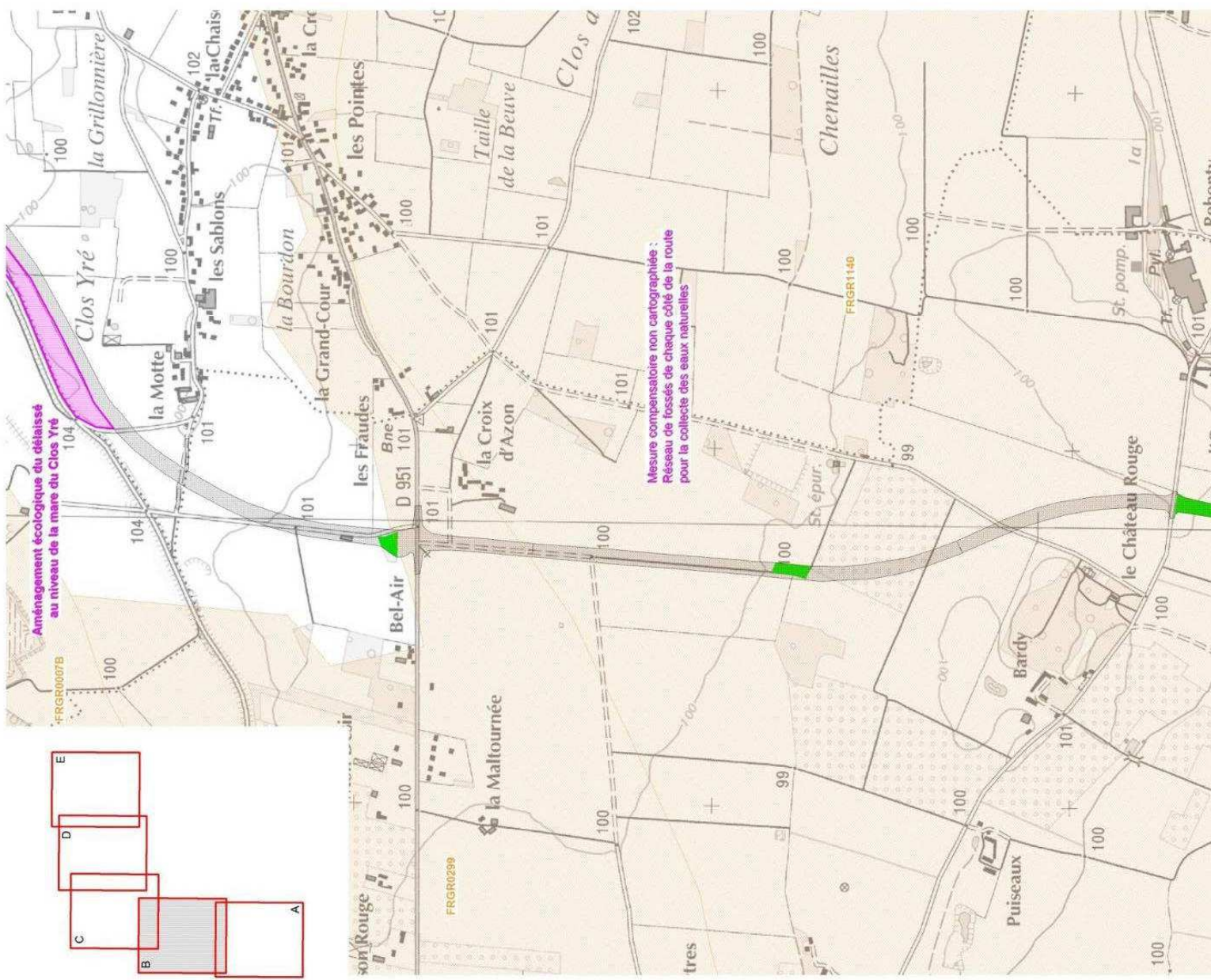
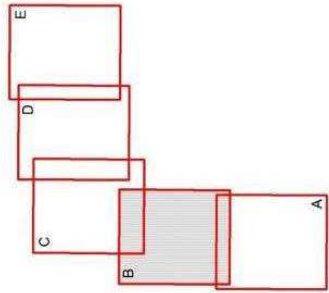


## DÉLIMITATION DES ZONES HUMIDES SUR L'EMPRISE DU PROJET ET LOCALISATION DES MESURES COMPENSATOIRES

B



Limites des bassins versant  
des masses d'eau

Zone humide avérée au titre de la loi sur l'eau

Zone complémentaire pour la fonctionnalité du cortège d'espèces inféodées aux milieux humides

Typologie des mesures liées aux zones humides

Mesure compensatoire

Mesure d'accompagnement

Emprise du projet de déviation

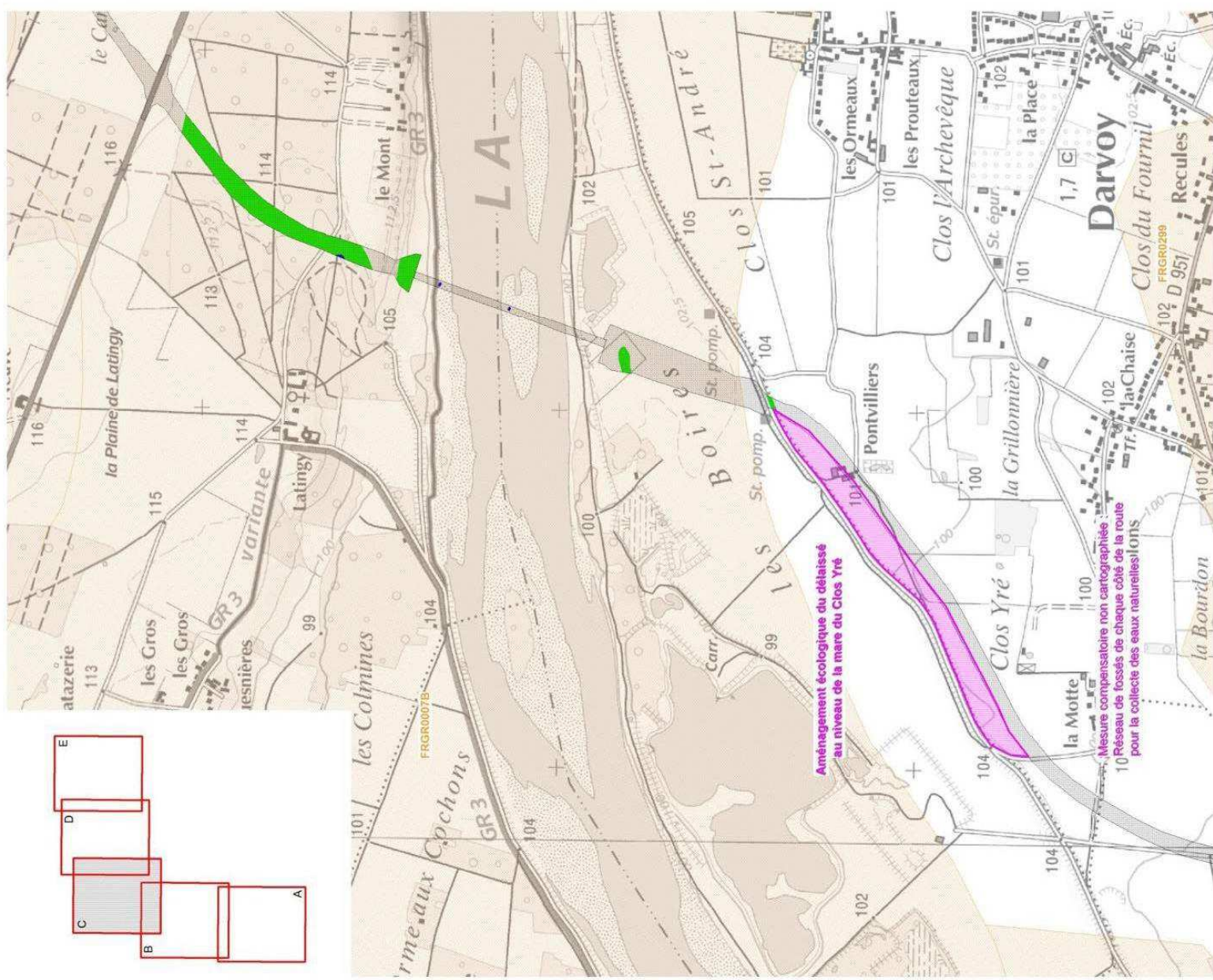
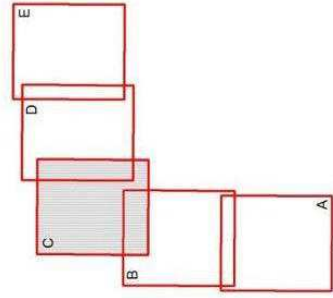
0 100 m 200 m



