UNIVERSITÉ FRANÇOIS - RABELAIS TOURS

Département Géosciences -Environnement *EA 6293 GéHCO GéoHydrosystèmes Continentaux*

Master Sciences de l'Eau

Hydrosystèmes et Bassins Versants : diagnostic et risque environnemental

Rapport de stage de fin d'études pour l'obtention de la 2nde année de Master

Elaboration d'un plan de suivi sédimentaire à l'échelle du val d'Authion (49)





Marteau Nicolas

Février-Août 2016

Année universitaire : 2015 – 2016

Encadrement : Laetitia Pasquin (Chargée de mission)
David Morel (Animateur du SAGE)

Organisme d'accueil : Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux du bassin versant de l'Authion

Sommaire

Sommaire 1
Liste des sigles et glossaire 2
Introduction 5
Présentation du SAGE (organisme d'accueil) 6
Présentation du site d'étude 7
1. Présentation géographique et climatologique du bassin versant de l'Authion 7
2. Géologie du bassin versant de l'Authion 8
3. Contexte hydrologique et fonctionnement hydraulique du bassin versant. 9
4. Enjeux 10
5. Occupation du sol en contexte agricole 10
6. Contexte sédimentaire du Val d'Authion 11
Matériels et méthodes 14
1. Etat des lieux du réseau hydrographique et des sous bassins versants 14
2. Suivi de la sédimentation du Val d'Authion 20
Résultats et discussions 21
1. Résultats de l'état des lieux 21
2. Suivi sédimentaire du Val d'Authion 27
Orientations et préconisations 32
1. Organisation du suivi sédimentaire 32
2. Orientations techniques 33
3. Dispositions de gestion : 34
Conclusion 35
Bibliographie 36
Table des figures 38
Table des annexes 39
Annexes 40
Table des matières 52
Résumé 54
Abstract 54

Liste des sigles et glossaire

Aléa : Phénomène naturel (inondation, mouvement de terrain, etc.) d'apparition (occurrence : délai entre deux apparitions) et d'intensité variable (crue torrentielle ou de plaine, etc.).

Alluvions : Sédiments des cours d'eau et des lacs, composés selon les régions traversées et la force du courant, de galets, de graviers, de sable et de limons.

Aquifère : Formation géologique contenant de façon temporaire ou permanente de l'eau mobilisable, constituée de roches perméables (formations poreuses et/ou fissurées) et capable de la restituer naturellement et/ou par exploitation (drainage, pompage,...). Un aquifère est dit libre si la surface de la nappe est libre et s'il existe une zone non saturée dans la nappe ; il est captif dans le cas contraire.

Atterrissement : Dépôt de sédiment atteignant la surface de l'eau dans les cours d'eau.

Bassin versant : Entité territoriale drainant les eaux, souterraines comme de surface, qui convergent vers un exutoire. Il est délimité par une ligne de partage des eaux.

BD : Base de Données.

BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières (établissement public à caractère industriel et commercial).

CLE : Commission Locale de l'Eau.

DCE : Directive Cadre sur l'Eau

DDT : Direction Départementale des Territoires.

DREAL : Directions Régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement.

Embâcle : Terme général désignant un amoncellement de troncs d'arbres, débris ... dans le lit mineur d'un cours d'eau.

Exutoire : Point le plus bas d'un réseau hydraulique ou hydrographique par où passent toutes les eaux drainées par le bassin versant.

Faciès : Secteur de cours d'eau, d'une longueur variable, présentant une homogénéité des hauteurs d'eau, des vitesses et des natures des fonds.

FDGDON : Fédération Départementale des Groupements de Défense contre les Organismes Nuisibles

FMA : Forum des Marais Atlantiques.

GTMA : Groupe Technique Milieu Aquatique.

Hydrographie : Ensemble des cours d'eau et plans d'eau d'une région.

IGN : Institut national de l'information géographique et forestière.

Lentique : Qualifie une eau stagnante ou caractérisée par des faibles vitesses de courant.

LIDAR : Light Detection And Ranging.

Masse d'eau : Unité hydrographique (eaux de surface) ou hydrogéologique (eaux souterraines) cohérente, présentant des caractéristiques assez homogènes et pour laquelle on peut définir un même objectif. Elle est utilisée par la Directive Cadre sur l'Eau.

MES : Matière en suspension.

MNT : Modèle numérique de terrain.

NGF : Nivellement Général de la France.

PAGD : Plan d'Aménagement et de Gestion Durable.

PPRI : Plan de Prévention du Risque Inondation.

REH : Réseau Evaluation des Habitats.

Ripisylve : Formations végétales qui se développent sur les bords des cours d'eau ou des plans d'eau situées dans la zone frontière entre l'eau et le haut de la berge.

RPG : Registre Parcellaire Graphique.

SAGE : Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux.

SDAGE : Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux.

SIACEBA : Syndicat Intercommunal d'Aménagement des Cours d'Eau du Bassin de l'Authion.

SIG : Système d'information géographique.

SMBAA : Syndicat Mixte du Bassin versant de l'Authion et de ses Affluents.

Strahler : La classification de Strahler d'un réseau hydrographique est une manière de hiérarchiser l'ensemble des branches de ce réseau en attribuant à chacune une valeur entière qui caractérise son importance.

Syndicat de rivière : Syndicat regroupant les collectivités territoriales (communes, départements) compétentes géographiquement sur un bassin, un sous-bassin ou une partie importante de celui-ci, dont l'objet est de mener toutes actions concernant la gestion de la rivière et de ses affluents (restauration des milieux, travaux d'entretien, animation de la politique locale sur ce thème, etc.).

SYRAH : Système Relationnel d'Audit de l'Hydromorphologie des cours d'eau.

Introduction

La Directive Cadre sur l'Eau (DCE) de 2000 fixe un cadre de gestion intégrée des bassins versants. Cette directive Européenne est transcrite en droit français avec la loi du 21 avril 2004 et impose un objectif de bon état écologique des eaux superficielles et souterraines. L'Authion et son bassin versant sont fortement anthropisés. L'aménagement de ce bassin versant est induit par deux contraintes principales : la prévention du risque d'inondations et le maintien d'une quantité d'eau suffisante dans les canaux pour l'irrigation. La gestion du risque inondation et la contrainte économique agricole ont donc influencé la construction de nombreux ouvrages (barrages, seuils, digues…). Ces aménagements perturbent le transport sédimentaire et entravent la continuité écologique et sédimentaire, pourtant indispensable pour l'atteinte des objectifs de bon état écologique.

Comment élaborer un plan de gestion sédimentaire à l'échelle du Val d'Authion ?

Les syndicats de rivière et le Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) souhaitent mettre en place un suivi de la sédimentation à l'échelle du Val d'Authion pour comprendre les phénomènes de dépôts sédimentaire et d'envasements important sur le bassin versant. Ce plan de suivi sédimentaire permettra une gestion globale de manière à prioriser et prévenir les actions (travaux de restauration des cours d'eau).

Les objectifs de ce stage sont de réaliser un diagnostic de l'hydromorphologie des cours d'eau du Val d'Authion permettant d'identifier les causes des dysfonctionnements sédimentaires au sein des canaux. L'amélioration de la connaissance du réseau maillé de fossé et de cours d'eau est également un objectif à réaliser. Ensuite il est nécessaire d'identifier les zones d'apports sédimentaires à l'échelle du bassin versant. Enfin, une méthode et des outils de mesures seront mis en place pour quantifier les épaisseurs de sédiments dans les canaux.

Dans un premier temps la zone d'étude sera présentée grâce aux recherches bibliographiques effectuées, puis les méthodes mises en œuvre pour réaliser ce projet seront détaillées. Enfin les résultats issus des travaux menés seront présentés et interprétés.

Présentation du SAGE (organisme d'accueil)

Le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) Loire-Bretagne est un document de planification qui définit le bassin versant de l'Authion comme bassin hydrographique prioritaire pour l'atteinte des objectifs environnementaux. Le SAGE est une déclinaison du SDAGE à l'échelle d'une unité hydrographique cohérente plus locale.

La Commission Locale de l'Eau (CLE) est composée de représentants des collectivités territoriales et de leurs groupements, de représentants des usagers et de représentants de l'Etat et de ses établissements publics. Le projet du SAGE a été adopté par la CLE le 26 novembre 2015. Il est composé de trois documents principaux : un Plan d'Aménagement et de Gestion Durable de la ressource en eau (PAGD), un règlement et un rapport d'évaluation environnementale. L'ensemble vise à atteindre le bon état écologique ou bon potentiel des deux tiers des masses d'eau du bassin à l'issus du cycle de gestion 2016-2021 (Loi Grenelle 1). Le PAGD expose les enjeux, les objectifs et les moyens prioritaires à mettre en œuvre définis lors des études préliminaires menées par le SAGE (depuis 2008). Ainsi l'enjeu n°2 : « Protéger et restaurer la morphologie des cours d'eau et des zones humides de manière différenciée sur le territoire » comporte plusieurs orientations de gestion dont deux interviennent principalement lors de ce stage :

- Disposition 6.A.1 : Entretenir les cours d'eau du bassin versant de manière différenciée.
- Disposition 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 (*SAGE Authion, 2015).*

L'Entente Interdépartementale du bassin de l'Authion est une institution ayant une portée juridique et peut assurer une structure opérationnelle technique et financière sur l'ensemble du territoire pour porter le SAGE. L'Entente est maître d'ouvrage et laisse la gestion de la répartition des eaux aux syndicats ou à des prestataires de services. Les syndicats de rivières du bassin versant sont : le Syndicat Mixte du Bassin versant de l'Authion et de ses Affluents (SMBAA) et le Syndicat Intercommunal d'Aménagement des Cours d'Eau du Bassin de L'Authion (SIACEBA).

Présentation du site d'étude

1. Présentation géographique et climatologique du bassin versant de l'Authion.

L'Authion est un affluent de la Loire en rive droite au niveau de Sainte-Gemmes-sur-Loire (Maine et Loire, 49). Ce cours d'eau domanial de 61 km est issu de la confluence du Changeon et du Lane à St Nicolas de Bourgueil (Indre et Loire, 37). Ses principaux affluents sont le Lathan et le Couasnon (Figure 1).

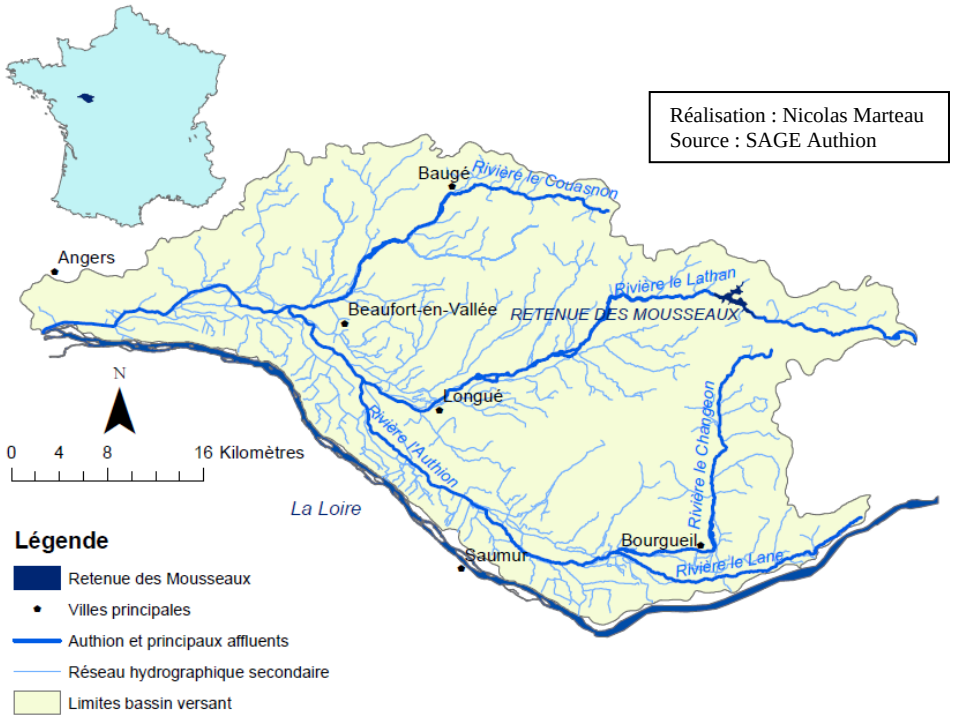


Figure 1: Carte de localisation du bassin versant de l'Authion

L'Authion draine un bassin versant de 1491 km² réparti entre les départements de l'Indre et Loire (37) et du Maine et Loire (49) (22.6% et 77.4%). Les pentes de ce bassin versant sont très faibles, de l'ordre de 1‰ dans le Val et entre 5‰ et 3% pour la partie Nord. Son altitude varie entre 17 et 119 m NGF (*SAGE Authion, 2015*).

Le climat du Val d'Authion est tempéré par l'influence océanique Atlantique. Il est caractérisé par une pluviométrie moyenne de 630 mm par an et une température moyenne annuelle d'environ 12°C (moyenne Météo France 1947-2008). Les vents dominants sont orientés Ouest Sud-Ouest. (*NCA Environnement, 2015*) Un déficit hydrique annuel moyen de 125 mm est observé. La Loire influence un certain nombre de méso-climats. Le Val de Loire présente par exemple une température plus douce et plus régulière que le reste du département 49 (*Servant, 1977*). Il se caractérise également par des différences de températures entre rive droite et gauche (rive Nord plus froide en été et plus chaude en hiver).

2. Géologie du bassin versant de l'Authion

Le bassin versant de l'Authion est à la limite occidentale du bassin Parisien et en bordure du massif Armoricain.

Alcaydé et Feys (1970) ; Alcaydé (1975) ; Louail et al. (1976) ; Gruet et al. (1976) ; Louail et Brossé (1978) ; Brossé et al. (1983) ; Manivit (1990) ont montré que les formations primaires du paléozoïque affleurent à l'extrémité Ouest du bassin versant. Elles sont essentiellement constituées de schistes, de grès et de quartzites.
Les graviers, sables grossiers, sables argileux, et marnes à huitres du Cénomanien (Secondaire, Crétacé) d'une épaisseur de plus de 40m sont surmontés par des formations du Turonien et du Sénonien (Figure 2). Ces affleurements se font à la faveur de failles, de plis anticlinaux ou d'érosion par la Loire. La base du Cénomanien est un aquifère très important alimenté par l'impluvium ou par les nappes. Il est largement exploité pour son eau de bonne qualité. Le Turonien contient une nappe libre ou captive suivant sa localisation donnant parfois naissance à des sources (Fontaine Guérin…).
Les plateaux du Nord-est du bassin versant sont constitués de formations Tertiaires : grès, calcaires lacustres et faluns de l'Eocène et du Miocène.
Les formations alluviales quaternaires peu épaisses occupent les vallées de la Loire et de l'Authion. On observe une couverture sableuse des coteaux et terrasses et des alluvions récentes du Val (montilles, bourrelet de Loire). Cette nappe située entre la Loire et son affluent est un aquifère important. Le substratum relativement meuble et la migration progressive de la Loire vers le Sud-Ouest à la faveur de mouvements tectoniques ont favorisé l'élargissement de la vallée.
Le détaille et la légende des formations géologiques est disponible en annexe 1.

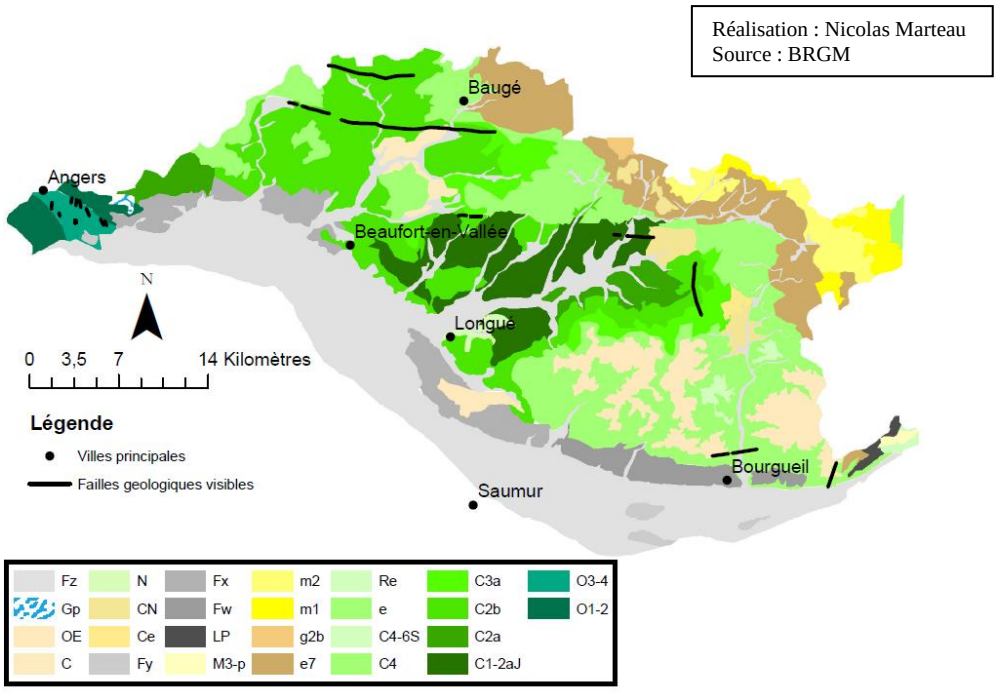


Figure 2: Carte de la géologie du bassin versant de l'Authion

3. Contexte hydrologique et fonctionnement hydraulique du bassin versant.

Le Val d'Authion est sous influence directe de la Loire en période de crue. En effet, la Loire peut refouler dans l'Authion, faire augmenter son niveau d'eau, et entrainer d'importantes inondations. En période de hautes eaux, les vannes du pont Bourguignon sont fermées et empêchent le refoulement de la Loire dans l'Authion. En 1974 la station d'exhaure des Ponts-de-Cé a été construite afin de pomper l'eau de l'Authion vers la Loire. L'écoulement de l'Authion étant ainsi bloqué, la station d'exhaure construite avant l'exutoire de l'Authion permet d'évacuer jusqu'à 80m^3/s. Trois stations complémentaires fonctionnant de la même façon sont présentes dans le Val : La Forêt, Brain-sur-Authion, et Sorges (Figure 3). Ces stations évacuent l'eau du réseau de canaux vers l'Authion si la cote du cours d'eau est trop haute pour permettre un écoulement normal. Ainsi en période de crue, l'eau précipitée sur le bassin peut être évacuée du réseau de canaux par un premier pompage puis vers la Loire par un second.

Au niveau du Val d'Authion, la digue isolant le Val de la Loire et le pont Bourguignon sont dimensionnés au minimum pour une crue de Loire T[1]100 (centennale) sauf la digue de Belle Poule pour laquelle les surverses interviennent dès une crue T70 (*Maurin et al, 2014*).

