


ÉTUDE DE DANGERS DES DIGUES DE LA LOIRE DE CLASSE B ET C

5 - Etude morphodynamique locale

Juin 2017

	<p>BRL ingénierie</p> <p>1105 Av Pierre Mendès-France BP 94001 30001 NIMES CEDEX 5</p>
---	--

Date de création du document	Novembre 2014
Contact	Marie-Christine Germain

Titre du document	Etude géologique et morphologique de la Loire dans le val de Luthenay Uxeloup
Référence du document :	
Indice :	0

Date émission	Indice	Observation	Dressé par	Vérifié et Validé par
	0		Vincent Calland Jérémy Bosch	

ANALYSE GÉOLOGIQUE ET MORPHOLOGIQUE DE LA LOIRE DANS LE VAL DE LUTHENAY UXELOUP

1. CONTEXTE	5
1.1 Présentation du site	5
1.1.1 La Loire	5
1.1.2 Le secteur d'étude	5
1.2 contexte géologique	9
1.2.1 Les formations géologiques du secteur d'étude	9
1.2.2 Les formations géologiques du val de Luthenay Uxeloup	11
1.3 Les mouvements tectoniques	11
1.3.1 Mouvements tectoniques dans le bassin parisien	11
1.3.2 Mouvements tectoniques du secteur d'étude	13
1.4 Contexte hydromorphologique de la Loire	15
1.4.1 Contexte hydromorphologique de la Loire moyenne (aval du bec d'Allier)	15
1.4.2 Contexte hydrogéologique de la Loire amont (amont du bec d'Allier)	15
1.4.3 Paramètres morphologiques susceptibles d'affecter les endiguements	16
2. EVOLUTIONS MORPHOLOGIQUES ET DANGERS ASSOCIÉS	17
2.1 Evolutions tendanciennes	17
2.1.1 Evolutions des profils en long	17
2.1.2 Evolutions du tracé	21
2.2 Sollicitations hydrodynamiques des digues	29
2.2.1 Rehausse potentielle de la ligne d'eau du fait de la végétalisation du lit	29
2.2.2 Végétalisation prévisible à court terme	32
2.2.3 Sollicitations importantes du pied de digue	34
2.2.4 Obstacles à l'origine de courants sécants aux endiguements	35
2.3 Synthèse relative aux aspects morphodynamiques	35

TABLE DES ILLUSTRATIONS

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : schéma de la structuration en bloc du substratum du bassin de Paris	13
Figure 2 : Schéma simplifié de l'impact de la végétalisation du lit mineur en fonction de la largeur du lit endigué	30

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Aide à la lecture des cartes d'analyse de l'évolution du tracé de la Loire	24
--	----

1. CONTEXTE

1.1 PRÉSENTATION DU SITE

1.1.1 La Loire

Avec une distance totale de 1012 km, la Loire est le plus long fleuve de France. Elle prend sa source en Ardèche au Mont Gerbier de Jonc et rejoint l'Atlantique au niveau de St-Nazaire. La surface de son bassin versant est de 117 000 km².

Entre la source et son émissaire, la Loire traverse :

- ▶ 5 régions :
 - Rhône-Alpes ;
 - Auvergne ;
 - Bourgogne ;
 - Centre ;
 - Pays de la Loire.
- ▶ 12 départements : l'Ardèche, la Haute Loire, la Loire, la Saône et Loire, l'Allier, la Nièvre, le Cher, le Loiret, le Loir-et-Cher, le Maine-et-Loire et la Loire-Atlantique.

Ses principaux affluents sont, d'amont en aval :

- ▶ Au pied du Massif Central, l'allier ;
- ▶ Au niveau de Tours :
 - Le Cher ;
 - L'Indre ;
 - La Vienne ;
- ▶ A Saumur : le Thouet ;
- ▶ Au niveau d'Angers : La Maine qui regroupe :
 - Le Loir ;
 - La Sarthe ;
 - La Mayenne ;
- ▶ Près de Nantes :
 - La Sèvre Nantaise ;
 - L'Erdre.

1.1.2 Le secteur d'étude

La zone d'étude concerne un linéaire de 195 km par rapport au fleuve Loire, compris entre les communes de Digoin en amont et Léré en aval. Sur ce linéaire, la réalisation des études de dangers concernent 7 Vals (voir « Carte générale de localisation des sites »).

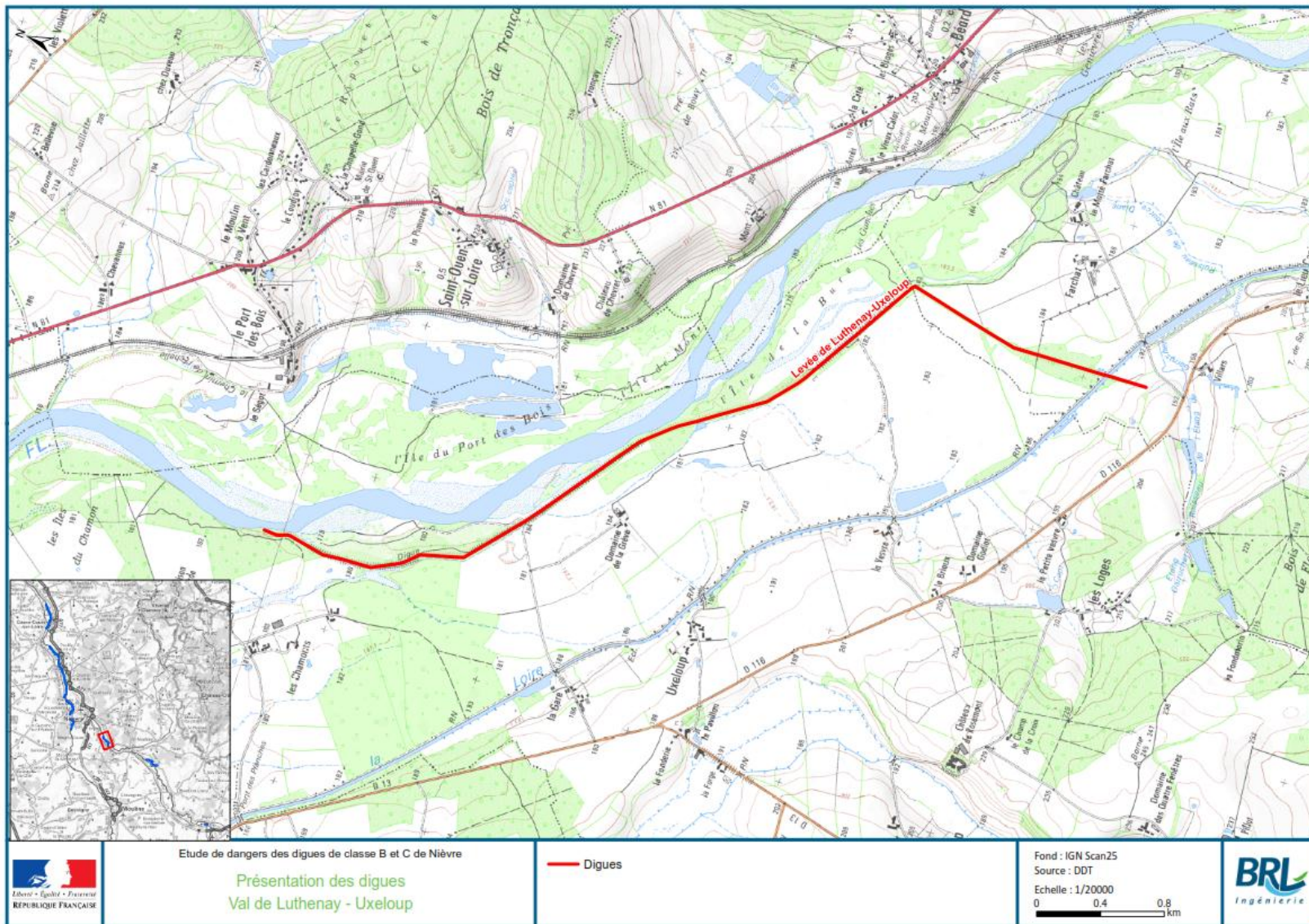
Le val de Luthenay Uxeloup, localisé sur la Loire amont, en amont de la confluence avec l'Allier, concerne un linéaire de digues de 6 300 ml.



p:\brli\germain\800730_edd_58\06_rapports\03_morphodynamique\1_diagnostic\1_rapports_geol_morpho_finaux\05_rapport_geologie_morphologie_val_de_luthenay-uxeloup_vrre.docx / Romain Recouvreur

Analyse géologique et morphologique de la Loire dans le val de Luthenay Uxeloup





p:\brl\germain\800730_edd_58\06_rapports\03_morphodynamique\1_diagnostic\1_rapports_geol_morpho_finaux\05_rapport_geologie_morphologie_val_de_luthenay-uxeloup_vrrr.docx / Romain Recourveur

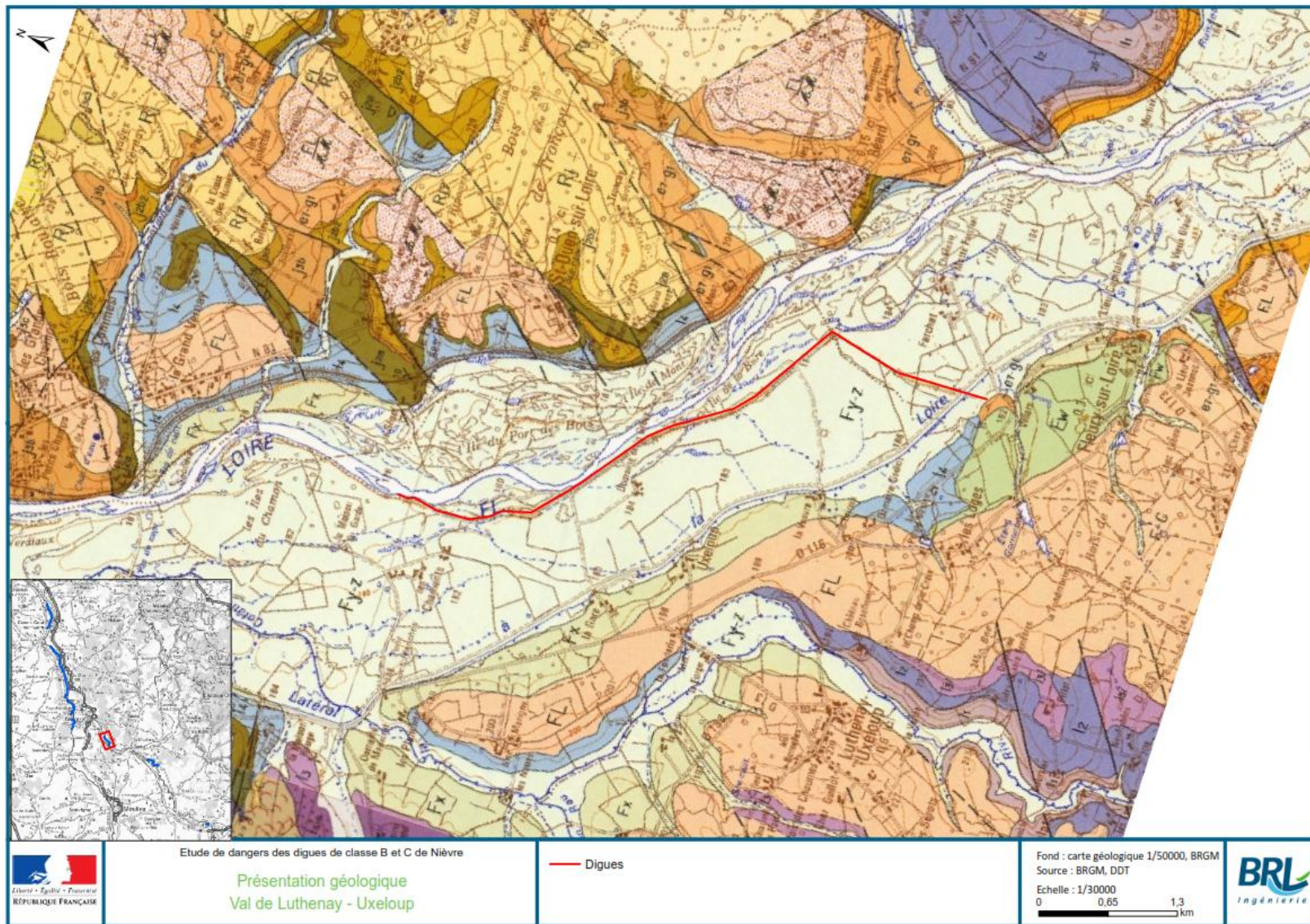
Analyse géologique et morphologique de la Loire dans le val de Luthenay Uxeloup