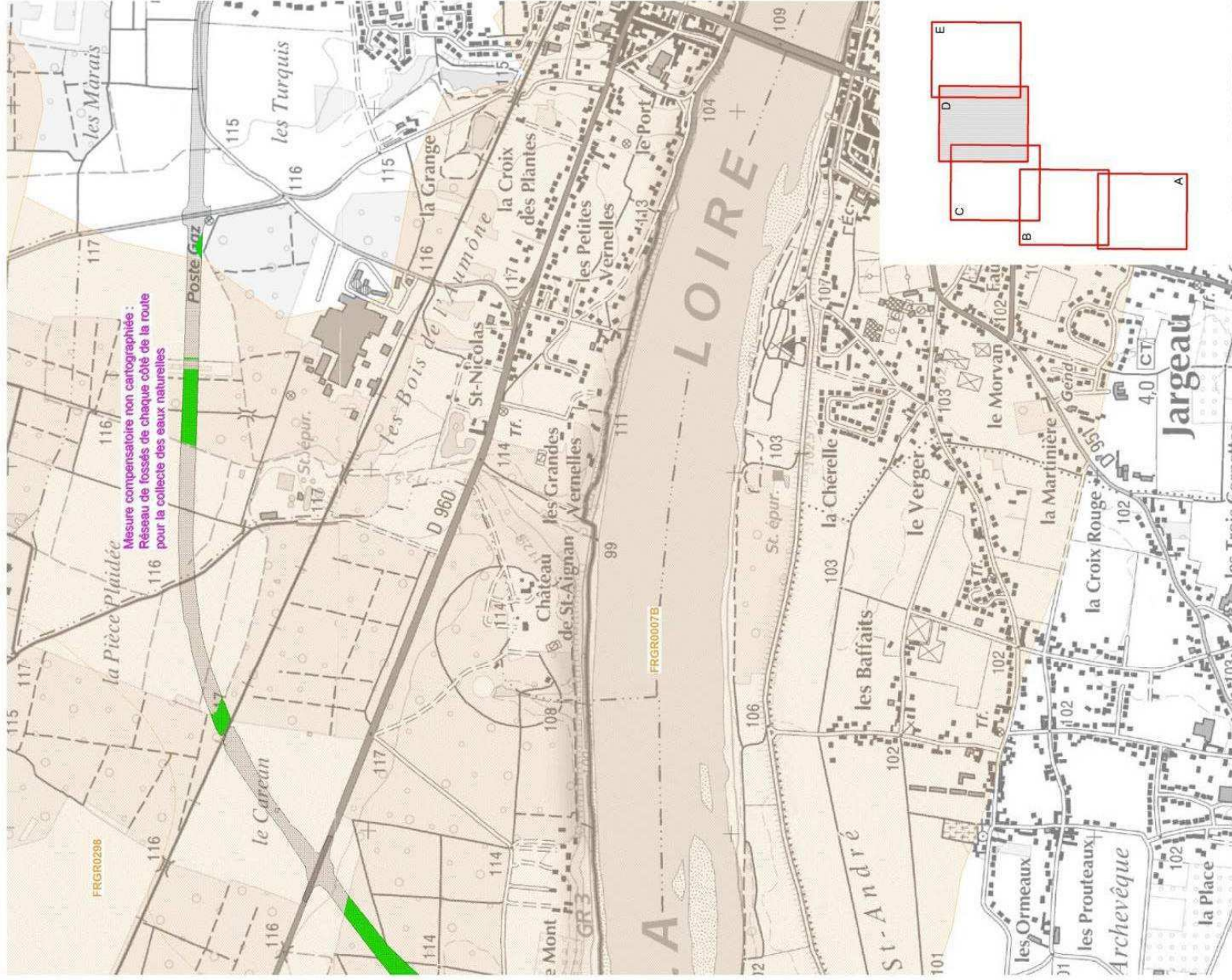
Echelle : 1/10 000

## DÉLIMITATION DES ZONES HUMIDES SUR L'EMPRISE DU PROJET ET LOCALISATION DES MESURES COMPENSATOIRES

C



**D** DÉLIMITATION DES ZONES HUMIDES SUR L'EMPRISE DU PROJET  
ET LOCALISATION DES MESURES COMPENSATOIRES






Limites des bassins versant  
des masses d'eau

Zone humide avérée au titre de la loi sur l'eau

Zone complémentaire pour la fonctionnalité du cortège d'espèces  
inféodées aux milieux humides

Typologie des mesures liées aux zones humides

-  Mesure compensatoire
-  Mesure d'accompagnement
-  Emprise du projet de déviation

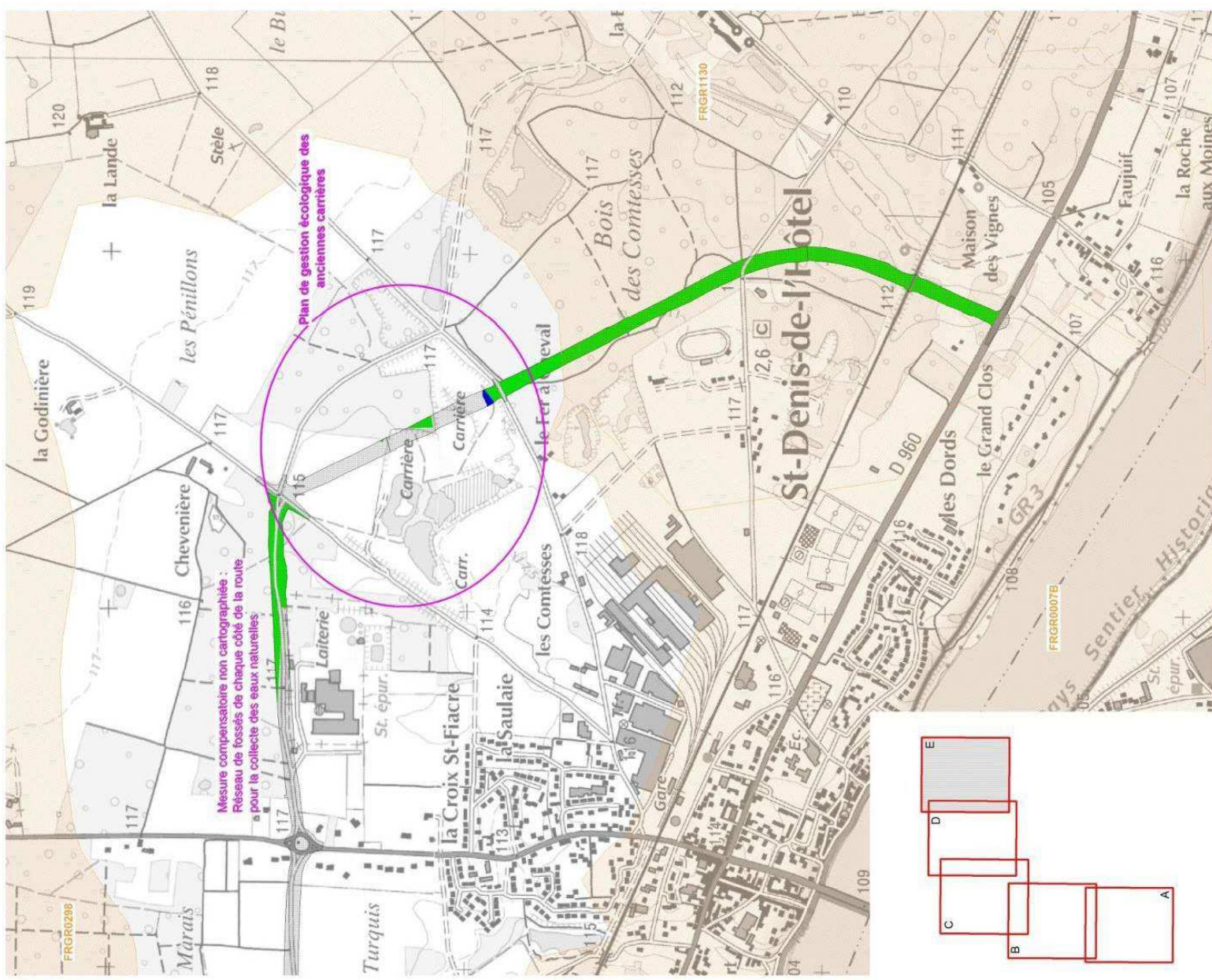


Echelle : 1/ 10 000

Sources : Scan25 GN, Agence de l'eau LB, Biotope, CG45 - Cartographie, Biotope, 2013