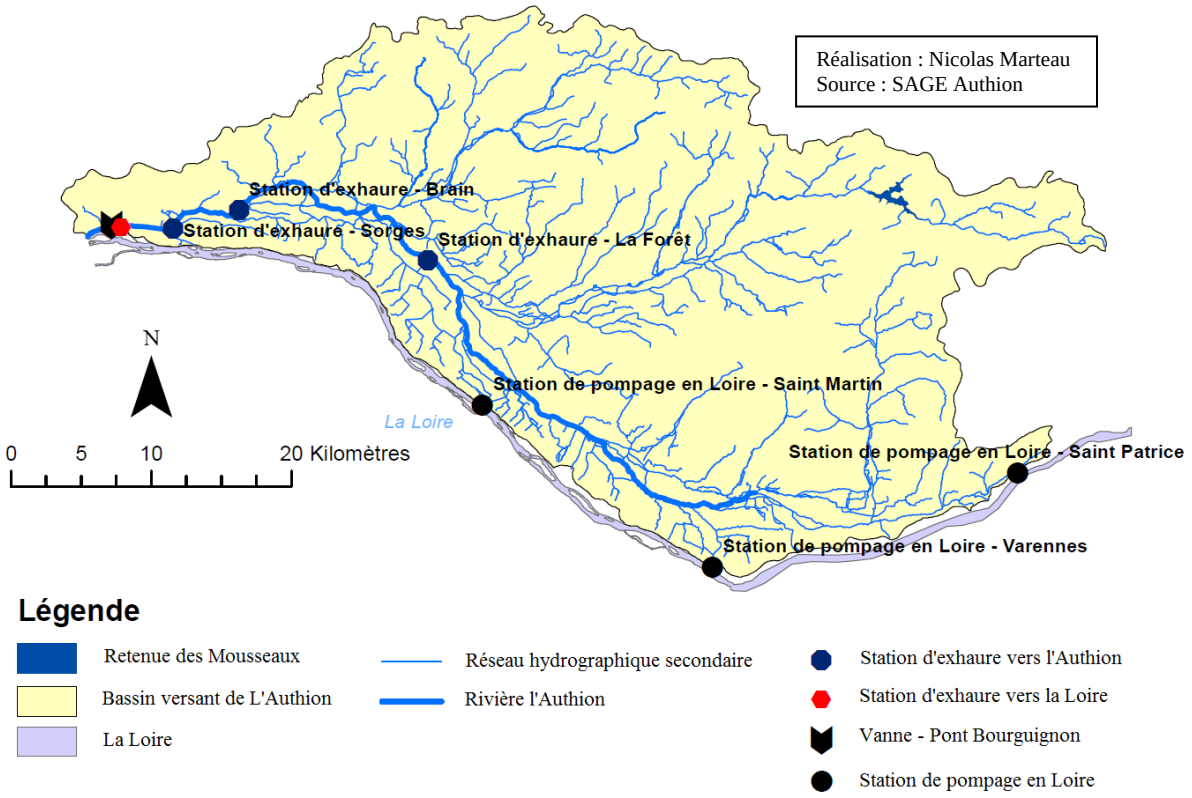


Figure 3: Carte des ouvrages hydrauliques majeurs du bassin versant de l'Authion

En période estivale, le barrage des Mousseaux (réservoir de 5 millions de m^3) est utilisé en soutien d'étiage du Lathan, affluent de l'Authion. Le Lane et les canaux entre la Loire et l'Authion sont également alimentés par trois stations de pompage en Loire. La ligne d'eau est maintenue par des ouvrages hydrauliques de types clapet qui permettent également la

[1] T : fréquence de retour

réalimentation des canaux du Val d'Authion. En période d'étiage, le niveau d'eau est donc parfois plus haut qu'en période de crues. Les pompages d'irrigation sont réalisés à partir des canaux ou directement dans l'Authion. Sur les 306 plans d'eau du bassin versant destinés à l'irrigation, 260 présentent un prélèvement supérieur à leur volume. Ces plans d'eau sont donc alimentés par des nappes d'accompagnement, des sources ou un ruissèlement plus ou moins important.
En période hivernale ou printanière, les pompages dans les canaux ou dans l'Authion sont essentiellement destinés à la lutte antigel sur les vignobles ou les cultures arboricoles. Le réseau de drainage dense du Val d'Authion est destiné à l'assainissement des terres agricoles. Il permet notamment d'accélérer l'accès aux parcelles des engins agricoles après les périodes de précipitations importantes. Il fonctionne à l'aide de drains collecteurs qui se rejettent dans les canaux par pompage via une station de refoulement. Certaines cultures spécialisées utilisent en même temps l'irrigation et le drainage afin de contrôler les flux d'eau apportés (*SAGE Authion, 2015).*

4. Enjeux

Le Val d'Authion est situé dans l'ancien lit majeur de la Loire entre la digue de Loire et l'Authion. Son fonctionnement est comparable à celui d'un marais du fait de sa position et des très faibles pentes. Il est caractérisé par un réseau dense et complexe de canaux et de fossés, dont le fonctionnement est régi par de nombreux ouvrages (barrages, stations de pompages).
Ce réseau hydrographique est destiné :

- aux usages agricoles : drainage, irrigation et abreuvement dans une moindre mesure

- à la gestion du risque inondation via l'évacuation des eaux d'infiltration de la digue de Loire et des eaux de ruissellement des communes situées en pied de digue.

Il apparait donc indispensable de maintenir un bon écoulement des eaux et de maitriser le dépôt sédimentaire pour ne pas augmenter le risque dans les zones à enjeux.

5. Occupation du sol en contexte agricole

Le Val d'Authion est fortement agricole du fait du risque inondation et du Plan de Prévention du Risque Inondation (PPRI) qui limite l'implantation de zones urbaines et industrielles. En effet, 66.4% de la surface du bassin est utilisée pour des activités agricoles d'après Corine Land Cover 2006. Les surfaces de forêts et d'espaces naturels occupent 26.1%, les territoires artificialisés 6.1% et les surfaces en eau 1.3%. L'économie du bassin versant, et notamment de la vallée de l'Authion repose essentiellement sur l'agriculture, où les cultures spécialisées à haute valeur ajoutée ont été favorisées : production de semences pour grandes cultures, production de graines, horticulture, arboriculture, viticulture. Le pourcentage de terres labourables de la surface agricole utile est en augmentation depuis 1988 (*SAGE Authion, 2015*). 50% de cette surface labourable est cultivée avec des céréales ce qui représente 18% de la surface du bassin versant. 21000 ha ont été irrigués en 2011 soit 15% de la surface du bassin versant. Les apports en eau par hectare représentent par exemple 10000 m^3 pour les pépinières hors sol et 4000 m^3 pour les cultures maraichères. La surface agricole drainée déclarée lors du Recensement Général Agricole (RGA) de 2013 représente plus de 5500 ha sur le bassin.

6. Contexte sédimentaire du Val d'Authion

6.1. Equilibre dynamique d'un cours d'eau (généralités)

Les cours d'eau tendent naturellement vers un état d'équilibre dynamique en utilisant deux types de variable *(Schumm, 1977 in Malavoi et Bravard, 2010)* :

- Les variables de contrôle (extrinsèques), influencent directement le cours d'eau et sa dynamique fluviale. C'est le cas du débit liquide et de la charge solide. Elles sont influencées par la géologie. En effet, celle-ci conditionne l'évolution de la sédimentologie et l'érodabilité des berges. L'occupation du sol à l'échelle du bassin versant, le climat ou la morphologie de la vallée par exemple influencent également ces variables et l'évolution de la morphologie du lit.
- Les variables de réponses (intrinsèques) s'appliquent à l'échelle du tronçon de cours d'eau. La largeur du lit à plein bord, sa profondeur, sa pente, et la sinuosité permettent au cours d'eau de s'adapter aux variables de contrôle.

La balance de *Lane (1955)* conceptualise l'équilibre entre la charge solide (débit solide et granulométrie) et le débit liquide (influencé par la pente). Chaque côté de la balance influence les processus d'érosion et de dépôts et entraine l'ajustement permanent de la morphologie du cours d'eau (*Malavoi et Bravard, 2010*).

L'action anthropique influence ces processus à travers les modifications morphologiques apportées (rectification, curage, extraction de granulats, obstacles à l'écoulement…).

Les travaux de *Brookes (1988) in Wasson et al. (1995)* montrent que les capacités d'ajustement d'un cours d'eau sont fonction de sa puissance spécifique. Il détermine ainsi un seuil (35w/m²) à partir duquel un réajustement naturel peut s'observer. Ces travaux ne prennent pas en compte la granulométrie et ne se basent que sur l'énergie des cours d'eau. D'autres paramètres que la puissance spécifique tels que l'érodabilité des berges et les apports solides peuvent intervenir (*Malavoi et Bravard, 2010).*

6.2. Sédiments cohésifs (généralités)

Les sédiments cohésifs sont soumis à des phénomènes de dépôts, de tassement, d'érosion et peuvent représenter une part importante du transport solide des cours d'eau. Ils sont définis comme un mélange de minéraux argileux de taille inférieur à 2 µm (kaolinite, illite, smectite et chlorite), de silts (entre 2 µm et 63µm), de sables, de matière organique, d'eau et de gaz. La cohésion de ces sédiment est influencée par les propriétés physico-chimiques de la vase, les propriétés chimiques du cours d'eau, les caractéristiques d'écoulement, la structure du lit du cours d'eau et l'activité biologique (*Pouv, 2011*). Les particules fines sont soumises à des forces d'attractions moléculaires (Van der Waals) et électriques liées notamment aux charges négatives des argiles (*Le Hir, 2008*). L'envasement d'un cours d'eau est favorisé par la prolifération d'algues ou de plantes aquatiques. En effet les dépôts organiques s'ajoutent aux dépôts minéraux pour former la vase par floculation. Une accumulation naturelle de ces sédiments fins est observée sur le lit des rivières et des ruisseaux (*Lisle et Hilton, 1992*). Les faibles vitesses d'écoulement à l'amont d'ouvrages hydrauliques (seuils, barrages) favorisent le dépôt de ces vases et leur accumulation entrainant un colmatage du substrat. L'élargissement des cours d'eau (lors d'un recalibrage par exemple) entraîne une diminution des vitesses d'écoulement et favorise également l'accumulation de sédiments fins.

Le dépôt de ces sédiments est également dépendant de la floculation. Celle-ci est facilitée par une granulométrie fine, une concentration en particules importantes, ainsi qu'une température élevée de l'eau (*Migniot,1989*). Il apparait que la vitesse de chute est entravée par une concentration importante en particules (*Richardson et Zaki, 1954*). De plus, la probabilité qu'une particule reste au fond après sa chute est dépendante des forces de turbulence mais uniquement si le dépôt devient rigide (loi de Krone). Les effets hydrodynamiques ont donc une influence sur l'érosion ou l'accumulation de ces sédiments.

L'érosion des sédiments cohésifs est décrite par *Winterwerp et van Kesteren (2004)* comme étant de l'érosion par entrainement, de l'érosion en bloc, en surface ou en masse. La remobilisation des sédiments cohésifs est effective lorsque la contrainte de cisaillement du fluide est supérieure à la contrainte critique d'érosion.

6.3. Zones de productions de sédiments sur le bassin versant de l'Authion

L'impact de l'érosion est visible sur les zones de production des sédiments comme sur les zones de dépôt (*Degan et al., 2014*). La dégradation des sols influence la productivité agricole à travers la perte de matière organique dans les horizons superficiels par exemple. La quantité parfois importante de sédiment produit peut aussi provoquer une surcharge sédimentaire dans les cours d'eau. Ces matériaux sédimentaires sont des produits de l'érosion du bassin versant. Ils sont transférés vers l'hydrosystème puis stockés sous forme de dépôts ou exportés vers l'exutoire. Les activités humaines favorisent ce transfert et également le dépôt en amont des barrages ou des seuils dans certains cours d'eau (*Lisle et Hilton, 1992*).

6.3.1. Les versants

Les versants peuvent fournir une quantité importante de matière par érosion diffuse ou concentrée. L'érosion diffuse est rarement connectée au réseau hydrographique et sa capacité de transport est limitée. Elle peut représenter une érosion importante sur les sols nus et à texture limoneuse principalement. L'érosion concentrée forme des ravines ou rigoles, ce qui favorise le transport d'une quantité importante de matières vers l'hydrosystème. Le ruissèlement s'observe lorsque la quantité d'eau précipitée est supérieure à la capacité de stockage du sol ou à la vitesse d'infiltration de l'eau dans ce sol.

L'érosion des sols est un phénomène naturel aggravé par les pratiques agricoles et par les modifications du paysage comme la suppression des haies et des talus par exemple. Ces transformations sont visibles sur le bassin versant de l'Authion du fait de l'aménagement des parcelles et des travaux hydrauliques agricoles. Ces changements s'opèrent principalement suite au remembrement des parcelles agricoles et à la conversion des exploitations de maraichages ou d'élevages en grandes cultures.

6.3.2. Les berges

Les berges des cours d'eau, notamment de ceux rectifiés et recalibrés, sont également des zones de production importante de matériaux. De plus le transfert de la zone de production vers l'hydrosystème est immédiat (Figure 4).

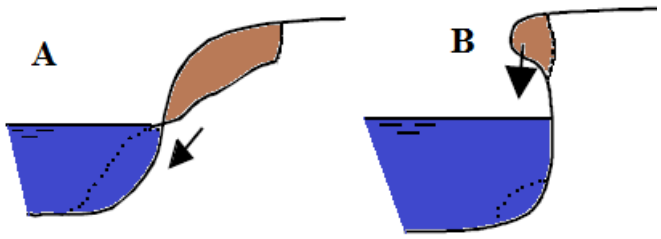


Figure 4: Schéma de dégradation de berge par glissement (A) et sapement (B

Plusieurs processus de dégradation de berges identifiés (*Degoutte, 2012*) sont présents sur la zone d'étude.

- L'érosion liée au ruissèlement sur les berges faiblement végétalisées semble peu importante.
- La faible cohésion des matériaux constitutifs de la berge peut être à l'origine de sa déstabilisation. Les pentes importantes (profils en « U » du cours d'eau) et l'alternance répétée des cycles de hautes et basses eaux sur les affluents de l'Authion favorisent ce phénomène.
- Le ragondin, le rat musqué et l'écrevisse de Louisiane sont fortement implantés sur le bassin versant. Le ragondin et le rat musqué participent à la dégradation des berges par la création de terrier qui entraine jusqu'à 1m^3 de sédiment de la berge vers le cours d'eau. Ils aménagent également des remontées pour se nourrir sur les versants. L'écrevisse de Louisiane occasionne des dégradations de berges par la création de terriers. Elle cause également un profond déséquilibre de l'écosystème en épuisant les ressources alimentaire les unes après les autres.
- La culture en peupleraie ou les peupliers alignés sur le bord des cours d'eau est également un facteur de production. En effet cette espèce végétale possède une prise au vent importante et un système racinaire peu développé en profondeur. L'arrachage par le vent d'un peuplier peut entrainer plusieurs m^3 de berges et créer un élargissement du cours d'eau. L'arbre tombé dans le cours d'eau peut également participer à l'érosion de la berge opposée par déviation du courant (phénomène de déflection).
- L'accès direct au cours d'eau d'un troupeau peut dégrader de façon très importante les berges sur les zones d'abreuvement non aménagées. Le piétinement de la berge favorise également sa déstabilisation.

- Le système de pompage des affluents vers l'Authion peut amener la nappe à alimenter les cours d'eau par les berges. Ce phénomène peut entrainer un transfert de matière fine par ruissellement jusqu'au cours d'eau et peut également participer à la déstabilisation des berges.
- Les pompes de refoulement des réseaux de drainage (Figure 5) sont également déstabilisantes pour les berges. En effet elles produisent des vidanges qui entrainent une érosion importante du fond du cours d'eau et une érosion latérale si le flux est dirigé vers la berge.



Figure 5: Pompe de refoulement d'un collecteur de drains agricoles

6.4. Le réseau de drainage

Le réseau de drainage des zones agricoles est constitué d'un maillage de dépressions, de rigoles et de fossés très denses. Ils transportent les produits du ruissèlement du bassin versant vers le réseau hydrographique principal. Ils sont également le vecteur de transfert d'une importante quantité de matières en suspension (MES), notamment des argiles lessivées et des colloïdes issus des drains agricoles. Ces eaux sont rejetées directement dans le réseau hydrographique via des collecteurs de drains gravitaires ou munis de pompes. Les flux de matière en suspension exportés sont irréguliers et en lien avec les évènements pluvieux. Les pics de débits sont observés après les évènements pluvieux et d'autant plus en cas d'absence de couverture végétale. Il existe donc une saisonnalité dans les apports. Ils peuvent représenter sur certains bassins versants des dizaines de kilogrammes à l'hectare et parfois avoir des concentrations plus importantes en MES que les cours d'eau (*Penven et Muxart, 1995*). Il n'y a cependant pas de relation directe entre débit liquide et la charge en suspension. (*Penven et al., 2001).*

Le bassin versant de l'Authion est soumis au risque inondation et aux contraintes économiques notamment agricole. L'aménagement des cours d'eau, avec de nombreux ouvrages hydrauliques, est un frein à la continuité écologique et sédimentaire.

Les caractéristiques du bassin versant, comme ses faibles pentes, ne favorisent pas le rééquilibrage naturel des cours d'eau et nécessite de comprendre le fonctionnement sédimentaire afin d'adapter la gestion du bassin.

Matériels et méthodes

1. Etat des lieux du réseau hydrographique et des sous bassins versants

L'état des lieux permet un diagnostic de l'hydromorphologie du réseau de cours d'eau, il affine la connaissance sur le réseau maillé de fossés et de canaux et il permet d'identifier les zones d'apports de sédiment à l'échelle du bassin versant de l'Authion. L'état des lieux s'inscrit dans la continuité des différents inventaires réalisés grâce aux méthodes existantes de caractérisation des cours d'eau et des sous bassin versant. Il s'agit de comprendre et d'apporter de la connaissance sur la dynamique sédimentaire à l'échelle du Val d'Authion.

L'état des lieux concerne ici les cours d'eau compris dans le Plan de Prévention du Risque Inondation (PPRI) du Val d'Authion et non renseignés dans la base de données SYRAH.

1.1.Méthodes existantes de caractérisation des cours d'eau

1.1.1. Méthode SYRAH

Le projet SYstème Relationnel d'Audit de l'Hydromorphologie des Cours d'Eau (SYRAH-CE) mené par le Centre national du machinisme agricole, du génie rural et des Eaux et Forêts (Cemagref) permet de réaliser un système d'audit fonctionnel des altérations hydromorphologiques sur l'ensemble du territoire français. La sectorisation a pour objectif de

distinguer, au sein d'un cours d'eau, des entités spatiales cohérentes sous forme de tronçons géomorphologiques homogènes. Dans le cadre de projet de restauration, ces entités peuvent être utilisées comme unités de gestion (*Valette et al., 2008*). La sectorisation de cette méthode en entités emboitées a été effectuée sous système d'informations géographiques (SIG), en fonction de l'analyse de toutes les variables discriminantes utilisées : largeur, pente, géométrie du fond de vallée, ordination de Strahler et nature géologique du substrat. La taille minimale des tronçons varie de 1km à 20km entre les cours d'eau de rang de Strahler 1 à 8.