1.2 CONTEXTE GÉOLOGIQUE

1.2.1 Les formations géologiques du secteur d'étude

Sur l'ensemble de la zone d'étude trois principales formations géologiques composent le substratum de l'amont vers l'aval.

- ▶ L'amont du secteur d'étude se distingue par la présence de couches sédimentaires d'âge Pliocène, surplombant l'Oligocène visible sur certains secteurs de talwegs soumis à l'érosion. La Loire amont repose sur ce secteur sur une importante couche d'alluvion du Quaternaire.
- ▶ De l'amont du Bec d'Allier jusqu'en aval du val de Beffes – Herry, le substratum est constitué principalement des bancs calcaires du Jurassique inférieur à supérieur, surplombé par endroit par les formations sédimentaires d'âge Pliocène.
- ▶ L'aval du secteur d'étude est caractérisé par la dominance des formations du Crétacé inférieur et supérieur.



1.2.2 Les formations géologiques du val de Luthenay Uxeloup

L'extrait de la carte géologique au 1/50 000^e permet d'identifier les terrains affleurant situés aux alentours du val de Luthenay Uxeloup.

Le val de Luthenay Uxeloup est principalement composé de la formation alluvionnaire Fy - z qui correspond aux alluvions holocènes et modernes de la Loire.

Au-delà des formations alluvionnaires, sa limite ouest côtoie les affleurements des formations suivantes :

- ▶ Fx : Sables fins, sables, graviers et galets.

Cette formation n'occupe qu'une très faible surface. Elle est constituée d'un limon très sableux brunâtre à noirâtre de faible épaisseur surmontant des sables fins à grossiers, quartzo-feldspathiques, à galets de quartz et de silex remaniés des formations du Bourbonnais et , localement de galets de granits et de roches volcaniques de 4 à 6 cm maximum.

- ▶ Fw : Limons argileux, sables fins à grossiers quartzo-feldspathiques.

Essentiellement représentée en rive gauche par des lambeaux isolés, cette nappe constitue le premier remblaiement à caractère grossier. Elle domine la plaine alluviale d'une vingtaine de mètres. La partie inférieure est constituée de sables fins à grossiers quartzo-feldspathique à galets de quartz, silex, granite atteignant jusqu'à 10 cm. Des limons beiges à brun rougeâtre très compacts, d'environ 1,50 m d'épaisseur, surmontent le matériel grossier.

- ▶ FL : Formations argileuses, accessoirement sableuses des plateaux

Les formations argileuses des plateaux montrent une tendance évolutive au limon en surface. Cette formation occupe les parties qui limitent les deux bassins versant de l'Allier et de l'Aubois. Il s'agit d'argiles parfois sableuses, très compactes, se développant sur 1 à 3 m, jaunes à marbrures grises ou exceptionnellement ocre à rouge brique.

- ▶ I₃₋₄ : Sinémurien. Calcaire gris à Gryphées.

Le Sinémurien débute par un calcaire marneux clair et est surmonté par des calcaires gris bleu, compacts, marneux, en bancs réguliers et à surface ondulée séparés par des interbeds marneux. Les zones les plus marneuses de cette formation sont fortement fossilifères, avec notamment des Ammonites et de nombreux brachiopodes.

- ▶ I₁₋₂ : Hettangien. Calcaire jaune.

Ces calcaires sont de couleur gris clair à jaune. Dans la partie supérieure, les calcaires sont riches en entroques et en radioles d'Oursins et la surface des bancs peut-être perforée. Il se débite en plaquettes. L'Hettangien est de plus en plus franchement marin en montant dans sa série bien que toujours d'origine peu profonde.

1.3 LES MOUVEMENTS TECTONIQUES

1.3.1 Mouvements tectoniques dans le bassin parisien

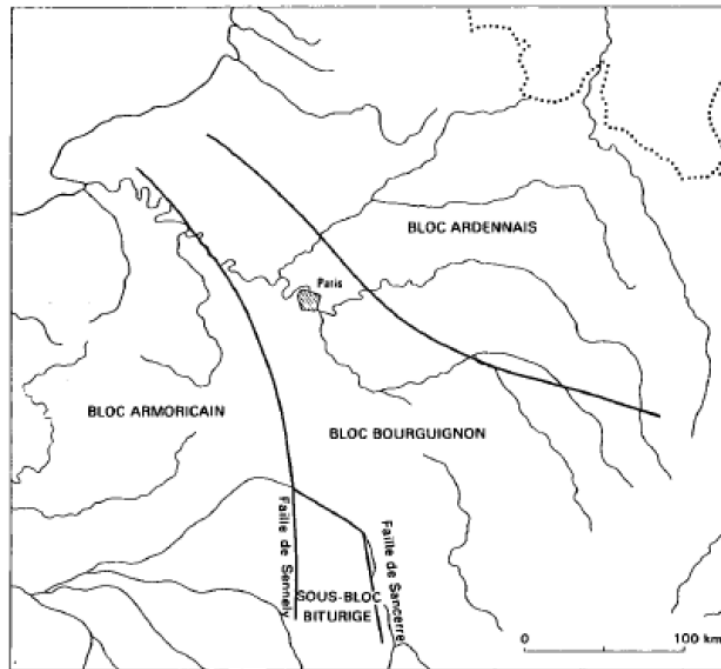
Le bassin parisien est formé de trois blocs :

- ▶ Le bloc ardennais au Nord ;
- ▶ Le bloc bourguignon au Sud-Est ;

► Le bloc armoricain à l'Ouest.

Ces blocs proviennent de la formation lors du Paléozoïque de la chaîne hercynienne. Le bloc bourguignon et le bloc armoricain sont séparés par les failles de Sennely et de Sancerre et le bloc bourguignon est séparé du bloc ardennais par la faille du Bray-Vittel. La mise en place du fossé de la Loire, délimité à l'Ouest par la faille de Sancerre et à l'Est par un faisceau de failles d'orientations N20°E, est l'un des derniers événements attestant de leur mobilité.

Figure 1 : schéma de la structuration en bloc du substratum du bassin de Paris



Le bassin parisien a été soumis à de nombreux événements tectoniques :

- ▶ L'Eocène : plissement de la couverture sédimentaire du bassin parisien et mise en place de failles inverses d'orientation Est Ouest provoquées par le pli Nord-Sud pyrénéen.
- ▶ Fin de l'Eocène et début de l'Oligocène inférieur : mise en place d'un régime distensif Est Nord Est / Est – Sud Est, origine de la création du fossé de la Loire et du fonctionnement de failles normales subméridiennes.
- ▶ Fin de l'oligocène inférieur : plongée des trois blocs du bassin de Paris et entrée de la mer des faluns d'Ormay, dernier épisode marin constaté dans le bassin parisien.
- ▶ Miocène : amplification du basculement du bloc armoricain et mise en place d'une compression alpine ouest sud-ouest / est nord-est ; décrochements de failles de direction est / ouest et jeu en failles inverses pour les failles d'orientation subméridienne. La faille de Sancerre, jouant en faille inverse, a ainsi provoqué la surrection du Morvan, puis le basculement d'Est en Ouest du bloc armoricain.

L'orientation du cours de la Loire vers l'Atlantique dans sa configuration actuelle est donc datée aux environs du début du quaternaire.

1.3.2 Mouvements tectoniques du secteur d'étude

Le secteur considéré est situé sur le bloc armoricain. La Loire s'écoule sur ce secteur au droit de la faille de Sancerre qui sépare le sous bloc biturige du bloc bourguignon. La faille de Sancerre est restée mobile durant toute l'évolution du bassin parisien. Le passage de la Loire vers l'Atlantique (daté à environ 400 000 ans) atteste de la mobilité passée des failles de Sancerre et de Sennely.

Au Nord de la Loire, un événement tectonique survenu très probablement au début du quaternaire, a engendré une remontée des couches sur une trentaine de mètres, permettant ainsi à la Loire de creuser une vallée en direction de l'Atlantique.

L'accident majeur de Sancerre, de direction N 10°E a engendré de nombreuses autres failles, plus ou moins parallèle à l'accident majeur, mais présentant un rejet moins important que la faille de Sancerre.

Tous ces accidents sont d'âge post-jurassique. Les argiles à silex conservés dans le fossé de la Loire indiquent que certains jeux, distension, sont postérieurs au dépôt de ces argiles qui y ont été piégés.

Quelques épicentres de séismes jalonnent l'accident subméridien Sancerre – Sancoins et confirment l'activité tectonique encore actuelle de cette faille (séisme de magnitude 3.5 le 12/08/1976 sur le secteur d'étude).

1.4 CONTEXTE HYDROMORPHOLOGIQUE DE LA LOIRE

1.4.1 Contexte hydromorphologique de la Loire moyenne (aval du bec d'Allier)

Sources :

Etude de réajustement du lit actif en Loire moyenne, bilan géomorphologique et diagnostic du fonctionnement des chenaux secondaires en vue d'une gestion raisonnée, Thèse de Nabet Fouzi, 2013 ;

Modélisation de l'évolution morphologique du lit alluvial : application à la Loire moyenne, Thèse d'Audrey Lapatie, 2011.

Les tendances générales d'évolution de la Loire se traduisent par une diminution de sa pente et une réduction de sa largeur de bande active entre 1978 et 1996 (Lapatie, 2011). Ces évolutions sont imputables aux ouvrages de canalisation, qui se sont généralisés au cours du XIXe siècle (grandes digues, duits, chevrettes), et aux extractions de sédiments effectuées dans le lit mineur de 1950 à 1994, qui ont fortement contraint la dynamique fluviale en modifiant les conditions de transport des flux d'eau et de sédiments.