## DÉLIMITATION DES ZONES HUMIDES SUR L'EMPRISE DU PROJET ET LOCALISATION DES MESURES COMPENSATOIRES



#### 4.1.13. Synthèse : Les enjeux liés à l'eau et aux milieux aquatiques

Les enjeux liés à l'eau et aux milieux aquatiques, compte tenu de son état actuel ou prévisible, sont mis en évidence quand une portion de l'espace ou une fonction présente une valeur au regard :

- des écosystèmes aquatiques, des sites et des zones humides comme patrimoine naturel ;
- de la qualité des eaux superficielles et souterraines,
- de la ressource en eau,
- de l'eau comme ressource économique et la répartition de cette ressource de manière à satisfaire ou à concilier, les différents usages, activités ou travaux, les exigences: de la santé, de la salubrité publique, de la sécurité civile et de l'alimentation en eau potable de la population, de la conservation et du libre écoulement des eaux et de la protection contre les inondations, de l'agriculture, des pêches et des cultures marines, de la pêche en eau douce, de l'industrie, de la production d'énergie, des transports, du tourisme, des loisirs et des sports nautiques ainsi que de toutes autres activités humaines légalement exercées.

On retiendra uniquement les éléments importants ci-après:

##### Les enjeux humains

Ces enjeux sont très forts en val de Loire du fait du caractère inondable de celui-ci ce qui expose une population importante aux risques. L'enjeu est de ne pas aggraver les risques que ce soit par manque de transparence hydraulique (rehaussement de la ligne d'eau à l'amont) ou par fragilisation des ouvrages de protection contre les crues, voire en incitant les acteurs du territoire à construire en zone inondable. De plus, une population estimée à environ 18500 habitants est alimentée par les forages d'eau potable.

Il existe donc également un enjeu sanitaire.

##### La Loire en tant que patrimoine naturel

Classée au patrimoine mondial mais aussi protégée à plusieurs titres par la législation française et européenne, la Loire constitue l'enjeu majeur de l'aire d'étude. Elle représente une valeur forte aussi bien au titre des paysages que du patrimoine naturel et culturel. Il est essentiel de préserver son intégrité puisque son évitement n'est évidemment pas possible. Des précautions importantes devront donc être mises en œuvre.

##### Les zones humides

Les zones humides sont recensées sur deux bassins versant de masses d'eau :

- FRGR0007b – La Loire depuis Gien jusqu'à Saint-Denis-en-Val ;
- FRGR1140 – La Dhuy et ses affluents depuis la source jusqu'à sa confluence avec le Loiret.

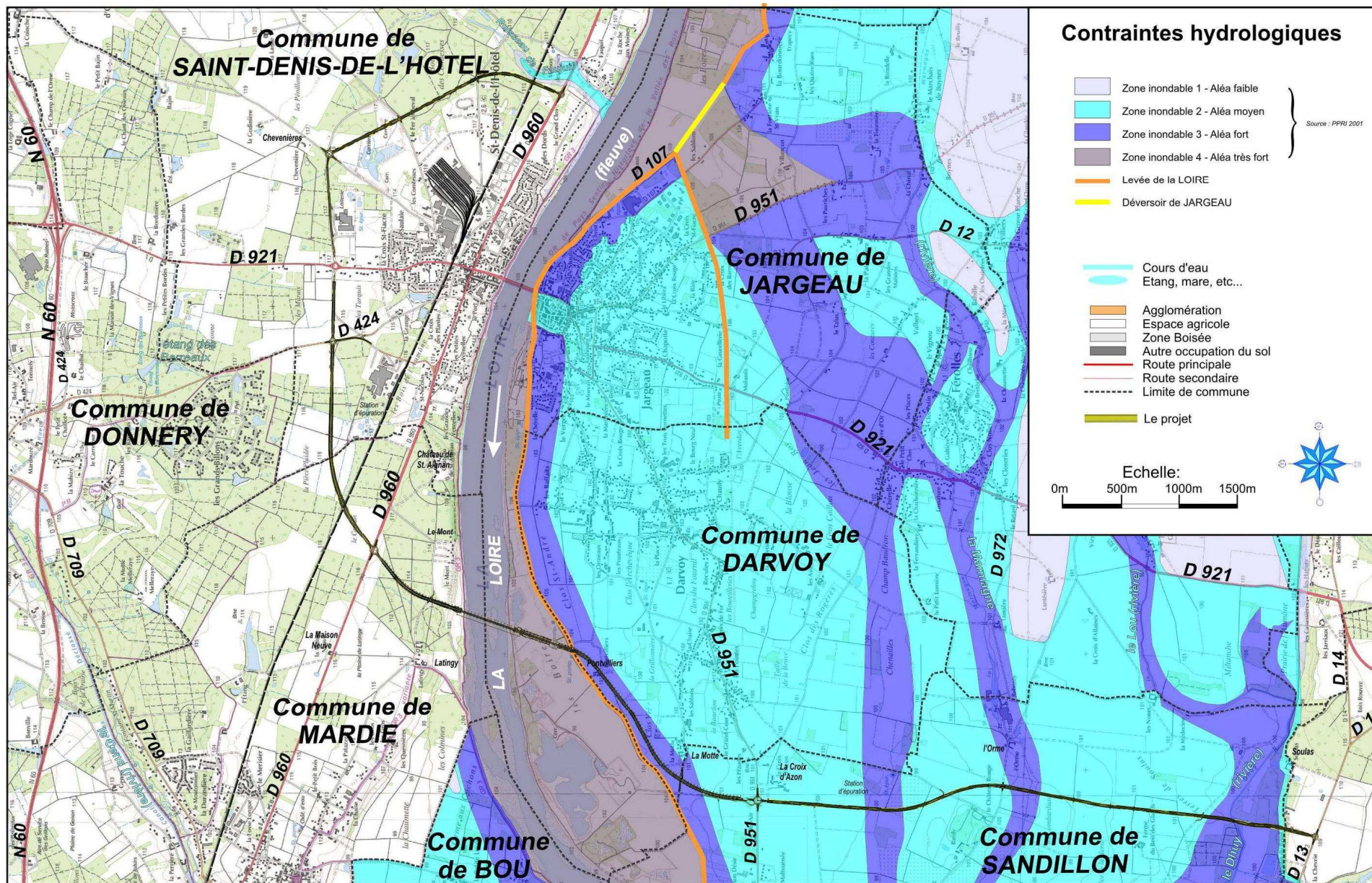
Dans le cadre du dossier loi sur l'eau, la surface de zones humides impactées par le projet est de 0,4 ha.