1.1.2. Méthode REH

Le Réseau d'Évaluation des Habitats (REH) est une base de données sur l'état hydromorphologique des cours d'eau. Il utilise un découpage en tronçon (de quelques km à plusieurs dizaines de km) homogène sur le plan de la morphologie (largeur, profondeur…). L'objectif de ce découpage est de prendre en compte les exigences en termes d'habitats des poissons en identifiant les caractéristiques de l'hydrologie, de la morphologie du cours d'eau, et de la qualité de l'eau.

1.2. Découpages existants des sous bassins versants du site d'étude

Il existe plusieurs découpages des sous bassins comme celui des Masses d'Eau du bassin versant. Les différents découpages hydrologiques peuvent être réalisés à plusieurs échelles spatiales emboitées. Certains découpages existants sont issus du travail de bureaux d'études ayant menés des études pour le SAGE (ANTEA). Les découpages sont cohérents avec les études pour lesquelles ils sont réalisés et nécessitent d'être adapté au fonctionnement sédimentaire du bassin versant de l'Authion.

1.3. Protocoles de réalisation de l'état des lieux des cours d'eau du Val d'Authion

1.3.1. Utilisation des bases de données hydrographiques

Une compilation des différentes bases de données hydrographiques disponibles est nécessaire afin de définir le linéaire de cours d'eau à investiguer. La Direction Départementale des Territoires (DDT) du 37 et du 49 sont en charge de la révision du classement des cours d'eau. Sur le département d'Indre et Loire, la donnée identifiant les cours d'eau est disponible et à jour. Pour le département du Maine et Loire, le SAGE dispose d'une base de données hydrographique issue de la base de données (BD) Carthage modifiée par l'Entente Authion et le syndicat de rivière SMBAA en fonction des observations de terrain. Cette base de données correspond au réseau de cours d'eau et fossés dont le SMBAA a la charge. Certain cours d'eau, dont la gestion est communale, sont absents de ce réseau. Le bureau d'études ANTEA a également fourni une base de données utilisant la BD Carthage.

Le Val d'Authion et le périmètre du Plan de Prévention du Risque Inondation (PPRI) délimitent le linéaire défini dans les objectifs de stage (Figure 6). Nous avons donc recoupé les informations sur le réseau hydrographique de la BD Carthage avec les données des syndicats en utilisant les outils de jointure, de fusion et de découpage du logiciel de SIG QGis. Ce recoupement permet la création d'une base de données exploitable sous SIG regroupant l'ensemble du réseau hydrographique du Val d'Authion différencié entre cours d'eau et fossés. Les fossés et le linéaire de cours d'eau couvert par la donnée SYRAH c'est-à-dire l'Authion et

certains de ces plus gros affluents sont exclus de cette nouvelle base de données. Des corrections ont été apportées en fonction des travaux (jonctions entre canaux par exemple) ou des observations de terrain. Nous avons également fait remonter les informations à la DDT 49 concernant quelques corrections des tracés des cours d'eau observés sur le terrain.

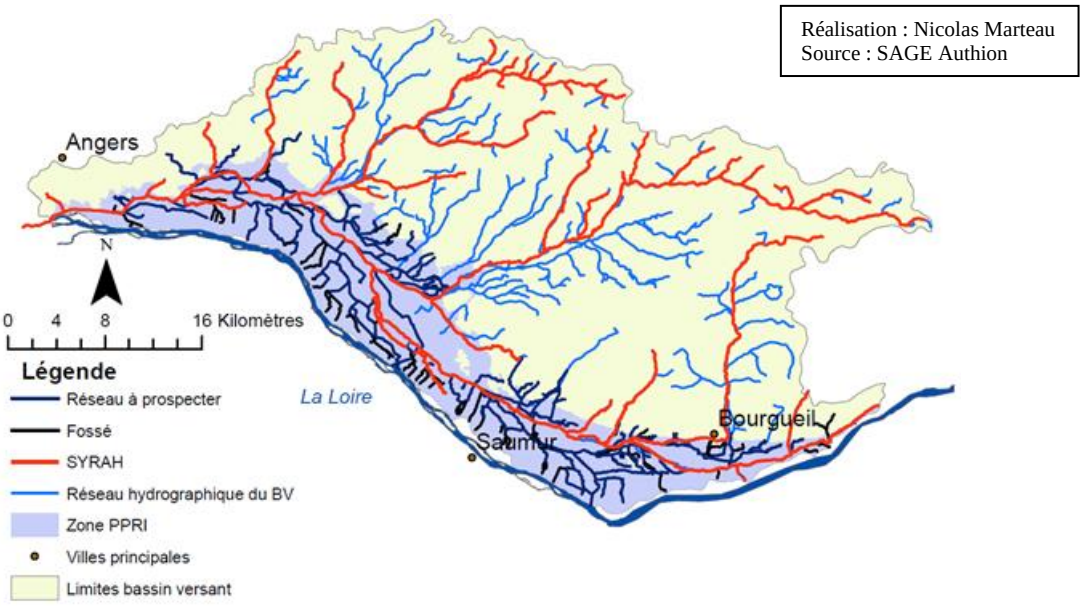


Figure 6: Carte du réseau hydrologique de l'état des lieux

1.3.2. Sectorisation et méthode de découpage hydrologique

Le degré de précision de l'état des lieux a été défini en fonction de l'importance du réseau hydrographique à étudier. La zone d'étude comportant 284 km de cours d'eau, la précision de l'état des lieux a été adaptée. La méthode de caractérisation du linéaire est décrite en annexe 2 avec le détail de la fiche terrain élaborée pour l'étude.

Une tablette fonctionnant avec le système d'exploitation Androïd 5.0 est utilisée sur le terrain. L'application QField utilisée est une version Androïd simplifiée du SIG QGis. Elle permet la géolocalisation et la modification des champs de tables attributaires de la base de données hydrographique. Ainsi, un cours d'eau homogène sur tout son linéaire pourra être caractérisé directement à travers la modification de ses attributs. En revanche, cette application ne permet pas encore les modifications des vecteurs et donc si un découpage en tronçons homogènes est nécessaire, des cartes papiers sont utilisées pour identifier les différents tronçons qui seront ensuite intégrés au SIG. Ces cartes ont une emprise carrée de 15km sur la zone d'étude et sont au nombre de 5 (annexe 3). Elles permettent une résolution suffisante pour le découpage et l'identification des nouveaux tronçons à reporter. Un tableau contenant les mêmes critères de description que dans l'application est ensuite rempli pour chaque tronçon. Ces informations seront ensuite saisies après découpage du vecteur sur QGis pour chaque tronçon.

Les critères de sectorisation en tronçons homogènes sont les critères de description du cours d'eau. Trois compartiments sont décrits de façon à refléter leur influence sur le transport sédimentaire:

- Le cours d'eau, à travers son ombrage, la présence d'ouvrages ou d'embâcles, son faciès d'écoulement, sa hauteur d'eau (basses et hautes eaux), sa granulométrie, la présence de dépôts de vase, et la végétation dans le lit.

- Les berges (gauche et droite) sont décrites séparément à travers leur ripisylves, les marqueurs d'érosions ou de dégradation, la présence de ragondins, la hauteur, la pente et la présence de déchets.
- Les versants sont également décrits avec l'occupation du sol, la présence visible de sortie de drains de stations de pompage, et la présence de bandes enherbées.

Une variation spatiale de ces critères ou une confluence permettent de considérer que le cours d'eau n'est pas homogène sur le linéaire étudié. Cette segmentation est nécessaire pour apporter de la finesse à l'interprétation. Pour faciliter l'exploitation sous SIG, il est indispensable d'harmoniser le remplissage des champs et de ne pas tomber dans l'excès concernant le découpage. Par exemple, si un tronçon de plusieurs centaines de mètres présente une ripisylve dense sauf sur une dizaine de mètre où celle-ci est absente, on considérera ce tronçon homogène. On pourra noter et localiser en remarque sur la fiche cette hétérogénéité.

1.3.3. Réalisation de profils topographiques

Afin d'évaluer l'évolution de la morphologie des cours d'eau du Val d'Authion, nous avons étudié les archives topographique du SMBAA. Il s'agit de comparer la morphologie des cours d'eau ayant subis des curages répétés entre la période de réalisation de ces travaux et aujourd'hui. Pour certain canaux, il existe des profils en long et en travers ainsi qu'un plan parcellaire. Grace au plan parcellaire du canal 500 de 1981, nous avons identifié deux profils en travers au niveau desquels se trouve aujourd'hui une passerelle pour les traverser et faire un relevé topographique. En effet le fond vaseux ne permet pas de réaliser un profil sans passerelle.

1.3.3.1.Mesures topographique sur le terrain

Un rattachement au Nivellement Général de la France (NGF) de ces profils est impossible (avec le matériel disponible) du fait de l'éloignement des bornes de l'Institut Géographique National (IGN). On utilise un niveau optique et une mire télescopique pour réaliser les profils en travers. Les points de mesures sont le haut de berge, le milieu de berge, le pied de berge, le milieu de la section, le tiers et les deux tiers de la largeur de la section. On pose la mire sur le toit de la vase puis on l'enfonce jusqu'au substratum.

1.3.3.2. Exploitation des données topographique

L'exploitation des résultats est réalisée avec Excel. Il est nécessaire de rapporter les mesures de terrain et les relevés topographiques réalisés en 1981 dans le même référentiel. On utilise la cote altimétrique du chemin communal comme référence puisqu'il est toujours situé au bord du cours d'eau. La superposition des profils est réalisée en corrigeant les distances entre haut de berge et chemin.

1.4. Exploitation de données issus de MNT

L'objectif de ce travail sur les modèles numériques de terrain (MNT) est de valoriser l'information pour développer la connaissance notamment du réseau de fossés. Ce réseau très dense est le vecteur principal du transport des sédiments jusqu'aux cours d'eau.

1.4.1. MNT LIDAR

Nous travaillons sur un MNT Light Detection and Ranging (LIDAR) d'un pas de 1 mètre. Il apparait judicieux (pour limiter les temps de calculs et les bugs logiciel) de stocker l'ensemble des données sur un disque dur physique et non sur serveur et également de préférer un chemin d'accès court comme un emplacement sur le bureau de Windows. Les fichiers à disposition ne comprennent pas les pixel eau, bâti et végétation qui prennent des valeurs « no data » (-9999). Après extraction des données des fichiers zip, les données brutes se regroupent par dalle carrés (taille de 1000 pixels de côté) sous format .xyz. On utilise ces fichiers pour créer un MNT pour chaque dalle grâce à QGis. Il est ensuite nécessaire de regrouper ces dalles pour ne pas répéter les opérations de traitement. Un format .vrt ayant comme emprise le bassin versant est généré et utilisé pour la suite.

La première étape d'exploitation de ce MNT consiste à remplir les valeurs nulles avec l'outil d'analyse raster de QGis. Il s'agit d'une interpolation des valeurs manquantes grâce aux valeurs des pixels adjacents.

Le traitement consiste dans un premier temps à importer les couches raster et vecteur dans le module GRASS. On transforme le vecteur cours d'eau en raster (fonction « v.to.rast.value ») puis on utilise la fonction « r.watershed ».

1.4.2. MNT 25m

Un MNT dont la taille des pixels est de 25m de côté est utilisé pour réaliser une carte des pentes du bassin versant. Les dalles sont également assemblées et découpées pour correspondre à l'emprise de la zone d'étude. L'outil de traitement raster de QGis est utilisé pour réaliser la représentation des pentes.

1.5.Analyse des apports sédimentaire des têtes de bassins versant

Afin d'apporter de la connaissance sur les zones de production des sédiments de têtes de bassin, nous avons travaillé sur la détermination d'un aléa érosif. Cet aléa permettra d'identifier des zones de sensibilité plus ou moins élevée à l'érosion des sols.

1.5.1. Carte des pentes

La carte des pentes réalisée avec le MNT 25 mètres est utilisée pour définir les zones présentant les plus fortes pentes. Une extraction par masque des plus fortes pentes (> 3%) grâce à la calculatrice raster, permet de mettre en avant des zones où la forte pente peut favoriser l'érosion.

1.5.2. Cartographie des textures superficielles des sols

1.5.2.1. Utilisation du SIG

Une compilation des données pédologique disponibles sur le bassin versant est nécessaire à sa couverture complète. Cette compilation regroupe différentes échelles et des cartes de description des sols ainsi que des cartes de description des textures superficielles des sols :

- Nous disposons de la donnée numérique de la carte des sols du département 49 au 1/250 000. Cette carte permet de compléter les parties sans donnée.

- On utilise la carte des sols 1/100000 d'Angers mais on s'intéresse plus particulièrement aux textures des entités de sols sur l'horizon de surface contenues dans sa notice.
- On utilise également les cartes des textures superficielles des sols de Château-La-Vallière et de Chinon au 1/50000. Les cartes papiers ont été scannées et géo-référencées pour être intégrées au SIG QGis.
- Les cartes papiers des sols de la Vallée de l'Authion au 1/25 000 et leur version numérique concernant les sols hydromorphes (réalisée dans le cadre de l'étude de prélocalisation des zones humides) sont également utilisées.

En superposant les cartes des pentes (transparence de 50%) et ces cartes de sols, on peut déterminer des zones géographiques favorables à l'érosion des sols. Ces zones sont caractérisées par des pentes plus importantes et des textures de sols plus sensibles à la battance que pour d'autres zones géographiques.

1.5.2.2. Sondages pédologiques et visites sur le terrain

Plusieurs sondages pédologiques sont effectués sur ces zones afin de vérifier la délimitation des classes de textures des horizons de surfaces. Ces visites terrain permettent également de vérifier l'occupation du sol, les caractéristiques de travail du sol et de localiser d'éventuelles marques d'érosion par ruissellement de surface.

1.5.3. Occupation du sol

Les informations d'occupation du sol sont issues de Corine Land Cover 2012. Avec le niveau 3 de classement des occupations du sol, nous avons créé 3 catégories : une première regroupant des zones de ruissellement important mais dont les apports en sédiments sont limités : zones urbaines, voiries… La deuxième classe correspond aux zones où le ruissèlement peut être limité par l'occupation du sol comme sur les prairies ou les forêts. Et la dernière classe qui correspond aux zones qui peuvent être sensibles au ruissellement suivant les conditions de cultures : enherbement entre les rangs de vignes ou non, couverture du sol en inter-culture ou non…

1.6. Méthodes d'exploitation des données de l'état des lieux:

1.6.1. Exploitation des facteurs influençant la sédimentation

On utilise les tableaux de la base de données et le SIG pour croiser les critères d'évaluation des cours d'eau avec l'ensemble des données relevées sur le terrain. L'objectif est de définir des critères qui influencent la sédimentation et l'envasement.

1.6.2. Identification de sous bassins versants cohérents pour le suivi sédimentaire

On peut définir des sous bassins versants regroupant les cours d'eau ayant un fonctionnement similaire. Ce travail se base sur l'exploitation des critères d'évaluation relevés durant l'état des lieux.

2. Suivi de la sédimentation du Val d'Authion

Les syndicats souhaitent établir un plan de suivi de la sédimentation à l'échelle du Val d'Authion pour prévenir les futurs entretiens des canaux, prioriser leurs actions et améliorer les connaissances pour intégrer ce suivi dans un plan de gestion plus global.

La méthode employée pour le suivi sédimentaire doit être un outil opérationnel et rapide à mettre en œuvre (10 jours maximum par an). Il doit néanmoins permettre une vision de l'ensemble de la vallée de l'Authion.

2.1. Identification des processus sédimentaire

Dans un premier temps un protocole et des mesures d'envasement sont mis en place pour comprendre la dynamique saisonnière des sédiments dans les canaux (annexe 4) et tester différentes méthodes de mesure de l'envasement. Le suivi est effectué une fois par mois à l'aide d'une fiche terrain (annexe 5) utilisable sur la tablette de terrain.

2.2. Protocole de suivi sédimentaire

Synthèse des méthodes et outils de mesures existants

Un certain nombre de méthodes est présenté dans différents rapports de la Direction régionale de l'Environnement de l'Aménagement et du Logement (DREAL) Centre ou du Forum des Marais Atlantiques (FMA) par exemple. Ces protocoles ont inspiré les méthodes et la création de la perche de mesure que nous avons utilisées pour réaliser nos mesures d'épaisseur de sédiments.

Méthode de mesure de l'envasement des canaux du Val d'Authion

Durant l'état des lieux visant à caractériser la morphologie des cours d'eau, nous avons également recherché des points de suivi de la sédimentation. Ils sont caractérisés par un accès simple par le réseau routier, par une distribution pertinente représentative d'un ensemble hydrographique (sous bassin versant) et par une localisation non influencée par un ouvrage hydraulique perturbant la dynamique sédimentaire (buse, clapet…). Ces points sont donc fixes et permettent une mesure reproductible dans le temps.

Pour chaque point, un suivi de l'épaisseur de vase sera effectué à l'aide d'une perche de mesure (Figure 7).

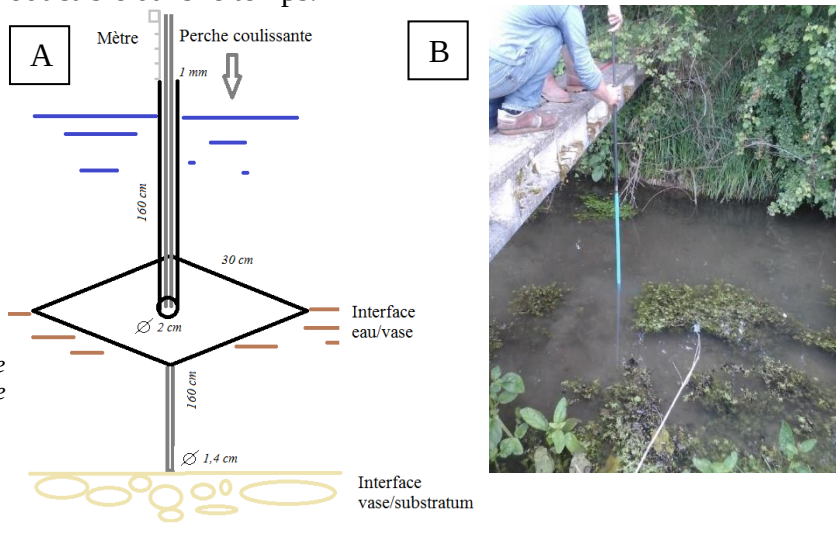


Figure 7: Schéma (A) et photographie (B) du fonctionnement de la perche de mesure de l'épaisseur de sédiment

Cette perche est constituée de deux parties : une partie (ici en noir) qui vient se poser à l'interface eau/vase et une seconde (ici en gris) qui vient coulisser dans la première afin d'atteindre l'interface vase/substratum. On peut ainsi mesurer avec un mètre à quelle profondeur la perche grise s'est enfoncée par rapport au support noir.