Le lit de la Loire a réagi à ces formes d'aménagements lourds par une érosion de son fond, une migration latérale du thalweg, la rétraction de la largeur du corridor fluvial, le développement des îles du fait de leur boisement et de nombreuses anomalies géomorphologiques comme par exemple la présence d'îles boisées dans les méandres (Fouzi, 2013).

Les formes insulaires présentes sur la Loire prennent dans la majorité des cas une position latérale au sein du lit mineur. Ainsi, leurs positions favorisent leurs rattachements à la rive convexe, par rétroaction de l'ensablement et du développement de la végétation. Cela influence la compétence du fleuve dans les chenaux secondaires séparant les îles des berges par réduction de la largeur et de la capacité de transport des bras (Fouzi, 2013).

La présence des digues ne permet pas à la plaine d'inondation de participer à la dynamique sédimentaire du fleuve. Ainsi, les apports de charges solides proviennent principalement des bassins amont et des affluents de la Loire comme l'Allier dont l'apport sédimentaire est deux fois supérieur à celui de la Loire dans la zone de confluence (Babonaux, 1970).

La pente du fleuve est d'environ 0,5 m/km à l'aval de la confluence avec l'Allier et de 0,35 m/km entre Orléans et Saumur (Brosse, 1982 ; Gautier 2006).

1.4.2 Contexte hydrogéologique de la Loire amont (amont du bec d'Allier)

Sources :

Etude géomorphologique de la Loire entre Villerest et le bec d'Allier, Chapitre II : Diagnostic de fonctionnement 1997 DIREN de Bassin Loire Bretagne

Espace de mobilité fonctionnel de la Loire de Saint Hilaire au bec d'Allier 2014 DREAL Centre.

Le secteur situé entre Digoin et le bec d'Allier peut être divisé en trois parties distinctes allant de Digoin à Diou, de Diou à Decize, puis de Decize au bec d'Allier.

DE DIGOIN À DIOU

Ce tronçon est caractérisé par un fond de vallée qui présente une largeur de l'ordre de 2-3 km, l'espace de divagation de la Loire est fortement contraint par ses coteaux latéraux.

Ce tronçon s'achève à Diou, au niveau du seuil rocheux affleurant en fond de lit et qui cale très fortement le plancher alluvial, situé en amont immédiat de la confluence avec la Besbre. La pente de la Loire sur ce secteur est de 0.6 m/km.

Ce tronçon semble extrêmement stable en plan puisque le lit n'a quasiment pas bougé depuis 1850. Cette stabilité s'explique par la présence de contraintes naturelles (affleurement en pied de coteaux) et par des aménagements anciens stabilisant les méandres (perrés, enrochements...).

DE DIOU À DECIZE

Du seuil de Diou à la confluence avec l'Aron, le tronçon présente la dynamique fluviale la plus active sur le linéaire le plus important. Les méandres sont presque tous évolutifs (érosion latérale intense à très intenses) dans un fond de vallée avoisinant les 4 à 5 km de large.

Les anciens tracés sont identifiables sur les cartes au 1 :25000, parfois à plus de 4 km de l'axe actuel, notamment le long de la route départementale entre Diou et Beaulon.

Le fort développement des méandres est favorisé sur ce secteur par une très faible pente de la Loire, avoisinant les 0.4 m/km.

DE DECIZE AU BEC D'ALLIER

Ce secteur marque la transition entre le « val endigué » de Loire, par opposition au val libre de l'amont, au-delà de Nevers, dont le style morphologique est notablement différent (pseudo-tressage).

La pente est ici de 0.6 m/km.

1.4.3 Paramètres morphologiques susceptibles d'affecter les endiguements

Les éléments de contextes, précédemment présentés, permettent d'identifier les différents paramètres morphologiques susceptibles d'affecter les endiguements ou le système « berges + digues ».

Ainsi, les paramètres pris en compte dans l'analyse concernent :

- ▶ L'évolution altitudinale du lit de la Loire ;
- ▶ Le potentiel de divagation du lit ;
- ▶ Le potentiel de végétalisation du lit susceptible d'engendrer une rehausse de la ligne d'eau en crue ;
- ▶ Les obstacles ou atterrissements en lit mineur à l'origine d'écoulements sécants aux systèmes d'endiguement ;
- ▶ L'influence potentielle des écoulements en concavité de méandres.

2. EVOLUTIONS MORPHOLOGIQUES ET DANGERS ASSOCIÉS

Source : Production BRL i, données SIEL, CETE

2.1 EVOLUTIONS TENDANCIELLES

Elles sont estimées sur la base de l'observation des tendances historiques relatives aux évolutions des profils en long de la ligne d'eau d'étiage et des tracés du lit.

Les profils en long retenus concernent une période de 23 ans depuis 1986. Les points de comparaison correspondent aux niveaux altitudinaux des points de références de la base de données SIEL. Sur 23 ans, l'analyse prend en compte cinq années jugées représentatives et relativement complètes du point de vue des niveaux relevés.

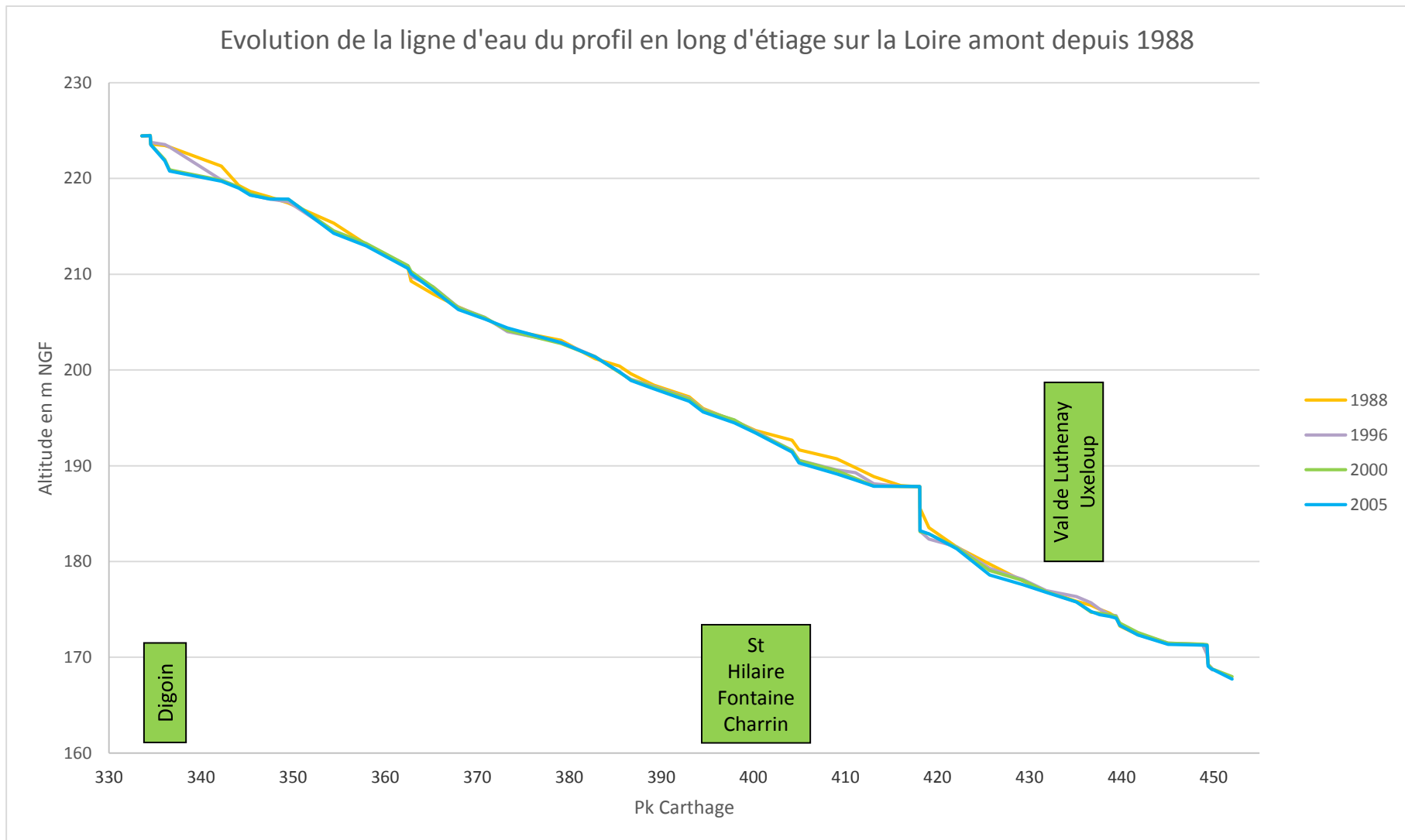
L'évolution des tracés du lit mineur permet d'établir une comparaison entre les années 1970, 2005 et 2010. Les écarts sont appréciés par rapport à l'année 2005 pour laquelle on dispose du tracé digitalisé dans le cadre de l'élaboration de la cartographie des milieux aquatiques. Le rendu fait l'objet d'une collection d'image des tracés.