##### Les espèces inféodées à des milieux humides ou aquatiques

Sur l'aire d'étude, le cortège des espèces liées aux zones humides concerne principalement les groupes suivants :

- Les amphibiens, avec des espèces pionnières des milieux ouverts (Crapaud calamite, Rainette arboricole, Pélodyte ponctué) et des espèces des milieux forestiers (Grenouille agile, Crapaud commun,...) ;
- Les odonates (libellules - Gomphe serpentifère et Gomphe à pattes jaunes), dont le développement larvaire s'effectue en milieu aquatique, principalement dans les eaux de la Loire ;
- Les mammifères semi-aquatiques (Castor et Loutre) fréquentant localement les bords de Loire ;
- La flore des zones humides : l'Etoile d'eau (*Damasonium alisma*), la Pulcaire vulgaire (*Pulicaria vulgaris*), La Limoselle aquatique (*Limosella aquatica*), le Scirpe couché (*Schoenoplectus supinus*), l'Elatine Faux alsine (*Elatine alsinastrum*), la Cardère poilue (*Dipsacus pilosus*) et la Renoncule aquatique (*Ranuncula aquatilis*) ;
- Les oiseaux, dont certaines espèces nichent dans les boisements alluviaux de la Loire, et d'autres utilisent la Loire comme territoire de chasse (Sterne naine, Sterne pierregarin, Balbuzard pêcheur) ;
- Les reptiles, avec la Couleuvre à collier.

Carte 9 : Contraintes hydrauliques



RD 921 / Déviation entre Jargeau et Saint-Denis-de-l'Hôtel  
 Sous dossier VI - Pièce 17 - Dossier de demande d'autorisation au titre de la loi sur l'eau (dossier et pochette de plans)  
 63073- Version finale - septembre 2014

## 4.2. INCIDENCES SUR L'EAU ET LES MILIEUX AQUATIQUES

Rappel : La description détaillée du chantier figure en p. 47.

Rappel : Le chantier prévoit des équipements capables de supporter des débits d'une crue d'une période de retour de 5 ans.

### 4.2.1. Généralités sur les risques entraînés par les travaux sur l'eau

Compte tenu des caractéristiques du milieu environnant et de la nature du projet, les incidences potentielles sur le milieu aquatique sont les suivantes :

#### Incidences quantitatives

- Incidences des travaux sur les écoulements.
- Débits engendrés par le projet, incidences sur les quantités écoulées du fait des apports routiers ;
- Incidences du tracé routier sur les écoulements naturels interceptés (franchissement de la Loire et de la zone inondable du Val de Loire, rétablissement des écoulements naturels) ;

#### Incidences sur la qualité des eaux réceptrices

- Incidences des travaux ;
- Incidences des rejets de plate-forme routière sur la qualité des eaux du milieu récepteur (superficielles ou souterraines) du fait de la pollution chronique, de la pollution saisonnière et d'une éventuelle pollution accidentelle ;
- Incidences sur le milieu naturel lié à la présence de l'eau.

#### 4.2.1.1. Incidences des travaux sur l'écoulement des eaux

D'une façon générale, les travaux peuvent représenter un obstacle supplémentaire à l'écoulement des crues et engendrer des désordres qui ne se seraient pas produits sans eux. On peut distinguer 3 cas :

- Situation de crue dans le val de Loire notamment en cas de fonctionnement du déversoir de Jargeau pour une crue cinq-centennale. Cette situation est exceptionnelle mais les dégâts considérables sur les populations et les biens avec ou sans les travaux : Depuis les aménagements hydrauliques de la levée et du déversoir, cet événement ne s'est jamais produit ; une étude hydraulique a évalué cet impact(cf. p. 103) ;
- Crue de la Loire à l'intérieur du lit endigué : les travaux de remblais et du nouveau pont sur la Loire vont réduire la section d'écoulement du fait des procédés de construction mis en œuvre (batardeau, estacade...). En cas de crue, ces ouvrages provisoires pourraient non seulement être emportés mais aussi entraîner le rehaussement de la ligne d'eau et ce sur une zone d'influence plus importante que dans la simulation effectuée pour l'ouvrage terminé.
- Situation de crue en dehors du lit endigué mais sans fonctionnement du déversoir : dans cette situation moins exceptionnelle liée aux crues du Dhuy, de la Marmagne ou des autres cours secondaires de l'aire d'étude, les désordres hydrauliques liés aux travaux peuvent être significatifs : débordements, entraînements des matériaux, ravinements... Il conviendra de fixer des dispositions de repli de chantier mises en œuvre sur annonce de crue (cf paragraphe 4.5.1.3).

#### 4.2.1.2. Incidences des travaux sur la qualité de l'eau

D'une manière générale, les travaux de grande ampleur à proximité de cours d'eau perturbent les milieux sous l'effet de :

- la mise en suspension de particules fines dans le cours d'eau lors des travaux directs dans le lit ou sur les berges et par le ruissellement des boues de chantier lors des épisodes pluvieux,
- l'apport des poussières de ciment lors de la fabrication du béton,
- le relargage de polluants chimiques issus des engins de travaux intervenant sur le site.

#### Erosion des sols :

Une des principales nuisances du projet routier en phase de travaux, vis à vis des cours d'eau, est liée à la pollution mécanique engendrée par la mise en suspension de particules fines (M.E.S.) issues de l'érosion des sols à nu qui iront se déposer par ruissellement dans les zones calmes des cours d'eau.

Les matières en suspension contenues dans l'eau n'ont un effet létal direct sur les poissons que dans la mesure où leur teneur dépasse 200 mg/l: On enregistre alors une mortalité piscicole par colmatage des branchies entraînant l'asphyxie.

Les effets nuisibles à moindre teneur sont indirects mais indéniables. Ils se manifestent sur les cours d'eau et leurs habitants par deux mécanismes principaux, à savoir :

1. La turbidité réduit la pénétration de la lumière, donc la photosynthèse. De plus, elle freine l'auto-épuration en entraînant un déficit en oxygène dissous. En outre, elle provoque l'augmentation sensible de la température. Les conditions physico-chimiques s'aggravent pendant les étiages d'été où une meilleure auto-épuration ne suffit pas à compenser une moins forte dilution ;
2. Les M.E.S. colmatent les interstices entre les graviers et les cailloux, plages dans lesquelles se reproduisent certains poissons et où vivent les invertébrés benthiques. Pour toutes ces raisons, toute augmentation de la turbidité au delà de 80 mg/l de matières en suspension est reconnue fortement nuisible à la production piscicole.

#### Fabrication du béton

Les ouvrages nécessitent la mise en œuvre de béton qui peut affecter le milieu naturel aquatique par :

- Le relargage des fleurs de ciment (poussière fine) qui constituent une grande source de MES s'ajoutant à celles ci-dessus exposées ;
- Le ciment provoque également dans l'eau une consommation importante d'oxygène non souhaitable en étiage lorsque la rivière est déjà en sous saturation ;
- Il occasionne d'autre part, en forte concentration, des brûlures des ouïes des poissons par son acidité.

#### Relargage de polluants chimiques

La circulation et le travail des engins de chantier entraînent la libération de polluants chimiques dans le milieu et notamment des hydrocarbures sous forme d'huile et de carburant (fuites, percement de Durit...).

Si les risques d'aboutir à une pollution significative sont plus faibles que ceux liés à l'érosion des sols à nu, leurs effets sont en contrepartie plus durables.

#### 4.2.1.3. Incidences des travaux sur les usages de l'eau

##### Sur l'irrigation et le drainage des terres pendant les travaux

Les travaux peuvent entraîner des coupures temporaires des systèmes de drainage et d'irrigation lors des déplacements des réseaux.

##### Sur le captage et la distribution de l'eau potable

Des coupures temporaires de la distribution d'eau peuvent arriver lors des déplacements des réseaux.

#### 4.2.2. Effets des travaux dans le lit endigué de la Loire

Sur la section de franchissement de Loire, les points sensibles des travaux concernent :

- Les travaux en Loire
- Les travaux de franchissement de levée,
- Les nuisances envers les riverains à Darvoy et Latingy,
- La traversée des périmètres de captage de Darvoy,
- Le chantier à proximité des zones naturelles sensibles.

##### 4.2.2.1. Rappel des modalités de construction de l'ouvrage sur la Loire

#### Construction d'une estacade sur pieux

Afin de pouvoir accéder aux culées et piles en Loire, une estacade sera établie sur une fraction du fleuve, de manière à ne pas obstruer la section d'écoulement de la Loire et à conserver sa continuité écologique. L'estacade sera constituée de tubes battus à l'avancement sans que les moyens de battage ne prennent pied sur les berges de la Loire.



