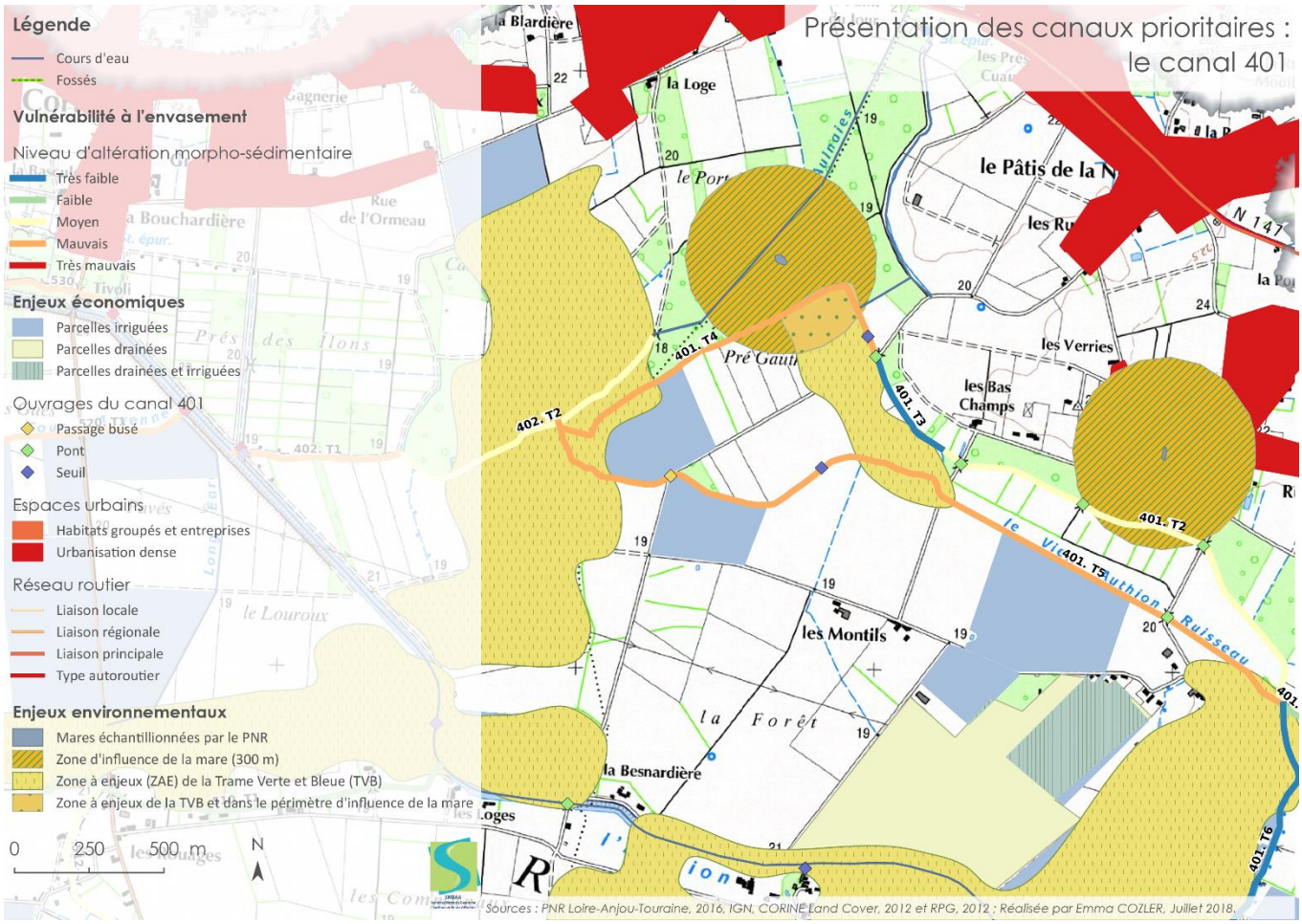


FIGURE 66 - CARTE DE SYNTHESE DES ENJEUX ET DU NIVEAU D'ALTERATION PAR TRONÇON HOMOGENE DU CANAL 401 (SOURCES : IGN ; RPG, 2012 ; CORINE LAND COVER, 2012 ; REALISE PAR COZLER, 2018)

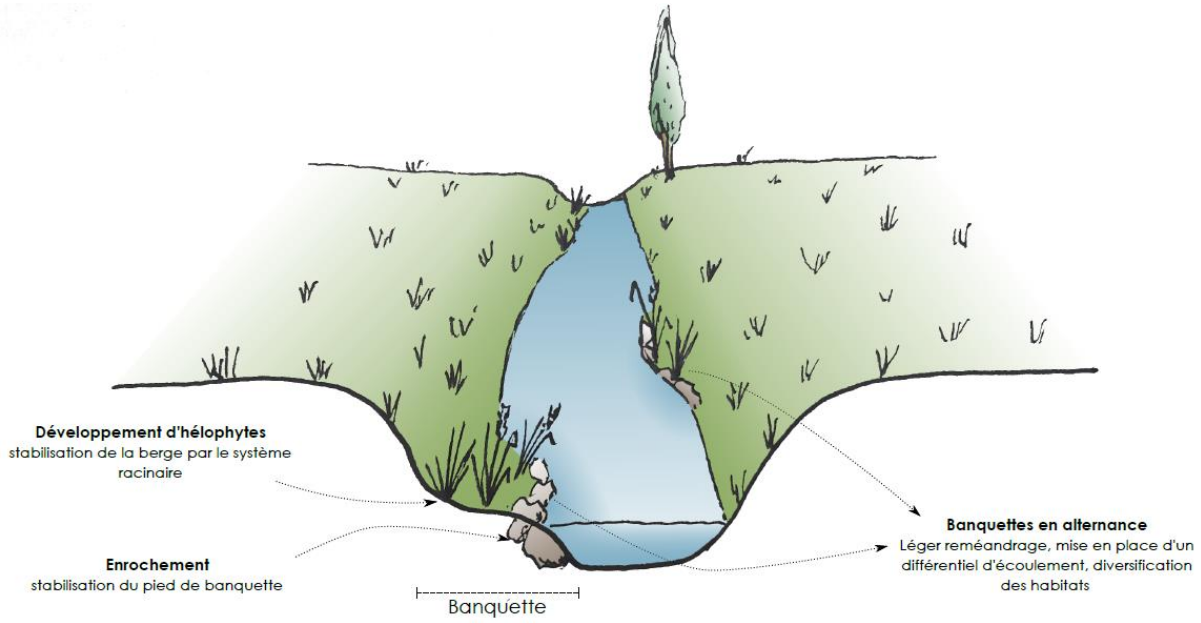


FIGURE 67 - SCHEMA DES BANQUETTES ALTERNEES (REALISE PAR COZLER, 2018)

3.3.2. *LE CANAL 500 : UNE DYNAMIQUE D'EXHAUSSEMENT AU CŒUR D'ENJEUX SOCIO-ECONOMIQUES ET ENVIRONNEMENTAUX*

Le tronçon 9 du canal 500 a été retenu puisqu'il présente un niveau d'altération morpho-sédimentaire « très mauvais » accompagné d'une tendance à la hausse de la hauteur de vase depuis 2016 dans un contexte d'enjeux économiques tournés vers la production agricole. En effet, un total de 21 parcelles agricoles représente 93,83 ha. A contrario des cas vus précédemment, l'irrigation ne concerne que 11 % de la surface cultivée des parcelles limitrophes au canal. L'enjeu est alors celui de l'assainissement des terres agricoles dominées par la production de maïs en grains et ensilage.

Cependant, ce tronçon se trouve être aussi dans une ZAE (Zone A Enjeux) de la TVB (Trame Verte et Bleue) définie par le PNR en 2013. Des actions en faveur de la continuité sédimentaire et piscicole sont alors à envisager tout en diversifiant les types d'habitat.

Le curage selon la technique du tiers inférieur (Figure 65), accompagné de la création d'un chenal préférentiel afin d'accélérer les écoulements et permettre d'assainir les terres, semble donc approprié dans ce cas de figure. Celui-ci peut être suivi d'un retalutage des berges (Figure 63) afin de diversifier les habitats, en termes de variation des hauteurs d'eau et ainsi permettre le développement des hélophytes. Le retalutage peut être complété par la création de banquettes (Figure 67) afin de diversifier quelque peu les écoulements et les habitats.

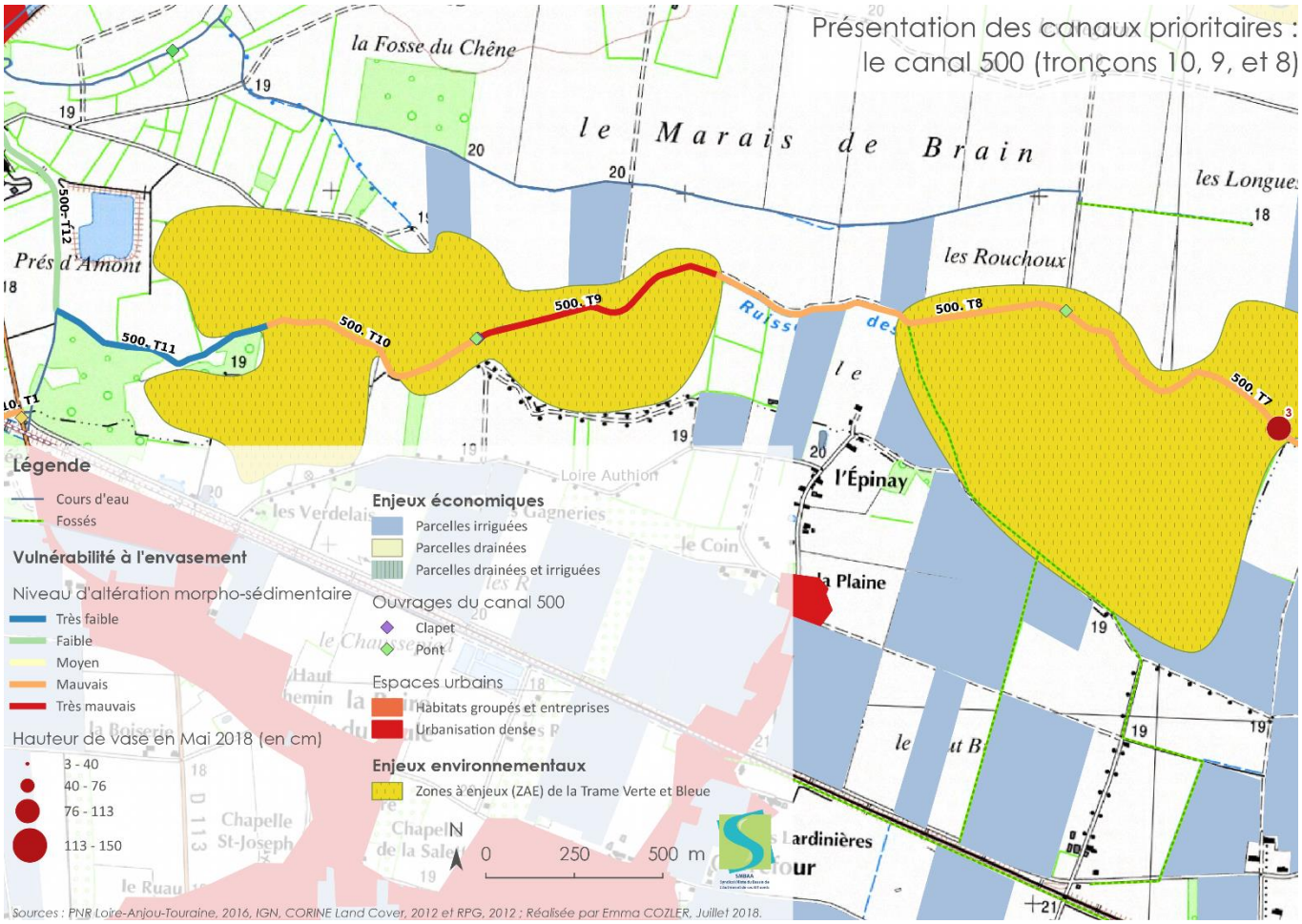


FIGURE 68 - CARTE DE SYNTHESE DES ENJEUX ET DU NIVEAU D'ALTERATION PAR TRONÇON HOMOGENE DU CANAL 500 (SOURCES : IGN ; RPG, 2012 ; CORINE LAND COVER, 2012 ; REALISE PAR COZLER, 2018)

3.4. BILAN DES CANAUX PRIORITAIRES

L'ensemble des canaux retenus et des premières propositions de gestion sont présentés dans le tableau 10 :

TABLEAU 10 - TABLEAU RECAPITULATIF DES CANAUX RETENUS ET PROPOSITIONS DE GESTION

Code canal	Longueur (km)	Niveau d'altération	Enjeux	Propositions de gestion	Degré de priorité
L'amont du val d'Authion : Un linéaire fortement altéré dans un contexte d'enjeux hydrauliques majeurs					
10 T.3 et T.4	1.27 km	Très mauvais	- Assainissement urbain - Irrigation et drainage agricole	- Vérifier la fonctionnalité des ouvrages (7 passages busés) via le rattachement du fond des buses aux cotes NGF altimétriques et la vérification du bon écoulement des eaux à l'intérieur des buses (pas d'embâcles) - Mettre en place un point de suivi sédimentaire sur les tronçons 3 et / ou 4	2
Canal de Varenne	4.37 km	Très mauvais	- Hydraulique - Soutien d'étiage - Irrigation - Assainissement de la commune de Varenne-sur-Loire	- Rétablir la continuité sédimentaire au niveau du madrier (par la mise en place de cales au fond du lit) accompagné d'un suivi sédimentaire pour évaluer l'efficacité de cette mesure sur le continuum sédimentaire. - Effectuer un nouvel état des lieux pour affiner le diagnostic en sectorisant le canal en tronçons homogènes. - Stabiliser les berges par retalutage et végétalisation - Lutter contre les ragondins (installer des pièges à ragondin)	1
Canal de Gaure (T2, 3 et 6)	2.8 km	Très mauvais	- Hydraulique - Soutien d'étiage - Irrigation - Assainissement de la commune de Varenne-sur-Loire	- Rétablir la continuité sédimentaire au niveau du madrier (par la mise en place de calles au fond du lit) accompagné d'un suivi sédimentaire pour évaluer l'efficacité de cette mesure sur le continuum sédimentaire. - Stabiliser les berges par retalutage et végétalisation - Lutter contre les ragondins (installer des pièges à ragondin)	1

Le centre du val d'Authion : Un linéaire fortement altéré dans un contexte agricole					
200	1.91 km	Très mauvais	- Irrigation agricole - Assainissement des terres	- Stabilisation des berges par retalutage et végétalisation - Rajout d'un point de suivi sédimentaire	2
301	3.40 km	Très mauvais	- Irrigation agricole - Assainissement des terres	- Stabilisation des berges par retalutage et végétalisation - Protection des pieds de berges par enrochement ou génie végétal - Un abaissement et un relèvement plus progressif du clapet pour diminuer la vitesse de changement du niveau d'eau	2
3012 T.1	2.43 km	Très mauvais	- Irrigation agricole - Assainissement des terres	- Curage du tiers inférieur - Stabilisation des berges par retalutage et végétalisation - Rajout d'un point de suivi sédimentaire	2
L'aval du val d'Authion : Un linéaire moyennement altéré dans un contexte d'enjeux environnementaux					
401 T.4	1.37 km	Mauvais	- Amélioration de la continuité de la TVB - Amélioration des connexions avec la mare MAZ 8 (PNR, 2016)	- Création de banquettes - Rajout d'un point de suivi sédimentaire - Vérification du franchissement piscicole du seuil - Vérification de l'altimétrie NGF des radiers des ponts.	3
500 T.9	0.72 km	Très mauvais	- Situé dans une ZAE - Enjeux agricoles pour l'irrigation - Une dynamique d'exhaussement du lit à palier	- Vérification altimétrique du fond des ouvrages avant un éventuel curage au tiers inférieur - Retalutage et création de banquettes pour diversifier les habitats dans le tronçon situé dans la ZAE - Curage au tiers inférieur et création d'un chenal préférentiel.	1

Trois ordres de priorité pour la mise en place des travaux et des mesures de gestion sont proposés en fonction des enjeux présents :

- Priorité 1 : actions d'envergure stratégique, à engager dès que possible et prioritairement
- Priorité 2 : actions à engager rapidement
- Priorité 3 : actions qui interviendront à la fin du programme d'action, relevant d'une importance que nous pouvons considérer comme moindre.

Un linéaire total de 18,27 km est donc classé comme prioritaire à l'issue de cette étude. Ce linéaire reste trop important par rapport au linéaire de 13,75 km déterminé en fonction du budget établi à partir du

scénario 1, qui ne prend en compte que le curage et le retalutage. Ces canaux seront donc à présenter à la commission géographique du RSTRI afin de déterminer avec les élus les secteurs qui seront concernés par les travaux pendant les 6 prochaines années. Les mesures autres que celles du curage et du retalutage seront à budgéter au cas par cas lors du diagnostic approfondi de chacun des tronçons retenus.

CONCLUSION, DISCUSSION ET PERSPECTIVES

CONCLUSION ET DISCUSSION

Le val d'Authion présente un terrain propice à la mise en place d'une dynamique d'envasement. En effet, situé dans la plaine alluviale de la Loire, le val présente une **pente faible voire nulle** (d'une moyenne de 0,02 %) ne permettant pas d'assurer un débit suffisant pour évacuer la charge alluviale. Ce qui se traduit par une augmentation de la hauteur de vase d'amont en aval et une nette tendance à la hausse des sédiments à l'aval depuis juin 2016.