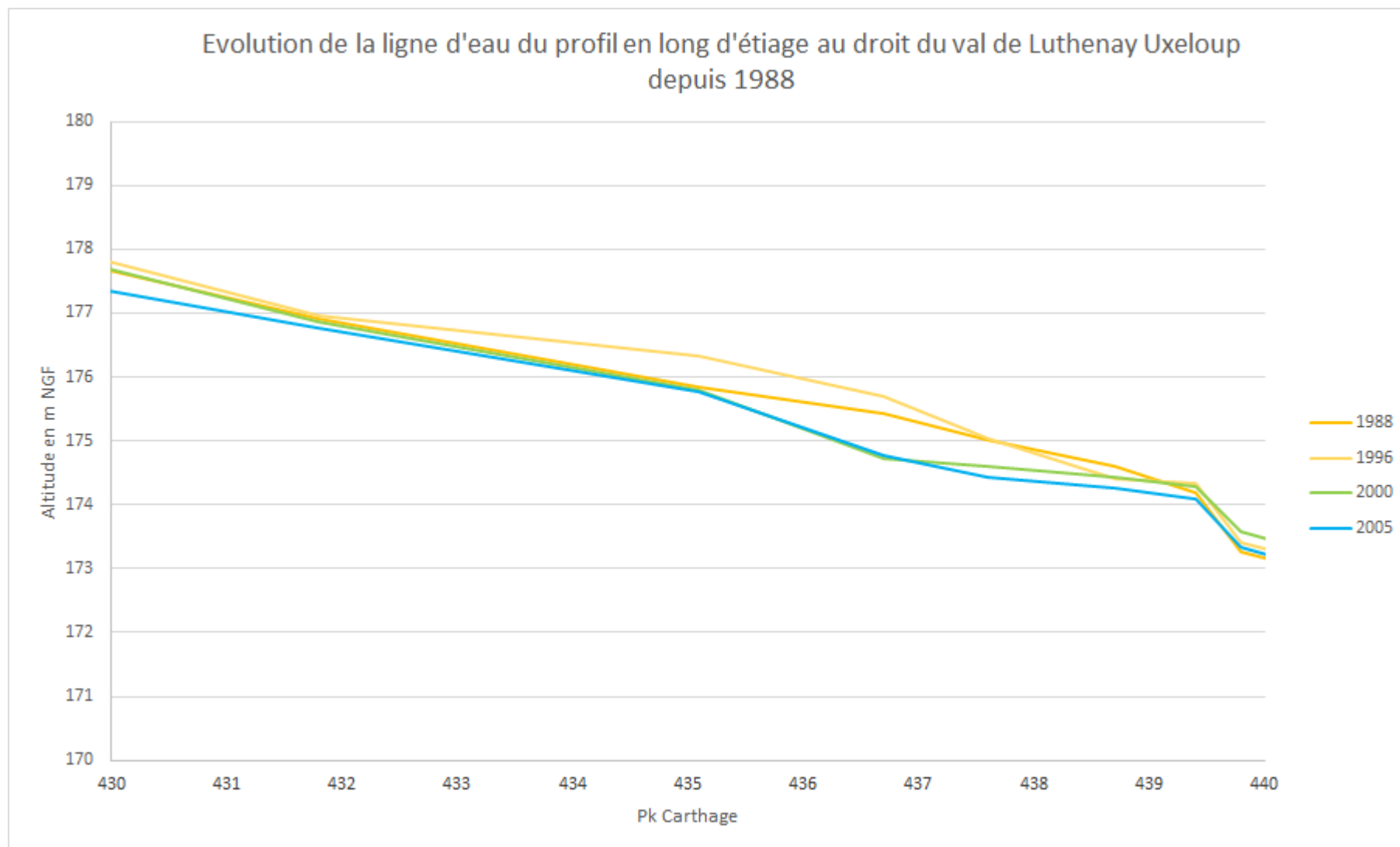
2.1.1 Evolutions des profils en long

De façon générale, les évolutions observées sur l'ensemble de la zone d'étude font état d'une relative stabilité du profil en long depuis 1986. Une incision remarquable peut être identifiée au droit du val de Léré.

L'incision du lit de la Loire moyenne est à la fois bien connue et documentée elle est le résultat d'un tarissement de la charge solide grossière qui se traduit aujourd'hui par un déficit en sédiments. Les origines de ce tarissement en alluvions sont principalement anthropiques et le résultat d'une combinaison d'aménagements hydrauliques tels que la création de barrages et de digues, les extractions de granulats, la chenalisation due aux ouvrages de navigation, l'entretien du chenal en basse Loire, ou encore l'absence de crues morphogènes depuis le milieu du XIX^{ème} siècle.

Les évolutions récentes observées depuis 1986 sont modestes et montrent des variations de la ligne d'eau d'étiage comprises entre + 10 cm (exhaussement) et - 20, - 30 cm pour les valeurs d'incisions les plus importantes.





Le val de Luthenay Uxeloup présente une incision pouvant atteindre 1 m au maximum entre les années 1996 et 2000. Durant les périodes récentes, soit entre 2000 et 2005, le profil en long est stable et ne présente pas de phénomènes remarquables d'incision ou d'exhaussement du cours d'eau. Les incisions anciennes sont toutefois à prendre en considération.

Au niveau fonctionnel, l'abaissement de la ligne d'eau peut avoir plusieurs effets sur les digues :

- ▶ Une augmentation du débit capable de la section (débit de plein bord) avec une sollicitation potentiellement plus importante sur les digues ;
- ▶ Une incision des talus qui peut conduire à une déstabilisation accrue pour les digues localisées à proximité du lit d'étiage ;
- ▶ Plus généralement mais aussi plus fréquemment, une végétalisation accrue de barres sédimentaires et par un processus de rétroaction positive, un engraissement plus important à l'origine d'un agrandissement des îles. Cette évolution n'est pas uniquement le fait de l'incision elle est aussi à combiner à la diminution des crues morphogènes qui ne permettent plus de remodeler « en profondeur » les formes fluviales.

2.1.2 Evolutions du tracé

2.1.2.1 Considérations générales

Les évolutions du tracé du lit actif de la Loire sont décrites à partir de l'observation de photographies aériennes anciennes. Celles disponibles permettent de couvrir une période comprise entre 1965 et 2010, soit une durée suffisamment longue pour apprécier les évolutions principales. L'analyse repose sur deux types de présentations :

- ▶ Une digitalisation des évolutions du chenal actif soit des surfaces en eau y compris des bras secondaires, sur la base du tracé de 2005. Ce tracé ayant déjà été digitalisé de façon fine, il sert de référence dans le cadre de cette analyse. Cette interprétation concerne 3 périodes également réparties sur les 45 années d'observations : 1965 (ou date avoisinante), 2005 et 2010.
- ▶ Une présentation des photographies aériennes relatives à ces trois périodes.

LIMITES DE L'INTERPRÉTATION

Elles sont liées non pas à la qualité des sources, mais aux dates de réalisation des prises de vues et donc aux débits au moment de la réalisation des clichés. Des recherches ont donc été effectuées afin de disposer de la valeur la plus probable du débit au moment de la réalisation des campagnes aériennes. Ces valeurs de débits sont retranscrites dans le tableau ci-dessous.

Val considéré	Date	Débit aux stations hydrométriques (m ³ /s)			
		Digoïn	Nevers	Cours les Barres	Cuffy sur l'Allier
Digoïn	24/06/1967	35.2	X	X	X
	19/06/2005	34.2	X	X	X
	07/2010 (moyenne mensuelle en absence de date précise)	44	X	X	X
Saint Hilaire Fontaine Charrin	09/07/1971	40.6	87.5	X	X
	19/06/2005	34.2	61	X	X
	07/2010 (moyenne mensuelle en absence de date précise)	44	77	X	X
Luthenay Uxeloup	09/07/1971	X	87.5	X	X
	19/06/2005	X	61	X	X
	07/2010 (moyenne mensuelle en absence de date précise)	X	77	X	X
	12/07/1967	X	47	X	48.6

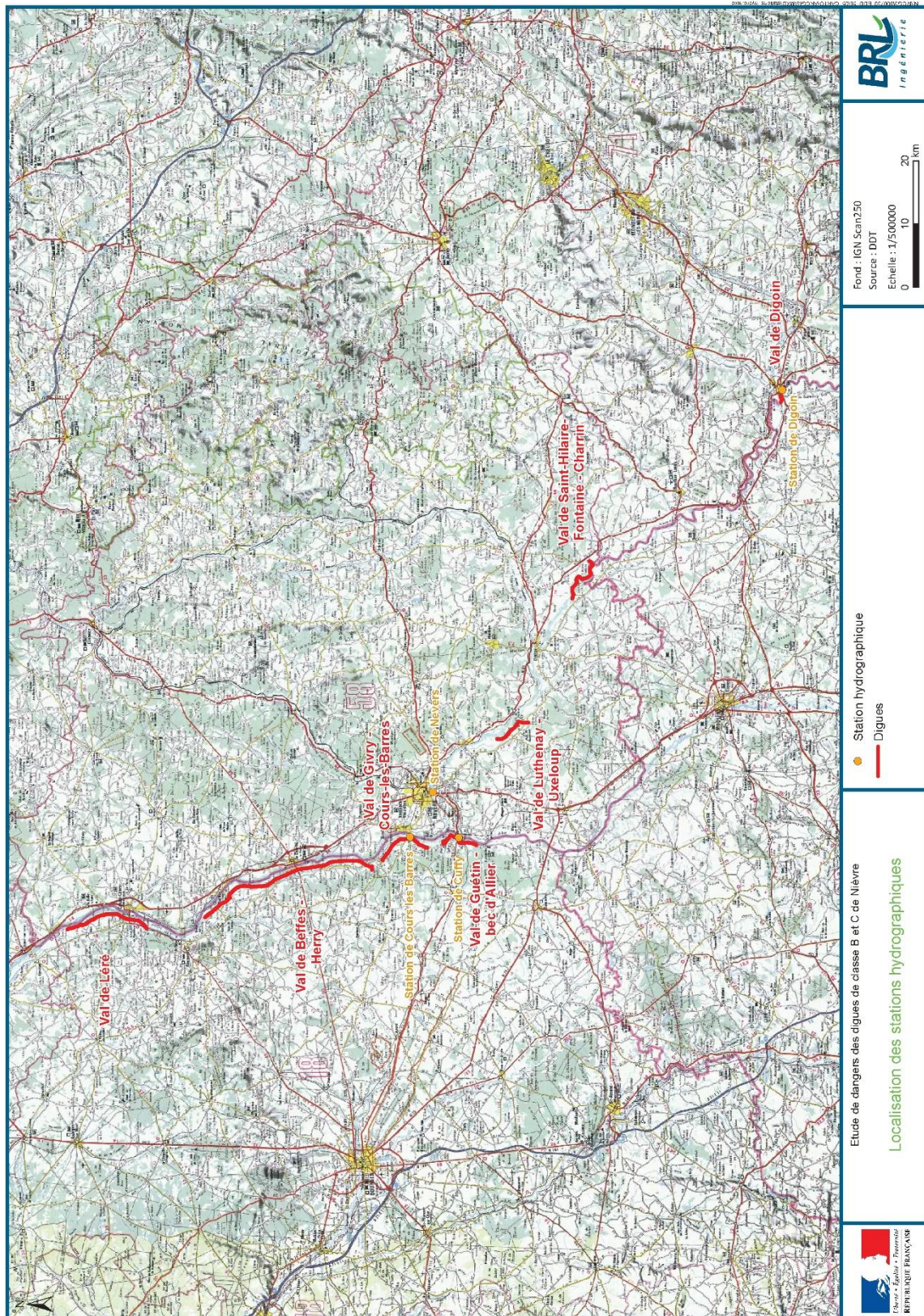
Guétin bec d'Allier	19/06/2005	X	61	X	79.7
	07/2010 (moyenne mensuelle en absence de date précise)	X	77	X	83
Givry Cours les Barres	22/06/1967	X	X	159	X
	19/06/2005	X	X	137	X
	07/2010 (moyenne mensuelle en absence de date précise)	X	X	158	X
Beffes Herry	22/06/1967	X	X	159	X
	19/06/2005	X	X	137	X
	07/2010 (moyenne mensuelle en absence de date précise)	X	X	158	X
Léré	26/10/1973	X	X	129	X
	19/06/2005	X	X	137	X
	07/2010 (moyenne mensuelle en absence de date précise)	X	X	158	X

Les valeurs affichées rendent compte de différences notables qu'il convient de bien intégrer dans le cadre de l'interprétation.

Les données utilisées aux dates de 2005 et 2010 étaient les seules données disponibles, l'analyse des débits aux stations hydrométriques montre toutefois une assez bonne concordance des débits comparés. Concernant les limites de l'exercice, il est important de remarquer ici que la date précise correspondant aux ortho photographies de 2010 n'a pu être identifiée, malgré les différents contacts établis durant l'étude. Les débits présentés pour 2010 sont ainsi des moyennes mensuelles du mois de juillet à la station considérée, les variations de débit journalier au sein de ce mois peuvent toutefois être importantes (exemple sur la station de Cours les Barres, Q max = 320, Q min = 92). Les évolutions constatées entre 2005 et 2010 sont donc à interpréter avec la plus grande prudence, mais permettent toutefois de constater des modifications morphologiques importantes du cours de la Loire.