Photographie 4 : Exemple d'estacade  
- chantier LGV Bordeaux

#### Fondations des appuis

Rappel : D'après les études géotechniques (*source*<sup>5</sup>), les calcaires sont très fracturés et renferment un réseau karstique qui se manifeste en surface par des effondrements et des gouffres. Sous les alluvions de la Loire, des matériaux argileux d'origine alluvionnaires peu compacts et souvent remaniés comblent les cavités karstiques issues de la dissolution progressive des calcaires. Les informations géophysiques et géotechniques disponibles mettent en évidence des circulations souterraines dans des réseaux karstiques situés dans le sous-sol sous les ouvrages, qui peuvent notamment alimenter le Loiret.

Par ailleurs, les appuis sont soumis au risque de fontis. Un fontis s'initie par l'effondrement du toit d'une cavité, constitué d'un matériau en place, qui peut être du calcaire au départ puis éventuellement le limon lors de la remontée du fontis.

#### Sondages destructifs, injections et purges en Loire

Au droit des appuis où des cavités sont suspectées, des forages destructifs seront réalisés avant la mise en place du batardeau. Si les forages destructifs mettent en évidence la présence de cavités, la procédure suivante sera mise en œuvre :

- les forages qui ont mis en évidence ces cavités ne seront pas injectés, les colonnes prévues à ces emplacements ne seront pas réalisées,
- des forages destructifs seront effectués à l'emplacement initial des colonnes voisines du forage qui a mis en évidence la cavité dont il s'agit de déterminer l'extension,
- le maillage et la position des colonnes seront adaptés en fonction des résultats de ces forages afin de ponter la cavité, les dimensions du batardeau seront agrandies si besoin.

Dans la zone de risque « Fort » de fontis, pourront être mis en œuvre :

- des sondages destructifs systématiques,
- une purge systématique lorsque beaucoup de zones suspectes sont détectées, proches les unes des autres et à faible profondeur.
- traitement par un matériau de remplissage.

#### Batardeaux au droit des piles et culées

Les piles et les culées seront fondées superficiellement sur un sol renforcé au moyen de forages injectés au liant hydraulique selon la technique du « jet-grouting » à l'intérieur de batardeaux ancrés dans le calcaire.

Les batardeaux seront réalisés avec des palplanches métalliques dont les dimensions seront approximativement les suivantes :

- Culées : 20 m x 8 m maxi
- Piles : 15 x 10 m maxi.

#### Inclusions de « béton de sol »

Il sera procédé au droit des appuis à un jet de fluide à haute énergie cinétique qui déstructure le terrain. Il s'agit de former un mélange hydrodynamique terrain-coulis visant à former un « béton de sol » in situ dans la masse du terrain.

#### Construction du tablier

Le tablier sera réalisé par lançage à partir d'une plateforme installée en rive gauche. Les estacades seront maintenues en place jusqu'à la fin du lançage du tablier et de sa mise sur appuis définitifs.

##### 4.2.2.2. Transparence hydraulique pendant les travaux – scénario de crue

Pendant les travaux, les seuls obstacles à l'écoulement des crues sont les 2 ouvrages d'art et le remblai en construction selon leur niveau d'avancement. En effet :

- les pistes de chantier sont construites au niveau du TN et seront donc submersibles,
- il n'y aura pas de base chantier dans le lit endigué,
- l'estacade est susceptible de laisser passer les crues ; cependant, un rehaussement de la ligne d'eau est inévitable à l'amont ; afin de ne pas accroître les obstacles, les remblais ne seront pas réalisés tant que l'estacade ne sera pas démontée,
- la plate-forme installée en rive gauche pour le lançage du tablier sera réalisée sur l'estacade,
- les engins de chantier (grues,...) seront installés sur l'estacade.

L'estacade devra être réalisée pour supporter sans risque une crue de récurrence 5 ans

#### Cote minimale des installations de chantier

La courbe de tarage en amont immédiat du pont en état projeté indique une cote de 100.95 m NGF pour le débit quinquennal de 2310 m<sup>3</sup>/s.

Pour cette cote, 4 des 5 piles du franchissement de la Loire seront submergées.

<sup>5</sup> Etude géotechnique, mission G12, de l'entreprise HYDROGÉOTECHNIQUE du 15/10/06 ;  
3 rapports techniques du CETE du 23/01/04, du 16/11/04 et du 13/09/06



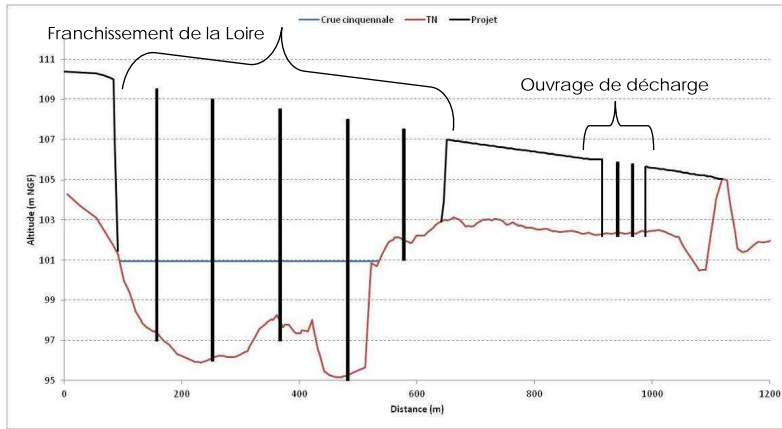


Figure 33 : Profil en travers du projet

Afin de garantir une mise hors d'eau du chantier pour une crue quinquennale, il est préconisé de placer les installations de chantier au dessus de la cote de 101.45 m NGF afin d'intégrer une revanche de 50 cm par rapport à la ligne d'eau maximale calculée en crue de période de retour de 5 ans.

#### Anticipation des niveaux de la Loire.

La Loire au droit du projet fait partie d'un secteur disposant d'un système de prévision des crues géré par la Service de Prévision de Crue (SPS) Loire, Cher et Indre. Ce service émet en cas de crue des bulletins de prévision permettant d'anticiper les niveaux et de mettre en place un plan d'action.

Le secteur concerné par le projet est la Loire Tourangelle avec une prévision à 24h et 48 h.

La courbe de tarage en état projeté indiquée ci-après permet de transcrire les prévisions de débits en cote au droit du projet.

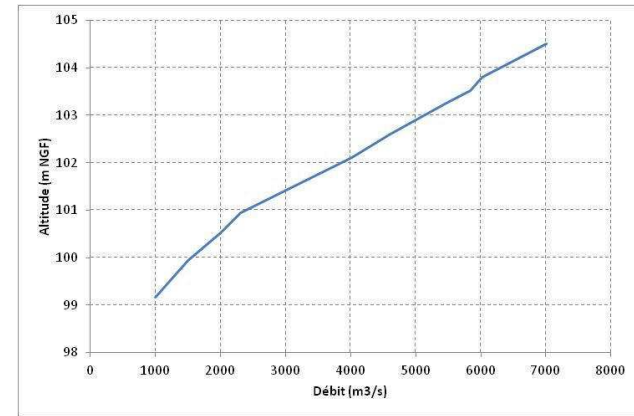


Figure 34 : Courbe de tarage en état projeté au droit du pont

#### 4.2.2.3. Incidences des travaux de franchissement de la levée

Deux solutions ont été envisagées :

- Solution 1 de remplacement de la digue ancienne par une nouvelle intégrant le projet, incluant une digue de protection provisoire (remblais du coin d'eau) ;
- Solution 2 de renforcement de la digue existante par inclusion rigide et rideau étanche.