Une seconde mesure est réalisée lorsque la passerelle constitue un référentiel fixe en altimétrie. On exclut pour cette mesure les passerelles en bois flexibles qui peuvent entrainer un biais trop important de l'ordre de plusieurs centimètres. La mesure s'effectue entre le toit du sédiment meuble et le repère réalisé sur la passerelle.

Résultats et discussions

1. Résultats de l'état des lieux

L'ensemble des méthodes utilisées pour réaliser l'état des lieux permet d'appréhender la dynamique sédimentaire du bassin versant. Cet état des lieux affine la connaissance sur le réseau maillé de fossés et de canaux permettant le transport sédimentaire et il permet d'identifier les zones et les causes d'apports de sédiment à l'échelle du bassin versant de l'Authion.

1.1.Description de la morphologie des cours d'eau du Val d'Authion

Le diagnostic morphologique a été réalisé sur la quasi-totalité du linéaire de cours d'eau présent dans le PPRI. Il représente 231 tronçons sur 275,4 km (Figure 8).

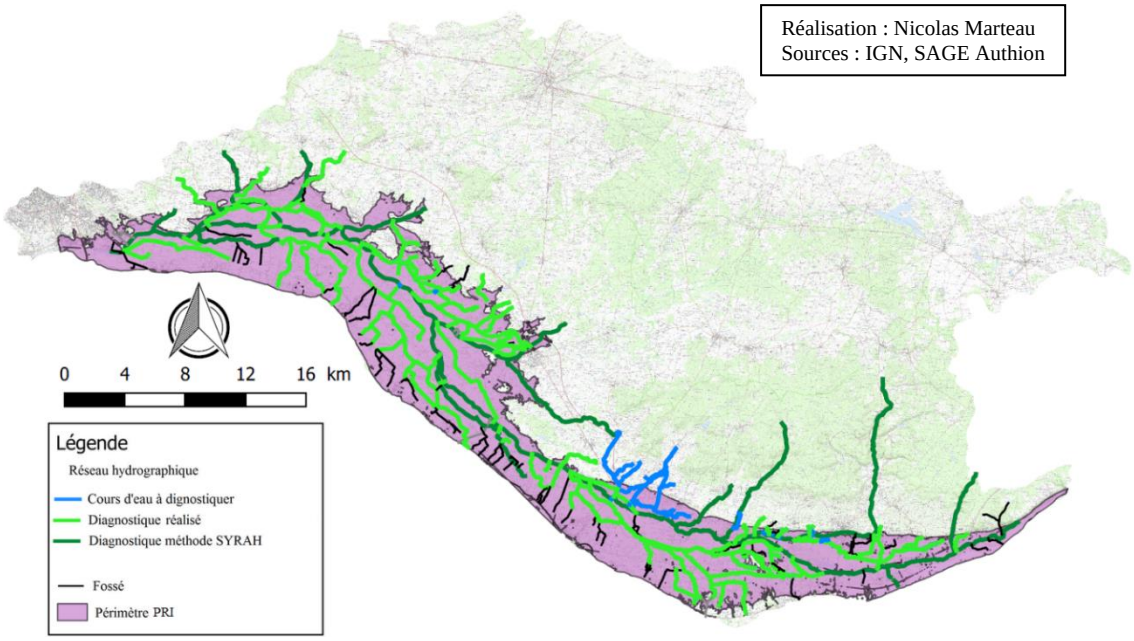


Figure 8: Carte de l'avancement de l'état des lieux

L'exploitation des données de l'état des lieux permet de déterminer quels critères (parmi ceux utilisés dans l'état des lieux) influencent la sédimentation de manière déterminante.

L'unité de découpage (tronçon), peut être utilisée comme entité statistique. Les attributs des tronçons sont homogènes ce qui permet l'analyse. L'analyse statistique de l'ensemble des critères permet présenter ici l'importance de la ripisylve et de l'ombrage pour la morphologie des cours d'eau.

Nous avons utilisés les requêtes sous formes de chaines d'expression de QGis pour mettre en évidence l'influence des critères choisis sur la sédimentation. Par exemple, on compare la densité de la ripisylve ainsi que sa présence en continu le long du cours d'eau, avec les dégradations de berges de type sapement (annexe 6). L'expression utilisée est la suivante : *"t_erosion_" is 'sapement' and "t_Continu_" is 'continue' and "t_Densit_1" is 'dense'*

Influence de la densité et la continuité de la ripisylve sur les dégradations de berge :

Sur 76.67 km de cours d'eau présentant une ripisylve dense et continue, 2.9 km présentent du sapement et du glissement, 12.42 km du sapement (Figure 10) et 2.9 km du glissement (glissement moyen). Donc 23,76% du linéaire recouverts d'une ripisylve dense présente des marques d'érosion de type sapement ou glissement.

En revanche sur les 99.96 km de cours d'eau sans ripisylve, 16.2 km sont soumis à du sapement et du glissement, 2,62 km à du sapement et 22.81 km à du glissement (glissements partiels, moyens et importants). On observe donc que 41.64% du linéaire sans ripisylve est soumis à du sapement et / ou à du glissement soit une part environ deux fois plus importante que pour les tronçons des cours d'eau dont la ripisylve est dense et continue.

⇨ **La ripisylve est donc très importante dans le maintien des berges.**

Influence de l'ombrage sur la densité de la végétation aquatique :

Sur 105.85 km de cours d'eau où l'ombrage est nul, 8.12 km présentent une densité de végétation aquatique très importante, 19.95 km une densité importante et 30.9 km une densité moyenne. Sur 55.71% des cours d'eau on observe donc avec une végétation qui couvre plus de 25% de la surface de l'eau.

A l'inverse sur 61.81 km de cours d'eau présentant un ombrage total ou important (22.33 km pour l'ombrage total et 39.48 km pour l'ombrage important), 43.17 km ne sont envahis par aucune végétation de type hélophytes ou lentilles (16.64 km et 26.53 km). Ce linéaire de cours d'eau sans végétation aquatique représente 69.8% du linéaire à ombrage total ou important. L'ombrage apporté par la présence d'une ripisylve (strate arborescente ou arbustive) dense contraint donc fortement le développement de la végétation aquatique.

L'influence combinée des différents critères de l'état des lieux sur la dynamique sédimentaire est plus complexe à appréhender. Par exemples :

- La présence d'ouvrages, très importante sur l'ensemble du bassin versant, favorise notamment le sapement mais celui-ci peut s'accompagner de glissement si le réseau racinaire de la ripisylve n'est pas suffisamment développé.
- Les ouvrages favorisent également les faciès d'écoulements plats lentiques. Ces faibles vitesses de courants, accompagnées d'un ensoleillement total, entrainent le plus souvent un développement abondant d'hélophytes dans le cours d'eau et parfois une couverture de lentilles à 100%. La forte eutrophisation peut être accentuée par les fertilisants utilisés sur les parcelles agricoles drainées par les canaux. La décomposition de ces végétaux entraine un apport important en matière organique qui favorise l'envasement de ces cours d'eau.
- Les sols à dominante sableuse de la zone d'étude sont occupés de cultures maraichères, et les berges des cours d'eau traversant ces parcelles sont généralement dépourvues de ripisylve ce qui entraine des glissements importants.

L'état des lieux permet également d'observer des cours d'eau restaurés (travaux réalisés par les syndicats) et des zones où le rééquilibrage naturel des cours d'eau s'effectue. On observe ainsi qui les glissements de berges peuvent former des banquettes et se végétaliser rapidement.

Ces modifications peuvent conduire à une accélération des vitesses d'écoulement par rétrécissement de la section d'écoulement. Le maintien d'un chenal principal dynamique permet au cours d'eau de développer des qualités écologiques intéressantes : allongement du cours d'eau par méandrage, variation des faciès d'écoulements et des substrats… Ces observations sont contraintes par certains critères, notamment par la présence d'ouvrages ou par une ripisylve très dense empêchant (par l'ombrage apporté) le développement de la végétation du cours d'eau.

Il est nécessaire de préciser que suivant la période de description des cours d'eau, il peut y avoir une différence de densité des plantes aquatiques observée. En effet la période d'investigation s'est étirée de fin Mars à début Juillet ce qui correspond à des stades de développement des hélophytes très différents. D'autre part, l'ensemble de ces résultats est représentatif des observations de terrain réalisée et est indépendant des types de sols constituant les berges par exemple.

1.2. Délimitation de sous bassins versants

Le découpage des sous bassins versant peut être utilisé comme référence pour le plan de suivi sédimentaire. La délimitation de ces sous bassins versants cohérents est réalisée notamment grâce à la connaissance du réseau hydrographique acquise durant l'état des lieux. Nous avons identifié ces sous bassins versant (Figure 9) regroupant des cours d'eau homogène vis à vis du transport sédimentaire. Ils présentent un fonctionnement et un transport sédimentaire homogène le plus souvent régi par un ouvrage à l'exutoire.

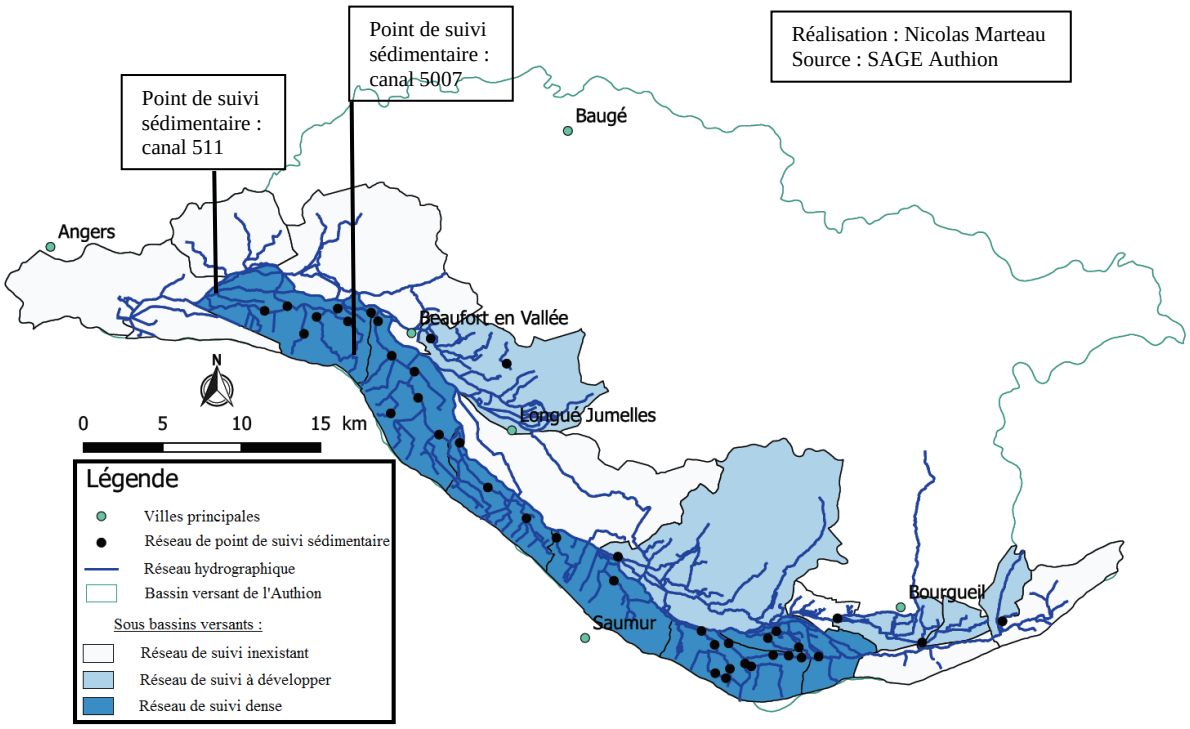


Figure 9: Cartes des sous bassins versants homogènes pour le transport sédimentaire

Nous avons identifié 19 sous bassins versants sur le Val d'Authion. La distribution spatiale des 39 points de suivi sédimentaire est hétérogène. Ces points sont plus nombreux entre l'Authion et la Loire où le réseau de suivi est dense du fait du grand nombre de passerelles ayant pour utilité initiale le maintien des crépines de pompage dans les canaux. Certains sous

bassins ne comportent qu'un seul point de suivi de la sédimentation, le plus souvent proche de l'exutoire. Il peut être intéressant de déterminer d'autres points de mesures sur ces bassins pour quantifier les influences des différents affluents ou des ouvrages en amont. Enfin, les sous bassins versant dont le suivi sédimentaire est inexistant présentent un réseau hydrographique moins dense. Un point de mesure de la sédimentation représentatif de ces bassins peut être envisagé.

1.3.Analyse topographique de la morphologie des cours d'eau

L'analyse des profils topographiques du canal 500 réalisés en 1981 et 2016 permet de visualiser l'évolution de sa morphologie (Figure 10).

Rive gauche Rive droite

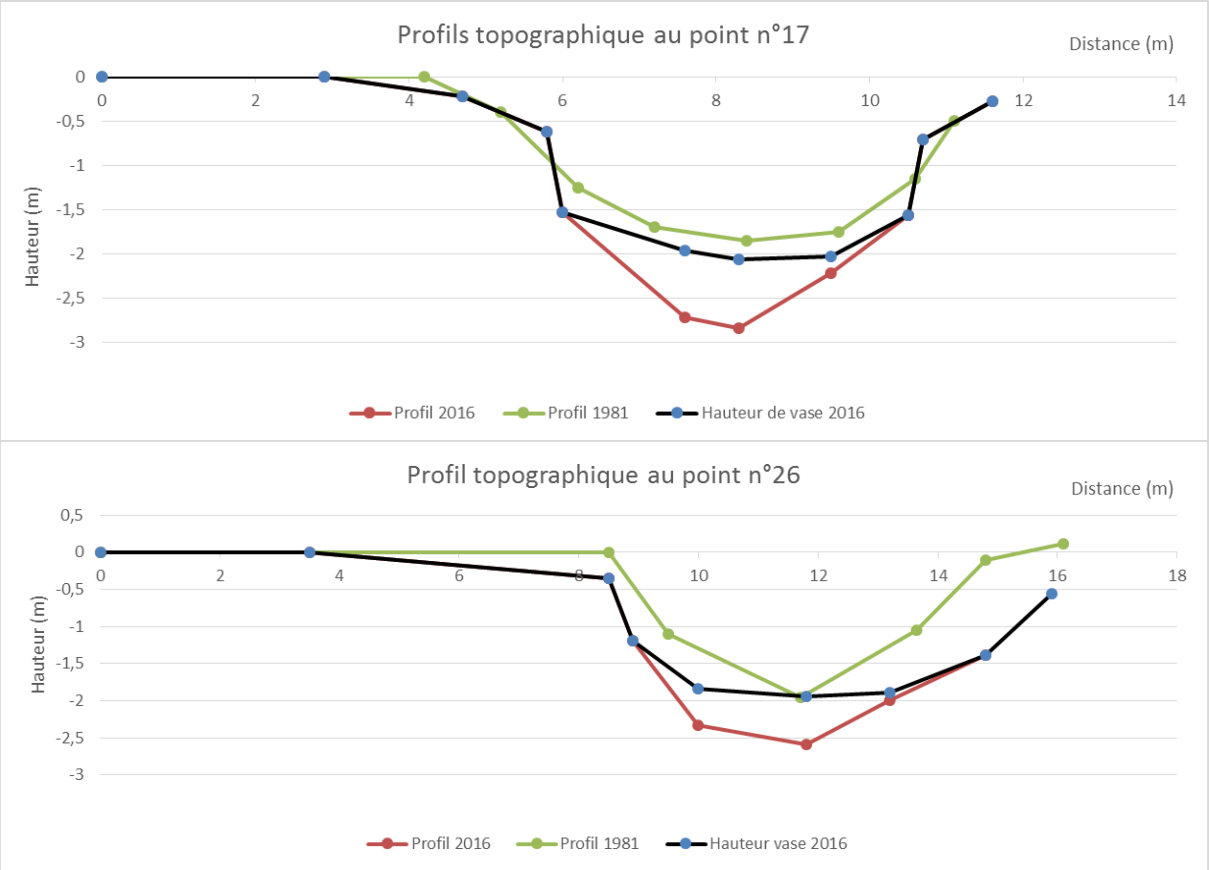


Figure 10: Profils en travers sur le canal 500

Sur le profil n°17 on observe un maximum de 95 cm de différence entre les cotes de fond de cours d'eau de 1981 et celui de 2016. On observe une couche de vase d'une hauteur très importante en 2016 (jusqu'à 77 cm). La largeur des deux profils correspond aux cotes mesurées en 1981.

Sur le profil n°26 la différence de hauteur entre les profils est de 64 cm avec une couche de vase de 63 cm au maximum. Le calage de la berge gauche permet de mesurer un décalage de 115 cm au niveau du pied de la rive droite. Ce décalage est accentué graphiquement par le nombre de points de mesures différents entre les années : profil en 5 points en 1981 contre profil en 7 points en 2016. On observe également un décalage de la cote de haut de la rive droite qui peut s'expliquer par une hétérogénéité de la berge

Les hauteurs de vase importantes sur ces deux profils reflètent l'état général du cours d'eau qui est lui-même représentatif de l'évolution des canaux de la zone d'étude. Des travaux de curages ont été réalisés entre 1981 et 2016 sur différents tronçons du canal 500 et expliquent la différence de cote de fond. Ces travaux hydrauliques n'ont pas abaissés les cotes des buses (permettant le franchissement des routes et chemins) au niveau du fond de lit créé. Elles sont donc au-dessus du niveau d'eau et entrainent un envasement conséquent en amont par ralentissement des écoulements. Cette différence de cote, le sous dimensionnement de ces buses, et l'action des différents ouvrages (clapets) qui contraignent ce canal, favorisent très largement l'envasement. La cote observée de la vase, favorisée par toutes ces conditions de dépôts, correspond au rattrapage de la cote des buses présentes le long du cours d'eau.

Les importantes dégradations de berges (sapement important) de ces sections de cours d'eau, peuvent être entrainées par l'action des barrages qui font varier la cote de l'eau. Ce sapement combiné à la ripisylve peu développée et à des berges sableuses conduit à un élargissement des cours d'eau.

Le recollement entre les deux périodes de mesures (1981 et 2016) n'est pas très précis du fait de l'absence de repère altimétrique. Cependant le calage par rapport au chemin longeant le cours d'eau est suffisant pour estimer l'évolution de la morphologie du cours d'eau. La localisation de ces profils reste approximative par rapport au plan parcellaire (échelle 1 / 10000) et aux repères sur le terrain. On peut considérer que les profils sont réalisés en travers du cours d'eau avec une précision de plusieurs mètres puisque les profils de 2016 sont conditionnés par la présence d'une passerelle.