Concernant les dates aux alentours des années 1970, une analyse fine des débits de l'ensemble des dates disponibles (une dizaine pour chaque val), a permis de sélectionner la date pour laquelle le débit se rapproche au mieux du débit de 2005.

Les stations utilisées pour cette analyse sont présentées sur la carte de localisation suivante.



2.1.2.2 Constat global

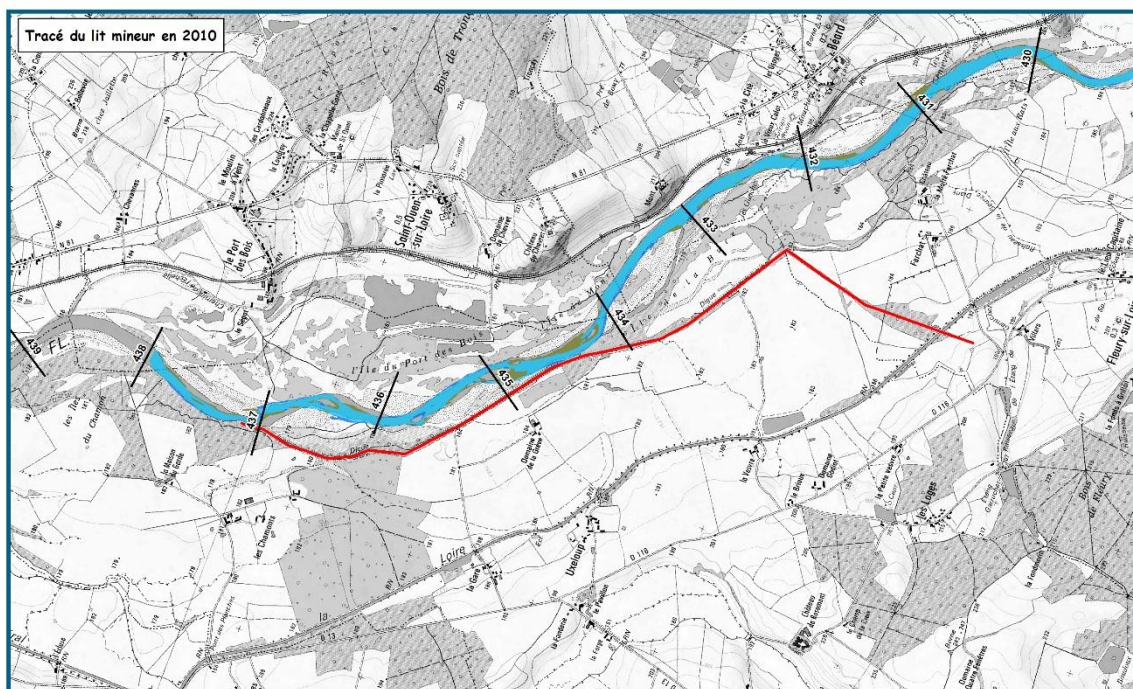
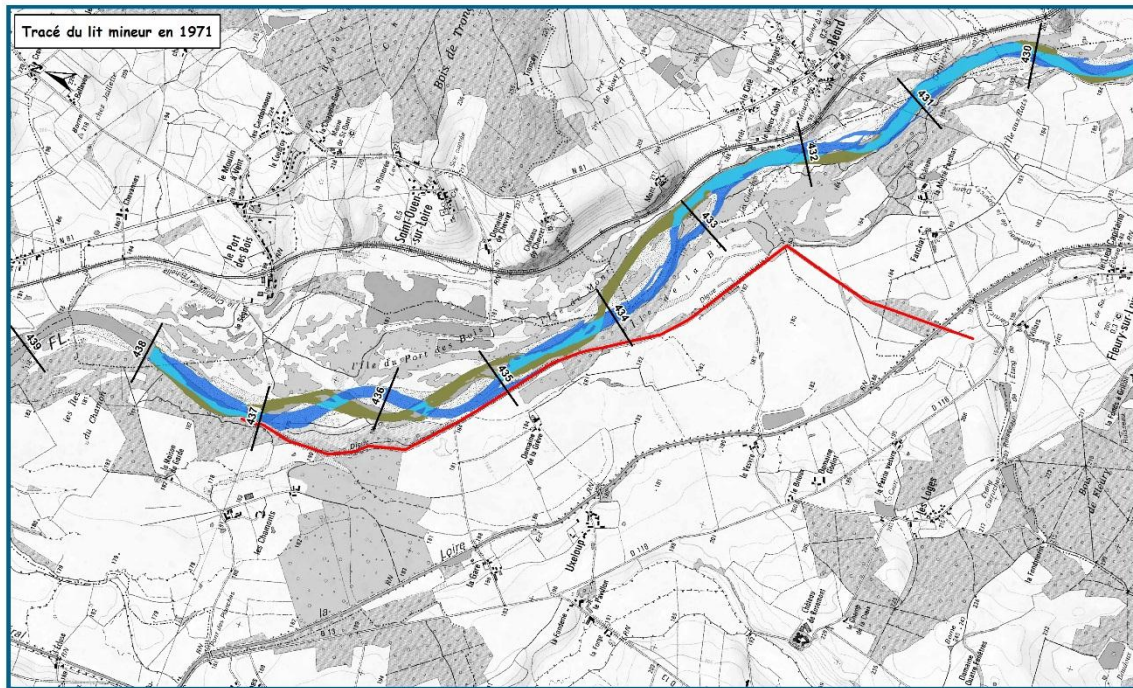
A l'échelle de l'ensemble de la zone d'étude, les observations font état de processus morphodynamiques actifs sur la partie amont de la Loire. Sur l'ensemble de la période, des évolutions plus ou moins importantes du tracé sont identifiables, notamment durant la période 1970-2005. Le val de Luthenay Uxeloup est particulièrement concerné par ces phénomènes, avec une modification quasi complète du tracé du lit de la Loire entre 1971 et 2005 au droit du val.

Ces évolutions sont dues à une disponibilité sédimentaire plus importante sur la Loire amont que sur la Loire moyenne, favorisée par des pentes plus importantes et une végétalisation moindre des berges et des atterrissements.

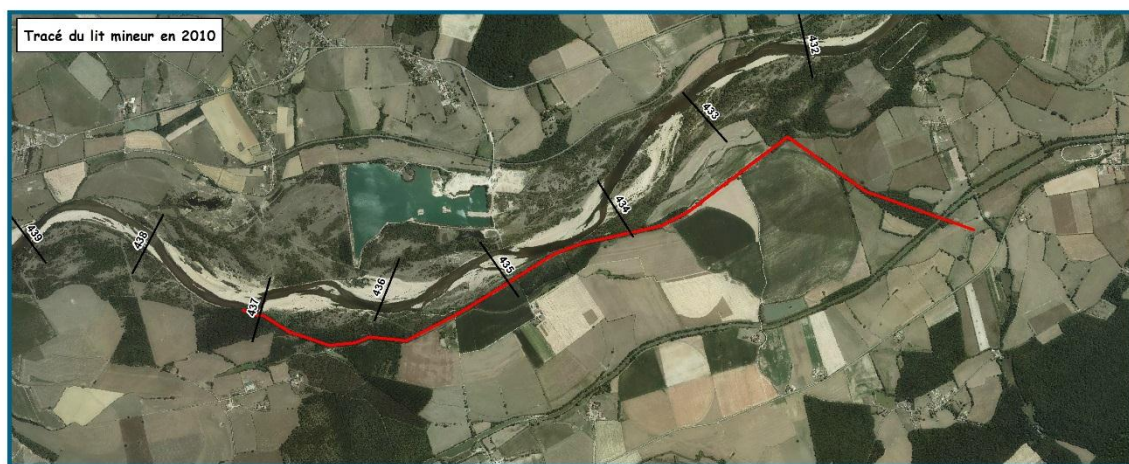
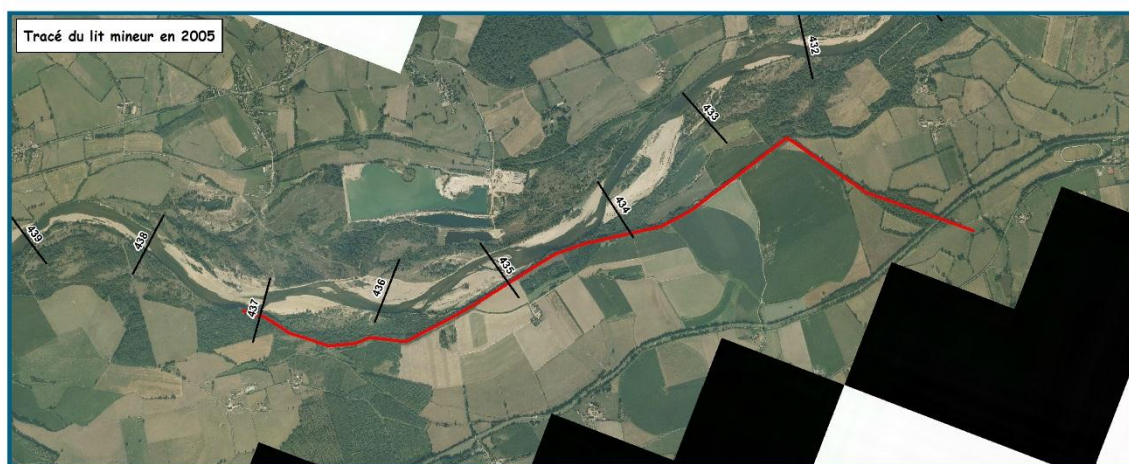
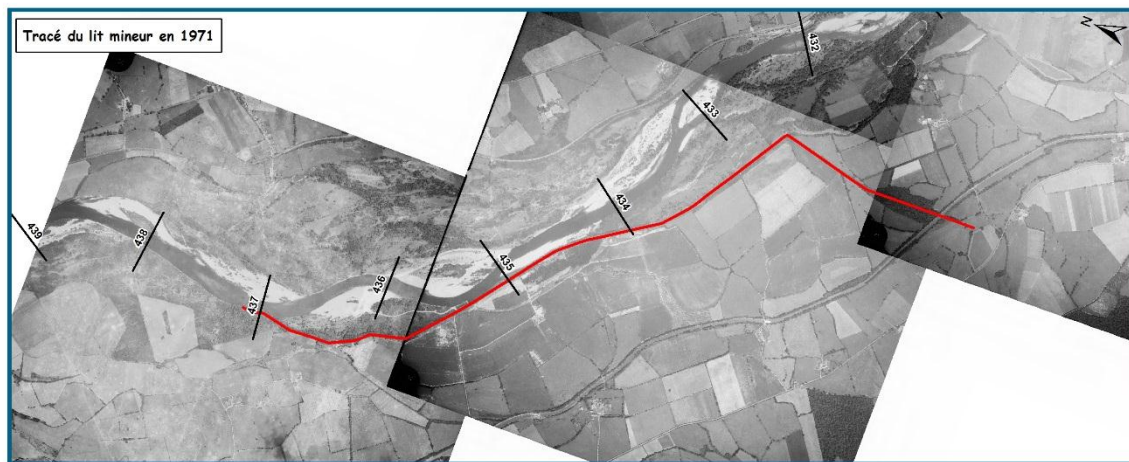
Les analyses comparatives présentées en pages suivantes permettent d'identifier les évolutions du tracé de la Loire au droit du val considéré. Il est important à ce stade d'apporter des éléments d'interprétation de l'analyse à travers le tableau suivant.