Aux facteurs d'ordre physique s'ajoute le facteur d'ordre anthropique. En effet, nous sommes dans un contexte où l'agriculture dépend d'une gestion fine de la ressource en eau, permise par le réseau de canaux qui font l'objet de cette étude. Ces derniers ont été **recalibrés, et curés** à maintes reprises impliquant, avec le nombre important **d'ouvrages hydrauliques et ouvrages « transparents »,** un **réajustement par dépôt régressif** du profil en long des canaux, aboutissant à une **réduction de la pente** et à un **ralentissement des écoulements.**

L'Homme a aussi un rôle dans l'apport de la charge solide de façon indirect *via* la **manipulation des ouvrages hydrauliques** et le pompage excessif dans les canaux, créant ainsi un **marnage** important aboutissant à une **déstabilisation des pieds de berges** par sapement et provoquant leur effondrement. Ce qui est peu mis en exergue dans la sphère scientifique. Cette conclusion vient compléter ce qui a été observé par LEFRANCOIS (2007) et VONGVIXAY (2012) dans des petits bassins versants de plaine où l'origine de la charge sédimentaire provient essentiellement des berges par piétinement au niveau des abreuvoirs.

La présence **d'espèces envahissantes**, notamment les ragondins introduit au 19ème siècle pour leur fourrure, est aussi un facteur de déstabilisation des berges *via* la création d'un réseau de terriers au sein même des berges. Le type d'occupation du sol, et en particulier **le type de culture** qui implique une susceptibilité à l'érosion plus ou moins importante est aussi un facteur anthropique d'apport indirect de **MES** par **ruissellement superficiel** et par le **réseau de drainage**.

Ce travail a donc permis de compléter les études effectuées sur les transferts de MES dans des cours d'eau de plaine (LEFRANCOIS, 2007 ; VONGVIXAY, 2012), et de développer le rôle des barrages sur l'envasement des plans d'eau, et plus particulièrement des canaux d'assainissement et d'irrigation. En effet, la grande majorité des études s'attardent sur la rupture du continuum sédimentaire, provoquant le dépôt de la charge alluviale en amont des ouvrages et en particulier au sein des lacs de retenues (BADRAOUI et HAJJI, 2001 ; MAMMOU et LOUATI, 2007 ; REMINI et BENFETTA, 2015) ou bien à l'exutoire du bassin versant (ARNAUD-FASSETTA, 1993 ; BERTRAND et al., 2014 ; LAMACHERE, 2000 ; VIEL, 2012), mais peu se sont intéressés à l'impact de la gestion hydraulique sur la déstabilisation des berges et l'envasement des plans d'eau**. L'agriculture prend alors une dimension double** dans le val d'Authion : elle est l'origine, de façon indirecte de l'envasement des canaux du val par la gestion fine de l'eau mais elle est aussi un enjeu socio-économique pouvant être impactée par l'envasement.

L'estimation du niveau d'altération morpho-sédimentaire des canaux croisés avec la dynamique sédimentaire et le niveau d'enjeux du territoire a permis **d'affiner l'analyse effectuée** par KAROUI (2016) en intégrant l'ensemble des facteurs intervenant dans la dynamique d'envasement des annexes hydrauliques de l'Authion. Cet indice nous a permis aussi de **déterminer 8 tronçons** présentant un **risque important d'envasement** et considérés comme **prioritaires** pour la réalisation de travaux de **réhabilitation**

et la mise en place de mesures de gestion adaptées. La gestion intégrée du val d'Authion a pour objectif **d'atteindre un équilibre entre les différents usages** de l'eau, notamment agricoles, **la qualité de l'eau** et **l'amélioration de la biodiversité** aquatique, tout en **prévenant le risque d'envasement** des canaux et **d'inondation du val**. Les propositions de travaux et les orientations de gestion à venir doivent donc prendre en compte ces enjeux, socio-économiques et environnementaux **en cohérence avec les orientations de gestion** des autres acteurs du territoire, tel que le PNR Loire-Anjou-Touraine, comme l'ont préconisé VANDROMME et al. en 2017 lors du séminaire d'Orléans intitulé : « Des versants aux masses d'eau : érosion, colmatage et envasement ».

PERSPECTIVES

SUIVI SEDIMENTAIRE : UN OUTIL D'AIDE A LA DECISION ET D'EVALUATION DES ACTIONS

Le suivi sédimentaire *via* l'utilisation de la perche coulissante nous permet de mettre en évidence la dynamique d'exhaussement ou d'abaissement du lit majeur. Cependant, l'érosion des berges étant le facteur principal d'apport sédimentaire dans le val d'Authion, il serait intéressant de mettre en place un **suivi du recul des berges** (FMA, 2015, p.113), afin d'estimer l'impact des travaux et des mesures de gestion – notamment sur l'abaissement et le rehaussement des barrages, facteurs d'un marnage important. Ce dispositif permettra de définir l'impact de la manipulation des ouvrages sur la déstabilisation des berges, d'identifier les canaux les plus vulnérables et ainsi d'adapter la gestion des ouvrages et des futurs travaux d'entretien et de restauration.

Il serait constructif de **rajouter des points de suivi** sur les canaux qui présentent un niveau d'altération mauvais à très mauvais. Ce qui permettrait de compléter la base de données du suivi sédimentaire, d'évaluer la pertinence de l'indice et ainsi d'établir une base de données solide pour l'élaboration du prochain plan de gestion. Ces points de suivi permettront également d'évaluer l'efficacité des actions et travaux de réhabilitation mis en œuvre sur les tronçons retenus dans l'actuel plan de gestion.

Le rajout de points de suivi sédimentaire sur l'Authion permettrait aussi d'avoir une vision plus globale de la dynamique sédimentaire dans le Val, et ainsi d'évaluer si l'Authion a les capacités d'évacuer la charge sédimentaire ou si la dynamique tend vers l'exhaussement du lit.

DETERMINATION DE LA PROVENANCE DE LA CHARGE SEDIMENTAIRE

Afin de vérifier l'hypothèse selon laquelle la charge sédimentaire provient majoritairement des berges il serait constructif d'effectuer une analyse des origines des MES (Matière en Suspension) par ^{137}CS (césium) et traçage géochimique. Cette technique a, entre autres, été utilisée par LEFRANCOIS (2007).

L'ESTIMATION DU NIVEAU D'ALTERATION DES TRONÇONS : UN INDICE A COMPLETER ET A AMELIORER

Afin d'affiner l'indice du niveau d'altération des versants, il serait productif de rajouter une note en fonction **du type de cultures pratiquées et de sa sensibilité à l'érosion**, puisque chaque culture n'a pas la même susceptibilité face aux ruissellements superficiels et que l'étude spatiale de la hauteur de vase nous a permis de démontrer que les hauteurs de vase sont plus importantes à proximité des cultures plus sensibles au ruissellement superficiel. Pour cela, les travaux de LELONG et al (1993) effectués notamment sur les terrains limoneux-sableux du val de Loire dans la région d'Orléans peuvent être un bon point de départ pour attribuer des indices pertinents. D'autres facteurs sont aussi absents dans l'élaboration de l'indice, tel que le marnage que l'on pourrait intégrer dans la description des tronçons. De plus, il serait intéressant d'affiner cet indice en estimant pour chaque facteur leur degré d'importance dans le processus, dans le cas présent, d'envasement du cours d'eau.

AMELIORATION DE LA CONTINUITE TRANSVERSALE

Afin de répondre aux objectifs de la DCE, il serait intéressant d'intégrer dans le plan de gestion des mesures favorisant la continuité du cours d'eau et ainsi le développement des populations piscicoles et la limitation du processus d'envasement à l'amont des ouvrages. Pour cela, un travail **d'identification des ouvrages non utilisés** permettrait d'améliorer la continuité en les effaçant ou en abaissant les vannes et clapets.

De plus, tous les ouvrages n'ont pas été **rattachés aux cotes altimétriques NGF**, seulement ceux à proximité des points de suivi sédimentaire. Il serait donc utile d'approfondir ce travail et de le compléter afin de rattacher l'ensemble des ouvrages du val pour en mesurer l'impact sur la dynamique sédimentaire et pour valider ou réfuter l'hypothèse selon laquelle certains ouvrages ont étés mal calibrés. Ce rattachement altimétrique du fond des ouvrages peut être aussi un outil d'aide à la décision, notamment pour identifier les ouvrages dont l'altitude du fond est supérieure au fond du lit en amont, des travaux de curage, souvent pratiqués dans le val, ne sont alors pas nécessaires et ainsi permettre d'affiner la gestion des ouvrages.

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIE

ARNAUD-FASSETTA G. et PROVANSAL M. (1993). Étude géomorphologique du delta du Rhône : l'évolution des milieux de sédimentation fluviatiles au cours de l'Holocène récent. Méditerranée, tome 78, 3-4-1993. La Camargue et le Rhône, hommes et milieux. pp. 31-42.

ARONSON J., FLORET C., LE FLOC'H E., OVALLE C. et PONTANIER R. (1995). Restauration et réhabilitation des écosystèmes dégradés en zones arides et semi-arides. Le vocabulaire et les concepts. L'homme peut-il refaire ce qu'il a défait ? John Libbey Eurotext, Paris, 1995, pp. 11-29.

BADRAOUI A., et HAJJI A. (2001). Envasement des retenues de barrages. Eau-ressource, aménagements, environnement. La Houille Blanche, n° 6-7, pp. 72-75.

BAUDOIN J.M., BOUTET-BERRY L., CAGNANT M., GOB F., KREUTZENBERGER K., LAMAND F., MALAVOI J.R., MARMONIER P., PENIL C. RIVIERE C., SBOT M., TAMISIER V. et TUAL M. (2017). Carhyce - Caractérisation hydromorphologique des cours d'eau Protocole de recueil de données hydromorphologiques à l'échelle de la station sur les cours d'eau prospectables à pied. AFB, Mai 2017, 56 p.

BENSAFIA D. et REMINI B. (2014). Le rôle de la vase dans l'accélération de l'eutrophisation des eaux de barrages. Etude expérimentale. Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°19, Septembre 2014, pp. 161-181.

BERTRAND F., ANSELME B. et BECU N. (2014). Analyse et gestion du risque d'envasement autour de la baie d'Antonina, Brésil : l'apport d'une démarche d'accompagnement. Bulletin de l'Association de géographes français, Association des Géographes Français, 2014, 91 (3), pp.360-379.

BETHEMONT J. et WASSON J.G. (1996). L'Homme et la Loire. La Houille Blanche, n°6/7, 1996, pp.32-40.

BONNEAU M. et BARBAZA Y. (1974). Conflits d'utilisation du sol et besoins en espace récréatif : le cas des grandes prairies angevines. In: Bulletin de l'Association de géographes français, N°417-418, 51e année, Mai-juin 1974. pp. 185-193.

BURNOUF J. et, CARCAUD N. (2000). L'homme et les vallées : les vals de Loire de Tours à Angers. In: Annales de Bretagne et des pays de l'Ouest. Tome 107, numéro 1, 2000. pp. 7-22.

CARCAUD N., MERCIER F., OPRITESCO A. et PONT C. (1998). Dernières découvertes géoarchéologiques dans la haute vallée de l'Authion (Restigné - Vivy, Indre-et-Loire - Maine-et-Loire). In: Bulletin de l'Association de géographes français, 75e année, 1998-3 (septembre). Relief, sol, eau, hommes. 75e anniversaire : florilèges géographiques. pp. 349-361.

CHANDESRIS A., MENGIN N., MALAVOI J-R., SOUCHON Y., PELLA H. et WASSON J-G. (2008), SYstème Relationnel d'Audit de l'Hydromorphologie des Cours d'Eau, principes et méthodes, Version V 3.1, Appui scientifique à la mise en œuvre de la Directive Cadre européenne sur l'Eau, Département Milieux Aquatiques, Qualité et Rejets Unité de Recherche Biologie des Ecosystèmes Aquatiques Laboratoire d'Hydroécologie Quantitative, 81 p.

DAVODEAU H. (2008) Des conflits révélateurs de la territorialisation du projet de paysage. Exemples ligériens. Territoires de conflits, analyses des mutations de l'occupation de l'espace, L'Harmattan, 2008, vol.61, pp. 49-61

DE CHAVAGNAC R. (1977). L'aménagement de la vallée de l'Authion. La Houille Blanche, n°2/3, pp. 193-200.

DOURNEL S. (2016). La vulnérabilité d'un territoire, un héritage complexe à révéler : démonstration à travers l'étude géohistorique du risque d'inondation en Val d'Orléans (France). VertigO - la revue électronique

en sciences de l'environnement. Vulnérabilités environnementales : perspectives historiques. vol.16, n°3, Décembre 2016, 36 p.

DRENOU C. (2000). Etude des relations entre systèmes racinaires et stabilité des arbres (à la suite de la tempête de décembre 1999), Expertise collective sur les tempêtes, la sensibilité des forêts et sur leur reconstruction. Dossier de l'environnement de l'INRA, n°20, pp. 153-159.

DUTARTE A. et MAZAUBERT E. (2010), Enquête sur les espèces exotiques envahissantes en milieux aquatiques en métropole et leur gestion. Réalisation et première analyse des résultats & Synthèse de la première analyse des résultats. Décembre 2010, Partenariat 2010 – Espèce invasives, ONEMA, 75 p.

GRACIN M., CARCAUD N., GAUTIER E., BURNOUF J., CASTANET C. et FOUILLET N. (2009). Impacts des héritages sur un hydrosystème : l'exemple des levées en Loire moyenne et océanique. ALLEE P. et LESPEZ L. L'érosion entre société, climat et paléoenvironnement, Presses Universitaires Blaise Pascal (Clermont-Ferrand), Nature & Société, 2006, pp. 225-236.

GHORBEL A. et CLAUDE J. (1977). Mesure de l'envasement dans les retenues de sept barrages en Tunisie : estimation des transports solides, Cahiers de l'OSTROM, série Hydrologie, vol. XIV, n°1, 1977, 35 p.

GOB F., BILDEAU C., THOMMERET N., BELLIARD J., ALBERT M-B., TAMISIER V. BAUDOIN M. et KREUTZENBERGER K. (2014). Un outil de caractérisation hydromorphologique des cours d'eau pour l'application de la DCE en France (CARHYCE) , Géomorphologie : relief, processus, environnement. Vol.20, n°1, 2014, pp. 57-72.

GUERLESQUIN M. et CORILLION R. (1957). Le climat de l'Anjou, Bulletin de la Société Botanique de France, 104:sup2, pp. 46-50.

GUEYDON F. et MAILLET G. (2010). La répartition des cultures dans la zone inondable de la Loire entre Saumur et Saint Florent le Vieil. Cahiers nantais, 2010-1 et 2, pp. 13-25.

HAJJI O., ABIDI S., HERMASSI T., HABAIEB H. et RAOUF M.M. (2015). Cartographie de la vulnérabilité multifactorielle à l'envasement des lacs collinaires de la Tunisie centrale, International Journal of Innovation and Applied Studies, Rabat, Mars 2015, Vol. 10, n°4, pp.1251-1266.

KAROUI S. (2017). Elaboration d'un plan de gestion de travaux en milieux aquatiques sur le Val d'Authion. SMBAA, Rapport de stage de fin d'études pour l'obtention de la 2nd année de Master GPRE (Géoscience Planètes Ressources Environnements), Université de Lorraine, 2017.

LAMACHERE J-M. (2000). Transports solides à l'exutoire d'un bassin versant sahélien (région de Bidi, Burkina Faso). MSE, Hydrologie, IRD, Montpelier, pp.112-126

LANE E.W. (1955). The importance of fluvial morphology in hydraulic engineering. Proceedings, American Society of Civil Engineers, N° 745.

LEFRANCOIS J. (2007). Dynamique et origine des matières en suspension sur de petits bassins versants agricoles sur schist. Hydrologie. Université Rennes 1, 2007, 281p.

LELONG F., ROOSE E., DARTHOUT R. et TREVISAN D. (1993). Susceptibilité au ruissellement et à l'érosion en nappe de divers types texturaux de sols cultivés ou non du territoire français. Expérimentation au champ sous pluies simulées. Science du sol, 1993, vol. 31, n°4, pp.251-279.

MALAVOI J.R. et BRAVARD J.P. (2010). Eléments d'hydromorphologie fluviale, ONEMA, 224p.

MALAVOI J.R., GARNIER C.C., LANDON N., RECKING A. et BARAN Ph. (2011). Eléments de connaissance pour la gestion du transport solide en rivière, ONEMA, 216p.

MALAVOI J.R. et SOUCHON Y. (2002), Description standardisée des principaux faciès d'écoulement observables en rivière : clé de détermination qualitative et mesures physiques. Bull. Fr. Pêche Piscic, pp.357-372.

MAMMOU A. et LOUATI M. (2007). Évolution temporelle de l'envasement des retenues de barrages de Tunisie. Revue des sciences de l'eau, Vol 20, n°2, pp.201-210.

MAQUAIRE O. et LEVOY F. (1987). La topométrie en géomorphologie dynamique. Centre de Recherches en Géographie Physique de l'Environnement, bulletin CREGEPE n°6, pp. 25-45.

MARTEAU N. (2016). Elaboration d'un plan de suivi sédimentaire à l'échelle du val d'Authion, SAGE Authion, Rapport de stage de fin d'études pour l'obtention de la 2nd année de Master Science de l'Eau, Université François-Rabelais, Tours, 2016

MAURIN J. et GUILLOU S. (2004). Les levées de la Loire : des turcies au Plan Loire, huit siècles d'évolution. DIREN Centre, Service de bassin Loire-Bretagne, Maîtrise d'ouvrage générale des travaux sur le lit et les levées domaniaux de la Loire

MORANDI B et PIEGAY H. (2017). Restauration de cours d'eau en France : comment les définitions et les pratiques ont-elles évolué dans le temps et dans l'espace, quelles pistes d'action pour le futur ? Agence Française pour la Biodiversité, Comprendre pour Agir, Janvier 2017, 28p.

NORMANDIN L. (1973). Un polder en Anjou ? Le val de la Daguenière, Norois, n°80, Octobre-Décembre 1973. pp. 621-631.