#### Incidences de la solution 1

Cette solution présente un inconvénient majeur : la protection durant la phase d'arasement. Pendant les travaux, un événement de forte crue est toujours possible. Dans ce cas, les populations en aval (Sandillon, Orléans le source,...) ne seraient pas protégés

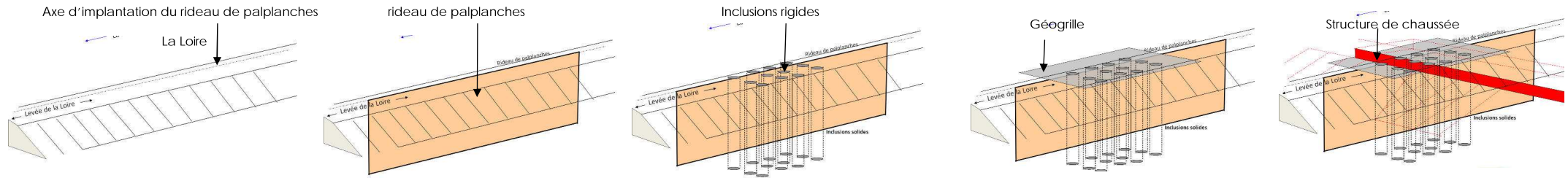
De plus, il faut créer une nouvelle digue devant l'actuelle, ce qui constitue un volume supplémentaire dans le lit endigué qu'il faut compenser.

#### Incidences de la solution 2

La solution retenue pour franchir la levée permet d'éviter sa destruction temporaire et de garantir son imperméabilité en toute circonstance. Elle consiste notamment à enfoncer un rideau de palplanches dans le cœur de la digue coté Loire comme le montre la figure ci-dessous.

Par ailleurs, les inclusions rigides et la géogridde posée horizontalement sur le replat de la digue sous la structure de chaussée ont pour effet de stabiliser la digue et d'éviter son tassement par le passage répété du trafic poids lourds.

Figure 35 : Principe de franchissement de la levée de la Loire



#### 4.2.2.4. Travaux dans le périmètre de captage de Darvoy

Une partie des travaux dans le lit endigué se déroulera dans le périmètre de protection rapprochée du captage d'eau potable de Darvoy (source : arrêté préfectoral du forage de Darvoy).

Le risque porte sur la détérioration de la qualité de l'eau notamment par percolation de produits utilisés pendant le chantier. Les produits solubles et dans une moindre mesure les hydrocarbures peuvent être concernés. En revanche, s'agissant de forages suffisamment profonds, la turbidité de l'eau pompée ne devrait pas être affectée (ou seulement du fait des déplacements des réseaux). La base chantier étant tenue à l'écart de cette section, le risque en sera diminué.

#### 4.2.2.5. Incidences des travaux des piles et culées sur les eaux souterraines

Rappelons que les travaux des piles et culées pourraient être réalisés sur des zones d'alimentation souterraines du Loiret. Le risque d'incidences concerne principalement celui de la pollution pendant les travaux. En effet, au droit des batardeaux prévus pour la construction des piles, il est envisagé :

- Eventuellement de purger certains matériaux impropres et de les remplacer,
- De réaliser des bétons de sols par injection de liants hydrauliques.

Ces travaux pourraient générer une pollution des eaux souterraines. Toutefois, ces travaux de confortement de sol auront lieu à sec à l'intérieur des batardeaux. De plus, un contrôle des matériaux employés sera effectué avec vigilance.

#### 4.2.2.6. Impacts des travaux du franchissement de la Loire sur la qualité des eaux de la Loire

Les travaux dans le lit endigué occasionnent d'importants terrassements, des travaux en lit mineur sur pieux (estacade - cf. p.49) et la construction de batardeaux au droit des piles.

#### Risques de rejets de fines

L'estacade permet de réduire la perturbation des eaux et les mouvements dans le fond du lit. Toutefois des rejets de MES dans la Loire lors du battage des pieux et de la réalisation des batardeaux ne seront pas évités. La Loire est cependant plus capable de supporter un apport de fines par dilution qu'un petit cours d'eau. Les travaux de construction de l'ouvrage devant durer 23 mois, les rejets seront également dilués dans le temps ce qui en amoindrit les effets.

Les terrassements seront effectués en dehors du lit vif et ne sont donc pas susceptibles de générer des rejets importants en Loire.

#### Risque de pollution accidentelle

Un risque de pollution accidentelle des eaux de la Loire est bien sûr possible. Cependant, les entreprises de travaux publics ont développés des techniques permettant de les réduire considérablement. Il est effectivement devenu rare de constater des pollutions sur des franchissements de cours d'eau.

#### 4.2.3. Incidence des travaux sur d'autres points particuliers

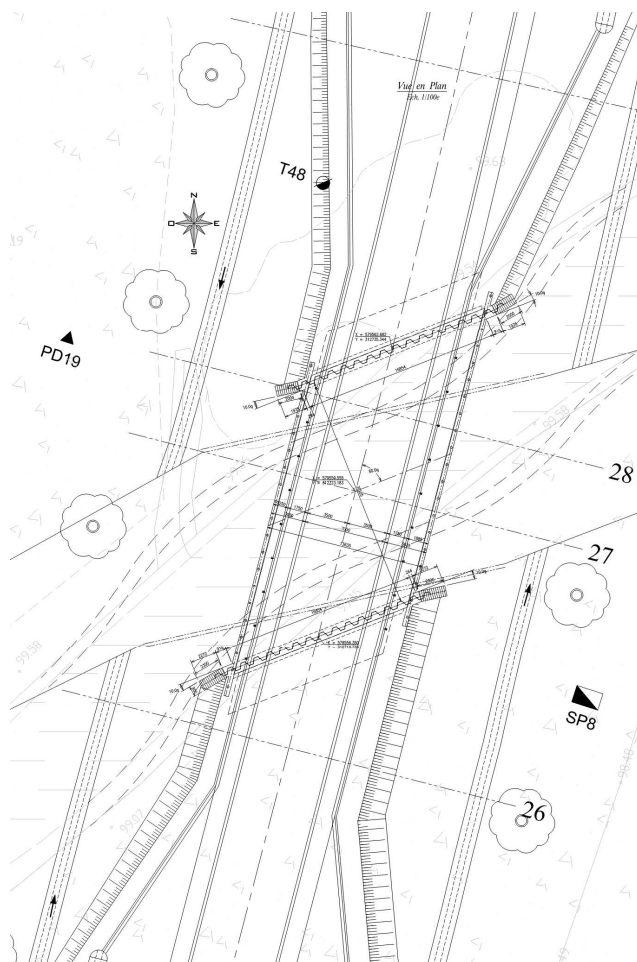
##### 4.2.3.1. Franchissement des cours d'eau (hors Loire)

Le projet intercepte 2 cours d'eau pérennes : le Dhuy et la Marmagne.

##### Le Dhuy

Parmi les menaces que font peser les travaux de la section courante sur l'environnement, celles qui concernent le franchissement du Dhuy méritent le plus d'attention car elles portent sur un cours d'eau bordé d'une zone humide et d'une zone boisée. Il s'agit d'un cours d'eau calme susceptible de se colmater.

Figure 36 : Extrait du plan des travaux au droit du Dhuy (ITC 2014)



Les travaux pourront provoquer :