Tableau 1 : Aide à la lecture des cartes d'analyse de l'évolution du tracé de la Loire

	Analyse comparative				Analyse comparative			
	années 70 - 2005				2005 - 2010			
	Surfaces en eau 1970		Surfaces en eau 2005		Surfaces en eau 2005		Surfaces en eau 2010	
Bilan des surfaces en eau pour l'année considérée								



<ul style="list-style-type: none"> — Points Kilométriques — Dignes à l'étude 	<ul style="list-style-type: none"> Lit mineur de la Loire, tracé de référence 2005 Hors d'eau l'année considérée 	<ul style="list-style-type: none"> En eau l'année considérée
<p>Etude de dangers des digues de classe B et C de Nièvre</p> <p>Evolution du lit mineur</p> <p>Val de Luthenay - Uxeloup</p>	<p>Fond : IGN Scan25 Source : DDT, GeoPortail, BRL Echelle : 1/30000</p> <p>0 0,8 1,6 Km</p>	



<p>— Points Kilométriques</p> <p>— Dignes à l'étude</p>		<p>Etude de dangers des digues de classe B et C d'Indre et Loire</p> <p>Evolution du lit mineur</p> <p>Val de Luthenay - Uxeloup</p>	<p>Fond : Scan 25, IGN Source : DDT, SIEL, BRLi Echelle : 1/30000</p> <p>0 0,8 1,6 Km</p>	
	<p>16-hlm-13-hm-15-16-17-18-19-20-21-22-23-24-25-26-27-28-29-30-31-32-33-34-35-36-37-38-39-40-41-42-43-44-45-46-47-48-49-50-51-52-53-54-55-56-57-58-59-60-61-62-63-64-65-66-67-68-69-70-71-72-73-74-75-76-77-78-79-80-81-82-83-84-85-86-87-88-89-90-91-92-93-94-95-96-97-98-99-100-101-102-103-104-105-106-107-108-109-110-111-112-113-114-115-116-117-118-119-120-121-122-123-124-125-126-127-128-129-130-131-132-133-134-135-136-137-138-139-140-141-142-143-144-145-146-147-148-149-150-151-152-153-154-155-156-157-158-159-160-161-162-163-164-165-166-167-168-169-170-171-172-173-174-175-176-177-178-179-180-181-182-183-184-185-186-187-188-189-190-191-192-193-194-195-196-197-198-199-200-201-202-203-204-205-206-207-208-209-210-211-212-213-214-215-216-217-218-219-220-221-222-223-224-225-226-227-228-229-230-231-232-233-234-235-236-237-238-239-240-241-242-243-244-245-246-247-248-249-250-251-252-253-254-255-256-257-258-259-260-261-262-263-264-265-266-267-268-269-270-271-272-273-274-275-276-277-278-279-280-281-282-283-284-285-286-287-288-289-290-291-292-293-294-295-296-297-298-299-300-301-302-303-304-305-306-307-308-309-310-311-312-313-314-315-316-317-318-319-320-321-322-323-324-325-326-327-328-329-330-331-332-333-334-335-336-337-338-339-340-341-342-343-344-345-346-347-348-349-350-351-352-353-354-355-356-357-358-359-360-361-362-363-364-365-366-367-368-369-370-371-372-373-374-375-376-377-378-379-380-381-382-383-384-385-386-387-388-389-390-391-392-393-394-395-396-397-398-399-400-401-402-403-404-405-406-407-408-409-410-411-412-413-414-415-416-417-418-419-420-421-422-423-424-425-426-427-428-429-430-431-432-433-434-435-436-437-438-439-440-441-442-443-444-445-446-447-448-449-450-451-452-453-454-455-456-457-458-459-460-461-462-463-464-465-466-467-468-469-470-471-472-473-474-475-476-477-478-479-480-481-482-483-484-485-486-487-488-489-490-491-492-493-494-495-496-497-498-499-500-501-502-503-504-505-506-507-508-509-510-511-512-513-514-515-516-517-518-519-520-521-522-523-524-525-526-527-528-529-530-531-532-533-534-535-536-537-538-539-540-541-542-543-544-545-546-547-548-549-550-551-552-553-554-555-556-557-558-559-560-561-562-563-564-565-566-567-568-569-570-571-572-573-574-575-576-577-578-579-580-581-582-583-584-585-586-587-588-589-590-591-592-593-594-595-596-597-598-599-600-601-602-603-604-605-606-607-608-609-610-611-612-613-614-615-616-617-618-619-620-621-622-623-624-625-626-627-628-629-630-631-632-633-634-635-636-637-638-639-640-641-642-643-644-645-646-647-648-649-650-651-652-653-654-655-656-657-658-659-660-661-662-663-664-665-666-667-668-669-670-671-672-673-674-675-676-677-678-679-680-681-682-683-684-685-686-687-688-689-690-691-692-693-694-695-696-697-698-699-700-701-702-703-704-705-706-707-708-709-710-711-712-713-714-715-716-717-718-719-720-721-722-723-724-725-726-727-728-729-730-731-732-733-734-735-736-737-738-739-740-741-742-743-744-745-746-747-748-749-750-751-752-753-754-755-756-757-758-759-760-761-762-763-764-765-766-767-768-769-770-771-772-773-774-775-776-777-778-779-780-781-782-783-784-785-786-787-788-789-790-791-792-793-794-795-796-797-798-799-800-801-802-803-804-805-806-807-808-809-810-811-812-813-814-815-816-817-818-819-820-821-822-823-824-825-826-827-828-829-830-831-832-833-834-835-836-837-838-839-840-841-842-843-844-845-846-847-848-849-850-851-852-853-854-855-856-857-858-859-860-861-862-863-864-865-866-867-868-869-870-871-872-873-874-875-876-877-878-879-880-881-882-883-884-885-886-887-888-889-890-891-892-893-894-895-896-897-898-899-900-901-902-903-904-905-906-907-908-909-910-911-912-913-914-915-916-917-918-919-920-921-922-923-924-925-926-927-928-929-930-931-932-933-934-935-936-937-938-939-940-941-942-943-944-945-946-947-948-949-950-951-952-953-954-955-956-957-958-959-960-961-962-963-964-965-966-967-968-969-970-971-972-973-974-975-976-977-978-979-980-981-982-983-984-985-986-987-988-989-990-991-992-993-994-995-996-997-998-999-1000</p>			

2.1.2.3 Evolution du tracé de la Loire au droit du val de Luthenay Uxeloup

Cette analyse vient en appui aux documents produits pour les différents vals. Elle concerne :

- ▶ Les évolution du lit mineur observées pour les années 1970, 2005 et 2010 ;
- ▶ Les planches des photographies aériennes des années 1970, 2005 et 2010 ;
- ▶ les aménagements recensés aux abords des digues.

Au droit du val de Luthenay Uxeloup, le cours de la Loire a subi des modifications importantes de son tracé, notamment visible entre les Pk 433 et 437 entre 1971 et 2005, où l'ancien lit de la Loire forme aujourd'hui les formes alluvionnaires situées en intrados.

Ainsi, le lit de la Loire a subi deux formes d'évolutions distinctes sur ce secteur, soit un éloignement du système d'endiguement par érosion des terrains situés à l'Est, soit un rapprochement vers le système d'endiguement par érosion des berges situées à l'Ouest :

La Loire a progressée vers le système d'endiguement de Luthenay Uxeloup au droit des Pk suivants :

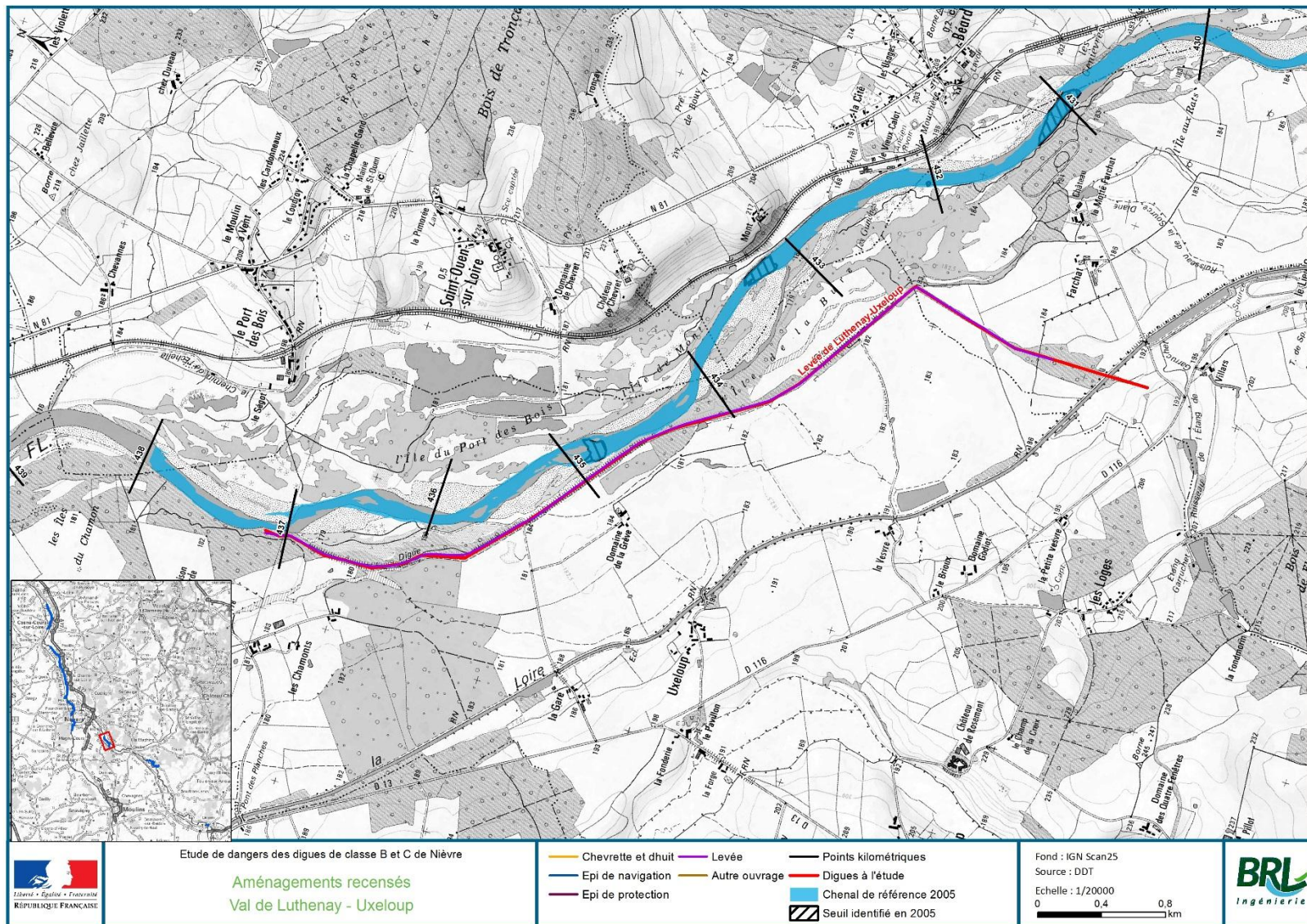
- ▶ Pk 434 à 435 ;
- ▶ 435,5 à 436,5.