ORAISON F., SOUHON Y. et VAN LOOY K. (2010). Restaurer l'hydromorphologie des cours d'eau et mieux maîtriser les nutriments : une voie commune ? Synthèse bibliographique, Pôle hydroécologie des cours d'eau Onema-Cemagref, Lyon, Mars 2011, 42p.

PENVEN M-J. et MUXART T. (1995). Le drainage agricole : un rôle fondamental dans les transferts d'eau et de matière. L'exemple du plateau briard. Annales de Géographie, t. 104, n°581-582, 1995. pp. 88-104.

REMINI B. et BENFETTA H. (2015). Le barrage réservoir de Gargar est-il menacé par l'envasement ? Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°24, Décembre 2015, pp.175-192.

RINALDI M., BELLETTI B., VAN DE BUND W., BERTOLI W., GURNELL A., BUIJSE T., MOSSELMAN E. (2013a) – Review on eco-hydromorphological methods. Deliverable D1.1, REstoring rivers FOR effective catchment Management, 2013, 202 p.

ROOSE E. (1994). Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols. *Bullentin Pédologique de La FAO*, *70*, pp.1-21 et pp.85-233.

SCHUMM S.A. (1981). Evolution and response of the fluvial system, sedimentologic implications. The Society of Economic Paleontologists and Mineralogists (SEPM), Special Publication, n°31, Août 1981, pp. 19-29

THIEBAUT G., LAMBERT E. et TREMOLIERES M. (2010). Les végétaux aquatiques : des indicateurs biologiques de la qualité des eaux. ResearchGate, Janvier 2010, 22p.

THORNE C.R. (1997). Channel types and morphological classification. In Thorne C.R., Hey R.D., Newson M.D. (éds.), Applied fluvial geomorphology for river engineering and management, pp. 176–222.

VANDROMME R., EVRARD O., GRANGEON T., CERDAN O. et SALVADOR-BLANES S. (2017), Des versants aux masses d'eau : érosion, colmatage et envasement, La Houille Blanche, n°6, 2017, pp.5-6.

VIEL V. (2012). Analyse spatiale et temporelle des transferts sédimentaires dans les hydrosystèmes normands, exemple du bassin versant de la Seulles. Thèse soutenue publiquement le 11 décembre 2012 en vue de l'obtention du doctora de l'université de Caen Basse-Normandie, 2012, 367p.

VONGVIXAY A. (2012). Mesure et analyse de la dynamique temporelle des flux solides dans les petits bassins versants. Cas d'un bassin versant agricole en région d'élevage (Le Moulinet, Basse-Normandie, France). Ingénierie de l'environnement. INSA de Rennes, 2012, 206p.

WURTZ A. (1955). Action des feuilles de peuplier dans de petits bassin de pisciculture. Bulletin Français de Pisciculture, n°179, octobre-décembre 1955, pp. 41-52.

YLES F. et BOUANANI A. (2012). Quantification et modélisation du transport solide dans le bassin versant de l'oued Saïda (haut plateaux algériens). Sécheresse, 2012, vol. 23, pp. 289-296.

RAPPORTS

AFB (2018). Entretien d'un fossé provisoire – Technique du tiers inférieur. Fiche technique n°2, Guide technique AFB - Bonnes pratiques environnementales - Protection des milieux aquatiques en phase chantier - Février 2018, pp. 81-83.

BRGM (2016). Parcelles drainées et réseau publics de drainage de Haute-Normandie. Recensement, cartographie, bancarisation et mise en ligne sur le SIGES Seine-Normandie. Phase 1 : Etude de faisabilité. BRGM/RP-65533-FR, Juin 2016, 133p.

DES TOUCHES H. et ANRAS L. (2005). Curage des canaux et fossés d'eau douce en marais littoraux. Cahier Technique, Forum des Marais Altantiques, Rochefort, Février 2005, 43p.

Eau Seine Normandie, (2007). Manuel de restauration hydromorphologique des cours d'eau, direction de l'eau des milieux aquatiques et de l'agricultures (DEMAA), service eaux de surface, Nanterre, Décembre 2007, 62p.

EPTB Loire (2018). PAPI d'intention des « Vals d'Authion et de la Loire ». Dossier de candidature. Mars 2018.

Forum des Marais Atlantiques (FMA) (2015). Mallette d'indicateurs de travaux et de suivis en zones humides. Agence de l'eau Loire-Bretagne et Conseil régional des Pays de la Loire, 189 p.

GUAY J., LAJEUNESSE S., MARTEL J-F. (2012) Guide technique, Gestion environnementale des fossés. Municipalité Régionale du Comté de Brome-Missisquoi, Municipalité Régionale du Comté de Granit, Canada, 26 p.

Hydro Concept (2009), Etude Bilan du contrat restauration entretien du Couanson, Phase 1 : recueil des informations et état des lieux des opérations réalisées et Phase 2 : Analyse des résultats et des problèmes rencontrés, Syndicat Intercommunale pour l'Aménagement du Couason (SIA Couasnon), 2009, 199p.

MAPAQ. (1988). Guide d'analyse et d'aménagement de cours d'eau à des fins agricoles, 2e édition.

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec (2011), Fiche technique sur la stabilisation des rives. Juillet 2011, 9 p.

NCA Environnement (2015). Dossier d'autorisation loi sur l'eau - Entretien et réhabilitation de canaux de la vallée de l'Authion, Rapport, 179 p.

PNR Loire-Anjou-Touraine (2013). Plan concerté TVB en Val d'Anjou. Rapport, PNR Loire-Anjou-Touraine, 2013.

PRAMPART A. et TERTRAIS L. (2016). Opération mares et boires en Val d'Anjou. PNR Loire-Anjou-Touraine. Octobre 2016, 259 p.

SAGE Authion (2015). Plan d'Aménagement et de Gestion Durable (PAGD) du SAGE – Projet approuvé par délibération de CLE le 26/11/2015, Rapport, Novembre 2015

SLGRI « Val de Maine et du Louet » et « Val d'Authion et de la Loire » (2017). Dossier de commission Inondation Plan Loire, Anger Loire Métropole, Etablissement Public Loire, Juin 2017, 6 p.

SMBAA (2008). PAPI raconte-nous l'Authion, le livre de papi, septembre 2008

SyMAGE Dronne (2013). Plan de gestion de la Dronne Moyenne, portion Creyssac à Petit-Bersac, Rapport, validation lors du comité syndical du 27 novembre 2013 par délibération n°35/2013 – 11, 105 p.

CARTES GEOLOGIQUE ET NOTICES EXPLICATIVES

BROSSE R., LOUAIL J. et HERROUAIN Y. (1974). Notice explicative de la carte géologique au 1 / 50 000 Longué, BRGM, n°423, 20 p.

SERVANT J.M. (1977). Notice explicative, Carte des sols (nouvelle édition) France (1/25000), Carte de la vallée de l'Authion, Les sols du Val de Loire – Vallée de l'Authion, Institut national de la recherche agronomique – Service d'études des sols, Montpellier.

CADRE REGLEMENTAIRE ET TEXTES DE REFERENCE

DIRECTIVES

DIRECTIVE 2007/60/CE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 23 octobre 2007 relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation

DIRECTIVE 2000/60/CE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau

REGLEMENTS

REGLEMENT (CE) nº 1593/2000 du Conseil du 17 juillet 2000 modifiant le règlement (CEE) nº 3508/92 établissant un système intégré de gestion et de contrôle relatif à certains régimes d'aides communautaires. Journal officiel n° L 182 du 21/07/2000 p. 0004 - 0007

LOIS

LOI n° 2014-58 du 27 janvier 2014 de modernisation de l'action publique territoriale et d'affirmation des métropoles.

LOI n° 2015-991 du 7 août 2015 portant nouvelle organisation territoriale de la République

ARTICLES

Article R214-1, Modifié par Décret n°2007-1760, du 14 décembre 2007 - art. 10 (V), Modifié par Décret n°2008-283 du 25 mars 2008 - art. 2

ARRETES

Arrêté du 31 juillet 2000 établissant la liste des organismes nuisibles aux végétaux, produits végétaux et autres objets soumis à des mesures de lutte obligatoire, NOR: AGRG0001599A, Version consolidée au 12 février 2008

SITOGRAPHIE

www.meteofrance.com – consulté le 11/04/2018
www.legifrance.gouv.fr – consulté le 23/04/2018
http://bofip.impots.gouv.fr/bofip/5101-PGP.html – consulté le 24/05/2018
https://geodesie.ign.fr/index.php?page=ernit – consulté le 24/05/2018
https://gemapi.cerema.fr/gemapi - consulté le 18/06/2018
http://www.gers.gouv.fr – consulté le 21/06/2018
https://www.data.gouv.fr – consulté le 26/06/2018
http://www.hypergeo.eu – consulté le 17/07/2018
https://www.larousse.fr – consulté le 17/07/2018

LISTE DES FIGURES

Figure 1 - Canal 5007 T2 après travaux de retalutage (x = -32137 ; y = 6031940 ; orientation Nord-Ouest ; cliché réalisé par COZLER le 18/05/2018) **0**
Figure 2 - Organigramme synthetique du fonctionnement du SMBAA (SMBAA, 2017 ; REALISE PAR COZLER, 2018) **4**
Figure 3 - Périmètre du smbaa et du siaceba (sage authion et smbaa, 2017) **5**
Figure 4 - Schématisation du cadre réglementaire de l'elaboration du plan de gestion pluriannuel du Val d'Authion (Adapté de EPTB Loire, 2017 ; SAGE Authion, 2015, réalisé par COZLER,2018) **6**
Figure 5 - Les étapes de la mise en place d'un plan de gestion (adaplté de MALAVOI, 2011 et SYMAGE Dronne, 2013, Réalisé par COZLER,2018) **7**
Figure 6 - Localisation du val d'Authion (source : SMBAA ; Réalisée par Cozler, 2018) **8**
Figure 7 - Diagramme ombrothermique présentant la normale des précipitations et des températures minimales et maximales observées sur la période de 1981 à 2010 à la station de Beaucouzé (météofrance, 2018) **9**
Figure 8 - Carte géologique simplifiée du bassin versant de l'Authion (source : BRGM, 1953, 1974, 1978, 1984, 1989, 1991 et le SMBAA ; Realisée par Cozler, 2018) **10**
Figure 9 - le Val d'Authion : un territoire en zone inondable (sources : SMBAA, réalisé par COZLER, 2018) **11**
Figure 10 - Principaux ouvrages hydrauliques du bassin versant de l'Authion (Données du SMBAA, 2018 ; réaliséé par COZLER, 2018) **14**
Figure 11 - Station de pompage en Loire de VArenne (x = 476896 ; y = 6685237 ; Clichés réalisés par COZLER le 19/04/2018) **15**
Figure 12 – Typologie des ouvrages hydrauliques présents dans le val d'authion : (A) Clapet du Pont de Bois sur la Boire des Roux (x = 474706 ; y = 6691062) ; (B) Madrier B2 du Canal de Gaure (x = 475914 ; y = 6687689) ; (c) Vanne latérale du canal 200, confluence avec le canal 301 (x = 458589.8 ; y = 6701220.8) (clichés réalisés par COZLER le 19/04/2018) **16**
Figure 13 - Les vannes du Pont Bourguignon (cliché de gauche ; x = 434414, y = 6709118) et la station d'Exhaure des Ponts-de-Cé (cliché de gauche ; x = 434414 et y= 6709321) (clichées réalisés par COZLER le 14/05/2018) **16**
Figure 14 – (A) Canal 300 (x = 454907, y= 6706670, cliché réalisé par COZLER, le 18/05/2018), et (B) canal 900 (x = 461077, y = 6700697, clichés réalisés par COZLER le 30/03/2018) **17**
Figure 15 - Shémas de la "Balance de Lane" (MALAVOI et BRAVARD, 2011, figure 2, p.11) **19**
Figure 16 - Processus d'érosion des berges observé (a) en sol peu cohésif et (b) en sol cohésif lorsque la vitesse de l'eau est importante (LEMINEUX, MAPAQ, adapté de BENTRUP et HOAG, 1998) **20**
Figure 17 - Modèle conceptuel des interactions socio-environnementales liées à l'envasement de la baie d'Antonina (BERTRAND *et al.,* 2014, p.370) **23**
Figure 18 - Schéma d'entretien des fossés par la technique du tiers inferieur (GUAY ET AL., 2012, AFB, 2018 P.81) **24**

Figure 19 - Stabilisaton des berges par retalutage et enrochement (Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des PArcs, 2011, p.7 ; à gauche) et par création d'une banquette (De touches et anras, 2005, p.28, à droite) **26**
Figure 20 - Carte récapitulative des canaux prioritaires identifiés par KAROUI, 2017 (SOURCE : KAROUI, 2017 ; REALISE PAR COZLER, 2018) **26**
Figure 21 - Présentation des cours d'eau concernés par le plan de gestion pluriannuel (Réalisée par COZLER, 2018) **28**
Figure 22 - Schéma du fonctionnement de la perche coulissante (réalisé par COZLER, 2018) **29**
Figure 23 - Schéma du rattachement du fond des ouvrages aux cotes NGF connues (réalisé par COZLER, 2018) **31**
Figure 24 - Situation des points de suivi sédimentaire par sous bassins versants (SMBAA ; MARTEAU, 2016 ; KAROUI, 2017, réalisé par COZLER, 2018) **32**
Figure 25 - Exemple d'un point de suivi sédimentaire, le point n°28 sur le Canal de Gaure (x = 476290.23 ; y = 6686877.83 ; Orientation Sud-Est ; cliché réalisé par COZLER le 16/05/2018) **33**
Figure 26 - Schéma des compartiments géomorphologiques du cours d'eau utilisés pour l'estimation de l'alteration des canaux du val d'Authion (réalisé par COZLER, 2018) **36**
Figure 27 - Grille de détermination du niveau d'enjeu socio-économique susceptible d'être menacé par des risques d'inondation/érosion liés au transport solide (malavoi et BRAVARD, 2011, figure 136, p.175) **43**
Figure 28 - Schéma de la contribution des éléments du paysage à l'établissement et au developpement des populations d'amphibiens (PRAMPART ET TERTRAIT, 2016, FIGURE 2, P.7) **44**
Figure 29 - récapitulatif de la répartition des valeurs de hauteur de vase (en cm) observées en Mai 2018 ... **48**
Figure 30 - Répartition des hauteurs de vase au mois de Mai 2018 (Source : RPG, 2012 ; réaliée par COZLER, 2018) **49**
Figure 31 - Evolution des hauteurs de vase (en cm) en Mai 2018 d'Est en Ouest du Val d'Authion (Cozler, 2018) **50**
Figure 32 – Evolution d'amont en aval de la hauteur de vase (en cm) du canal de Varenne en Mai 2018 (cozler,2018) **51**
Figure 33 - Impacts des ouvrages sur la répartition des hauteurs de vase (en cm) sur le canal de VARENNE (réalisée par COZLER, 2018) **52**
Figure 34 - Evolution d'amont en aval de la hauteur de vase (en cm) du canal 5007 au canal 500 en Mai 2018 (cozler, 2018) **53**
Figure 35 - Impacts des ouvrages sur la répartition des hauteurs de vase (en cm) du canal 5007 au canal 500 en Mai 2018 (COZLER, 2018) **53**
Figure 36 - Profil en long d'un tronçon du canal de Varenne, du point de suivi n°39 au Pont 416,45 m en aval (réalisé par COZLER, 2018) **54**
Figure 37 - Profil en long d'un tronçon du canal 5007, du point de suivi n°15 à la buse située 263.34 m en aval (réalisé par COZLER, 2018) **55**
Figure 38 - Profil en long d'un tronçon du canal 18 du pont du chemin de fer à l'amont à la buse en aval du point de suivi n°34 (réalisé par COZLER, 2018) **55**
Figure 39 - Profil en long d'un tronçon du canal 16 T1. du point de suivi n°4 à la buse 72.43 m en aval (cozler, 2018) **56**
Figure 40 - Profil en long d'un tronçon du canal 300 I., du point de suivi n°11 au pont situé 12.52m en aval (cozler, 2018) **56**
Figure 41 – Repartition des Taux d'évolution (%) de la hauteur de vase entre Juin 2016 et Mai 2018 des points de suivi sédimentaires (réalisée par COZLER, 2018) **57**
Figure 42 - Taux d'évolution (%) de la hauteur de vase des points de suivi sédimentaires (de Juin 2016 à Mai 2018 en %) (cozler, 2018) **58**
Figure 43 - Vitesse de remplissage sédimentaire (en cm/an) des canaux curés présentants des points de suivi sédimentaire (classés d'Est en Ouest ; cozler, 2018) **58**
Figure 44 - Evolution de la hauteur de vase (cm) des point de suivi n° 4 et 11 entre Juillet 2016 et Mai 2018 (cozler, 2018) **59**
Figure 45 - Modèle conceptuel présentant les interactions entre les facteurs participants à la dynamique d'envasement des canaux (REALISE par COZLER, 2018) **61**
Figure 46 - Répartition des niveaux d'altération des versants (pourcentage du linéaire concerné) (cozler, 2018) **62**
Figure 47 - Répartition des niveaux d'altération des berges (pourcentage du linéaire concerné) (cozler, 2018) **63**