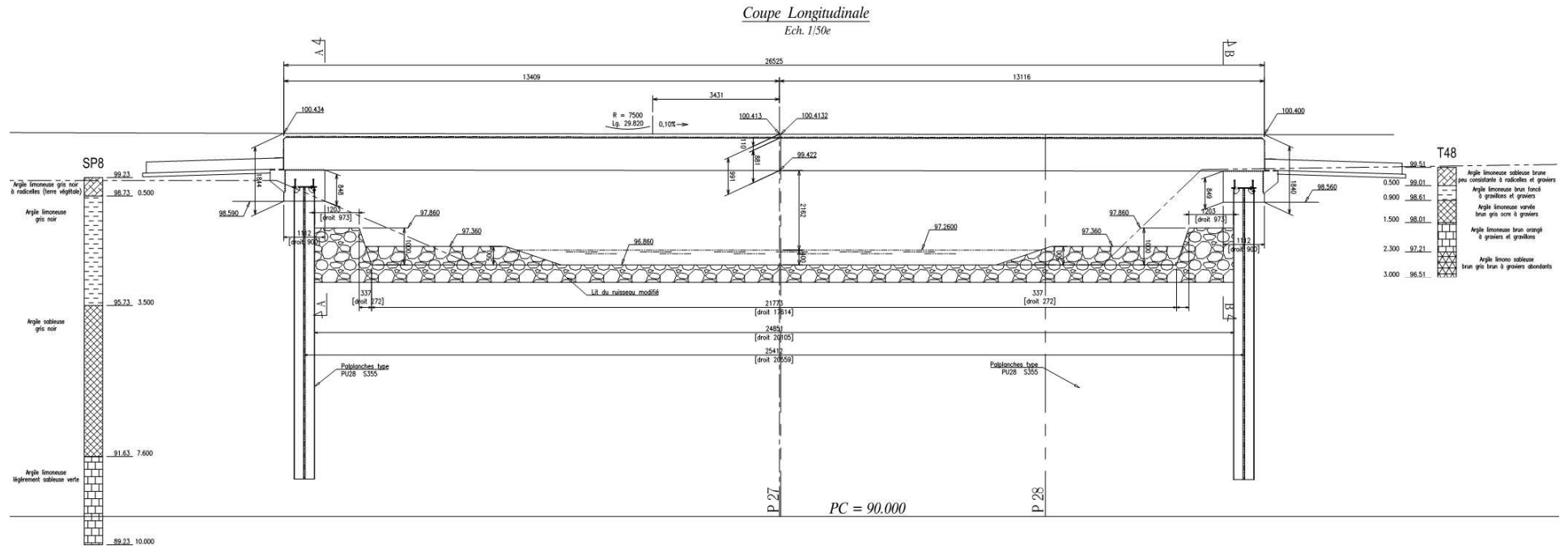
- L'accumulation de fines dans le fond du lit,
- La rupture de continuité écologique notamment piscicole pendant la construction de l'ouvrage,
- Les rejets accidentels au cours d'eau.

Des mesures de chantier sont indispensables. Cf. p.149 à 154.

Figure 37 : Vue du futur franchissement du Dhuy



Figure 38 : Coupe longitudinale de l'ouvrage de franchissement du Dhuy



### La Marmagne

Figure 39 : Extrait du plan au droit du franchissement de la Marmagne (AVP 2013)



Les menaces pendant les travaux sur la Marmagne sont les mêmes que pour le Dhuy :

- L'accumulation de fines dans le fond du lit,
- La rupture de continuité écologique notamment piscicole pendant la construction de l'ouvrage,
- Les rejets accidentels au cours d'eau.

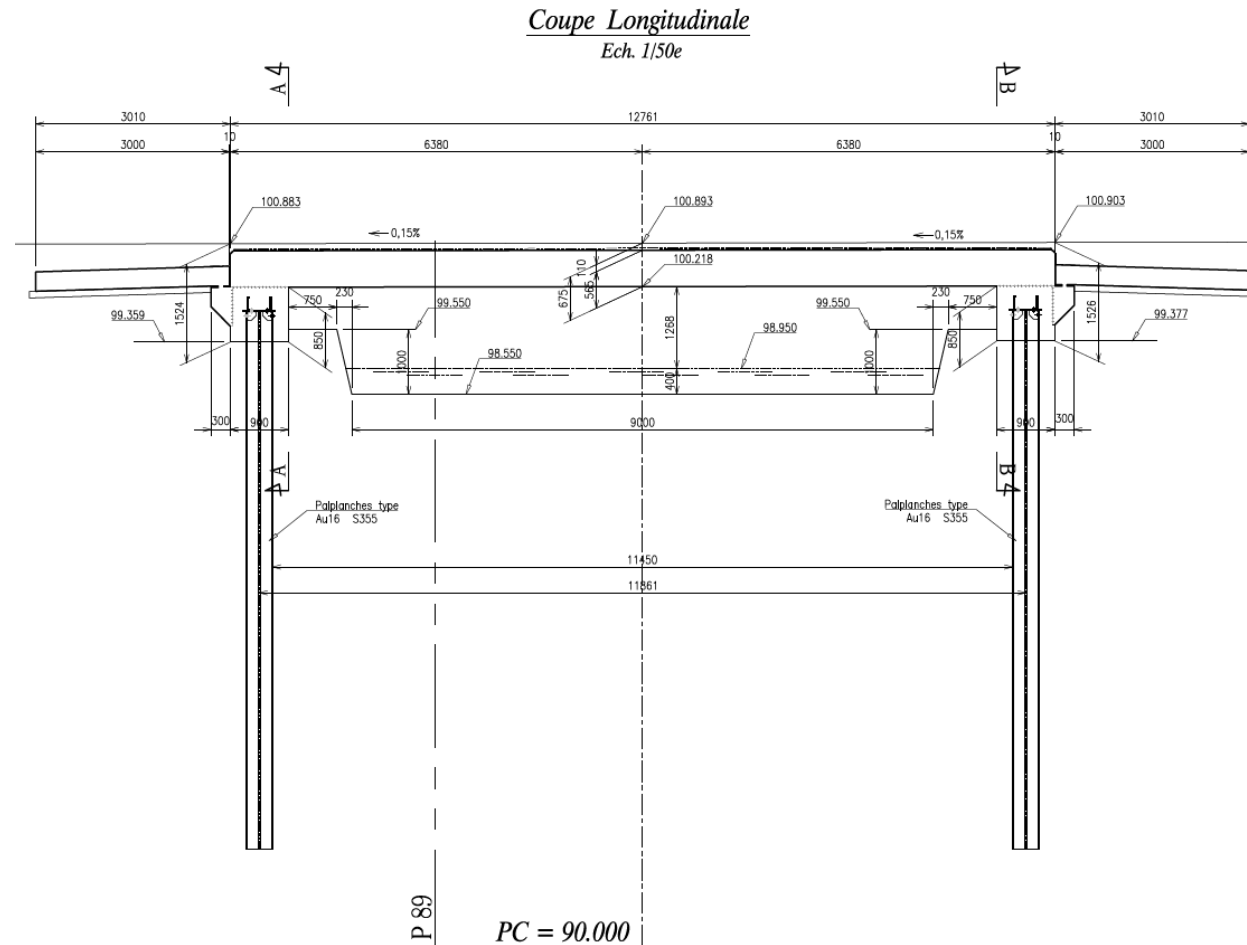
Toutefois, s'agissant d'un cours d'eau déjà dégradé par les rectifications et sans ripisylve, les enjeux restent moindres.

Des mesures de chantier sont prévues. Cf. p.149 à 154.

Figure 40 : Vue du futur franchissement de la Marmagne



Figure 41 : Coupe longitudinale de l'ouvrage de franchissement de la Marmagne



4.2.3.2. Effet des travaux sur les eaux prélevées pour l'AEP

Une partie des travaux de la section courante se déroulera dans le périmètre de protection rapprochée du captage d'eau potable de Darvoy et dans le périmètre de protection éloignée du captage de Saint-Denis-de-l'Hôtel (laiterie et forages AEP).

Le risque porte sur la détérioration de la qualité de l'eau notamment par percolation de produits utilisés pendant le chantier. Les produits solubles et dans une moindre mesure les hydrocarbures peuvent être concernés. La base chantier est notamment susceptible de générer des rejets pendant toute la durée du chantier. En revanche, s'agissant de forages suffisamment profonds, la turbidité de l'eau pompée ne devrait pas être affectée (ou seulement du fait des déplacements des réseaux).

4.2.4. Incidences permanentes du nouveau franchissement de la Loire sur la transparence hydraulique

4.2.4.1. Contrainte de dimensionnement

Le projet de franchissement a été développé avec les contraintes suivantes:

- L'impact de l'ouvrage pour la crue de période de retour de 500 ans doit être le plus faible possible et ne peut dépasser 1 cm au droit du déversoir de Jargeau situé 600 m en amont du pont ;
- La sous face du viaduc doit être située à 1 m au dessus de la ligne d'eau en crue de période de retour 500 ans du modèle LM10. Cette cote limite est de 106.01 m NGF qui est obtenue en ajoutant la revanche de sécurité de 1 m et l'incertitude du modèle LM10 de 0.3 m à la cote simulée de 104.71 ;
- Le risque de rupture de digue de la Loire ne doit pas être augmenté au droit du projet.