Inversement, la Loire s'est éloignée du val de Luthenay Uxeloup au droit des Pk suivants :

- ▶ Pk 433 à 434 ;
- ▶ Pk 435 à 435,5 ;
- ▶ 436,5 à 437.

L'amplitude des méandres est moins importante durant les périodes récentes. Quelques atterrissements ont subi une phase de végétalisation récente, notamment au droit du Pk 433 et 435,4. Aucun aménagement n'est recensé au droit du val de Luthenay Uxeloup.

Entre 2005 et 2010, pour des conditions hydrologiques quasi-similaires, une progression du lit de la Loire en pied de digue est observable entre les Pk 434 et 435. Le suivi de l'évolution de ce secteur présente ainsi un intérêt certain en raison des risques de déstabilisation de berges que cette érosion est susceptible de provoquer.



p:\brl\germain\800730_edd_58\06_rapports\03_morphodynamique\1_diagnostic\1_rapports_geol_morpho_finaux\05_rapport_geologie_morphologie_val_de_luthenay-uxeloup_vrrr.docx / Romain Recourveur

Analyse géologique et morphologique de la Loire dans le val de Luthenay Uxeloup



2.2 SOLLICITATIONS HYDRODYNAMIQUES DES DIGUES

En complément aux éléments évoqués sur les tendances d'évolutions, l'analyse des sollicitations hydrodynamiques sur les digues prend en compte les différents indicateurs présentés dans le cadre de la réalisation de l'étude de danger de l'endiguement du val d'Orléans & morphologie fluviale réalisée par le CETE pour le compte de la SLBLB (Service Loire et Bassin Loire Bretagne) DREAL Centre, 19/11/12. Ces indicateurs concernent :

- ▶ La rehausse potentielle de la ligne d'eau en période de forte crue engendrée par la végétalisation récente du lit ;
- ▶ La végétalisation prévisible à court terme susceptible d'entraîner une rehausse de la ligne d'eau en crue et qui peut imposer une vigilance particulière en termes d'entretiens ;
- ▶ La localisation des secteurs soumis à une forte sollicitation du pied de digue en crue ;
- ▶ La présence d'obstacles à l'origine de la formation de courants sécants aux systèmes d'endiguement.

2.2.1 Rehausse potentielle de la ligne d'eau du fait de la végétalisation du lit

Source : Production BRL i à partir des indicateurs présentés dans le cadre de la réalisation de l'étude de danger de l'endiguement du val d'Orléans & morphologie fluviale réalisée par le CETE pour le compte de la SLBLB, DREAL Centre, 19/11/12.

Dans un contexte marqué par une incision historique du chenal et une hydraulité peu dynamique, l'exondation plus fréquente des bancs de sables et des chenaux secondaires favorise le développement des boisements sur les formes fluviales au sein du chenal actif. L'installation et la progression de la végétation s'inscrivent dans un processus de rétroaction positive entre le piégeage des sables et le développement des boisements. L'augmentation de la densité et de l'emprise du végétal peut avoir une incidence directe sur l'augmentation de la ligne d'eau avec une sollicitation accrue pour les digues.

2.2.1.1 Impact de la végétation sur la ligne d'eau en crue et sur l'aléa de rupture de digues

Les simulations réalisées par le CETE dans le cadre de l'étude de dangers de l'endiguement du val d'Orléans conduisent à retenir une augmentation de ligne d'eau comprise entre 40 et 50 cm en cas de crue importante, type 2003 dans le cas d'un boisement du lit équivalent à 40 / 50 % de la surface simulée.

L'étude Hydratec de 1998 présentait des conclusions équivalentes en estimant la rehausse à 60 cm, dans le cas d'un boisement similaire, pour une crue centennale.

2.2.1.2 Date de référence

Elle est équivalente à celle retenue par le CETE, soit l'année 1995. Cette date correspond à une période charnière qui marque l'arrêt définitif des extractions dans le lit mineur de la Loire et le démarrage de la politique d'entretien dans le cadre du Plan Loire Grandeur Nature.

2.2.1.3 Objectif de l'indicateur

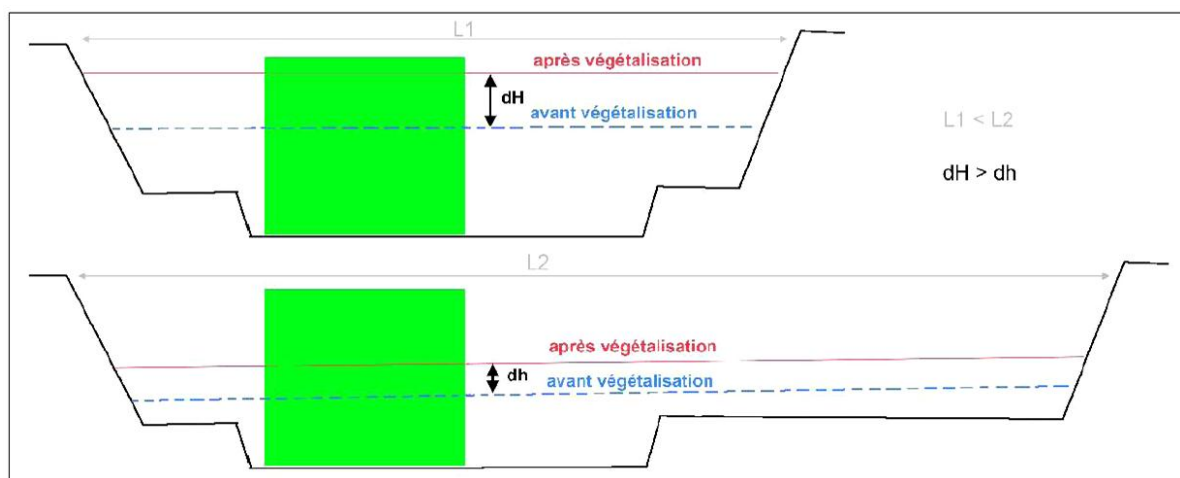
L'objectif de l'indicateur est de mettre en évidence les secteurs pour lesquels :

- ▶ La gestion du lit actuel n'est pas « suffisante » pour maintenir la section d'écoulement telle qu'observée en 1995 ;
- ▶ Le boisement du lit actif peut engendrer une rehausse sensible de la hauteur d'eau en crue au droit du système d'endiguement étudié.

2.2.1.4 Calcul et résultat de l'indicateur

L'indicateur est basé sur les résultats des simulations évoquées auparavant, qui permet de faire le lien entre la réduction de largeur du lit endigué par les boisements et la rehausse de la ligne d'eau, suivant le principe schématisé ci-dessous.

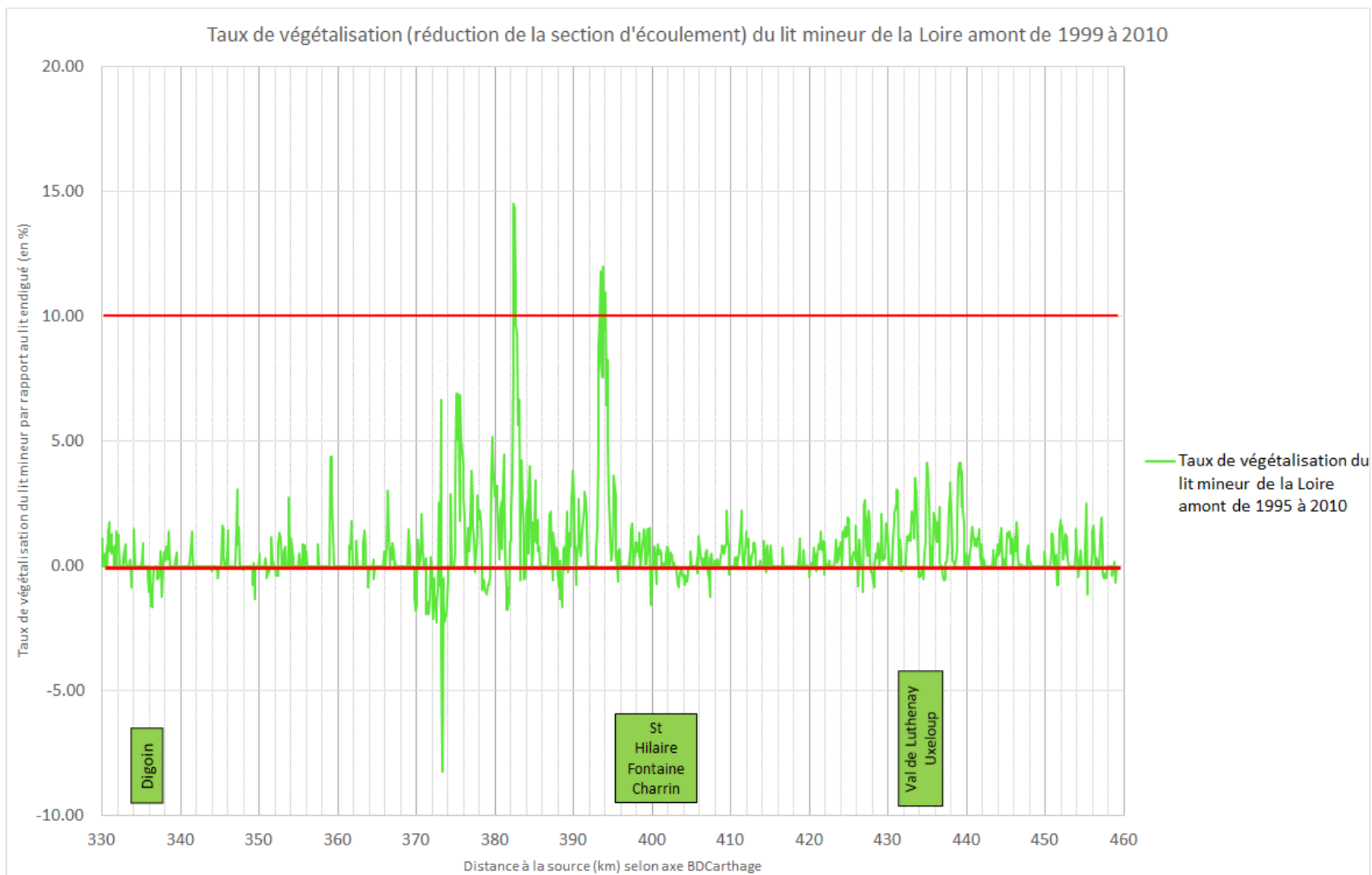
Figure 2 : Schéma simplifié de l'impact de la végétalisation du lit mineur en fonction de la largeur du lit endigué



Etude de dangers de l'endiguement du val d'Orléans – morphologie fluviale – DREAL Centre, SLBLB, novembre 2012

Ce risque de surcote est donc évalué à travers le calcul la réduction relative de la bande active depuis 1995 rapportée à la largeur du lit endigué.