1.4. Identification du réseau hydrographique avec le MNT LIDAR

Le travail sur le MNT LIDAR a permis l'identification des écoulements préférentiels sur le Val d'Authion à l'échelle de la parcelle agricole (Figure 11). L'identification de l'ensemble de ce réseau de drainage permet d'identifier les sources d'apport sédimentaire par ruissellement au sein des parcelles. Il permet aussi de définir les confluences des canaux du Val et des fossés de drainage agricole qui apportent une part des sédiments.

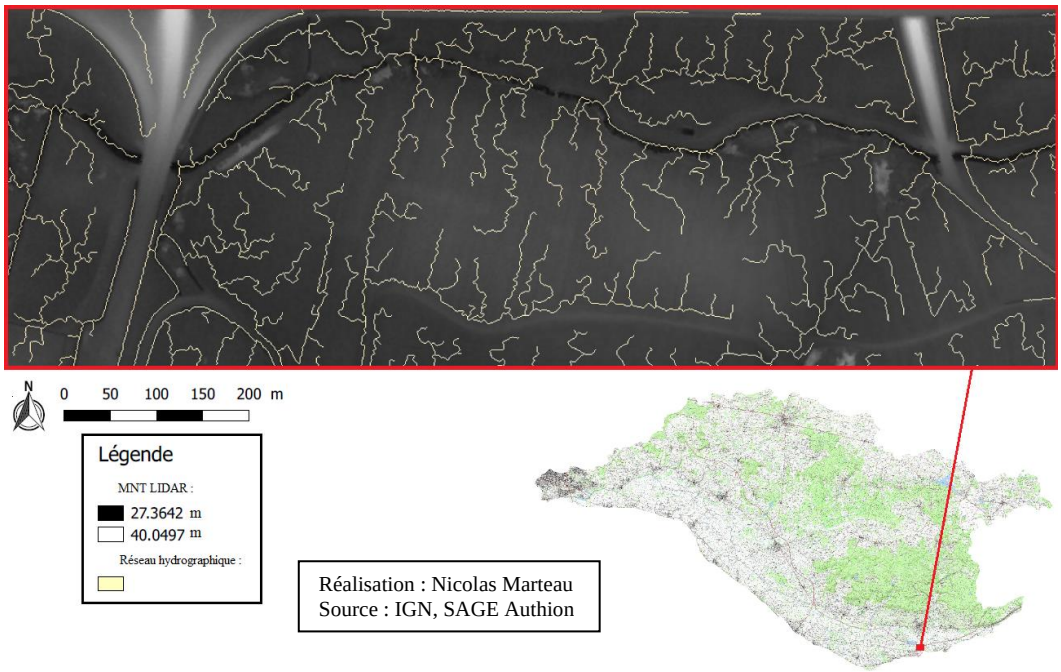


Figure 11: Représentation du réseau de drainage à l'échelle parcellaire

Le réseau hydrographique visible sur le MNT par différence nette de couleur est représenté sous forme continue sur le traitement. Ces écoulements se répartissent de part et d'autre du réseau routier et des chemins agricoles représentant ainsi les fossés. Le réseau de drainage agricole est représenté autour des parcelles en les délimitant. Les axes principaux d'écoulements de ces parcelles apparaissent également en drainant l'ensemble de la surface.

Il est possible de superposer ce réseau complexe avec la base de données des cours d'eau et fossés pour observer la cohérence de ces traitements de MNT. La représentation des cours d'eau les plus larges est partielle puisque les surfaces en eau sont complétées par interpolation avant le traitement.

La vérification sur le terrain montre l'ensemble du réseau de fossés routier et de drainage agricole. La présence de culture dans les parcelles et l'absence de pluies suffisantes sont défavorables à l'observation des écoulements préférentiels au sein des parcelles. Malgré la précision du LIDAR en altimétrie (20 cm), ces résultats d'écoulements sont sensibles aux variations de la topographie fine de terrain qui peuvent ne pas être prises en compte. La densité du réseau de drainage pourra être évaluée après vectorisation complète du linéaire.

1.5. Apport sédimentaire des têtes de bassin versant

Une partie des sédiments accumulés dans les canaux du Val d'Authion sont issus des têtes de bassins et sont transporté vers l'aval par le réseau hydrographique. Une carte disponible en annexe 7 représente les zones sensibles au ruissellement. Elle est obtenue par intersection entre une carte des pentes de plus de 3% et une carte des occupations des sols plus sensibles au ruissellement (issue de Corine Land Cover 2012).

Afin de pouvoir déterminer si ces zones possèdent un sol potentiellement sensible à l'érosion nous avons croisé ces zones avec les données pédologiques au 1 /100000 (Figure 12). Ce croisement permet de mettre en évidence des zones sensibles à l'érosion des sols qui participent à l'apport sédimentaire du bassin versant. Le découpage des unités de sols n'a été réalisé que pour celles présentant une texture superficielle compatible avec une érosion préférentielle des sols (texture à dominance limoneuse). De plus ce découpage s'est restreint à quelques parcelles sans couverts végétal sur lesquelles nous avons réalisés deux sondages. Une croute de battance était visible sur cette zone et sur certaines parcelles adjacentes le 11 Mai 2016 ce qui justifie de présenter ces résultats. Une autre zone d'étude est visible en annexe 8.

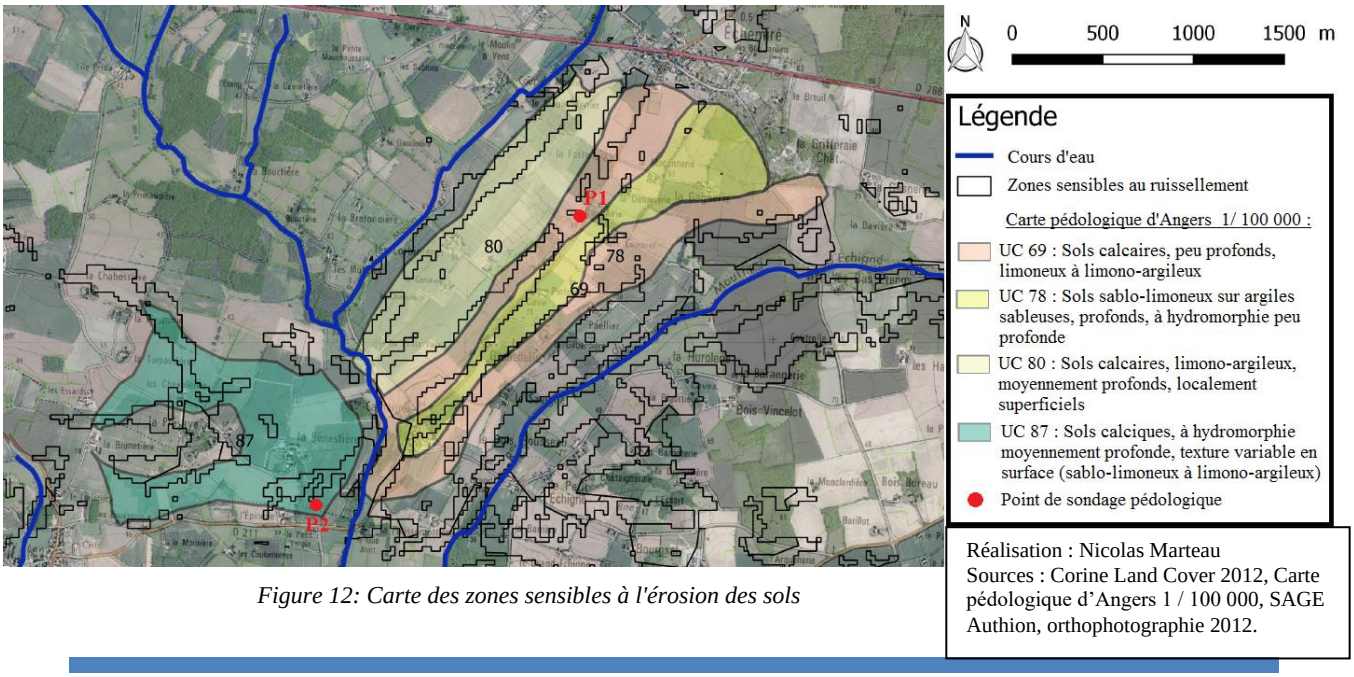


Figure 12: Carte des zones sensibles à l'érosion des sols

On observe un croisement entre les zones sensibles à l'érosion et les sols présentant des textures de surfaces sensibles à l'érosion (textures à dominante limoneuse). Les deux sondages de terrain montrent des textures de surfaces compatibles avec les délimitations des unités de sols de la carte d'Angers au 1 / 100000. Le sondage P1 possède un horizon de surface limono-argileux. La parcelle sur laquelle il est effectué montre un travail du sol laissant apparaitre des mottes. Le sondage P2 est de texture superficielle sablo-limoneuse et sa parcelle est lissée par une croute de battance.

Les zones sensibles au ruissellement possèdent une pente supérieure à 3% visible sur le terrain. Ces pentes importantes combinées à une croute de battance favorisent l'érosion des sols et le transfert de matière vers l'hydrosystème par un ruissellement important. Ce transport est facilité par le réseau dense de fossés agricoles, dépourvus de bande enherbés, communicant directement avec les cours d'eau. L'apport sédimentaire à ces cours d'eau de tête de bassin semble donc important. La force tractrice de ces cours d'eau apparait cependant suffisante pour permettre une dynamique sédimentaire efficace jusqu'à leur arrivée dans le Val d'Authion où la pente diminue fortement et où les écoulements sont contraints par des barrages. La baisse des vitesses d'écoulement dans le Val et les différents facteurs évoqué dans la partie concernant l'état des lieux favorisent le dépôt des sédiments, issus notamment des têtes de bassins.

La calculatrice raster est utilisée ici pour sélectionner les pentes supérieur à 3%. Cette pente s'applique à la taille des pixels (25m) et peut donc être approximative sur le terrain à l'échelle de la parcelle. L'occupation des sols est également biaisée puisqu'on observe parfois un décalage entre les ortho-photographies (2012) de la zone d'étude et nos polygones de zones sensibles au ruissellement. L'occupation du sol peut être complétée par le Registre Parcellaire Graphique (RPG) de 2009 qui représente les ilots culturaux et les types de cultures associés. Ce travail permet de montrer la faible couverture des sols en hiver et au printemps avec par exemple une sélection des parcelles cultivés en maïs ou celle sans production agricole.

⇨ **La pente importante, les textures de surfaces à tendance limoneuse sont autant de facteurs naturels influençant l'érosion des sols. Ces sols agricoles sensibles, sans couverture végétale, sont présents sur de nombreuses parcelles notamment en tête de bassin.**

2. Suivi sédimentaire du Val d'Authion

La mise en place d'un dispositif complet de mesure permet d'effectuer un suivi sédimentaire à l'échelle du cours d'eau et d'avoir une vue d'ensemble de la sédimentation dans le Val d'Authion.

1.1. Identification des processus sédimentaire

Deux canaux (511 et 5007) sont équipés de stations de mesures de l'évolution de la hauteur de vase (localisation Figure 9). Ces mesures permettent de visualiser l'évolution (érosion ou dépôt) des sédiments. L'ensemble des mesures est réalisé en début de mois et est donc représentatives du comportement sédimentaire du mois précédent.

<u>Evolution sédimentaire du canal 5007 :</u>

-Méthode 1 : utilisant les piquets repères sur la rive
-Méthode 2 : utilisant la buse comme référentiel (détail des méthodes en annexe 4)

Le suivi sédimentaire sur le canal 5007 est d'abord composé de deux piquets dans sa partie amont (Figure 13).

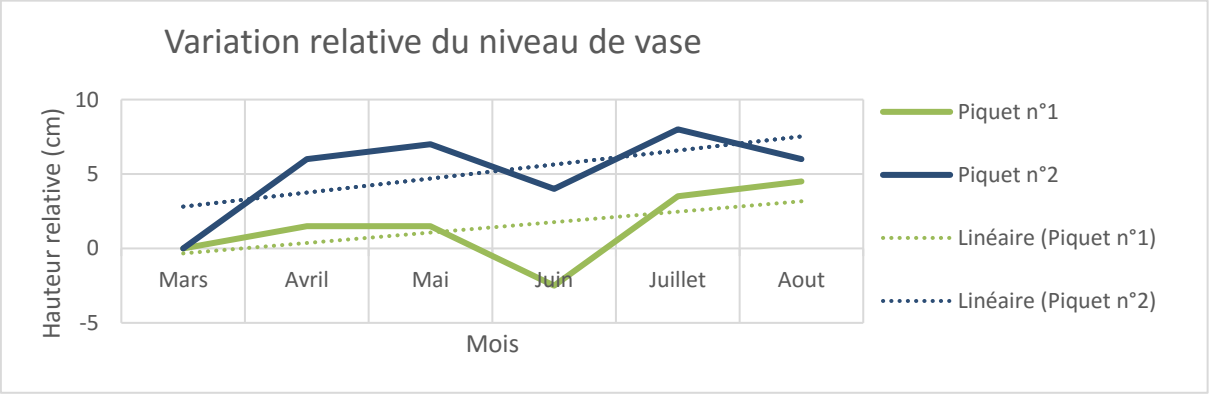


Figure 13: Variation relative du niveau de vase sur le canal 5007 amont

L'évolution relative des hauteurs de vase pour ces deux piquets est croissante (tendance linéaire 1 et 2). On observe une baisse de la hauteur relative de la vase pour la mesure du mois de Juin pour les deux mesures. Un événement hydrologique (crue de printemps) entre début Mai et début Juin a donc entrainé une réduction de la hauteur de la vase au niveau de ces deux piquets. Cet événement peut avoir influencé la sédimentation dans le canal avec également l'abaissement de l'ouvrage sur l'Authion en aval durant cette période pour laisser passer la crue. La mesure du mois d'Aout montre une tendance différente pour les deux piquets mais l'évolution des hauteurs de vase sur nos stations de mesures est fortement contrainte par l'incertitude de la mesure.

La méthode comporte une incertitude relativement importante de l'ordre d'un cm en particulier pour l'appréciation de la limite eau / vase. Cette limite devient plus facilement mesurable en Aout car le niveau d'eau est beaucoup plus faible. En revanche la densité de la végétation peut fausser la mesure puisque elle peut se confondre avec l'interface entre l'eau et la vase. La végétation de plus en plus dense dans le cours d'eau au fil de la saison ajoute encore de l'incertitude et oblige à multiplier les mesures pour obtenir une moyenne.

Le canal 5007 est équipé d'une deuxième station de mesures 500 mètres en aval. Celle-ci permet de mesurer les hauteurs relatives de la vase grâce à deux méthodes (Figure 14) :

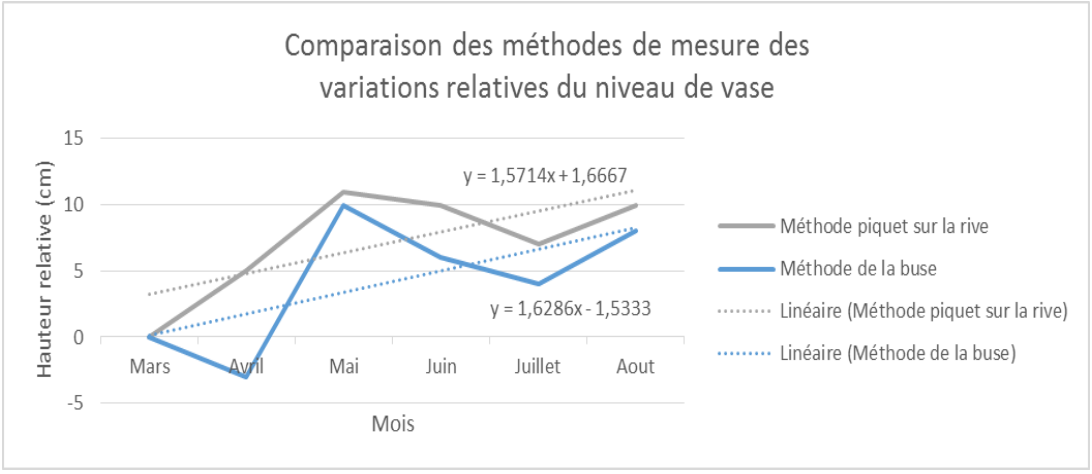


Figure 14: Comparaison des méthodes de mesures de l'envasement utilisées sur le canal 5007

Cette deuxième station permet de comparer les deux méthodes utilisées mais aussi les deux stations de mesures sur ce tronçon. On observe que les tendances montrent une

augmentation de la hauteur relative de la vase pour les deux méthodes. L'évolution mensuelle est différente pour les mois d'Avril et Juin entre les deux méthodes et également entre les deux stations. Les coefficients directeurs présentent un écart relatif de 3.5% sur cette chronique ce qui montre une cohérence entre les résultats obtenus avec ces deux méthodes compte tenu des incertitudes de mesures importantes.

Au contraire de la première station, celle-ci est fortement contrainte par une buse et par la hauteur d'eau dans le cours d'eau en aval. Les périodes de hautes eaux peuvent donc avoir comme impact un ralentissement des écoulements et une influence sur la sédimentation.

Evolution sédimentaire du canal 511 :

Le canal 511 possède une station de mesure permet d'utiliser deux méthodes :

- La première méthode permet la mesure de hauteur de sédiments par rapport à 6 piquets implantés au milieu du cours d'eau.
- La seconde méthode utilise un piquet sur la rive comme repère et la buse présente en aval comme référentiel.

Les mesures du mois de Mai et Aout pour la première méthode (Figure 16) ont été impossible à réaliser. Les précipitations des jours précédents la mesure ainsi que les ouvrages en position haute ont entrainé un niveau d'eau trop important. Les mesures du mois de Mai ont été remplacées par les valeurs du mois d'Avril pour ne pas couper la chronique. Une moyenne entre les Mois d'Avril et Juin n'est pas représentative puisque l'évolution peut varier de façon brutale.