Figure 48 - Répartition des niveaux d'altération du lit (pourcentage du linéaire concerné) (cozler, 2018) 64
Figure 49 - Répartition des niveaux d'altération des canaux du val d'Authion (pourcentage du linéaire concerné) (cozler, 2018) 65
Figure 50 - NIveaux d'altération des tronçons du canal de Gaure et du canal 401 (légende identique à celle de la figure 43) (cozler, 2018) 65
Figure 51 – Répartition des niveaux d'altération morphologique des canaux du Val d'Authion, partie Maine-et-Loire (fond de carte : BD Ortho, IGN, 2013 ; réalisé par COZLER, 2018) 66
Figure 52 - Répartition des surfaces agricoles concernées par le drainage et l'irrigation (source : RPG, 2012 et KAROUI, 2017 ; réalisé par COZLER, 2018) 68
Figure 53 - Répartition de la part (%) des surfaces concernées par les différents niveau d'enjeux (MALAVOI et BRAVARD, 2011) (Source : CORINE Land Cover, 2012) 69
Figure 54 - Répartition spatiale des enjeux socio-économiques dans la partie Maine-et-Loire du VAl d'Authion (sources : RPG, 2012 ; KAROUI, 2017 et SMBAA ; réalisée par COLZER, 2018) 70
Figure 55 - répartition de la part (%) des surfaces des différentes catégories de la Trame Verte et Bleue dans le périmètre du Val d'Authion (Source : PNR Loire-Anjou-Touraine, 2013 ; cozler, 2018) 71
Figure 56 - Mare MAT 2 à Saint Mathurin sur Loire (Cliché réalisé par PRAMPART le 24/02/2016 ; x = 447549, y = 6709201 ; PNR, 2016, p.238) 72
Figure 57 - Mare MAZ 8 à Mazé (cliché réalisé par PRAMPART le 16/02/2016 ; x = 449907, y = 6712486 ; PNR, 2016, p.208) 72
Figure 58 - Répartition spatiale des enjeux environnementaux de la partie aval du Val d'Auhtion (Source : PNR Loire-Anjou-Touraine, 2016 ; réalisée par COZLER, 2018) 73
Figure 59 - Carte de synthèse des enjeux et du niveau d'altération par tronçon homogène du canal 10 (Sources : IGN ; RPG, 2012 ; Corine Land Cover, 2012 ; réalisé par COZLER, 2018) 76
Figure 60 - Carte de synthèse des enjeux et du niveau d'altération par tronçon homogène du canal de gaure et du canal de Varenne (SOURCES : IGN ; RPG, 2012 ; CORINE LAND COVER, 2012 ; REALISE PAR COZLER, 2018) 78
Figure 61 - Schéma présentant le réhaussement du madrier (réalisé par COZLER, 2018) 78
Figure 62 - Carte de synthèse des enjeux et du niveau d'altération par tronçon homogène des canaux 200 et 301 (SOURCES : IGN ; RPG, 2012 ; CORINE LAND COVER, 2012 ; REALISE PAR COZLER, 2018) 79
Figure 63 - Schéma du retalutage de berge (à gauche) et d'une berge non retalutéE (à droite) (Cozler, 2018) 80
Figure 64 - Carte de synthèse des enjeux et du niveau d'altération par tronçon homogène du canal 3012 (SOURCES : IGN ; RPG, 2012 ; CORINE LAND COVER, 2012 ; realisée PAR COZLER, 2018) 81
Figure 65 - Schéma du curage du tiers inférieur, adapté au Canaux (réalisé par COZLER, 2018) 81
Figure 66 - Carte de synthèse des enjeux et du niveau d'alteration par tronçon homogene du CANAl 401 (SOURCES : IGN ; RPG, 2012 ; CORINE LAND COVER, 2012 ; REALISE PAR COZLER, 2018) 82
Figure 67 - schéma des banquettes alternées (réalisé par COZLER, 2018) 83
Figure 68 - Carte de synthèse des enjeux et du niveau d'altération par tronçon homogène du canal 500 (SOURCES : IGN ; RPG, 2012 ; CORINE LAND COVER, 2012 ; REALISE PAR COZLER, 2018) 84

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 - Inventaire des biens et infrastructures exposés aux inondation dans le PPRI (SAGE Authion, 2015) 12
Tableau 2 - Tableau récapitulatif des facteurs explicatifs de l'envasement des canaux du Val d'Authion (adapté de MARTEAU, 2016) 21
Tableau 3 – grille d'évaluation des degrés d'intensité d'altération des versants 37
Tableau 4 - Grille d'évaluation des degre d'intensité d'alteration des berges 38
Tableau 5 - grille d'évaluation des degres d'intensité d'altération du lit 40
Tableau 6 - Tableau récapitulatif des bornes des classes du niveau d'altération des canaux 40
Tableau 7 - Tableau récapitulatif des enjeux concernés par le risque d'envasement des canaux du Val d'Authion 41
Tableau 8 - Tableau récapitulatif du budget à prévoir pour le scénario 1 (300 m de retalutage pour 1 km de curage) 46
Tableau 9 - Tableau récapitulatif du linéaire à réhabiliter en fonction du scénario 1 46
Tableau 10 - Tableau récapitulatif des canaux retenus et propositions de gestion 85

LISTE DES EQUATIONS

Équation 1 - Equation de la hauteur de vase 29
Équation 2 - Equation de l'estimation de la marge d'erreur de la perche coulissante 30
Équation 3 - Equation de l'altitude NGF du lit du cours d'eau 30
Équation 4 - Equation de l'altitude NGF du toit de Vase 30
Équation 5 - Equation de l'altitude NGF du fond des ouvrages 31
Équation 6 - Equation du taux d'évolution de la hauteur de vase entre Juin 2016 et Mai 2018 34

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : LE BASSIN VERSANT DE L'AUTHION, UN RELIEF PEUT ACCENTUE (SOURCE : SMBAA ; REALISEE PAR COZLER, 2018) . 105
ANNEXE 2 : ARBORESCENCE DU CLASSEMENT DES ECOULEMENTS (LOIS SUR L'EAU ; ARTICLE L. 215-7-1) 106
ANNEXE 3 : FICHE D'ACTION N°2 DETAILLE DE L'AXE 6 « RALENTISSEMENT DES ECOULEMENTS » 107
ANNEXE 4 : ENJEUX N°II ET SES DISPOSITIONS DANS LE CADRE DU PAGD DU SAGE AUTHION (SAGE AUTHION, 20115) 109
ANNEXE 5 : L215-15 DU CODE DE L'ENVIRONNEMENT 110
ANNEXE 6 : ATLAS DES POINTS DE SUIVI SEDIMENTAIRE DANS LE PERIMETRE DU RSTRI DU VAL D'AUTHION, PRESENTATION DE LA GRILLE. 111
ANNEXE 7 : EXEMPLE DE FICHE DE L'ATLAS DES POINTS DE SUIVI SEDIMENTAIRE, PRESENTATION DE LA GRILLE N°19. 112
ANNEXE 8 : GRILLE D'EVALUATION DE L'ETAT DES LIEUX (MARTEAU, 2016) 113
ANNEXE 9 : TABLEAU RECAPITULATIF DES MESURES DU SUIVI SEDIMENTAIRE DEPUIS 2016 A MAI 2018 114
ANNEXE 10 : TABLEAU RECAPITULATIF DES MESURES DE NIVELLEMENT DE LA CAMPAGNE DE MESURE DE MAI 2018 115
ANNEXE 11 : TABLEAU RECAPITULATIF DES NIVEAUX D'ALTERATION DU LIT DES CANAUX CONCERNES PAR LE PLAN DE GESTION . 116
ANNEXE 12 : TABLEAU RECAPITULATIF DES NIVEAUX D'ALTERATION DES BERGES DES CANAUX CONCERNES PAR LE PLAN DE GESTION 117
ANNEXE 13 : TABLEAU RECAPITULATIF DES NIVEAUX D'ALTERATION DES VERSANTS DES CANAUX CONCERNES PAR LE PLAN DE GESTION 118
ANNEXE 14 : CARTE RECAPITULATIVE DU RISQUE D'ENVASEMENT DES ANNEXES HYDRAULIQUE DE L'AUTHION DANS LE RSTRI ... 119

LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES

ACP	Analyse en Composantes Principales
AFB	Agence Française pour la Biodiversité
ASP	Agence de Services et de Paiement
BD	Base de Donnée
BRGM	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
CarHyCE	Caractérisation Hydromorphologique des Cours d'Eau
CLE	Commission Locale de l'Eau
DCE	Directive Cadre sud l'Eau
DDT	Direction Départementale des Territoires
DGPS	Differential Global Positioning System
DI	Directive Inondation
DREAL	Direction Régional de l'Environnement de l'Aménagement et du Logement
EPCI	Etablissement Public de Coopération Intercommunale
EPTB	Etablissements Publique Territoriaux de Bassins
FMA	Forum des Marais Atlantiques

FREDON	Fédération Régionale de Défense contre les Organismes Nuisibles
GEMA	Gestion des Milieux Aquatiques
GEMAPI	Gestion des Milieux Aquatiques et de Prévention des Inondations
IBGM	Indice Biologique Global Normalisé
IGN	Institut Géographique National
IPS	Indice de Polluo-sensibilité Spécifique
IRD	Institut de Recherche pour le Développement
LEMA	Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques
LIDAR	Light Detection and Ranging
MAPTAM	Modernisation de l'Action Publique Territoriale et d'Affirmation des Métropoles
MES	Matières En Suspension
MNT	Model Numérique de Terrain
NGF	Nivellement Général de France
NOTRe	Nouvelle Organisation Territoriale de la République
ONEMA	Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques
OSTROM	Office de la recherche scientifique et technique outre-mer (actuel IRD)
PAGD	Plan d'Aménagement et de Gestion Durable
PAPI	Programme d'Actions de Prévention des Inondations
PGRI	Plan de gestion du risque Inondation
PNR	Parc Naturel Régional
PPRI	Plan de Prévention des Risques d'Inondation
REH	Réseau d'Evaluation des Habitats
RSTRI	Réseau stratégique du Territoire à Risque Inondation
SAGE	Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SDAGE	Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SIACEBA	Syndicat intercommunal pour l'Aménagement des Cours d'Eau du Bassin de l'Authion
SIG	Système d'Information Géographique
SLGRI	Stratégie Locale de Gestion du Risque d'Inondation
SMBAA	Syndicat Mixte du Bassin de l'Authion et de ses Affluents
SNGRI	Stratégie Nationale de Gestion du Risque d'Inondation
SOCLE	Stratégie Locale des Compétences Locales de L'eau du Bassin Loire Bretagne
SYRAH	SYstème Relationnel d'Audit de l'Hydromorphologie des cours d'eau
TTC	Toutes Taxes Comprises
TRI	Territoire à Risque Important d'inondation
TVB	Trame Verte et Bleue
ZAE	Zones A Enjeux
ZDE	Zone de dissipation d'Energie
ZEC	Zone d'Expansion de Crue

TABLE DES MATIERES

SOMMAIRE **0**

REMERCIEMENTS **1**

INTRODUCTION **2**

PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL : LE SMBAA 4
PLAN PLURIANNUEL DE GESTION DE TRAVAUX 6
Définition et cadre juridique *6*
Les étapes du plan pluriannuel de gestion : du diagnostic au suivi. *7*

CHAPITRE 1 : PRESENTATION DU SUJET ET DU SITE D'ETUDE **8**

1. CONTEXTE GENERAL DU SITE D'ETUDE : LE BASSIN VERSANT DE L'AUTHION, UN AMENAGEMENT HISTORIQUE ENTRE ENJEUX ENVIRONNEMENTAL ET ECONOMIQUE 8
1.1. Localisation *8*
1.2. Contexte climatique : un climat tempéré océanique *9*
1.3. Contexte géologique : révélateur d'un territoire à risque. *10*
1.4. Un territoire en zone inondable : entre risque et sentiment de protection. *11*
1.5. Un territoire à dominance agricole *12*
1.6. L'hydrologie du val d'Authion : une gestion historique, pour les besoins de l'agriculture. *14*
1.6.1. Une succession de grands travaux hydrauliques… 15
1.6.2. … permettant de contrôler les niveaux d'eau… 15
1.6.3. … et d'assainir les terres par un réseau dense de canaux. 17
1.7. Les conflits d'usages : entre protection contre les inondations, gestion hydraulique, intérêt patrimonial, paysager et environnemental *18*
2. DYNAMIQUES HYDROMORPHOLOGIQUES : PRINCIPES GENERAUX 19
2.1. L'envasement : résultat du réajustement dynamique du cours d'eau *19*
2.2. Les apports sédimentaires *20*
2.3. L'identification des facteurs d'envasement et l'élaboration du suivi sédimentaire (MARTEAU, 2016) *21*
3. CONSEQUENCES ET GESTION DE L'ENVASEMENT DES CANAUX 22
3.1. Conséquences des aménagements et de la chenalisation sur les transferts hydriques et sédimentaires des cours d'eau *22*
3.2. L'envasement : d'une approche quantitative à la recherche d'une gestion cohérente *22*
3.3. L'envasement : des conséquences environnementales, économiques et sociales *24*
3.4. Mesures de gestion de l'atterrissement *24*
3.4.1. Le curage : une mesure curative de plus en plus encadrée 24
3.4.2. La restauration ou réhabilitation : des mesures préventives. 25
3.4.3. L'analyse de l'Etat des lieux (KAROUI, 2017) 26
CONCLUSION DU CHAPITRE 1 27

CHAPITRE 2 : METHODOLOGIE **28**

1. PRESENTATION DES DONNEES MOBILISEES 28
2. SUIVI SEDIMENTOLOGIQUE ET BATHYMETRIQUE. 29
2.1. Le suivi sédimentaire dans le val d'Authion : la méthode de la perche coulissante. *29*
2.2. Rattachement des valeurs aux cotes NGF *30*
2.3. Répartition spatiale des points de suivi sédimentaires. *31*
2.4. Evolution du remplissage sédimentaire. *33*
2.4.1. Taux d'évolution des hauteurs de vase 33
2.4.2. Vitesse de remplissage des canaux curés 34
3. DETERMINATION DES TRONÇONS PRIORITAIRES 35
3.1. Caractérisation de l'altération morpho-sédimentaire des cours d'eau *35*

3.1.1. Les versants ... 36
3.1.2. Les berges ... 37
3.1.3. Le lit ... 39
3.1.4. Altération morphologique des cours d'eau ... 40
3.2. Caractérisation des enjeux socio-économiques et environnementaux ... 41
3.2.1. Les enjeux socio-économiques ... 41
3.2.2. Les enjeux environnementaux ... 43
4. IDENTIFICATION DES CANAUX PRIORITAIRES ET PREMIERES APPROCHES DE GESTION ... 45
4.1. Détermination des canaux prioritaires ... 45
4.2. Détermination du linéaire concerné en fonction du budget ... 45
4.3. Définition des objectifs de réhabilitation et première proposition de gestion ... 46

CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION ... 48

1. LE SUIVI SEDIMENTAIRE ... 48
1.1. Répartition spatiale de la hauteur de vase ... 48
1.1.1. A l'échelle du Val d'Authion ... 48
1.1.2. A l'échelle du tronçon ... 50
1.2. Influence des ouvrages : résultats des mesures topographiques ... 54
1.2.1. Canal de varenne (point n°29) et le canal 5007 (point n°15) ... 54
1.2.2. Altitude du toit de vase plus importante que l'altitude du fond de l'ouvrage en amont et en aval : résultat d'un curage excessif ... 55
1.2.3. Altitude du fond de l'ouvrage aval plus importante que le toit de vase ... 55
1.3. Evolution du remplissage sédimentaire ... 56
1.3.1. A l'échelle du val d'Authion : taux d'évolution des hauteurs de vase ... 56
1.3.2. A l'échelle des canaux : Estimation de la vitesse de remplissage ... 58
1.3.3. Evolution saisonnière : influence des ouvrages et de leur manipulation ... 59
1.4. Bilan du suivi sédimentaire et perspectives ... 60
2. ESTIMATION DU NIVEAU D'ALTERATION DES COURS D'EAU ET DES ENJEUX POTENTIELS ... 62
2.1. Alteration des canaux de l'Authion : bilan de la qualité morpho-sédimentaire ... 62
2.1.1. Altération des versants : les apports externes ... 62
2.1.2. Altération des berges : les apports internes ... 63
2.1.3. Alteration du lit : une réponse à l'envasement ... 63
2.1.4. Alteration des canaux du val d'Authion ... 64
2.2. Les enjeux du val d'Authion : entre économie et biodiversité ... 68
2.2.1. Enjeux socio-économiques ... 68
2.2.2. Enjeux environnementaux ... 71
2.3. Bilan de l'altération des canaux et des enjeux avoisinant et perspectives ... 74
3. IDENTIFICATION DES CANAUX PRIORITAIRES ET PREMIERES APPROCHES DE GESTION ... 75
3.1. L'amont du val d'Authion : un linéaire fortement altéré dans un contexte d'enjeux hydrauliques majeurs ... 75
3.1.1. Le canal 10 : entre enjeux d'assainissement urbain et irrigation ... 75
3.1.2. Les tronçons 2, 3 et 6 du canal de Gaure et le canal de Varenne : des éléments clefs dans le fonctionnement hydraulique du val d'Authion ... 77
3.2. Le centre du val d'Authion : un linéaire fortement altéré dans un contexte d'enjeux agricoles ... 79
3.2.1. Les canaux 200 et 301 ... 79
3.2.2. Canal 3012, tronçons 1 et 2 ... 80
3.3. L'aval du val d'Authion : un linéaire moyennement altéré dans un contexte d'enjeux environnementaux ... 82
3.3.1. Le canal 401 : au cœur d'enjeux environnementaux ... 82
3.3.2. Le canal 500 : une dynamique d'exhaussement au cœur d'enjeux socio-économiques et environnementaux ... 83
3.4. Bilan des canaux prioritaires ... 85

CONCLUSION, DISCUSSION ET PERSPECTIVES ... 88

CONCLUSION ET DISCUSSION 88
PERSPECTIVES 89
Suivi sédimentaire : un outil d'aide à la décision et d'évaluation des actions 89
L'estimation du niveau d'altération des tronçons : un indice à compléter et à améliorer 90
Amélioration de la continuité transversale 90
Détermination de la provenance de la charge sédimentaire 89

REFERENCES 91

BIBLIOGRAPHIE 91
RAPPORTS 94
CARTES GEOLOGIQUE ET NOTICES EXPLICATIVES 95
CADRE REGLEMENTAIRE ET TEXTES DE REFERENCE 95
Directives 95
Règlements 95
Lois 95
Articles 95
Arrêtés 95
SITOGRAPHIE 96
LISTE DES FIGURES 96
LISTE DES TABLEAUX 98
LISTE DES EQUATIONS 99
LISTE DES ANNEXES 99
LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES 99