Les résultats de cette analyse réalisée sur l'ensemble de la zone d'étude, sont illustrés par le graphique joint en page suivante.



L'analyse, réalisée au droit des vals étudiés, présente un faible taux de végétalisation du lit mineur de la Loire amont sur les linéaires correspondant. Une zone en amont du val de St Hialire Fontaine Charrin présente un taux de végétalisation supérieur à 10 %, sans toutefois être susceptible d'engendrer une rehausse de la ligne d'eau au droit de ce dernier en période de crue.

Au droit du val de Luthenay Uxeloup, le taux de végétalisation du lit mineur de la Loire amont varie entre 0 et 4%. Il n'est pas nécessaire de prévoir de gestion de la végétation au droit de ce val.

2.2.2 Végétalisation prévisible à court terme

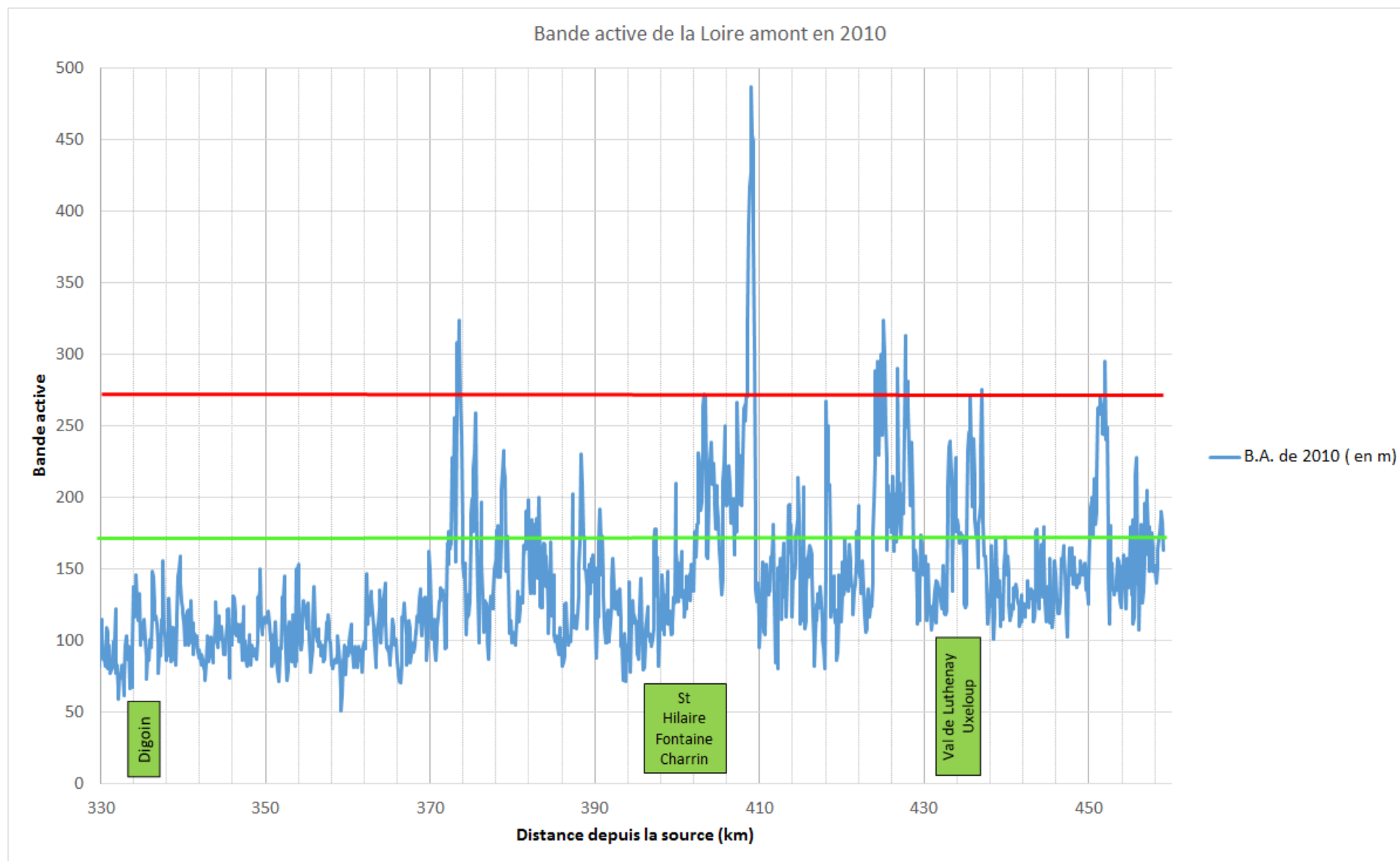
Source : Production BRL à partir des indicateurs présentés dans le cadre de la réalisation de l'étude de danger de l'endiguement du val d'Orléans & morphologie fluviale réalisée par le CETE pour le compte de la SLBLB, DREAL Centre, 19/11/12.

2.2.2.1 Nature de l'indicateur

Il permet d'estimer le potentiel de végétalisation de la bande active. Ainsi, dans le cas d'un secteur dont la bande active est supérieure à la moyenne du tronçon étudié, on considère que la probabilité d'une colonisation par la végétation ligneuse est très forte.

2.2.2.2 Calcul et résultat de l'indicateur

Il est basé sur la comparaison de la largeur du lit actuel par rapport à la largeur moyenne calculée à l'échelle du tronçon Digoin – Bec d'Allier, soit 175 m.



Cinq secteurs situés sur la Loire amont apparaissent avec des sur-largeurs très importantes supérieures à + 100 m par rapport à la largeur moyenne de 175 m. Toutefois, ces secteurs ne concernent pas de linéaires situés au droit des vals étudiés sur la Loire amont.

2.2.3 Sollicitations importantes du pied de digue

Source : Production BRL i

2.2.3.1 Nature de l'indicateur

Il concerne les zones caractérisées par une forte sinuosité susceptible d'engendrer des contraintes fortes en pied d'ouvrages. Ces secteurs sont caractérisés par des mouilles profondes présentes au niveau d'un goulot d'étranglement du lit mineur.

2.2.3.2 Evaluation de l'indicateur

Elle repose sur la prise en compte de trois critères :

- ▶ La restriction de largeur du lit d'étiage. Le seuil retenu correspond à une largeur du lit mineur inférieure à 135 m, soit la moitié de la bande active moyenne du secteur. Cette analyse est réalisée à partir de l'observation des photographies aériennes de 2010 ;
- ▶ Localisation dans l'extrados d'un méandre ;
- ▶ Ecoulement concentré en pied de digue.

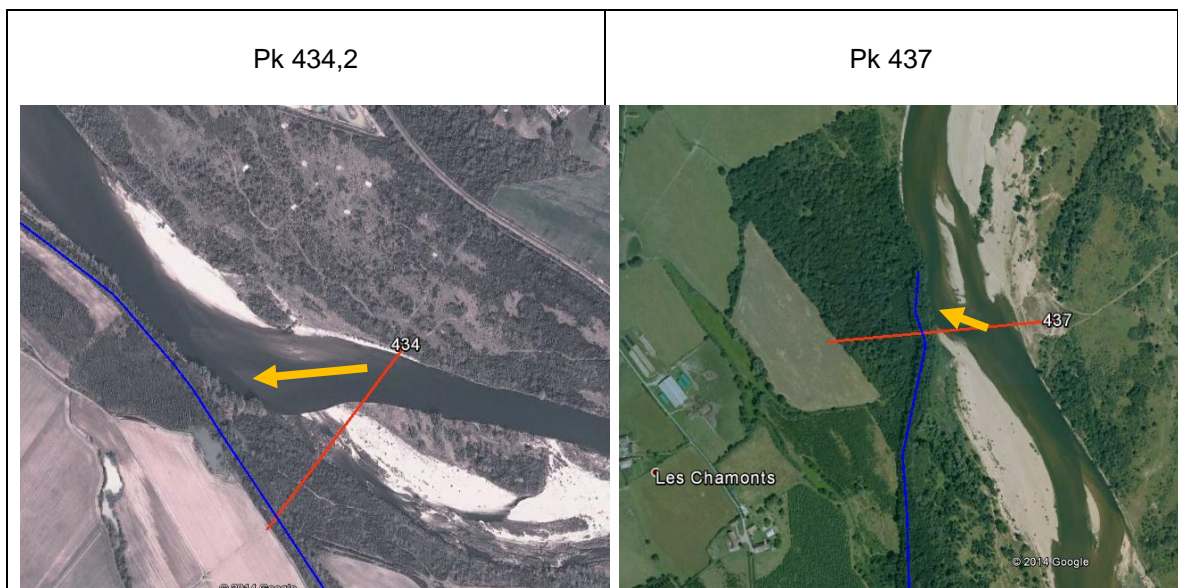
Deux secteurs sont caractérisés par des sollicitations de berges soutenant le système d'endiguement. Ces mêmes secteurs sont caractérisés par la présence d'obstacles ayant pour effet d'orienter les écoulements en direction du système d'endiguement. Ces secteurs se situent au droit des Pk 434,2 et 437 et sont présentés au sein du chapitre suivant.

2.2.4 Obstacles à l'origine de courants sécants aux endiguements

Source : Production BRL i

Les courants sécants sont engendrés par la présence d'une île ou de boisement au sein du lit mineur qui constituent un obstacle pouvant dévier le courant vers la digue.

Comme présenté précédemment, les secteurs situés au droit des Pk 434,2 et 437 sont caractérisés par la présence d'obstacles.



2.3 SYNTHÈSE RELATIVE AUX ASPECTS MORPHODYNAMIQUES

Pour le val considéré, elle fait l'objet du tableau joint page suivante.

Paramètres	Rehausse potentielle de la ligne d'eau par la végétation	Risque de végétalisation	Sollicitation du pied de digue	Obstacles à l'origine d'écoulements sécants	Evolutions du profil en long	Evolutions du tracé
Evaluation	Végétalisation du lit mineur / largeur du lit endigué = 0 - 4 % Pas de rehausse de la ligne d'eau en crue engendrée par la végétalisation du lit mineur.	Bande active comprise entre la moyenne de 175 m et la limite critique de 275 m. Faibles surfaces disponibles pour la végétalisation.	Deux secteurs présentent des sollicitations au niveau des berges soutenant le système d'endiguement au droit des Pk 434,2 et 437.	Deux obstacles situés au droit des Pk 434,2 et 437 engendrent des écoulements sécants au système d'endiguement.	Stabilité du profil en long durant les périodes récentes	Nombreuses évolutions du tracé de la Loire entre 1971 et 2010.
Facteur de pondération				Ces obstacles favorisent les sollicitations en pied d'ouvrages identifiées sur ces mêmes secteurs.		Entre les Pk 434 et 435, la Loire a progressé en pied d'ouvrage en érodant la berge situé en 1971 à l'interface. L'évolution de ce secteur est à suivre.
Qualification de l'aggravation de l'aléa de rupture	Négligeable	Négligeable	Important	Important	Négligeable	Modéré