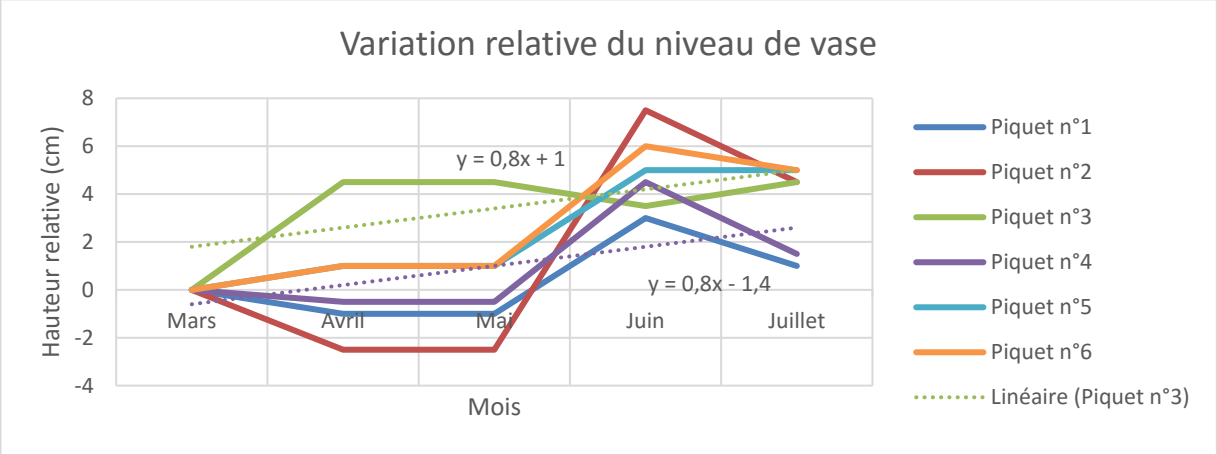


Figure 15: Variation relative du niveau de vase sur le canal 511 (méthode 1)

La dynamique sédimentaire sur ce tronçon est indépendante de celle observée sur le cours d'eau 5007. On peut en effet observer ici un pic de la sédimentation pour le mois de Juin alors que celui-ci marquait une légère érosion pour le 5007. Le piquet n°3 semble montrer une tendance à la sédimentation différente des autres piquets sans explication évidente de positionnement ou d'influence… Les équations de tendances des mesures pour les points n°3 (évolution différente) et n°4 (représentatif des autres piquets) montrent des coefficients directeurs égaux. Ces courbes parallèles montrent donc une tendance globale à l'envasement pour l'ensemble des points de mesures.

Les incertitudes de mesures sont encore une fois liées à la méthode mais aussi au comportement mécanique de la vase. En effet nous avons observé un comportement de plus en

plus fluide de la vase au fil du temps ce qui complique l'appréciation de la limite entre l'eau et la vase.

Sur ce canal 511 une deuxième méthode de mesure a permis d'obtenir des valeurs même durant les périodes de hautes eaux (Figure 17).

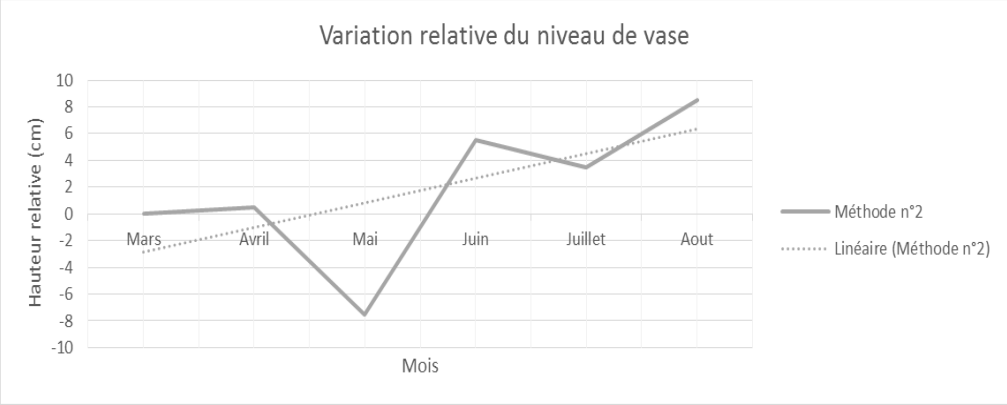


Figure 16: Variation relative du niveau de vase sur le canal 511 (méthode 2)

Ces mesures réalisées grâce à une méthode différentes permettent de confirmer la tendance globale d'envasement du tronçon (courbe de tendance). L'évolution de la hauteur relative de la vase suit également la même évolution mensuelle que la première méthode.

La baisse importante de la hauteur relative de vase au mois de Mai permet de compléter les chroniques réalisées avec la méthode n°1. Cette tendance à la diminution de la hauteur relative de vase s'observe en Juin pour le canal 5007 alors qu'elle apparait en Mai sur le 511. Cette différence peut s'expliquer par les manœuvres des ouvrages sur l'Authion. La cote d'été pour les ouvrages de l'Authion se met en place en Avril et influence pleinement ces deux canaux.

L'augmentation de la hauteur relative de vase mesurée en Juin sur le canal 511 peut être liée à la hauteur d'eau importante liée aux précipitations ayant eu lieu sur le bassin versant en Mai.

- ⇨ **Le décalage mensuel entre les événements hydrologique, hydraulique et les mesures complique l'interprétation de ces résultats. La logique de dépôt globale (faibles vitesses d'écoulements) est fortement liée aux manœuvres d'ouvrages. Les évolutions mensuelles sont importantes et montrent une tendance à l'envasement sur la période de mesure.**
- ⇨ **La description de l'évolution de la sédimentation dans les canaux en fonction de nos mesures peut permettre une évaluation globale de l'envasement à l'échelle du tronçon. Il est cependant nécessaire de multiplier les mesures au fil d'une saison hydrologique pour comprendre l'influence des événements hydrologiques et des manœuvres d'ouvrages.**

1.2.Mesures sédimentaire avec la perche de mesure

Deux mesures sont réalisées avec la perche de mesure. La première indique l'épaisseur de sédiment meuble (principalement de vase) et la seconde mesure la différence entre le toit des sédiments et un repère fixe sur la passerelle. Une représentation graphique de l'épaisseur des sédiments est présenté en figure 18. La deuxième mesure est plus difficile à représenter car elle n'a été réalisée que sur certaines passerelles.

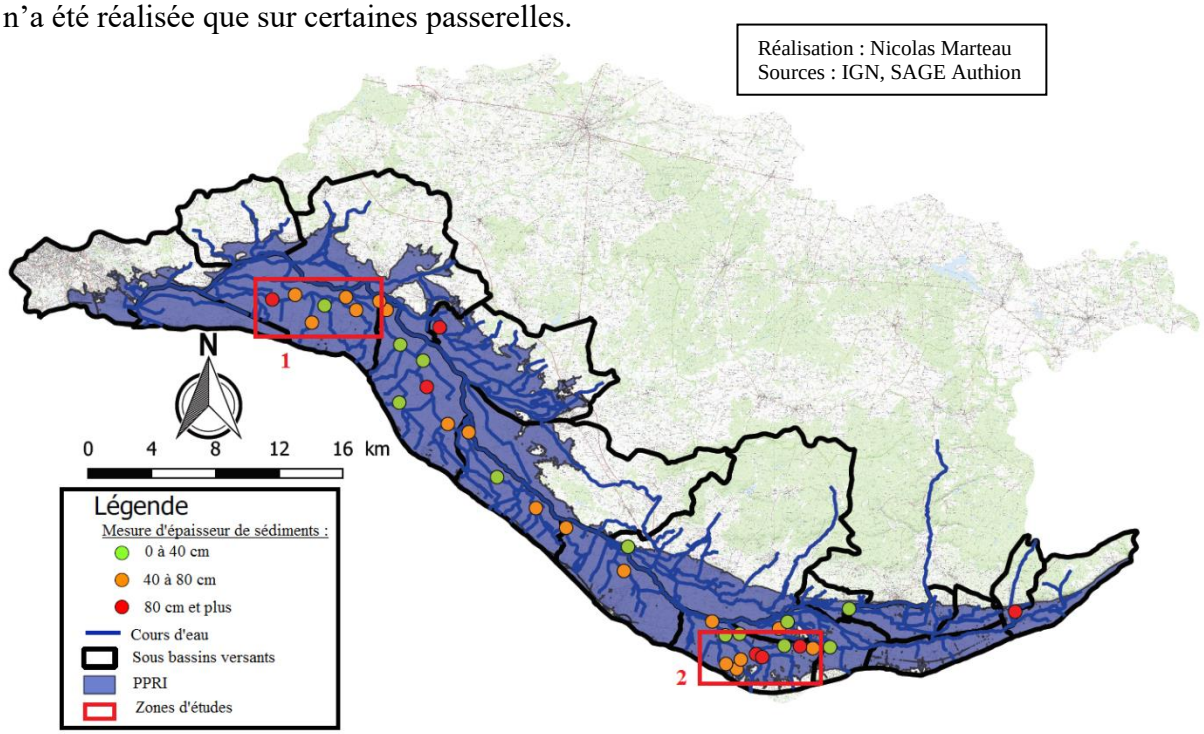


Figure 17: Carte du réseau de points de mesures sédimentaire

Ces mesures d'épaisseur de sédiments permettent de montrer un gradient de l'envasement au sein d'un sous bassin versant comme sur la zone encadré n°1. On peut en effet noter une épaisseur croissante sur un tronçon du canal 5005 au canal 500 équipé de 3 stations de mesures. Ces mesures d'amont en aval montrent 63 cm, 73 cm et 86 cm. Les affluents de ces canaux montrent des épaisseurs de sédiment très variables (22 cm, 55 cm et 72 cm).

La zone n°2 présente également un réseau de points de mesures dense. La répartition de ces points est différente et ne permet pas de suivre l'évolution de l'épaisseur des sédiments d'amont en aval. Ces mesures sont plutôt représentatives d'un point à la date de la mesure et peuvent permettre un suivi temporel de l'épaisseur des sédiments. Cette zone est représentative de la fonction des points de mesures répartis sur l'ensemble du bassin versant : réaliser un suivi temporel régulier au moment des manœuvres d'ouvrages ou d'événements hydrologiques. Ce réseau est contraint par la présence d'ouvrages pérennes permettant la mesure (passerelle). Le suivi des apports des affluents est plus difficile et n'est pas toujours représentatif.

Le réseau de point de suivi sédimentaire avec ses deux mesures permet une représentation temporelle de l'épaisseur des sédiments mais aussi une définition des zones de stockage plus importante. Il peut aussi permettre de rattacher la cote du toit des sédiments avec l'IGN et ainsi obtenir des informations supplémentaires : profils en long ou en travers, informations volumétrique…

Les outils de mesures de la sédimentation permettent une appréciation des mouvements globale à l'échelle du bassin versant. Ils permettent aussi d'obtenir des informations plus fines à l'échelle du tronçon de cours d'eau ou de la zone d'influence d'un ouvrage.

Orientations et préconisations

Les orientations et les préconisations sont issues des résultats obtenus durant ce stage, et concerne les différents aspects de la gestion sédimentaire sur le bassin versant observés.

1. Organisation du suivi sédimentaire

Organisation du suivi sédimentaire :

Une collaboration des différents acteurs permettra de poursuivre le suivi sédimentaire.

Le suivi mis en place sur les canaux 511 et 5007 nécessite 3h mensuelles pour deux personnes sans compter l'exploitation des données ($^{1/2}$ j).

Le suivi sédimentaire de l'ensemble des points de mesures avec la perche représente deux jours de travail pour 2 personnes étant donné les temps de trajets importants. Un suivi prioritaire peut donc être organisé sur certains secteurs pour suivre l'évolution sédimentaire. Les manœuvres d'ouvrages régissent ce suivi pour en déterminer l'impact sur la sédimentation.

Une tournée de l'ensemble des points de mesures (39) peut être organisée de la façon suivante (3x 2j) :

- Une mesure avant la remontée des ouvrages, après une période d'abaissement des ouvrages prolongée (Mars).
- Une mesure avant la fin de saison d'irrigation après une période de hautes eaux derrière les ouvrages et avant l'abaissement des ouvrages (Septembre).
- Une mesure quelques jours après l'abaissement des ouvrages ou un évènement hydrologique permettant de mesurer « l'effet de chasse » apporté par ces changements (Novembre).

Une tournée de mesures complémentaire peut être appliquées aux sous bassins versants par exemple ou pour suivre l'évolution de la sédimentation le long d'un cours d'eau particulier (canal 500 par exemple). Ces mesures peuvent intervenir après un évènement hydrologique important ou après des manœuvres d'ouvrages laissant passer des crues. Un suivi avant et après la réalisation de travaux d'aménagement des cours d'eau peut aussi être envisagé.

Groupe de travail :

Les orientations concernant l'organisation sont centrées sur le groupe de travail qui a encadré ce stage. Ce groupe s'est formé pour participer à ce stage et engager une dynamique de gestion globale du bassin versant pour le suivi sédimentaire. Il pourra évoluer vers un groupe technique des milieux aquatiques (GTMA) du Val d'Authion et pourra s'organiser sur l'ensemble du bassin versant sur lequel le SAGE s'applique.

Il est nécessaire qu'il s'étoffe et s'articule autour des différents acteurs et partenaires de la politique de l'eau afin de pouvoir coordonner les actions et mutualiser les moyens. Un rapprochement avec les fédérations de pêches par exemple peut permettre d'apporter des compétences et des connaissances complémentaires.

Ce GTMA aurait la charge du suivi sédimentaire dans le Val d'Authion avec comme objectifs la réalisation des préconisations du SAGE prévus dans le PAGD. Les techniciens des syndicats de rivières, de l'Entente Interdépartementale et du SAGE pourront contribuer à poursuivre le suivi sédimentaire notamment en utilisant et en développant les méthodes mises en place durant ce stage.

2. Orientations techniques

Limitation de l'érosion des sols:

Les critères de limitation de l'érosion des sols sont les suivants (*Ouvry et al., 2012*) :

- Limiter l'affinement des sols en conservant des mottes pour les sols limoneux présentant un taux de matière organique inférieur à 2.5%.
- Préserver un taux de couverture du sol de plus de 40% même en inter-culture.
- Mettre en place du binage pour les cultures de betteraves et maïs, d'écroûtage pour les céréales et de micro barrages dans l'inter-rang des pommes de terre.
- Limiter le tassement du sol et utiliser des effaceurs de traces de roues.
- Augmenter le taux de matière organique des sols labourés ou non.

D'une manière générale, il apparait que la réduction de l'érosion des sols dépend du mode de gestion du système de cultures. Le type de culture et leur succession, les pratiques de travail du sol sont autant de paramètres à prendre en compte pour réduire le ruissellement et l'érosion des sols. En effet l'état de surface (croute de battance) détermine en partie la capacité d'infiltration sur les sols. Les aménagements (bandes enherbées, fascines, haies, talus…) au sein des parcelles sont également des moyens efficaces de lutte contre le transfert des matières érodées vers l'hydrosystème.

Les parcelles concernées par l'indice de vulnérabilité à l'érosion des sols présenté dans ce rapport peuvent faire l'objet d'un diagnostic plus précis pour délimiter plus précisément les risques et apporter des solutions adaptées.

Restauration des cours d'eau:

Les syndicats de rivières disposent d'une expérience importante en restauration des cours d'eau dans des contextes différents. Un bon retour d'expérience, de la part des acteurs locaux, est observé pour le talutage des berges après les résultats obtenus sur certains tronçons restaurés. Il est important d'imposer un talutage supérieur à 1m de hauteur pour 3m de longueur voir 2m en cas de contraintes techniques. Les effets de sapement, entrainé par la présence des ouvrages, sont très importants et un talutage inférieur pourra rapidement être transformé en glissement.

Les glissements peuvent former des atterrissements et se végétaliser sous forme de banquettes. Ces banquettes sont à préserver, comme le font aujourd'hui les syndicats de rivières, pour resserrer les écoulements dans un chenal d'écoulement préférentiel.

Application des dispositions du SAGE :

Le SAGE prévoit comme enjeu II de « Protéger et restaurer la morphologie des cours d'eau et les zones humides de manière différenciée sur le territoire ». Cet enjeu s'accompagne d'objectifs et de dispositions permettant par exemple d' «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 » (5A). La disposition 6.A.1 prévoit également d'entretenir les cours d'eau du bassin versant de manière différenciée. La disposition 6.A.2 propose un entretien du réseau hydrographique du Val pour améliorer le transit de l'eau en respectant les bonnes pratiques d'entretien et/ou de réfection

L'ensemble du travail mené par le SAGE permettra, dans sa phase de mise en œuvre, de mettre en place les actions prévues comme une période d'abaissement complet des ouvrages.

L'application de la disposition 5.2.A et de la règle n°3 permettra, en concertation avec les acteurs du groupe de travail (comme les fédérations de pêches), de faire coïncider les manœuvres avec les périodes de reproduction des espèces piscicoles.

3. Dispositions de gestion :

Suivi des plans de gestions et de l'application de la réglementation :

Les dispositions de gestions reprennent les protocoles de gestion du SAGE. L'objectif principal est le bon état écologique des cours d'eau et des masses d'eau. L'ensemble des dispositions du SAGE sont orientés dans ce sens.

Le GTMA devra également s'appuyer sur l'ensemble des acteurs pour appliquer les dispositions : 5ème programme d'actions de la directive nitrates… Le travail de communication avec ces acteurs du bassin est à poursuivre avec la distribution du guide du riverain ou la publication d'articles dans la presse locale. Les zones vulnérables à l'érosion peuvent faire l'objet d'aménagements avec une sensibilisation des agriculteurs aux méthodes permettant de limiter le ruissellement.

L'implantation de jeunes plants d'arbres pour créer une ripisylve (travaux de l'Entente Interdépartementale par exemple) doit s'accompagner de mesures d'organisation et de financement pour son entretien. De plus l'implantation doit être réalisée avec l'avis des techniciens chargé du futur entretient, pour les laisser par exemple déterminer l'espace nécessaire au passage des machines d'entretien de la ripisylve.

L'état des lieux permet de montrer que l'entretien de la ripisylve peut par exemple permettre le développement de la végétation aquatique. Avec un entretien adapté, celle-ci peut contribuer à la fixation des berges et des banquettes.

Mise en œuvre des contrats territoriaux milieu aquatique :

La gestion de la faune exotique envahissante concerne l'ensemble des acteurs du bassin versant. Les dégradations de berges occasionnées par la présence des espèces comme le ragondin ou l'écrevisse de Louisiane favorise l'apport de sédiment et l'élargissement des cours d'eau du Val. Le piégeage est un mode de gestion efficace contre le ragondin et le rat musqué. La participation active des communes, pêcheurs, agriculteurs et riverain est requise pour obtenir un maillage du territoire efficace et une diminution du nombre d'individus. Des réunions d'informations à l'initiative des syndicats ou du SAGE peuvent permettre la coordination et l'organisation des campagnes de piégeage avec la Fédération Départementale des Groupements de Défense contre les Organismes Nuisibles (FDGDON 49). Une mutualisation des moyens entre les communes concernées, le SAGE et les syndicats de rivière peut permettre d'investir dans des cages et de mobiliser des volontaires pour le piégeage.
Concernant l'écrevisse de Louisiane, des nasses en plastique dur à deux entrées peuvent également être prêtées aux propriétaires qui souhaitent participer à la gestion. La prédation des écrevisses avec des espèces valorisables pour les pêcheurs, comme le brochet et la perche, est également à étudier dans les plans d'eau pour y contenir la prolifération.