TABLE DES MATIERES 101

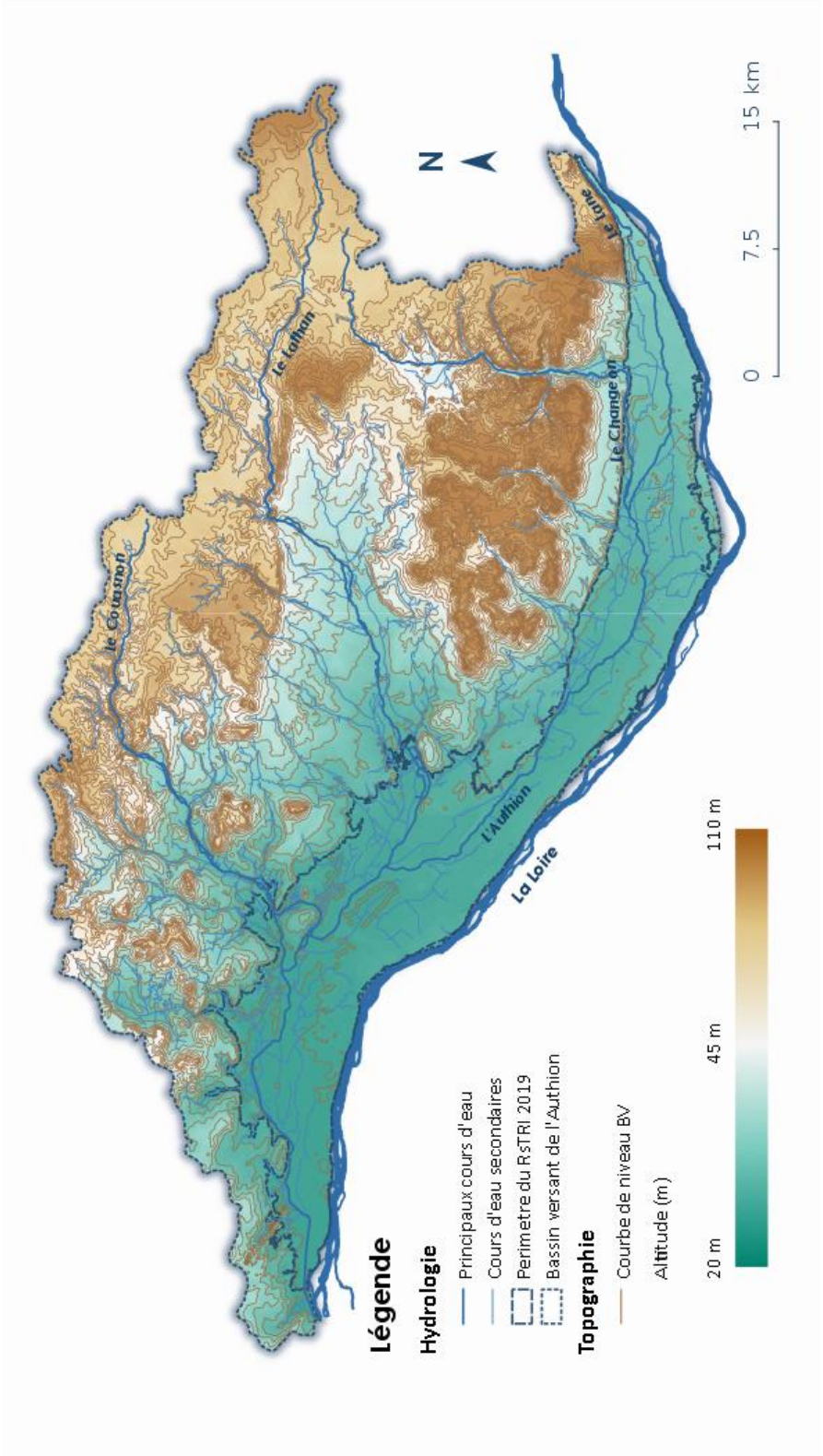
ANNEXES 104

RESUME 119

ABSTRACT 119

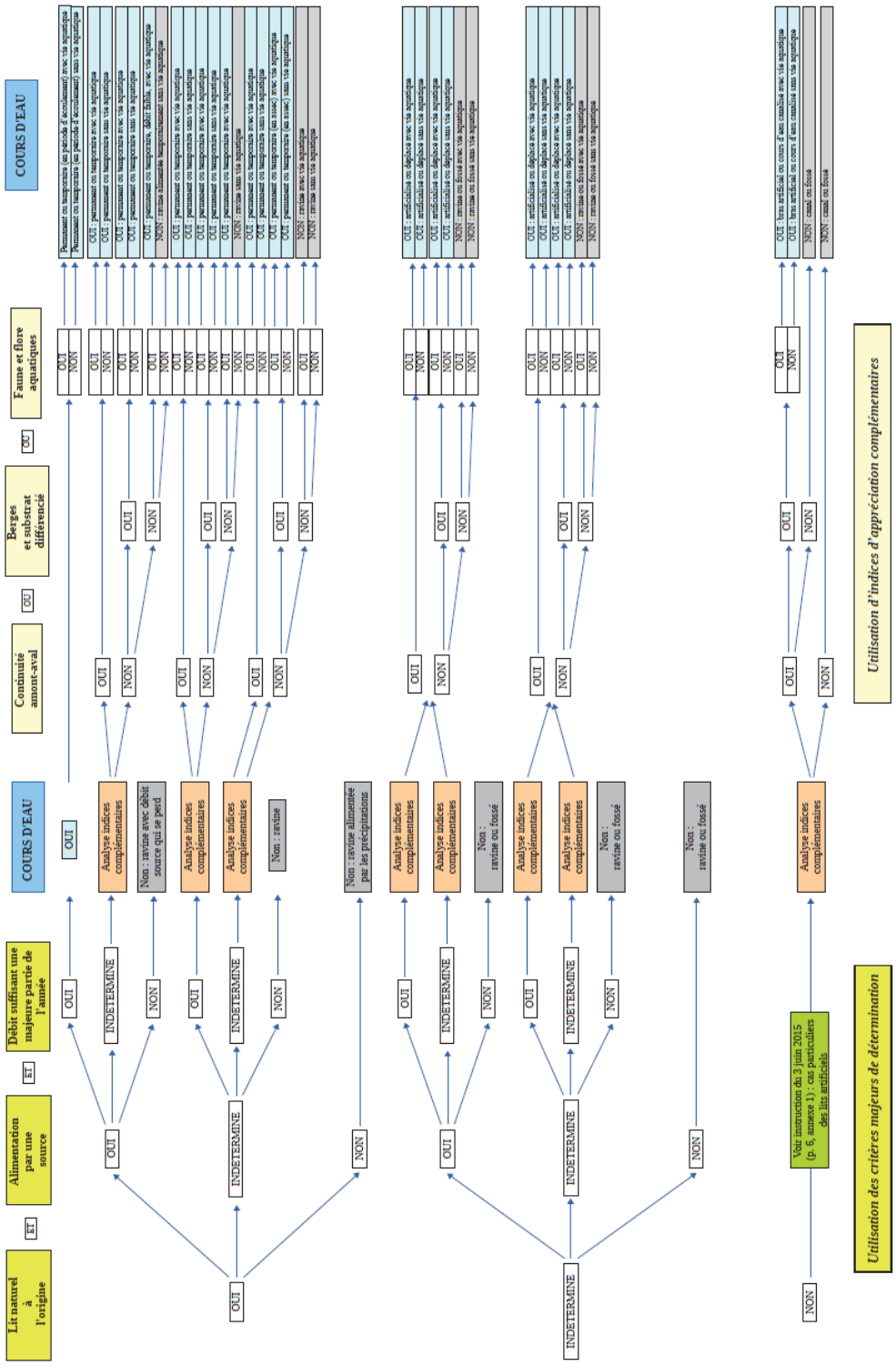
ANNEXES

ANNEXE 1 : LE BASSIN VERSANT DE L'AUTHION, UN RELIEF PEU ACCENTUE (SOURCE : SMBAA ; REALISEE PAR COZLER, 2018)



ANNEXE 2 : ARBORESCENCE DU CLASSEMENT DES ECOULEMENTS (LOIS SUR L'EAU ; ARTICLE L. 215-7-1)

« Art. L. 215-7-1. - Constitue un cours d'eau un écoulement d'eaux courantes dans un lit naturel à l'origine, alimenté par une source et présentant un débit suffisant la majeure partie de l'année. L'écoulement peut ne pas être permanent compte tenu des conditions hydrologiques et géologiques locales. »



ANNEXE 3 : FICHE D'ACTION N°2 DETAILLEE DE L'AXE 6 « RALENTISSEMENT DES ECOULEMENTS »

Axe 6 : Ralentissement des écoulements

FICHE ACTION N° 6-2

Intitulé et objectif de l'action : Elaboration du volet Prévention et gestion des risques inondation du plan de gestion sur le réseau stratégique de cours d'eau du TRI Authion

Description de l'action :
Le Val d'Authion-Lane est caractérisé par un réseau hydrographique particulièrement dense, avec notamment la présence de nombreux canaux, et par une pente relativement faible ce qui rend son fonctionnement similaire à celui d'un marais. De ce fait, le risque inondation est particulièrement présent et représente une contrainte forte dans le val inondable de l'Authion-Lane et dans les zones de confluence. De plus, le val est soumis à l'influence de nombreux ouvrages qui ont un rôle d'adduction d'eau pour l'irrigation en période estivale et permettent de réguler les flux en période de crue. Néanmoins, les ouvrages et la faible pente provoque un envasement important au niveau des canaux. Ainsi, la mise en place d'un plan de gestion permettra de gérer de manière équilibrée et durable les usages et les fonctions des milieux aquatiques du bassin versant de l'Authion et du Lane. Cette étude se déclinera en deux volets :

- Prévention et gestion des risques d'inondations (volet hydraulique avec plan de gestion sédimentaire) :
    - Réduire la vulnérabilité des entreprises agricoles et des habitations face aux inondations
    - Améliorer la connaissance du suivi sédimentaire dans le réseau stratégique du TRI
    - Hiérarchiser les canaux en fonction de leur degré d'envasement
    - Proposer un programme de travaux pour améliorer le transport sédimentaire et la prévention des inondations dans le Val d'Authion. Par ailleurs, ces travaux seront associés à des mesures compensatoires afin d'améliorer la qualité du milieu et limiter l'envasement.
    - Mettre en place une étude de type loi sur l'eau NCA d'entretien et de réhabilitation de cours d'eau (règles n°4 du SAGE).

- Amélioration de la biodiversité et des fonctionnalités écologiques (volet Continuité longitudinale et transversale) financé dans le cadre du contrat régional de bassin versant (CRBV).

Territoire concerné :
Réseau stratégique du TRI Authion Lane

Modalités de mise en œuvre :
Maître d'ouvrage de l'action : Syndicat Mixte du Bassin de l'Authion et de ses Affluents (SMBAA)
Maîtrise d'œuvre : Marché avec un prestataire extérieur
Opération de communication : Information en temps réel de la gestion des ouvrages (site internet) et concertation avec les acteurs du territoire et les services de l'État.

Échéancier prévisionnel :

Echéance	Date
Démarrage de l'étude	2019
Fin de l'étude	2020

Poste de dépenses	Coût prévisionnel
Etude pour l'établissement et l'application d'un plan de gestion sur le réseau stratégique du TRI	90 000 € HT
TOTAL	**108 000 € TTC**

Plan de financement :
- volet : Prévention des risques d'inondation (Montant estimé de 48 000 € TTC)

	Part (%)	Montant (HT)
Maître d'ouvrage	20%	8 000 €
FPRNM	30 %	12 000 €
FEDER	50 %	20 000 €
TOTAL		**40 000 €**

Indicateurs de suivi / réussite :
- Réalisation de l'étude
- Mise en place du plan de gestion

ANNEXE 4 : ENJEU N°II ET SES DISPOSITIONS DANS LE CADRE DU PAGD DU SAGE AUTHION (SAGE AUTHION, 20115)

ENJEU N°II : Protéger et restaurer la morphologie des cours d'eau et les zones humides de manière différenciée sur le territoire	LES OBJECTIFS GENERAUX DU SAGE AUTHION	LES MOYENS PRIORITAIRES DU SAGE AUTHION		LES DISPOSITIONS PAGD DU SAGE AUTHION		
		N°	LIBELLES DES MOYENS PRIORITAIRES	N°	LIBELLES DES DISPOSITIONS catégories envisagées ou potentielles A : Action - OdG : Orientation de Gestion - MC : mise en Compatibilité	
	OBJECTIF GENERAL N°MA-5 Accompagner la mise en œuvre du classement des cours d'eau et établir un plan d'action pour la restauration de la qualité morphologique des cours d'eau du bassin versant	5.A	Plan d'action de restauration de la continuité piscicole et de la qualité morphologique des cours d'eau	5.A.1	Restaurer les continuités écologiques dans le respect de tous les usages et en fonction des enjeux économiques	OdG
				5.A.2	Assurer la continuité Loire-Authion pour les 3 ouvrages structurants de l'Authion Aval	A
				5.A.3	Améliorer les fonctionnalités des milieux aquatiques et coordonner la mise en œuvre des différents contrats milieux	OdG
				5.A.4	Informer les propriétaires d'ouvrages et les usagers des problématiques cours d'eau	A
		5.B	Accompagnement à l'application du classement des cours d'eau (continuité écologique)	5.B.1	Améliorer la connaissance du statut juridique des ouvrages	OdG
				5.B.2	Définir un règlement-cadre de gestion des ouvrages	OdG
	OBJECTIF GENERAL N°MA-6 Améliorer de façon continue l'entretien des milieux aquatiques pour le respect de leurs fonctionnalités écologiques et hydrauliques	6.A	Définition d'un cadre de bonnes pratiques pour l'entretien du réseau hydrographique	6.A.1	Entretenir les cours d'eau du bassin versant de manière différenciée	OdG
				6.A.2	Entretenir le réseau hydrographique du Val pour améliorer le transit de l'eau en respectant les bonnes pratiques d'entretien et/ou de réfection	OdG
		6.B	Lutte contre les espèces exotiques envahissantes	6.B.1	Conduire la lutte contre les espèces exotiques envahissantes	A
				6.B.2	Elaborer une stratégie de lutte contre les espèces exotiques envahissantes	A
	OBJECTIF GENERAL N°MA-7 Améliorer la connaissance, la gestion des zones humides et des têtes de bassins versants	7.A	Inventaire, préservation et restauration des zones humides	7.A.1	Inventorier les zones humides dans le cadre d'un diagnostic territorial	A
				7.A.2	Intégrer les zones humides dans l'aménagement du territoire	MC
		7.B	Amélioration de la connaissance et restauration des têtes de bassins en tenant compte de leurs spécificités	7.B.1	Affiner les connaissances hydrologiques, hydrogéologiques et géographiques des têtes de bassins en vue de leur préservation et restauration	A

ANNEXE 5 : L215-15 DU CODE DE L'ENVIRONNEMENT

L215-15 du code de l'environnement

Créé par Loi n°2006-1772 du 30 décembre 2006 - art. 8 JORF 31 décembre 2006

« I.- Les opérations groupées d'entretien régulier d'un cours d'eau, canal […] sont menées dans le cadre d'un plan de gestion établi à l'échelle d'une unité hydrographique cohérente et compatible avec les objectifs du schéma d'aménagement et de gestion des eaux lorsqu'il existe. L'autorisation d'exécution de ce plan de gestion au titre des articles L. 214-1 à L. 214-6 a une validité pluriannuelle.

[…], l'enquête publique prévue pour la déclaration d'intérêt général est menée conjointement avec celle prévue à l'article L. 214-4. La déclaration d'intérêt général a, dans ce cas, une durée de validité de cinq ans renouvelables. »

L215-15 du code de l'environnement

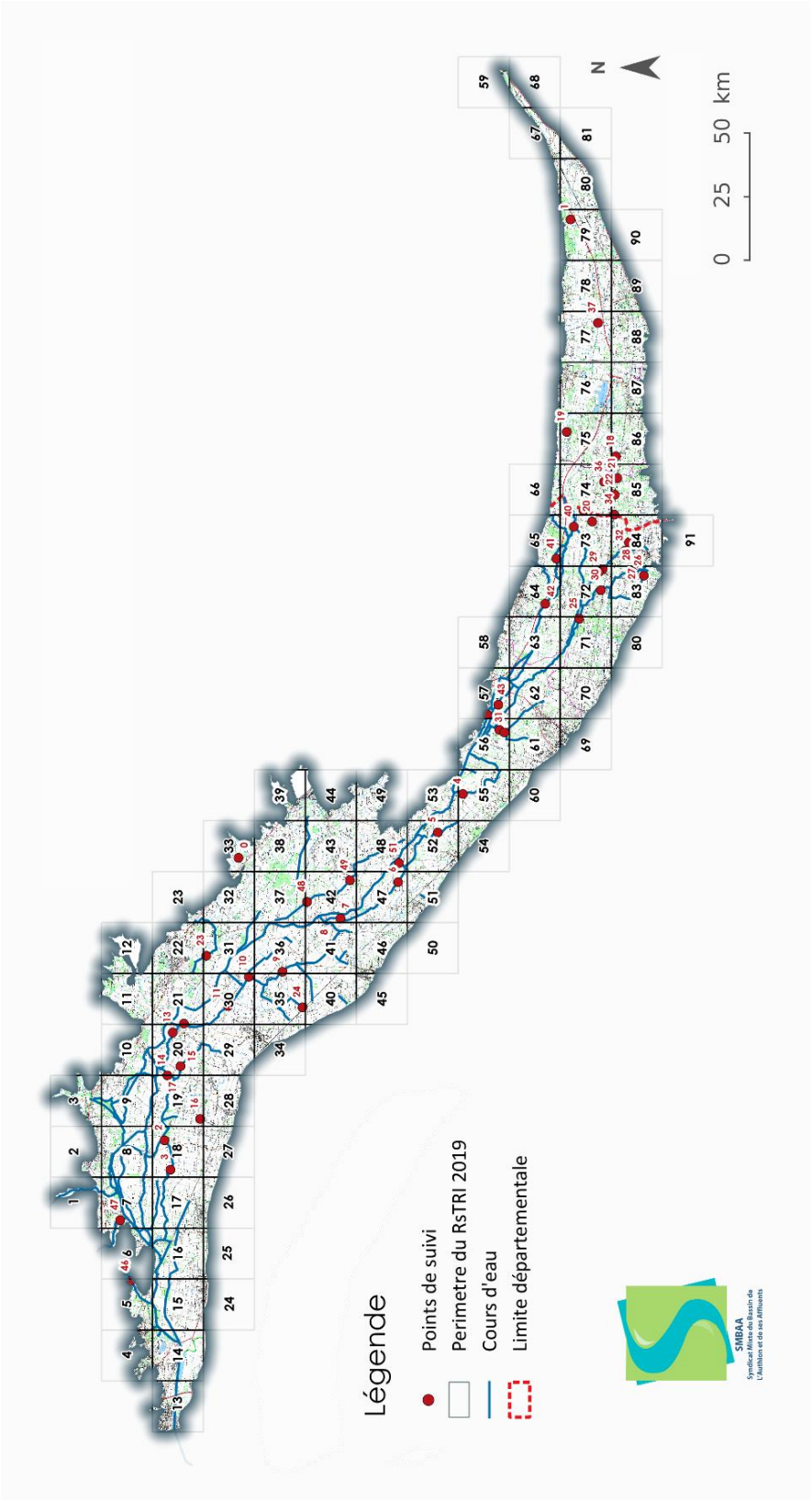
Créé par Loi n°2006-1772 du 30 décembre 2006 - art. 8 JORF 31 décembre 2006

II.- Le plan de gestion mentionné au I peut comprendre une phase de restauration prévoyant des interventions ponctuelles telles que le curage, si l'entretien visé à l'article L. 215-14 n'a pas été réalisé ou si celle-ci est nécessaire pour assurer la sécurisation des cours d'eau […]. Le recours au curage doit alors être limité aux objectifs suivants :

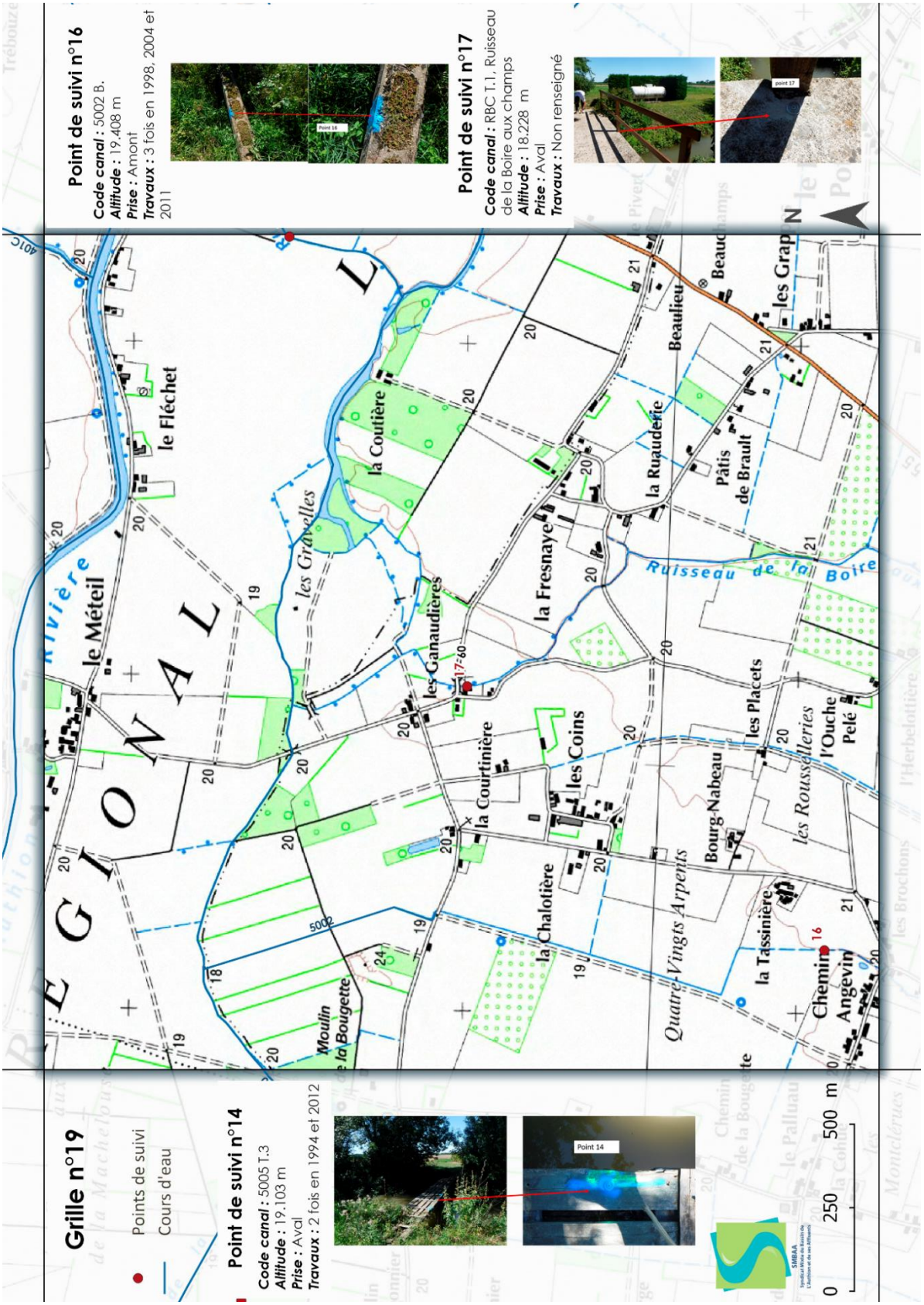
- *Remédier à un dysfonctionnement du transport naturel des sédiments de nature à remettre en cause*
- *Les usages visés au II de l'article L. 211-1, à empêcher le libre écoulement des eaux ou à nuire au bon fonctionnement des milieux aquatiques ;*
- *Lutter contre l'eutrophisation ;*
- *Aménager une portion de cours d'eau, canal ou plan d'eau en vue de créer ou de rétablir un ouvrage ou de faire un aménagement.*

Le dépôt ou l'épandage des produits de curage est subordonné à l'évaluation de leur innocuité vis-à-vis de la protection des sols et des eaux. »

ANNEXE 6 : ATLAS DES POINTS DE SUIVI SEDIMENTAIRE DANS LE PERIMETRE DU RSTRI DU VAL D'AUTHION, PRESENTATION DE LA GRILLE.



ANNEXE 7 : EXEMPLE DE FICHE DE L'ATLAS DES POINTS DE SUIVI SEDIMENTAIRE, PRESENTATION DE LA GRILLE N°19.



Légende							
Cours d'eau							
Localisation	N° de tronçon						
Ombrage	total (100%-90%)	important (90%-75%)	moyen (75%-25%)	partiel (25%-5%)	absence (5%-0%)		
Ouvrages / Buses	Type : clapet, seuil	Position sur le tronçon : amont / aval					
Embacles	total	Partiel	Cloture	Absent			
Faciès d'écoulement	lentique	plat courant					
Hauteur d'eau	Niveau entre hautes et basses eaux						
Granulométrie	Sable grossier	Sable	Vase				
Dépots	Colmatage	vase	Atterrissement	Effondrement de berge			
Type_Végétation	absence	feuilles	algues	hélophytes	lentilles	mélange 1 (hélophytes et lentilles)	mélange 2 (herbier aquatique)
Densité	absence (0%)	partiel (0-25%)	moyen (25-50%)	important (50-75%)	très important (>75%)		
Berges							
Rive	Rive droite	Rive gauche					
Type_Ripisylve	arborescente	arbustive	herbacée	hélophytes	jeune plantation		
Continuité_Ripisylve	continue	discontinue					
Densité_Ripisylve	peu dense	moyennement dense	dense				
Erosion/Dégradation	enrochement	sapement	abreuvement	glissement (partiel, moyen ou important)	sapement et glissement	glissement et abreuvement	
Ragondins	Terriers (T)	Dégradation de berge (D)					
Hauteur de berges	moins de 50cm	de 50cm à 1m	plus de 1m				
Pente	U	moyenne	naturelle				
Déchets	Déchets domestiques	Gravats	plastiques				
Versants							
Occupation du sol	chemin / route	prairie	culture	foret	maraichage	mixte (prairie / culture)	
Drainage	Sortie de drains	fossés agricoles					
Bande enherbée	oui (5m ou moins)	absence					
Photos	N° de la photo						

ANNEXE 9 : TABLEAU RECAPITULATIF DES MESURES DU SUIVI SEDIMENTAIRE DEPUIS 2016 A MAI 2018

n°	n° grille atlas	Code Canal	Altitude point de suivi (m)	Altitude Fond lit (m)	Mesur_2016	Mars_2017	Juin_2017	Mai_2018	Taux évolution (Mars 2017 à Mai 2018 en %)	Taux évolution (2016 à 2018 en %)
0	33									
1	79				118					
2	18	500 T4.	18,229	15,915	73	87	73	99,7	36,58	14,597701
3	18	500 T7.	18,027	15,64	86	78	107	100,2	16,51	28,461538
4	55	16	23,163	20,863	73	68	70	67,9	-6,99	-0,147059
5	52	104	22,736	20,707	55	69	72	56,8	3,27	-17,681159
6	47	201. A	22,069	20,26	37	61	70	58,4	57,84	-4,262295
7	42	201. II	21,642	20,14	47	51	51	54,5	15,96	6,862745
8	41	301	21,297	19,093	78	21	74	52	-33,33	147,619048
9	36	300. III	20,497	18,026	84	905	82	91,6	9,05	-89,878453
10	30	300 IV.	20,423	17,733	30	43	51	41,2	37,33	-4,186047
11	30	300 I.	19,978	18,219	31	16	31	28,1	-9,35	75,625
12	21	300 I.	19,471	17,17	57	63	63	64,6	13,33	2,539683
13	20				80	54	45			
14	19	5005 T2.	19,104	17,019	63	67	85	97,6	54,92	45,671642
15	20	5007 T2.	18,939	16,228	55	101	96	89,4	62,55	-11,485149
16	19		19,409	17,586	72	73	84	95,5	32,64	30,821918
17	19		19,579	17,792	22	53	85	9	-59,09	-83,018868
18	86				11					
19	75				7					
20	73				52					
21	85				55					
22	85				118					
23	31	800 T2.	19,958	17,448	90	74	71	69,5	-22,78	-6,081081
24	35	3012 T2.	21,332	19,477	35	35	33	34,6	-1,14	-1,142857
25	71	VA. T1.	25,234	23,101	79	59	62	60,8	-23,04	3,050847
26	83	CE. T3.	26,949	25,606	54	30	64	36,5	-32,41	21,666667
27	83		0		65					
28	83	CG. T4.	26,374	25,194	70	51	59	48,3	-31	-5,294118
29	72	CV. T1.	26,002	24,78		5	10	3,1		-38
30	72	CG. T1.	25,921	24,366	16	15	13	9,1	-43,13	-39,333333
31	56	10 T.1	22,778	21,101	41	44	53	36,7	-10,49	-16,590909
32	84	CV. T1.	26,749	24,851	188	13	4	10,5	-94,41	-19,230769
33	84		26,294	24,289	113	63	66	64,5	-42,92	2,380952
34	85		26,778	24,916	34	37	56	50,5	48,53	36,486486
35	74		27,022	27,022	24	39	44	43	79,17	10,25641
36	74									
37	77									
38	57	BN. T2.	23,893	20,748	18	21	22	17,3	-3,89	-17,619048
39	72	CV. T1.	26,411	24,406		76		58,5		-23,026316
40	73	AUTH. T1	26,455	24,485		65	64	69,2		6,461538
41	65	BR. T1.	26,065	24,39		83		12		-85,542169
42	64	BR. T1.	25,964	22,244		58	100	56		-3,448276
43	57	BC. T1	23,613	20,958		23	31	30,5		32,608696
44	56	10 T.1	23,265	21,293		54	20	18,5		-65,740741
45							37			
46	5	560 T1.	21,857	20,289			13	9,4		
47	7	550. T2	21,134	16,744			58	51		
48	42	900. T2	21,22							
49	42	900. T1	20,782	18,962				74,9		
50	42	104	20,349	17,944				149,7		
51	48	900. T2						42		

Suprimés
37 (Indre et Loire)
A coter

ANNEXE 10 : TABLEAU RECAPITULATIF DES MESURES DE NIVELLEMENT DE LA CAMPAGNE DE MESURES DE MAI 2018

	n°point		Distances cumulées (m)	Altitude du fond ouvrage (m)	Altitude du toit de vase du point de suivi (m)	Altitude du font du lit au point de suivi (m)	Pente du lit (%)
Point de suivi 34	Altitude	26,778					
	Radier amont		0	25,285			
	Suivi 34		24,121		25,421	24,916	-1,52978732
	Fond buse aval		42,926	25,336			0,97842799
Point de suivi 33	Altitude	26,294					
	Suivi 33				24,934	24,289	
	Radier aval			24,322			
Point de suivi 26	Altitude	26,949					
	Suivi 26				25,971	25,606	
	Fond buse aval			25,709			
Point de suivi 28	Altitude	26,374					
	Suivi 28				25,677	25,194	
	Fond buse aval			25,178			
Point de suivi 29	Altitude	26,002					
	Suivi 39		0		24,991	24,406	
	Amont madrier aval 39		194,832	24,518			-0,05748542
	Fond buse aval 39		196,082	24,475			3,44
	Suivi 29		276,612		24,811	24,78	-0,41723581
	Fond buse aval 29		416,457	24,483			0,21237799
Point de suivi 30	Altitude	25,921					
	Suivi 28				24,457	24,366	
	Fond buse aval			24,314			
Point de suivi 25	Altitude	25,234					
	Suivi 25				23,709	23,101	
	Fond lit aval			23,124			
Point de suivi 4	Altitude	23,163					
	Suivi 4		0		21,542	20,863	
	Fond buse aval		72,435	21,625			
Point de suivi 48	Altitude	21,22			19,441	17,944	
	Suivi 48						
	Fond lit aval			18,509			
Point de suivi 24	Altitude	21,332					
	Suivi 24				19,923	19,477	
	Fond buse aval			19,531			
Point de suivi 11	Altitude	19,978					
	Suivi 11		0		18,5	18,219	
	Radier pont aval		12,52	18,749			
Point de suivi 10	Altitude	20,423					
	Suivi 10				18,145	17,733	
	Fond buse aval			17,903			
Point de suivi 15	Altitude	18,939					
	Suivi 15		0		17,122	16,228	-0,58859269
	Fond buse aval		263,34	17,778			
Point de suivi 17	Altitude	19,579					
	Suivi 17				17,882	17,792	
	Radier pont aval			17,846			
Point de suivi 47	Altitude	21,134					
	Suivi 47				17,254	16,744	
	A			19,062			
	R						
	Radier pont aval			17,702			