Conclusion

Le bassin versant de l'Authion est fortement anthropisé, notamment la partie du Val. Bien que le risque inondation soit fortement restreint par les nombreux aménagements du bassin versant, il n'en reste pas moins présent. Il est donc nécessaire de maintenir un bon écoulement des eaux en prévenant les dépôts sédimentaires notamment dans le périmètre du PPRI qui est caractérisé par un réseau maillé dense de fossés et de cours d'eau permettant d'évacuer les eaux vers l'Authion. La contrainte économique liée à l'irrigation entraine également des orientations de gestions.

L'ensemble des méthodes mise en place durant ce stage contribuent à l'établissement d'un état des lieux permettant d'appréhender le fonctionnement sédimentaire du Val d'Authion en particulier et du bassin versant de l'Authion de manière plus générale. A travers le diagnostic de l'hydromorphologie des cours d'eau, nous avons mis en évidence que l'envasement du Val d'Authion était multifactoriel. Nous avons définis les critères les plus déterminants sur la dynamique sédimentaire comme la présence de la ripisylve. Les méthodes utilisant le MNT LIDAR, les relevés topographiques et l'interprétation des cartes des sols permettent également l'identification du réseau de fossé et de cours d'eau ainsi que des zones d'apports de sédiments par érosion des sols.

La mise en place de stations de mesure de l'évolution de la sédimentation dans les canaux avec les outils associés (perche, protocole, tablette de saisie) représente un outil d'aide à la décision pour les gestionnaires. Il s'agit d'un outil de gestion qui permet une vision globale à l'échelle du Val d'Authion. Ce réseau de point de mesure permet la surveillance de l'envasement et la mesure de l'influence des apports des affluents dans les canaux. Il constitue une première base pour mesurer les stocks et les flux de sédiments du Val d'Authion et du bassin versant.

La mise en place du groupe de travail durant ce stage permet enfin d'engager une dynamique de gestion globale du bassin versant à travers l'utilisation des outils mis en place. Les orientations de gestion et les préconisations réalisées grâce à l'analyse de l'état des lieux et au suivi sédimentaire permettent d'orienter cette gestion globale du bassin versant de l'Authion et de son Val. L'ensemble de ces outils seront bien évidemment à conforter dans l'avenir pour poursuivre le suivi sédimentaire et la quantification des flux en lien avec les suivis piscicole, qualité et quantité d'eau.

Bibliographie

Alcaydé G., 1975. Carte Géol. France (1/50000), feuille de Chinon (486). Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Orléans.

Alcaydé G., Feys R., 1970. Carte Géol. France (1/50000), feuille de Saumur (485). Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Orléans.

Brookes A., 1988. Channelized Rivers: Perspectives for Environmental Management. John Wiley and Sons, Chichester.

Brossé R., Manivit J., Louail J., Roux M., 1983. Carte Géol. France (1/50000), feuille de Noyant (456). Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Orléans.

Degan F., Salvador-Blanes S., Cerdan O., 2014. Cartographie de l'aléa érosif. Projet Verseau. UFR de Sciences et Techniques E.A 6293 GéoHydrosystèmes Continentaux, 141 p.

Degoutte G., 2012. Diagnostic, aménagement et gestion des rivières - Hydraulique et morphologie fluviales appliquées, éditions Tec et Doc – Lavoisier.

Gruet M., Chauris L., Cavet P., 1976. Carte Géol. France (1/50000), feuille d'Angers (454). Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Orléans.

Keang Sé Pouv., 2011. Vers un lien entre propriétés mécaniques de sédiments cohésifs et leur érodabilité - Etude macroscopique et locale du comportement en rhéométrie et en érosion de matériaux modèles, Thèse, Université de Caen.

Lane E.W., 1955. The Importance of Fluvial Morphology in Hydraulic Engineering. Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Journal of the Hydraulics Division 81, paper n° 745.

Le Hir, P., 2008. Aide mémoire de dynamique sédimentaire. Laboratoire PHYSED Centre IFREMER de Brest, 74 p.

Lisle T.E., Hilton S., 1992. The volume of fine sediment in pools: an index of sediment supply in gravel-bed streams. Journal of the American Water Resources Association 28 (2): 371-383.

Louail J., Brossé R., 1978. Carte Géol. France (1/50000), feuille de Baugé (424). Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Orléans.

Louail J., Herrouin Y., Brossé R., 1976. Carte Géol. France (1/50000), feuille de Longué (455). Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Orléans.

Malavoi J.R., Bravard J.P., 2010. Elements d'hydromorphologie fluviale. Onema, 224 p.

Manivit J., 1990. Carte Géol. France (1/50000), feuille du Lude (425). Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Orléans.

Maurin J., Boulay A., Tourment R,. Beullac B., 2014. Etude de dangers des levées de Loire du val d'Authion, digue de classe A, Rapport, DREAL Centre.

Migniot C., 1989. Tassement et rhéologie des vases. Première partie, La Houille Blanche : 11-29.

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

Ouvry J.-F., Coufourier N., Richet J.-B., Lhériteau M., Pivain Y., Martin P., Lecomte V., Barrier C., Witkowski D., Saint-Omer L., Corruble C., Luce M., 2012. Maîtrise du ruissellement et de l'érosion des sols en Haute-Normandie. Expérimentations sur les pratiques culturales 2001-2010. Synthèse des résultats de ruissellement et d'érosion. Groupe Maîtrise du ruissellement par les pratiques culturales, 36 p.

Penven M.J., 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), 88–104.

Penven M.J., Muxart T., Cosandey C., Andreu A., 2001. Contribution du drainage agricole enterré à l'érosion des sols en région tempérée (BRIE), 128–144.

Richardson J.F., Zaki W.N., 1954. Sedimentation and fluidisation. Part 1. Trans. Inst. Chem. Eng. 32 : 35-53.

SAGE Authion, 2015. Plan d'Aménagement et de Gestion Durable (PAGD) du SAGE, Projet de PAGD approuvé par délibération de CLE le 26/11/2015, 228 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.

Schumm S.A., 1977. The Fluvial System. New York, Wiley & Sons.

Valette L., Chandesris A., Mengin N., Malavoi J.R., Souchon Y., Wasson J.G., 2008. SYstème Relationnel d'Audit de l'Hydromorphologie des Cours d'Eau SYRAH CE Principes et méthodes de la sectorisation hydromorphologique, Cemagref, Laboratoire d'Hydroécologie Quantitative de Lyon.

Wasson J.G., Malavoi J.R.. Maridet L., Souchon Y., Paulin L., 1995. Impacts écologiques de la chenalisation des rivières. Commande DE 30/93, CEMAGREF, 167 p.

Winterwerp J.C., W.G.M., Van Kesteren, 2004. Introduction to the physics of cohesive sediment in the marine environment. ELSEVIER.

Table des figures

Figure 1: Carte de localisation du bassin versant de l'Authion 7
Figure 2: Carte de la géologie du bassin versant de l'Authion 8
Figure 3: Carte des ouvrages hydrauliques majeurs du bassin versant de l'Authion 9
Figure 4: Schéma de dégradation de berge par glissement (A) et sapement (B 13
Figure 5: Pompe de refoulement d'un collecteur de drains agricoles 13
Figure 6: Carte du réseau hydrologique de l'état des lieux 16
Figure 7: Schéma (A) et photographie (B) du fonctionnement de la perche de mesure de l'épaisseur de sédiment 20
Figure 8: Carte de l'avancement de l'état des lieux 21
Figure 9: Cartes des sous bassins versants homogènes pour le transport sédimentaire 23
Figure 10: Profils en travers sur le canal 500 24
Figure 11: Représentation du réseau de drainage à l'échelle parcellaire 25
Figure 12: Carte des zones sensibles à l'érosion des sols 26
Figure 13: Variation relative du niveau de vase sur le canal 5007 amont 28
Figure 14: Comparaison des méthodes de mesures de l'envasement utilisées sur le canal 5007 28
Figure 15: Variation relative du niveau de vase sur le canal 511 (méthode 1) 29
Figure 16: Variation relative du niveau de vase sur le canal 511 (méthode 2) 30
Figure 17: Carte du réseau de points de mesures sédimentaire 31

Table des annexes

Annexe 1 : Légende et description des formations géologique du bassin versant de l'Authion

Annexe 2 : Fiche terrain et légende de la caractérisation des cours d'eau de l'état des lieux.

Annexe 3 : Carte de délimitation et de répartition des secteurs de prospection de l'état des lieux

Annexe 4 : Protocole de mesure de taux de sédimentation

Annexe 5 : Fiche terrain des mesures de sédimentation

Annexe 6 : Influence de la densité de la ripisylve ainsi que sa présence en continu le long du cours d'eau, avec les dégradations de berges de type sapement

Annexe 7 : Carte des zones sensibles au ruissellement

Annexe 8 : Site d'étude de l'érosion des sols

Annexes

Annexe 1 : Légende et description des formations géologique du bassin versant de l'Authion

Formation	Description	Age
Fz	Alluvions fluviatiles modernes : Résidus de terrasses alluviales et de sables éoliens mélangés aux limons d'altération	
Gp	Complexe périglaciaire	
OE	Loess calcaires	
C	Colluvions limoneuses	
N	Nappes de sables éoliens	
CN	Sables éoliens et colluvions associés	
Ce	Conglomérats polygéniques, grès lustrés, sables	
Fy	Colluvions de pentes : Très basses terrasses	Pléistocènes
Fx	Colluvions de pentes : Basses terrasses	Pléistocènes
Fw	Colluvions de pentes : Moyennes terrasses	Pléistocènes
LP	Limons des plateaux	
M3-p	Sables et graviers continentaux	
M2	Faluns	Hélvétien
M1	Argiles et marnes vertes ou blanches	
g2b	Calcaires bleu à beiges	Stampien
e7	Calcaire induré ou calcaire tendre blanc à jaunâtre	Bartonien supérieur
Re	Blocs de conglomérats polygéniques blanchâtres à rouge	Sparnacien
e	Argile grise à rougeâtre, plastique, silteuse, ou à niveau de sable	Sparnacien
C4-6S	Formations siliceuses	Sénonien
C4	Sables et grès à Spongiaires	Sénonien
C3a	Tuffeau	Turonien inférieur
C2b	Marnes à Ostracées	Cénomanien supérieur
C2a	Sables glauconieux	Cénomanien moyen
C1-2aJ	Argiles, sables et graviers de Jumelles	Cénomanien inférieur
O3-4	Schistes d'Angers	Ordovicien moyen et inférieur
O1-2	Complexe de schistes et arkoses de Bains	Ordovicien moyen et inférieur

Annexe 2 : Fiche terrain et légende de la caractérisation des cours d'eau de l'état des lieux.

Cours d'eau

Localisation	Ombrage	Ouvrages / Buses	Embacles	Faciès d'écoulement	Hauteur d'eau (m)	Granulométrie	Dépots	Végétation

Berges

Localisation	Rive	Ripisylve	Erosion/Dégradation	Ragondins	Hauteur de berges (m)	Pente	Déchets
	RD						
	RG						
	RD						
	RG						
	RD						
	RG						
	RD						
	RG						
	RD						
	RG						
	RD						
	RG						

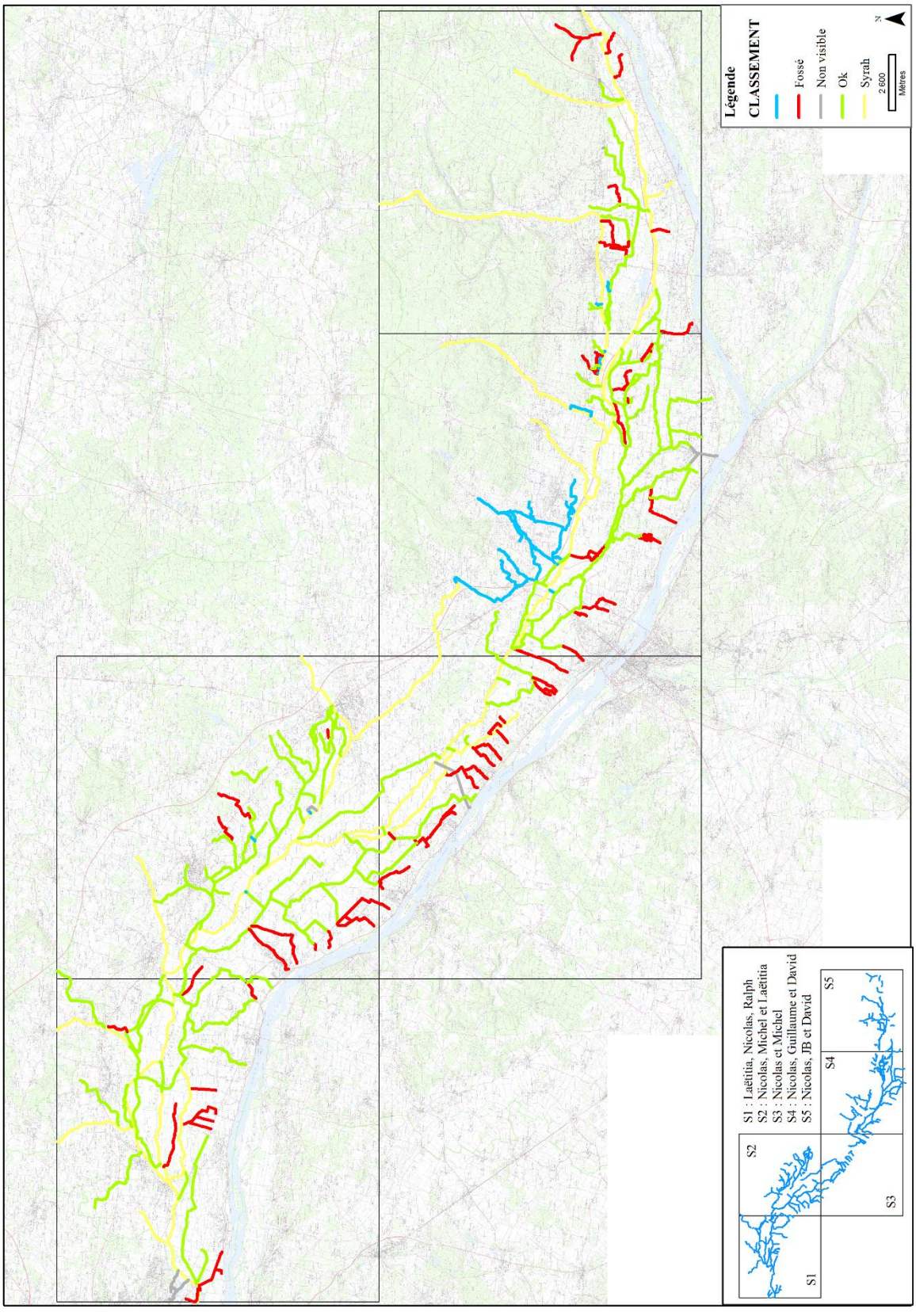
Versants

Localisation	Rive	Occupation du sol	Drainage	Bande enherbée
	RD			
	RG			
	RD			
	RG			
	RD			
	RG			
	RD			
	RG			
	RD			
	RG			

Photos	Remarques :

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	'-50cm, entre 50 cm et 1m, +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 3 : Carte de délimitation et de répartition des secteurs de prospection de l'état des lieux



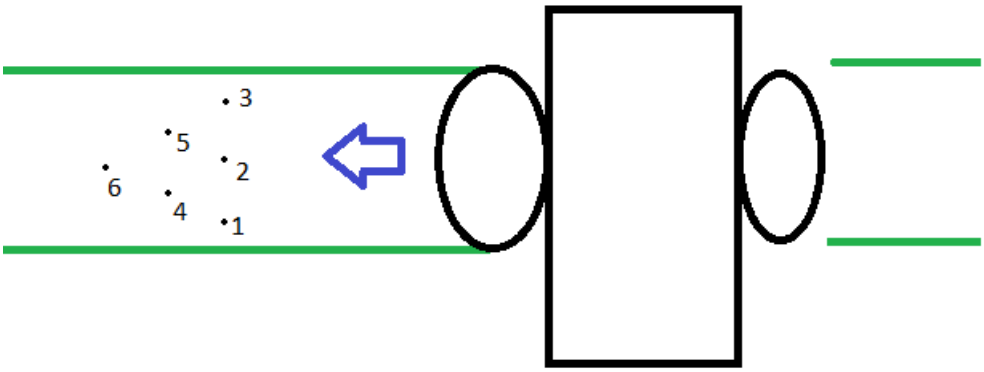
Annexe 4 : Protocole de mesure de taux de sédimentation

Objectif : mesurer l'envasement d'un tronçon de cours d'eau.

Tronçon 511 :
Mise en place initiale le 05/02/2016:

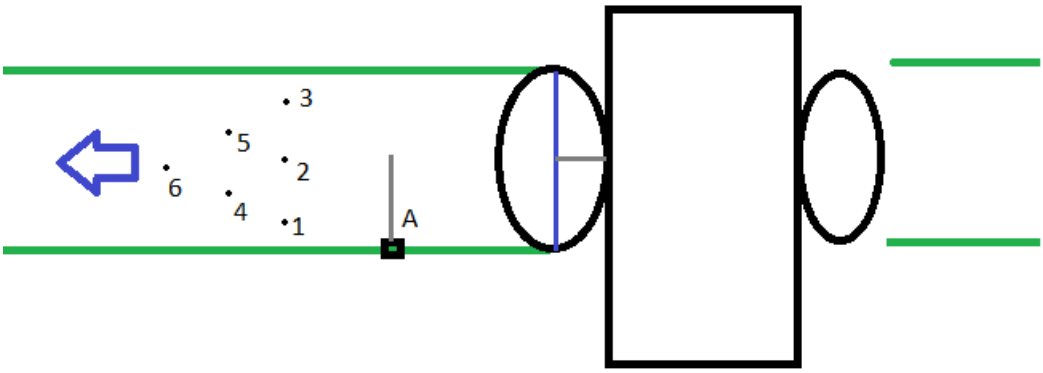


Buse amont 900mm -> 22cm de vase
Buse aval 900mm -> 21cm de vase



Etat du dispositif le 02/03/2016
Moyenne des mesures pour chaque face du piquet: mesure entre la surface et l'interface eau/vase.
1 : 30.50cm
2 : 32.00 cm
3 : 29.00 cm
4 : 30.00 cm
5 : 29.00 cm
6 : 30.00 cm

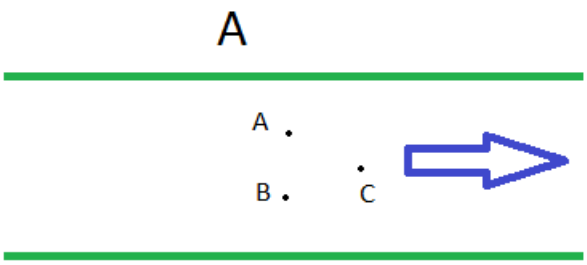
Buse aval : 22 cm de vase : différence entre le diamètre de la buse et la hauteur entre l'intérieur de la buse et la surface de l'eau.
Buse amont : 21.5 cm de vase : différence entre le diamètre de la buse et la hauteur entre l'intérieur de la buse et la surface de l'eau.
Mise en place de mesures complémentaires :



A : 45cm hauteur du piquet.
Prise de la hauteur d'eau au milieu du cours d'eau au niveau du point A : 27.5 cm.
Différence de hauteur entre l'intérieur de la buse et le niveau d'eau : 20 cm

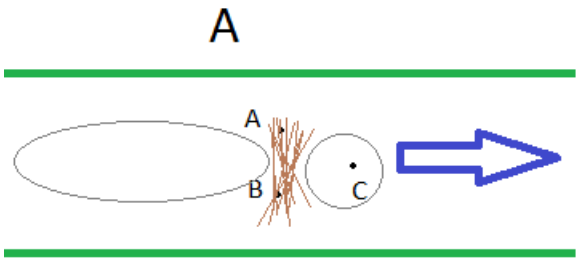
Tronçon 5007 :
Situation initiale :
Buse 1000 mm -> 44cm de vase
Buse 700mm -> 13cm de vase





Situation le 02/03/2016 :

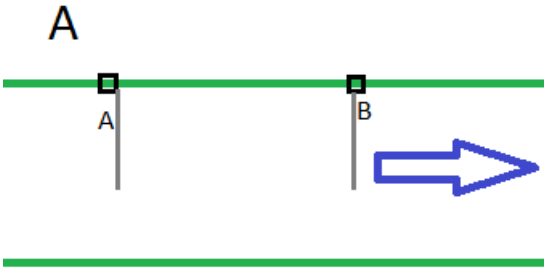




Formation d'un embâcle entre les piquets
entrainant un dépôt de sédiments en amont et une érosion marquée en aval.