ANNEXE 11 : TABLEAU RECAPITULATIF DES NIVEAUX D'ALTERATION DU LIT DES CANAUX CONCERNES PAR LE PLAN DE GESTION

Code canal	Ombrage	Indice	Embacles	Indice	Ecoulement	Indice	Granulo-métrie	Indice	Densité de la végétation du lit	Indice	Type de végétation du lit	Indice	Nombre d'ouvrages	Nombre d'ouvrages transparents	Nombre d'ouvrages hydrauliques	Indice	Longeur (km)	Nombre d'ouvrage par km	Indice	Indice d'altération du lit	Niveau d'altération du lit
13	absence	2	absence	1	lentique	2	vase	1	absence	0	absence	0	4	4	0	0,5	2,045	1,956	0,5	7	Moyen
14	absence	2	absence	1	lentique	2	vase	1	faible	0,5	helophytes	1	0	0	0	0	0,263	0	0	7	Moyen
200	absence	2	absence	1	lentique	2	vase	1	moyen	1	lentilles et hel	1,5	7	5	2	1,5	1,914	3,657	1	11	Très mauvais
301	partiel	1,5	absence	1	lentique	2	vase	1	moyen	1	algues	0,5	18	3	15	1,5	3,04	5,921	1,5	10	Très mauvais
302	absence	2	absence	1	lentique	2	vase	1	absence	0	absence	0	0	0	0	0	3,166	0	0	6	Bon
512	partiel	1,5	absence	1	lentique	2	vase	1	absence	0	absence	0	2	2	0	0,5	1,552	1,289	0,5	6,5	Bon
530	important	0,5	absence	1	lentique	2	vase	1	moyen	1	lentilles	1	1	0	1	1	2,299	0,435	0	7,5	Moyen
910	partiel	1,5	absence	1	lentique	2	vase	1	absence	0	absence	0	10	7	3	1,5	3,72	2,688	0,5	7,5	Moyen
3010	partiel	1,5	absence	1	lentique	2	vase	1	absence	0	absence	0	2	2	0	0,5	2,603	0,768	0	6	Bon
3011	partiel	1,5	absence	1	lentique	2	vase	1	absence	0	absence	0	2	2	0	0,5	0,861	2,323	0,5	6,5	Bon
5002	absence	2	absence	1	lentique	2	vase	1	importante	1,5	helophytes	1	0	0	0	0	0,745	0	0	8	Moyen
10. T1	partiel	1,5	absence	1	lentique	2	vase	1	absence	0	absence	0	0	0	0	0	0,658	0	0	5,5	Bon
10. T2	important	0,5	absence	1	lentique	2	vase	1	absence	0	absence	0	1	1	0	0,5	1,183	0,845	0	5	Très bon
10. T3	partiel	1,5	absence	1	lentique	2	vase	1	moyen	1	helophytes	1	2	2	0	0,5	0,684	2,924	1	8,5	Mauvais
10. T4	partiel	1,5	absence	1	lentique	2	sable	0	importante	1,5	helophytes	1	5	5	0	0,5	0,593	8,432	2	9	Mauvais
15. T1	important	0,5	absence	1	lentique	2	vase	1	absence	0	absence	0	0	0	0	0	0,405	0	0	4,5	Très bon
15. T2	absence	2	absence	1	lentique	2	vase	1	importante	1,5	helophytes	1	0	0	0	0	0,891	0	0	8	Moyen
300.II	partiel	1,5	absence	1	lentique	2	vase	1	absence	0	absence	0	0	0	0	0	0,781	0	0	5,5	Bon
300.III	partiel	1,5	absence	1	lentique	2	vase	1	absence	0	absence	0	3	2	1	1,5	1,391	2,157	0,5	7,5	Moyen
300.IV	partiel	1,5	absence	1	lentique	2	vase	1	absence	0	absence	0	1	1	0	0,5	1,405	0,712	0	6	Bon
300A	partiel	1,5	absence	1	lentique	2	vase	1	absence	0	absence	0	4	3	1	1,5	1,191	3,359	1	8	Moyen
3011A	absence	2	absence	1	lentique	2	vase	1	absence	0	absence	0	0	0	0	0	0,512	0	0	6	Bon
3012. T2	absence	2	absence	1	lentique	2	vase	1	importante	1,5	helophytes	1	4	4	0	0,5	1,604	2,494	1,5	10	Très mauvais
3012.T1	absence	2	absence	1	lentique	2	vase	1	absence	0	absence	0	8	8	0	0,5	2,435	3,285	1	7,5	Moyen
401. T1	partiel	1,5	partiel	0	lentique	2	vase	1	faible	0,5	lentilles	1	2	1	1	1,5	1,361	1,47	0,5	8	Moyen
401. T2	partiel	1,5	absence	1	lentique	2	vase	1	absence	0	absence	0	3	3	0	0,5	1,585	1,893	0,5	6,5	Bon
401. T3	important	0,5	absence	1	lentique	2	vase	1	absence	0	absence	0	0	0	0	0	0,389	0	0	4,5	Très bon
401. T4	absence	2	absence	1	lentique	2	vase	1	absence	0	absence	0	2	1	1	1,5	1,375	1,455	0,5	8	Moyen
401. T5	absence	2	absence	1	lentique	2	vase	1	absence	0	absence	0	3	2	1	1,5	2,872	1,045	0,5	8	Moyen
401. T6	important	0,5	absence	1	lentique	2	vase	1	faible	0,5	lentilles	1	1	0	1	1	0,843	1,186	0,5	7,5	Moyen
402. T1	important	0,5	absence	1	lentique	2	vase	1	absence	0	absence	0	2	0	2	1	0,552	3,623	1	6,5	Bon
402. T2	partiel	1,5	partiel	0	lentique	2	vase	1	absence	0	absence	0	0	0	0	0	1,047	0	0	4,5	Très bon
500. T1	important	0,5	partiel	0	lentique	2	vase	1	absence	0	absence	0	3	1	2	1,5	1,48	2,027	0,5	5,5	Bon
500. T10	moyen	1	absence	1	lentique	2	vase	1	absence	0	absence	0	2	1	1	1,5	0,702	2,849	1	7,5	Moyen
500. T11	total	0	absence	1	lentique	2	vase	1	absence	0	absence	0	0	0	0	0,5	0,646	0	0	4,5	Très bon
500. T12	partiel	1,5	absence	1	lentique	2	vase	1	absence	0	absence	0	3	0	3	1	0,759	3,953	1	7,5	Moyen
500. T2	partiel	1,5	absence	1	lentique	2	vase	1	absence	0	absence	0	3	1	2	1,5	1,265	2,372	0,5	7,5	Moyen
500. T3	total	0	absence	1	lentique	2	vase	1	absence	0	absence	0	1	1	0	0,5	0,477	2,096	0,5	5	Très bon
500. T4	important	0,5	absence	1	lentique	2	vase	1	absence	0	absence	0	0	0	0	0	0,3	0	0	4,5	Très bon
500. T5	partiel	1,5	absence	1	lentique	2	vase	1	faible	0,5	algues	0,5	1	1	0	0,5	0,601	1,664	0,5	7,5	Moyen
500. T6	absence	2	absence	1	lentique	2	vase	1	faible	0,5	algues	0,5	2	1	1	1,5	0,521	3,839	1	9,5	Mauvais
500. T7	partiel	1,5	absence	1	lentique	2	vase	1	faible	0,5	algues	0,5	2	1	1	1,5	0,737	2,714	1	9	Mauvais
500. T8	moyen	1	absence	1	lentique	2	vase	1	importante	1,5	algues	0,5	1	1	0	0,5	1,488	0,672	0	7,5	Moyen
500. T9	partiel	1,5	absence	1	lentique	2	vase	1	importante	1,5	algues	0,5	2	1	1	1,5	0,728	2,747	0,5	9,5	Mauvais
5005. T1	absence	2	absence	1	lentique	2	vase	1	absence	0	absence	0	3	3	0	0,5	2,181	1,376	0,5	7	Moyen
5005. T2	absence	2	absence	1	lentique	2	vase	1	absence	0	absence	0	1	1	0	0,5	1,29	0,775	0	6,5	Bon
5005. T3	absence	2	absence	1	lentique	2	vase	1	absence	0	absence	0	0	0	0	0	0,249	0	0	6	Bon
5007. T1	partiel	1,5	presence	0	lentique	2	vase	1	absence	0	absence	0	1	1	0	0,5	0,53	1,887	0,5	5,5	Bon
5007. T3	total	0	absence	1	lentique	2	vase	1	moyen	1	lentilles et hel	1,5	5	5	0	0,5	0,668	7,485	1,5	8,5	Mauvais
5007. T4	total	0	presence	0	lentique	2	vase	1	importante	1,5	lentilles et hel	1,5	0	0	0	0	0,712	0	0	6	Bon
5010. T1	important	0,5	absence	1	lentique	2	vase	1	importante	1,5	lentilles	1	2	1	1	1,5	1,074	1,862	0,5	9	Mauvais
510. T1	total	0	absence	1	lentique	2	vase	1	absence	0	absence	0	0	0	0	0	1,494	0	0	4	Très bon
520. T1	absence	2	absence	1	lentique	2	vase	1	absence	0	absence	0	1	0	1	1	2,289	0,437	0	7	Moyen
520. T2	important	0,5	absence	1	lentique	2	vase	1	absence	0	absence	0	0	0	0	0	0,364	0	0	4,5	Très bon
520. T3	partiel	1,5	absence	1	lentique	2	vase	1	absence	0	absence	0	1	0	1	1	0,257	3,891	1	7,5	Moyen
CE. T2	absence	2	absence	1	lentique	2	vase	1	importante	1,5	lentilles	1	0	0	0	0	0,199	0	0	8,5	Mauvais
CG. T1	partiel	1,5	absence	1	lentique	2	vase	1	moyen	1	helophytes	1	3	2	1	1,5	1,744	1,72	0,5	9	Mauvais
CG. T2	absence	2	absence	1	lentique	2	vase	1	importante	1,5	lentilles	1	9	9	0	0,5	1,438	6,259	1,5	10,5	Très mauvais
CG. T3	absence	2	absence	1	lentique	2	vase	1	moyen	1	helophytes	1	3	2	1	1,5	0,579	5,181	1,5	10,5	Très mauvais
CG. T4	important	0,5	absence	1	lentique	2	vase	1	moyen	1	lentilles	1	1	0	1	1	0,283	3,534	1	8,5	Mauvais
CG. T5	important	0,5	absence	1	lentique	2	vase	1	absence	0	absence	0	1	1	0	0,5	0,213	4,695	1,5	6,5	Bon
CG. T6	absence	2	absence	1	lentique	2	vase	1	moyen	1	helophytes	1	2	2	0	0,5	0,156	12,821	2	10	Très mauvais
CV. T1	absence	2	absence	1	lentique	2	sable	0	moyen	1	helophytes	1	1	1	0	0,5	4,337	0,231	0	7	Moyen
VA. T1	moyen	1	absence	1	lentique	2	vase	1	absence	0	absence	0	3	2	1	1,5	1,642	1,827	0,5	7	Moyen
VA. T2	important	0,5	absence	1	lentique	2	vase	1	absence	0	absence	0	0	0	0	0	0,494	0	0	4,5	Très bon

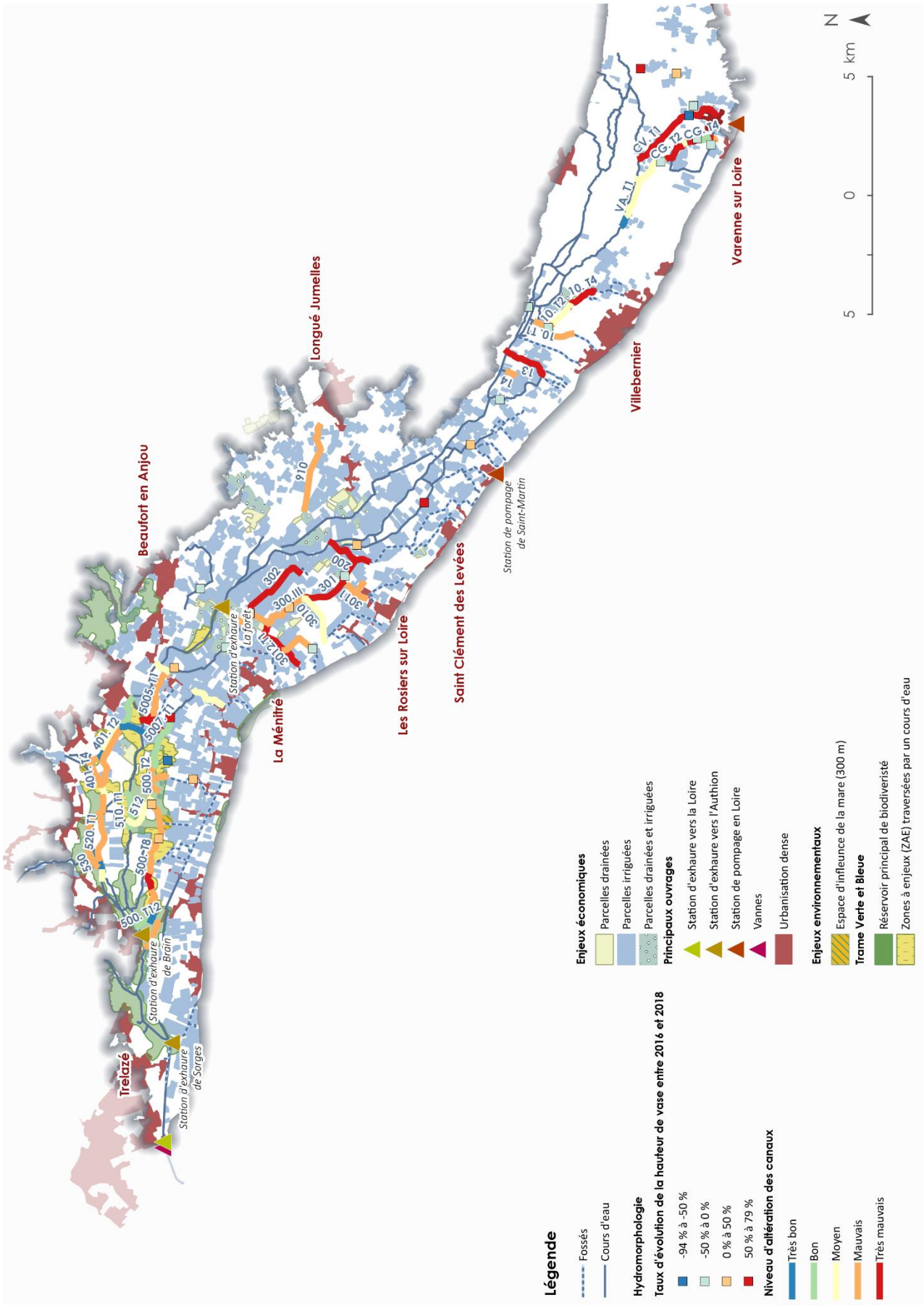
ANNEXE 12 : TABLEAU RECAPITULATIF DES NIVEAUX D'ALTERATION DES BERGES DES CANAUX CONCERNES PAR LE PLAN DE GESTION