Mise en place d'une mesure différente :

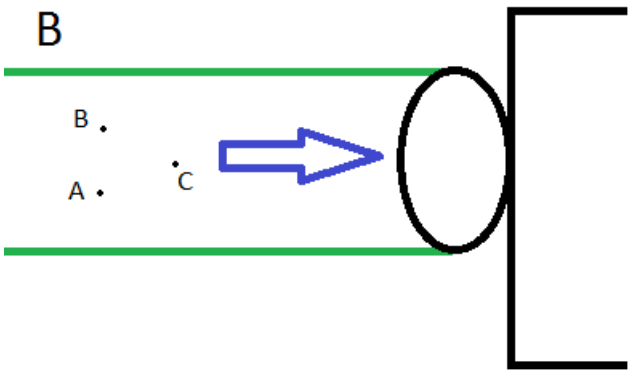




Utilisation d'un tasseau de 70 cm comme repère à partir des points A et B. Placer l'extrémité du tasseau perpendiculairement au piquet pour obtenir un repère de hauteur. Prendre la hauteur entre le bas du tasseau et l'interface vase/eau.
A : 33.5cm de haut. Hauteur entre le tasseau et la vase: 66.00cm
B : 32cm de haut. Hauteur entre le tasseau et la vase: 66.80 cm.

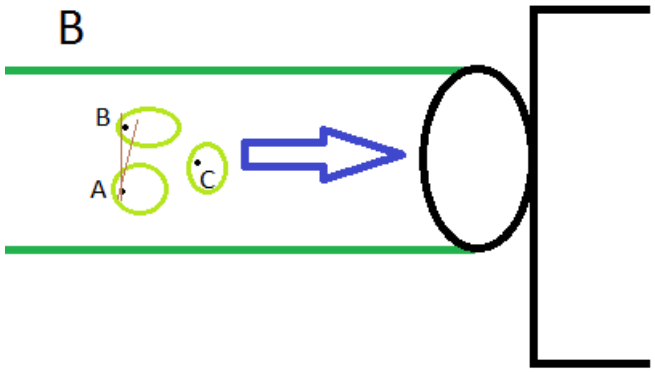
Situation initiale :



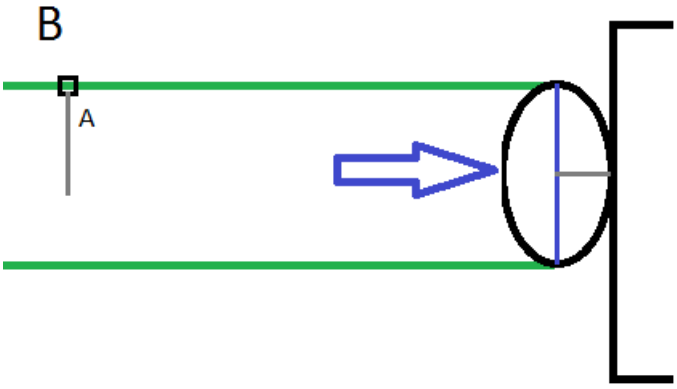


Situation le 02/03/2016 :

12 cm de vase dans la buse.



Développement important d'algues sur les piquets et création d'embâcle.
Mise en place de deux mesures différentes :

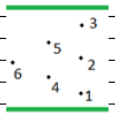


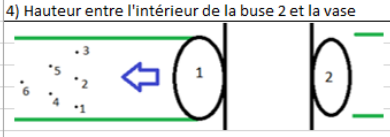
-Utilisation d'un tasseau de 100 cm comme repère à partir du point A.
A : 69 cm de haut. Hauteur entre le tasseau et la vase : 114.30 cm.

-Prise de mesure au milieu du cours d'eau au niveau du repère sur la berge :
Hauteur entre la ligne d'eau et le fond : 54.5 cm.
Mesure entre l'intérieur de la buse et la ligne d'eau : 10 cm

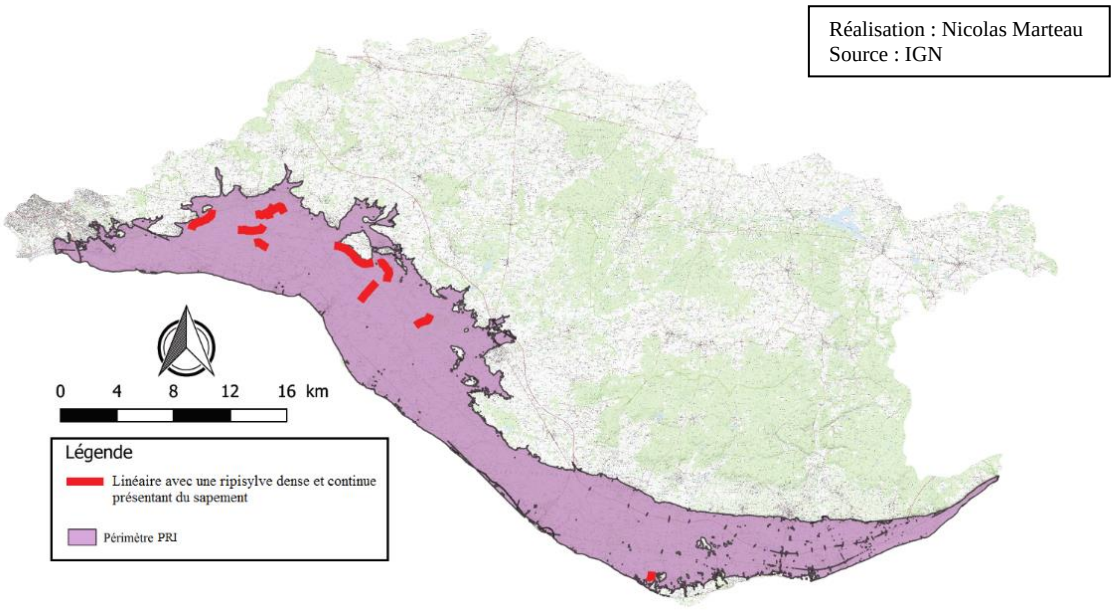
Annexe 5 : Fiche terrain des mesures de sédimentation

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Date								
2		(en cm)							
3	**5007 A**								
4	Utilisation d'une perche de 70 cm								
5	1) Piquet aval								
6	2) Piquet amont								
7									
8	**5007 B**								
9	Utilisation d'une perche de 1 m								
10	1) Méthode avec piquet								
11	2) Hauteur vase/eau								
12	Hauteur entre l'intérieur de la collerette de la buse et l'eau								
13	3) Mesure envasement de la buse : intérieur de la buse/vase								
14									
15	**511**								
16									
17	1)								
18	1								
19	2								
20	3								
21	4								
22	5								
23	6								
24									
25	2) Mesure au milieu du cours d'eau au niveau du piquet								
26	mesure entre l'intérieur de la buse et l'eau								
27	3) Hauteur entre l'intérieur de la buse 1 et la vase								
28	4) Hauteur entre l'intérieur de la buse 2 et la vase								
29									
30									
31									
32									
33									
34									

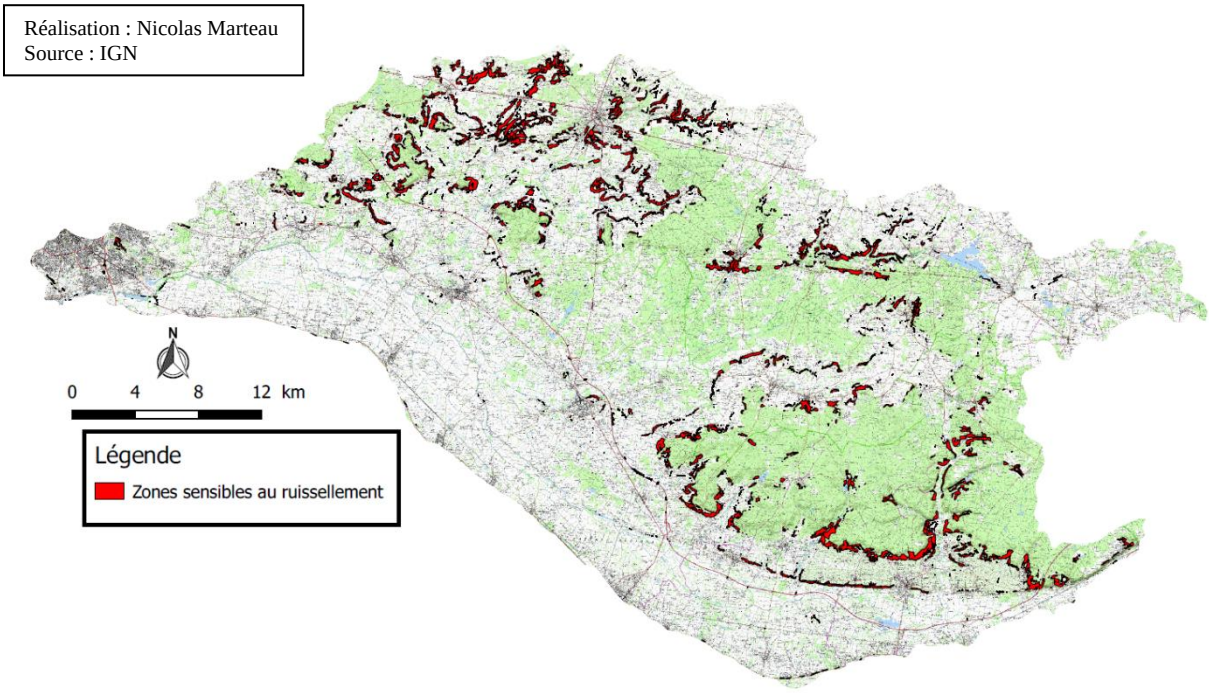




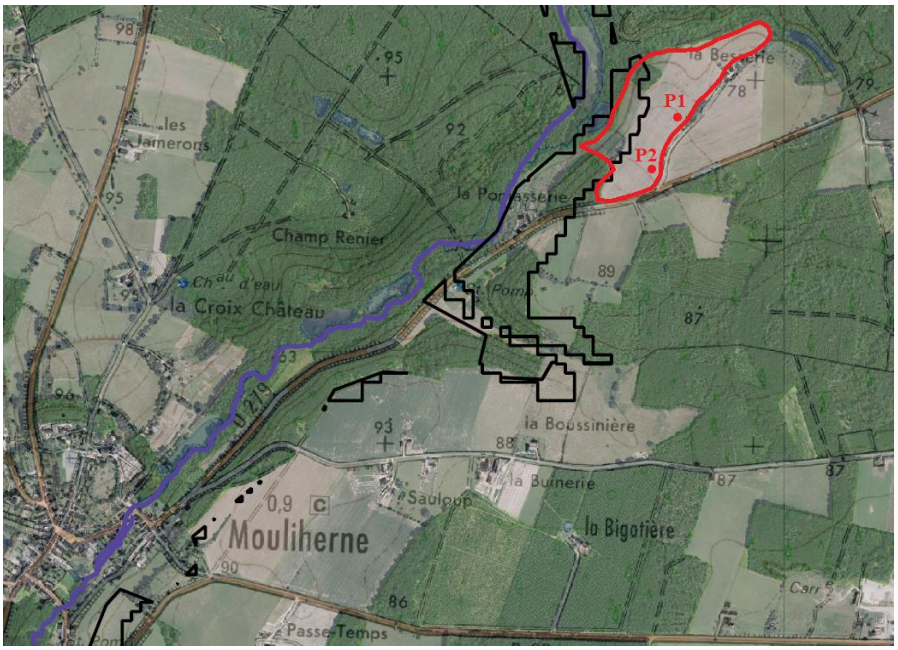
Annexe 6 : Influence de la densité de la ripisylve ainsi que sa présence en continu le long du cours d'eau, avec les dégradations de berges de type sapement



Annexe 7 : Carte des zones sensibles au ruissellement



Annexe 8 : Site d'étude de l'érosion des sols



Réalisation : Nicolas Marteau
Source : IGN, orthophotographie 2012

Table des matières

Sommaire 1
Liste des sigles et glossaire 2
Introduction 5
Présentation du SAGE (organisme d'accueil) 6
Présentation du site d'étude 7
1. Présentation géographique et climatologique du bassin versant de l'Authion 7
2. Géologie du bassin versant de l'Authion 8
3. Contexte hydrologique et fonctionnement hydraulique du bassin versant. 9
4. Enjeux 10
5. Occupation du sol en contexte agricole 10
6. Contexte sédimentaire du Val d'Authion 11
6.1. Equilibre dynamique d'un cours d'eau (généralités) 11
6.2. Sédiments cohésifs (généralités) 11
6.3. Zones de productions de sédiments sur le bassin versant de l'Authion 12
6.3.1. Les versants 12
6.3.2. Les berges 12
6.4. Le réseau de drainage 14
Matériels et méthodes 14
1. Etat des lieux du réseau hydrographique et des sous bassins versants 14
1.1. Méthodes existantes de caractérisation des cours d'eau 14
1.1.1. Méthode SYRAH 14
1.1.2. Méthode REH 15
1.2. Découpages existants des sous bassins versants du site d'étude 15
1.3. Protocoles de réalisation de l'état des lieux des cours d'eau du Val d'Authion 15
1.3.1. Utilisation des bases de données hydrographiques 15
1.3.2. Sectorisation et méthode de découpage hydrologique 16
1.3.3. Réalisation de profils topographiques 17
1.4. Exploitation de données issus de MNT 17
1.4.1. MNT LIDAR 18
1.4.2. MNT 25m 18
1.5. Analyse des apports sédimentaire des têtes de bassins versant 18
1.5.1. Carte des pentes 18
1.5.2. Cartographie des textures superficielles des sols 18
1.5.2.1. Utilisation du SIG 18
1.5.2.2. Sondages pédologiques et visites sur le terrain 19

1.5.3. Occupation du sol 19
1.6. Méthodes d'exploitation des données de l'état des lieux: 19
1.6.1. Exploitation des facteurs influençant la sédimentation 19
1.6.2. Identification de sous bassins versants cohérents pour le suivi sédimentaire 19
2. Suivi de la sédimentation du Val d'Authion 20
2.1. Identification des processus sédimentaire 20
2.2. Protocole de suivi sédimentaire 20
Synthèse des méthodes et outils de mesures existants 20
Méthode de mesure de l'envasement des canaux du Val d'Authion 20
Résultats et discussions 21
1. Résultats de l'état des lieux 21
1.1. Description de la morphologie des cours d'eau du Val d'Authion 21
1.2. Délimitation de sous bassins versants 23
1.3. Analyse topographique de la morphologie des cours d'eau 24
1.4. Identification du réseau hydrographique avec le MNT LIDAR 25
1.5. Apport sédimentaire des têtes de bassin versant 26
2. Suivi sédimentaire du Val d'Authion 27
1.1. Identification des processus sédimentaire 27
1.2. Mesures sédimentaire avec la perche de mesure 31
Orientations et préconisations 32
1. Organisation du suivi sédimentaire 32
2. Orientations techniques 33
3. Dispositions de gestion : 34
Conclusion 35
Bibliographie 36
Table des figures 38
Table des annexes 39
Annexes 40
Table des matières 52
Résumé 54
Abstract 54

Résumé

Le bassin versant de l'Authion, et en particulier la partie Val, est fortement soumise au risque inondation. Ce risque est depuis longtemps pris en compte dans la gestion globale du bassin, avec notamment de très nombreux travaux d'aménagements hydrauliques. L'enjeu économique majeur du Val d'Authion est l'agriculture.Les aménagements sous formes de canaux d'assainissement agricole et de barrages ont donc un rôle de protection des biens et des personnes mais également un rôle de stockage d'eau pour l'irrigation des parcelles. L'ensemble des aménagements et leur gestion influencent le transport sédimentaire de l'ensemble du bassin.

Durant ce stage, un plan de suivi sédimentaire est élaboré sur les cours d'eau du Val d'Authion en collaboration avec les techniciens de rivières. Il s'agit d'identifier les causes des apports et de comprendre le fonctionnement du transport sédimentaire à l'échelle du bassin versant. Un diagnostic de l'hydromorphologie du réseau hydrographique et de l'occupation du sol est réalisé. Les zones de productions de sédiments des têtes de bassins seront identifiées grâce à un travail de cartographie. Ce stage définira des orientations de gestion et des protocoles de mesures de suivi de la sédimentation pour le Val d'Authion.

Mots clés : Sédiments, canaux, sol, diagnostic, mesure.

Abstract

The Authion river watershed and especially the valley part, is highly subject to flood risk. This risk has been included for a long time in the overall assessment of the watershed with numerous water work. The major economic issue of the Authion valley is agriculture. Water work as dams and drainage canals has therefore a protection role for people and private property but also to provide water storage for agricultural plots irrigation. All the hydraulic facilities and heir assessment influence the sediment transport throughout the watershed.

During this internship, a sedimentary monitoring plan is developed on the Authion valley in collaboration with rivers technicians. This is to identify the causes of input and understand how sediment transport throughout the watershed. A hydromorphology diagnosis of the river system and land cover use is achieved. Sediment production areas in basin heads will be identified through a mapping work. This internship will provide assessement options and follow-up protocols of the Authion rivers sedimentation.

Keywords : Sediments, manmade waterways, soil, diagnosis, measure.