Indice	Type de ripisylve rive gauche	Indice	Intensité d'érosion rive droite	Indice	Type d'érosion rive droite	Indice	Intensité d'érosion rive gauche	Indice	Type d'érosion rive gauche	Indice	Indice protection des berges	Ragondins	Indice	Hauteur de berge rive droite	Indice	Hauteur de berge rive gauche	Indice	Intensité pente rive droite	Indice	Intensité pente rive gauche	Indice	Indice d'altération des berges	Niveau d'altération
1,5	absence	2	moyen	1	glissement	1	moyen	1	glissement	1	1	absence	0	3,25	3	3,25	3	importante	1	importante	1	20	Très mauvais
1,5	absence	2	absence	0	absence	0	absence	0	absence	0	1	absence	0	2,5	3	2,5	3	importante	1	importante	1	14,5	Mauvais
1,5	absence	2	absence	0	absence	0	absence	0	absence	0	1	presence	1	1,5	2	1,5	2	importante	1	importante	1	15	Mauvais
0,5	arbustives	1	moyen	1	sapement et glissement	1	moyen	1	sapement et glissement	1	1	presence	1	1,75	2	1,75	2	importante	1	importante	1	15	Mauvais
1,5	absence	2	moyen	1	sapement et glissement	1	moyen	1	sapement et glissement	1	1	absence	0	2	2	2	2	importante	1	importante	1	18	Très mauvais
0,5	arborescente	0,5	absence	0	absence	0	absence	0	absence	0	1	presence	1	1	1	1	1	importante	1	importante	1	10,5	Moyen
1,5	absence	2	moyen	1	sapement	0,5	moyen	1	sapement	0,5	1	absence	0	1	1	1	1	importante	1	importante	1	12,5	Moyen
0,5	arborescente	0,5	moyen	1	sapement	0,5	moyen	1	sapement	0,5	1	presence	1	1,5	2	1,5	2	importante	1	importante	1	13	Moyen
1	arborescente	0,5	absence	0	absence	0	absence	0	absence	0	1	presence	1	1,5	2	1	1	importante	1	importante	1	10	Bon
0,5	arbustives	1	moyen	1	sapement et glissement	1	moyen	1	sapement et glissement	1	1	presence	1	1,5	2	1,5	2	importante	1	importante	1	17	Très mauvais
1,5	absence	2	absence	0	absence	0	absence	0	absence	0	1	absence	0	1,5	2	1,5	2	importante	1	importante	1	12,5	Moyen
1	arborescente	0,5	important	1,5	glissement	1	important	1,5	glissement	1	1	presence	1	1,5	2	1,5	2	importante	1	importante	1	16	Mauvais
0	arborescentes et arbustives	0	moyen	1	sapement et glissement	1	moyen	1	sapement et glissement	1	1	presence	1	1,7	2	1,7	2	importante	1	importante	1	13,5	Moyen
1,5	absence	2	moyen	1	glissement	1	partiel	0,5	glissement	1	1	presence	1	1,7	2	1,7	2	importante	1	importante	1	18,5	Très mauvais
1,5	absence	2	partiel	0,5	glissement	1	partiel	0,5	glissement	1	1	presence	1	1,5	2	1,5	2	importante	1	importante	1	16	Mauvais
0	arbustives	1	absence	0	absence	0	absence	0	absence	0	1	absence	0	1,5	2	1,5	2	importante	1	importante	1	10	Bon
1,5	absence	2	absence	0	absence	0	absence	0	absence	0	1	absence	0	2	2	1,5	2	importante	1	importante	1	14	Mauvais
0,5	arborescente	0,5	moyen	1	glissement	1	moyen	1	glissement	1	1	presence	1	3	3	3	3	importante	1	importante	1	16	Mauvais
0,5	arborescente	0,5	moyen	1	sapement et glissement	1	moyen	1	sapement et glissement	1	1	presence	1	1,5	2	1,5	2	importante	1	importante	1	14	Mauvais
0,5	arborescente	0,5	moyen	1	sapement et glissement	1	moyen	1	sapement et glissement	1	1	presence	1	1,5	2	1,5	2	importante	1	importante	1	14	Mauvais
0	arbustives	1	moyen	1	sapement	0,5	moyen	1	sapement	0,5	1	presence	1	1	1	1	1	importante	1	importante	1	11,5	Moyen
0,5	arbustives	1	moyen	1	sapement	0,5	moyen	1	sapement	0,5	1	absence	0	1,5	2	1,5	2	importante	1	importante	1	15	Mauvais
1,5	absence	2	absence	0	absence	0	absence	0	absence	0	1	presence	1	1	1	1	1	importante	1	importante	1	13	Moyen
1,5	absence	2	moyen	1	glissement	1	moyen	1	glissement	1	1	presence	1	1,5	2	1,5	2	importante	1	importante	1	19	Très mauvais
0	arborescentes et arbustives	0	absence	0	absence	0	absence	0	absence	0	1	presence	1	1,5	2	1,5	2	importante	1	importante	1	8	Bon
1	arborescente	0,5	absence	0	absence	0	absence	0	absence	0	1	presence	1	1,5	2	1,5	2	importante	1	importante	1	11	Moyen
0	arborescentes et arbustives	0	absence	0	absence	0	absence	0	absence	0	1	absence	0	1	1	1	1	importante	1	importante	1	5	Très bon
1,5	absence	2	moyen	1	sapement	0,5	moyen	1	sapement	0,5	1	presence	1	1,5	2	1,5	2	importante	1	importante	1	16,5	Mauvais
1	arborescente	0,5	moyen	1	sapement	0,5	moyen	1	sapement	0,5	1	presence	1	1	1	1	1	importante	1	importante	1	11,5	Moyen
0,5	arborescentes et arbustives	0	absence	0	absence	0	absence	0	absence	0	1	presence	1	0,5	0	0,5	0	douce	0	douce	0	3	Très bon
1	arborescente	0,5	moyen	1	sapement	0,5	moyen	1	sapement	0,5	1	presence	1	1,5	2	1,5	2	importante	1	importante	1	14	Mauvais
0,5	roseaux	1,5	moyen	1	sapement	0,5	moyen	1	sapement	0,5	1	presence	1	1	1	1	1	importante	1	importante	1	13	Moyen
0,5	arborescente	0,5	moyen	1	sapement	0,5	moyen	1	sapement	0,5	1	absence	0	1	1	1	1	importante	1	importante	1	10	Bon
0	arborescente	0,5	moyen	1	glissement	1	moyen	1	glissement	1	1	presence	1	1,5	2	1,5	2	importante	1	importante	1	13	Moyen
0,5	arborescente	0,5	absence	0	absence	0	absence	0	absence	0	1	absence	0	1	1	1	1	importante	1	importante	1	7	Très bon
1	arborescente	0,5	absence	0	absence	0	absence	0	absence	0	1	presence	1	1	1	1	1	importante	1	importante	1	9	Bon
0,5	jeunes plantations	1,5	moyen	1	sapement	0,5	moyen	1	sapement	0,5	1	presence	1	1,5	2	1,5	2	importante	1	importante	1	14	Mauvais
0,5	arborescente	0,5	moyen	1	sapement	0,5	moyen	1	sapement	0,5	1	absence	0	1	1	1	1	importante	1	importante	1	10	Bon
0	arborescente	0,5	important	1,5	glissement	1	important	1,5	glissement	1	1	presence	1	1	1	1	1	importante	1	importante	1	15	Mauvais
1	arborescente	0,5	important	1,5	glissement	1	important	1,5	glissement	1	1	presence	1	1	1	1	1	importante	1	importante	1	14	Mauvais
1	arbustives	1	important	1,5	glissement	1	important	1,5	glissement	1	1	presence	1	1	1	1	1	importante	1	importante	1	15	Mauvais
0,5	arborescente	0,5	moyen	1	glissement	1	partiel	0,5	glissement	1	1	presence	1	1	1	1	1	importante	1	importante	1	12	Moyen
0,5	arborescente	0,5	important	1,5	glissement	1	important	1,5	glissement	1	1	presence	1	1	1	1	1	importante	1	importante	1	13	Moyen
0,5	arborescente	0,5	important	1,5	glissement	1	important	1,5	glissement	1	1	presence	1	1,5	2	1,5	2	importante	1	importante	1	15	Mauvais
0,5	jeunes plantations	1,5	moyen	1	glissement	1	moyen	1	glissement	1	1	presence	1	1,5	2	1,5	2	importante	1	importante	1	16	Mauvais
1,5	absence	2	moyen	1	glissement	1	moyen	1	glissement	1	1	presence	1	1,5	2	1,5	2	importante	1	importante	1	19	Très mauvais
1,5	absence	2	moyen	1	glissement	1	moyen	1	glissement	1	1	presence	1	1,5	2	1,5	2	importante	1	importante	1	19	Très mauvais
0,5	arborescente	0,5	absence	0	absence	0	absence	0	absence	0	1	absence	0	1	1	0,5	0	importante	1	importante	1	6	Très bon
1,5	absence	2	absence	0	absence	0	absence	0	absence	0	1	absence	0	1	1	0,5	1	importante	1	douce	0	8	Bon
1,5	absence	2	absence	0	absence	0	absence	0	absence	0	1	presence	1	1	1	1	1	importante	1	importante	1	10	Bon
0,5	arborescente	0,5	absence	0	absence	0	absence	0	absence	0	1	presence	1	0,5	0	4	3	importante	1	importante	1	11,5	Moyen
0	arborescente	0,5	moyen	1	sapement	0,5	moyen	1	sapement	0,5	1	presence	1	1,5	2	1,5	2	importante	1	importante	1	12	Moyen
1,5	absence	2	absence	0	absence	0	absence	0	absence	0	1	absence	0	1,5	2	1,5	2	importante	1	importante	1	14	Mauvais
0	arborescente	0,5	absence	0	absence	0	absence	0	absence	0	1	presence	1	1	1	1	1	importante	1	importante	1	7	Très bon
1,5	absence	2	absence	0	absence	0	absence	0	absence	0	1	presence	1	4	3	0,5	0	importante	1	importante	1	12	Moyen
1,5	absence	2	moyen	1	sapement	0,5	moyen	1	sapement	0,5	1	presence	1	1	1	1	1	importante	1	importante	1	14	Mauvais
1	arborescentes et arbustives	0	absence	0	absence	0	absence	0	absence	0	1	presence	1	1,5	2	1,5	2	importante	1	importante	1	9,5	Bon
1,5	absence	2	moyen	1	glissement	1	moyen	1	glissement	1	1	presence	1	1,5	2	1,5	2	importante	1	importante	1	19	Très mauvais
1,5	absence	2	moyen	1	glissement	1	moyen	1	glissement	1	1	presence	1	1,5	2	1,5	2	importante	1	importante	1	19	Très mauvais
0,5	arborescentes et arbustives	0	absence	0	absence	0	absence	0	absence	0	1	presence	1	0,75	1	0,75	1	importante	1	importante	1	7	Très bon
0	arborescente	0,5	absence	0	absence	0	absence	0	absence	0	1	presence	1	1,5	2	1,5	2	importante	1	importante	1	12	Moyen
1,5	absence	2	moyen	1	glissement	1	moyen	1	glissement	1	1	presence	1	1,5	2	1,5	2	importante	1	importante	1	19	Très mauvais
1,5	absence	2	moyen	1	glissement	1	moyen	1	glissement	1	1	presence	1	1,5	2	1,5	2	importante	1	importante	1	19	Très mauvais
0,5	arborescente	0,5	absence	0	absence	0	absence	0	absence	0	1	presence	1	1	1	1	1	importante	1	importante	1	8	Bon
0	arborescente	0,5	absence	0	absence	0	absence	0	absence	0	1	presence	1	1	1	1	1	importante	1	importante	1	7	Très bon

ANNEXE 13 : TABLEAU RECAPITULATIF DES NIVEAUX D'ALTERATION DES VERSANTS DES CANAUX CONCERNES PAR LE PLAN DE GESTION

Code canal	Longeur (km)	Occupation du sol en rive droite	Indice	Occupation du sol en rive gauche	Indice	Bande enherbé rive droite	Indice	Bande enherbé rive gauche	Indice	Indice d'altération des berges	Niveau d'altération
13	2,045	cultures	2	pepinere	1	presence	0	presence	0	3	Moyen
14	0,263	cultures	2	cultures	2	presence	0	presence	0	4	Mauvais
200	1,914	sols artificiels	1	cultures	2	absence	1	presence	0	4	Mauvais
301	3,04	cultures	2	chemin	1,5	presence	0	presence	0	3,5	Moyen
302	3,166	chemin	1,5	cultures	2	absence	1	presence	0	4,5	Très mauvais
512	1,552	cultures	2	prairie	0,5	presence	0	presence	0	2,5	Bon
530	2,299	cultures	2	chemin	1,5	presence	0	absence	1	4,5	Très mauvais
910	3,72	prairie	0,5	cultures	2	presence	0	presence	0	2,5	Bon
3010	2,603	chemin	1,5	cultures	2	presence	0	presence	0	3,5	Moyen
3011	0,861	cultures	2	chemin	1,5	presence	0	presence	0	3,5	Moyen
5002	0,745	cultures	2	chemin	1,5	presence	0	absence	1	4,5	Très mauvais
10. T1	0,658	cultures	2	cultures	2	presence	0	presence	0	4	Mauvais
10. T2	1,183	prairie	0,5	cultures	2	presence	0	presence	0	2,5	Bon
10. T3	0,684	cultures	2	cultures	2	presence	0	presence	0	4	Mauvais
10. T4	0,593	cultures	2	sols artificiels	1	presence	0	absence	1	4	Mauvais
15. T1	0,405	peupleraie	2	prairie	0,5	presence	0	presence	0	2,5	Bon
15. T2	0,891	prairie	0,5	sols artificiels	1	presence	0	absence	1	2,5	Bon
300.II	0,781	prairie	0,5	sol nu	2,5	presence	0	presence	0	3	Moyen
300.III	1,391	foret	0,5	cultures	2	presence	0	presence	0	2,5	Bon
300.IV	1,405	cultures	2	cultures	2	presence	0	presence	0	4	Mauvais
300A	1,191	cultures	2	chemin	1,5	presence	0	absence	1	4,5	Très mauvais
3011A	0,512	cultures	2	cultures	2	presence	0	presence	0	4	Mauvais
3012. T2	1,604	cultures	2	cultures	2	presence	0	presence	0	4	Mauvais
3012.T1	2,435	cultures	2	cultures	2	presence	0	presence	0	4	Mauvais
401. T1	1,361	prairie	0,5	chemin	1,5	presence	0	presence	0	2	Bon
401. T2	1,585	cultures	2	cultures	2	presence	0	presence	0	4	Mauvais
401. T3	0,389	prairie	0,5	peupleraie	2	presence	0	presence	0	2,5	Bon
401. T4	1,375	prairie	0,5	prairie	0,5	presence	0	presence	0	1	Très bon
401. T5	2,872	cultures	2	cultures	2	presence	0	presence	0	4	Mauvais
401. T6	0,843	cultures	2	chemin	1,5	presence	0	presence	0	3,5	Moyen
402. T1	0,552	chemin	1,5	peupleraie	2	presence	0	presence	0	3,5	Moyen
402. T2	1,047	peupleraie	2	prairie	0,5	presence	0	presence	0	2,5	Bon
500. T1	1,48	foret	0,5	foret	0,5	presence	0	presence	0	1	Très bon
500. T10	0,702	cultures	2	cultures	2	presence	0	presence	0	4	Mauvais
500. T11	0,646	foret	0,5	foret	0,5	absence	1	absence	1	3	Moyen
500. T12	0,759	prairie	0,5	prairie	0,5	presence	0	presence	0	1	Très bon
500. T2	1,265	cultures	2	cultures	2	presence	0	presence	0	4	Mauvais
500. T3	0,477	foret	0,5	foret	0,5	absence	1	absence	1	3	Moyen
500. T4	0,3	chemin	1,5	cultures	2	presence	0	presence	0	3,5	Moyen
500. T5	0,601	cultures	2	cultures	2	presence	0	presence	0	4	Mauvais
500. T6	0,521	prairie	0,5	prairie	0,5	presence	0	presence	0	1	Très bon
500. T7	0,737	chemin	1,5	cultures	2	presence	0	presence	0	3,5	Moyen
500. T8	1,488	chemin	1,5	cultures	2	presence	0	presence	0	3,5	Moyen
500. T9	0,728	chemin	1,5	cultures	2	presence	0	presence	0	3,5	Moyen
5005. T1	2,181	cultures	2	cultures	2	presence	0	presence	0	4	Mauvais
5005. T2	1,29	cultures	2	cultures	2	presence	0	presence	0	4	Mauvais
5005. T3	0,249	cultures	2	cultures	2	presence	0	presence	0	4	Mauvais
5007. T1	0,53	cultures	2	cultures	2	absence	1	presence	0	5	Très mauvais
5007. T3	0,668	cultures	2	sols artificiels	1	absence	1	absence	1	5	Très mauvais
5007. T4	0,712	foret	0,5	cultures	2	absence	1	presence	0	3,5	Moyen
5010. T1	1,074	cultures	2	sols artificiels	1	presence	0	absence	1	4	Mauvais
510. T1	1,494	prairie	0,5	prairie	0,5	presence	0	presence	0	1	Très bon
520. T1	2,289	sol nu	2,5	cultures	2	presence	0	presence	0	4,5	Très mauvais
520. T2	0,364	prairie	0,5	zone humide	0	absence	1	absence	1	2,5	Bon
520. T3	0,257	prairie	0,5	prairie	0,5	presence	0	presence	0	1	Très bon
CE. T2	0,199	prairie	0,5	cultures	2	presence	0	presence	0	2,5	Bon
CG. T1	1,744	cultures	2	prairie	0,5	presence	0	presence	0	2,5	Bon
CG. T2	1,438	cultures	2	cultures	2	presence	0	presence	0	4	Mauvais
CG. T3	0,579	cultures	2	cultures	2	presence	0	presence	0	4	Mauvais
CG. T4	0,283	cultures	2	prairie	0,5	presence	0	presence	0	2,5	Bon
CG. T5	0,213	cultures	2	foret	0,5	presence	0	absence	1	3,5	Moyen
CG. T6	0,156	cultures	2	cultures	2	presence	0	presence	0	4	Mauvais
CV. T1	4,337	cultures	2	cultures	2	presence	0	presence	0	4	Mauvais
VA. T1	1,642	peupleraie	2	cultures	2	presence	0	presence	0	4	Mauvais
VA. T2	0,494	foret	0,5	foret	0,5	presence	0	presence	0	1	Très bon

ANNEXE 14 : CARTE RECAPITULATIVE DU RISQUE D'ENVASEMENT DES ANNEXES HYDRAULIQUES DE L'AUTHION DANS LE RSTRI



RESUME

Cette étude porte sur l'envasement des canaux du val d'Authion, un affluent de la Loire. Elle s'inscrit dans l'élaboration d'un plan de gestion pluriannuel sur 6 ans et fait suite à deux études : l'une portant sur l'état des lieux des canaux et la mise en place d'un suivi sédimentaire (MARTEAU, 2016) ; l'autre amorçant l'identification des canaux prioritaires et pérennisant le suivi sédimentaire (KAROUI, 2017). Le val d'Authion se caractérise par un réseau dense de canaux et d'ouvrages hydrauliques indispensables au maintien de l'économie agricole du territoire. Ces derniers permettent le soutien d'étiage et l'irrigation des terres en période estivale ainsi que l'assainissement de celles-ci en hiver en prévention des inondations. Le val d'Authion présente un grand nombre de facteurs aboutissant à l'envasement des canaux, tels qu'une pente nulle (0.02% en moyenne), des berges abruptes et peu végétalisées, un marnage important, un nombre important d'ouvrages entravant le transport sédimentaire ou un apport de MES provenant du drainage permettant l'exploitation des terres de la vallée. Cette étude porte sur la détermination des canaux présentant un risque d'envasement susceptible d'entrainer des dysfonctionnements économiques et des altérations biologiques, et pour lesquels des travaux de réhabilitation sont nécessaires.

Elle s'est réalisée en trois temps : une analyse spatio-temporelle de la dynamique d'envasement depuis 2016 jumelée à une analyse topographique pour mesurer l'impact des ouvrages sur la sédimentation ; l'estimation du niveau d'altération hydromorphologique en croisant les différents facteurs d'envasement ; le croisement de ces deux premiers éléments d'ordre physique avec les enjeux socio-économiques et environnementaux du territoire afin de déterminer les canaux présentant un risque d'envasement important. Huit tronçons sont ressortis de cette étude, présentant un état d'altération important dans des contextes d'enjeux variés, du transfert des eaux pompées en Loire pour assurer une quantité d'eau suffisante dans les canaux, en passant par l'irrigation des terres agricoles et des espaces à enjeux de la Trame Verte et Bleue. Des premières propositions de gestion sont abordées en fonction des enjeux en présence, de la dynamique sédimentaire observée, de l'état des canaux et en cohérence avec le contrat nature du PNR Loire-Anjou-Touraine.

Mots clés : Plan de gestion, suivi sédimentaire, envasement, sédimentation, canaux, gestion des ouvrages, réhabilitation, restauration, Val d'Authion, Maine-et-Loire

ABSTRACT

This study focuses on the silting up of Val d'Authion channels, a Loire tributary. It is part of the development of a six-year management plan and follows two studies : one of the inventory of canals and the implementation of sediment monitoring (HAMMER, 2016) ; the other initiating the identification of priority channels and perpetuating sediment monitoring (KAROUI, 2017). The Authion Valley is characterized by a dense network of canals and hydraulic structures essential to the maintenance of the territory's agricultural economy. These allow the support of low water and the irrigation of the grounds in summer period as well as the cleaning of these in winter in prevention of the floods. The Authion Valley has a large number of factors leading to the silting up of canals, such as a slope of zero (0.02% on average), steep banks with little vegetation, a large tidal range, a large number of structures impeding the sediment transport or a supply of suspended matter from drainage allowing the exploitation of the valley's lands. This study concerns the determination of the channels presenting a risk of siltation likely to cause economic dysfunctions and biological alterations, and for which rehabilitation works are necessary.

It was done in three stages: a spatio-temporal analysis of siltation dynamics since 2016 combined with a topographic analysis to measure the impact of structures on sedimentation ; the estimation of the level of hydromorphological alteration by crossing the various silting factors ; the crossing of these first two physical elements with the socioeconomic and environmental issues of the territory in order to determine the channels presenting a risk of significant siltation. Eight sections emerged from this study, presenting a significant state of alteration in a context of varied stakes, the transfer of water pumped in the Loire to ensure an adequate amount of water in the channels, through the irrigation of the argricultural land and stakes areas of the Green and Blue Trame. First management proposals are approached according to the stakes involved, the sedimentary dynamics observed, the condition of the canals and consistent with the PNR Loire-Anjou-Touraine's nature contract.

Key words: Management plan, sediment monitoring, siltation, sedimentation, canals, management of structures, rehabilitation, restoration, Val d'Authion, Maine-et-Loire