4.2.4.2. Calcul des pertes de charges singulières

Formule de calculs

L'analyse des pertes de charge causées par un remblai transversal en lit majeur s'est fortement développée depuis les années 50, notamment aux Etats-Unis. La construction des autoroutes à travers le pays a poussé l'administration fédérale (Federal Highway Administration, FHWA) à développer les recherches sur l'influence des ponts et de leurs remblais d'accès sur les écoulements. Ces recherches se sont fondées sur des expériences en laboratoire sur modèles physiques et sur des mesures sur sites.

La figure ci-dessous montre clairement la situation hydraulique type représentée par le franchissement d'une levée transversale.

Les principaux phénomènes à reproduire sont ainsi la contraction en amont (contraction reach ou contraction drawdown, entre les sections n°4 et n°3) et l'expansion en aval (expansion reach ou reestablishment, entre les sections n°2 et n°1). Le frottement le long de l'ouvrage (entre les sections n°3 et n°2) ne doit pas être oublié.

Au total la perte de charge globale due à l'ouvrage est à calculer entre les sections n°4 et n°1, soit « suffisamment » à l'amont et « suffisamment » à l'aval de l'ouvrage, en dehors de la zone de perturbation des lignes de courant.

Sont présentées dans la suite deux méthodes de calcul des pertes de charge issues de ces recherches et communément utilisées.

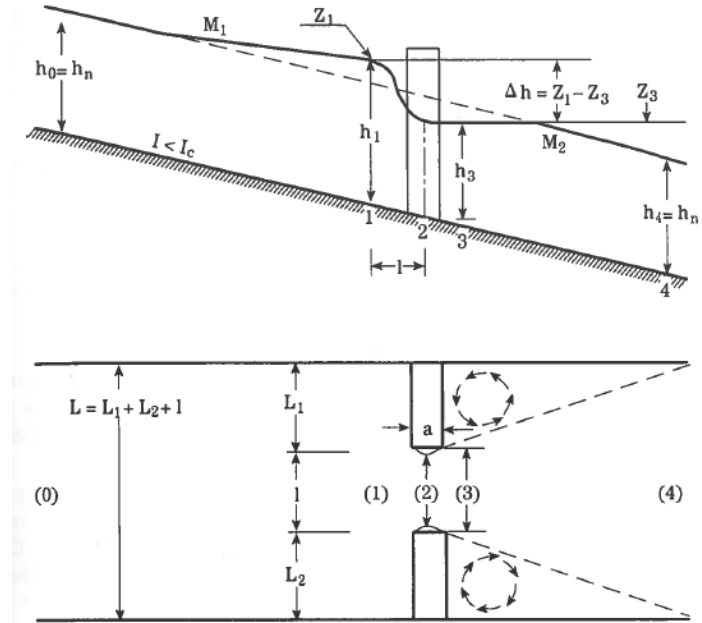


Figure 42 : Schéma de principe des calculs des pertes de charges (source : hydraulique générale. A.LENCASTRE)

Méthode FHWA – méthode de Bradley (1957)

Cette méthode est fondée sur une formulation énergétique du problème. Les pertes de charge (représentées par une diminution de l'énergie cinétique et du terme d'altitude de la surface libre) sont évaluées avec une proportion de l'énergie cinétique dans la contraction sous une hauteur normale.

La formulation s'écrit :

$$\Delta H = K \cdot \alpha_3 \frac{V_n^2}{2 \cdot g} + \alpha_4 \left( \left( \frac{A_n}{A_1} \right)^2 - \left( \frac{A_n}{A_4} \right)^2 \right) \frac{V_n^2}{2 \cdot g}$$

Equation 1 : formulation FHWA de la perte de charge en fonction de l'énergie

Avec

- K = Coefficient de remous
- Vn = vitesse de l'écoulement dans la section rétrécie sous tirant d'eau égal à celui de l'écoulement non perturbé (m/s);
- a1 = coefficient d'énergie cinétique ou coefficient de Coriolis de la section amont ;
- a2 = coefficient d'énergie cinétique dans la section réduite ;
- An = surface mouillée dans la section rétrécie sous l tirant d'eau égal à celui de l'écoulement non perturbé (m²) ;
- A1 = surface mouillée en amont en prenant en compte l'ouvrage (m²) ;
- A4 = surface mouillée aval (m²) .

Cette formulation repose sur un principe différent de celle de l'USGS et rend compte de moins de paramètres physiques. En particulier, les frottements sont supposés compensés par la pente de la rivière.

#### Méthode WSPRO (1986)

Cette méthode a été développée conjointement par l'USGS et la FHWA et s'appuie sur le suivi et des mesures de débits et de niveaux d'eau en 20 sites. Les sites choisis présentent un fond de vallée large avec une végétation dense, conditions pour lesquelles la méthode précédente s'est montrée inadéquate.

Contrairement à la méthode FHWA qui intègre l'ensemble des pertes d'énergie en un coefficient empirique, la méthode WSPRO décompose la perte de charge en trois parties : une première liée à la zone d'approche en amont de l'ouvrage, une seconde liée au passage dans la section contractée de l'ouvrage et une troisième liée à la zone d'expansion en aval de l'ouvrage.

#### Zone d'approche amont

$$h_f = \frac{Q^2}{K_1 K_c} L_{av}$$

Équation 2 : premier terme de la formulation WSPRO

#### Passage dans le pertuis

$$h_f = \frac{Q^2}{K_3^2} L$$

Équation 3 : second terme de la formulation WSPRO

#### Zone d'expansion aval

La perte de charge en aval de l'ouvrage est elle-même décomposée en 2 termes, un terme de frottement et un second terme traduisant la perte de charge due à la divergence.

$$h_f = \frac{Q^2}{K_4 K_c} b$$

Équation 4 : troisième terme de la formulation WSPRO

$$h_e = \frac{Q^2}{2 \cdot g \cdot A_1^2} \left[ 2 \cdot (\beta_1 - \alpha_1) - 2 \cdot \beta_2 \frac{A_1}{A_2} + \alpha_2 \left( \frac{A_1}{A_2} \right)^2 \right]$$

Équation 5 : quatrième terme de la formulation WSPRO

Avec

- K1 : coefficient de transfert de la section non influencé en amont du pont ;
- K3 : coefficient de transfert de la section non en aval immédiat du pont ;
- K4 : coefficient de transfert de la section non en aval du pont ;
- Kc : coefficient de transfert de la section dans l'ouvrage
- A1 : aire de la section aval (m²) ;
- A2 : aire de la section en aval immédiat du pont (m²) ;
- a1 : facteur de correction de l'énergie ;
- a2 : facteur de correction du moment ;
- β1 : facteur de correction de l'énergie ;
- β2 : facteur de correction du moment ;

La perte de charge totale induite par l'ouvrage et ses remblais est la somme de ces quatre termes.

#### Résultats

Le tableau ci-après indique les pertes de charges, liées au projet de pont, calculées pour la crue de période de retour de 500 ans. L'ouvrage de décharge n'est pas pris en compte et les piles du pont ne sont prises en compte que pour la méthode de Bradley.

Les résultats indiquent, une perte de charge entre 2 et 10 cm. Cette faible perte de charges s'explique par le fait que le projet n'empiète pas sur le lit mineur (à l'exception des 5 piles) où 95% du débit transite. Seuls les écoulements en champs majeur sont bloqués par le remblai.

L'impact des piles calculé par la méthode de Bradley est de 3 cm, ce qui indique que les piles induisent un remous similaire au remblai en champs majeur.

Formule de calcul	Perte de charge (m)	
	Liée aux remblais	Liée aux piles
Méthode de Bradley	0.02	0.03
Méthode WSPRO (quatrième terme uniquement)	0.10	

Tableau 30 : Calcul des pertes de charges singulières

#### 4.2.4.3. Impact du viaduc seul

#### Modification du modèle hydraulique

Le modèle numérique de terrain inclus dans le modèle a été modifié de façon à intégrer le remblai lié à l'ouvrage ainsi que les 5 piles du pont. L'illustration ci-après montre l'évolution du MNT.

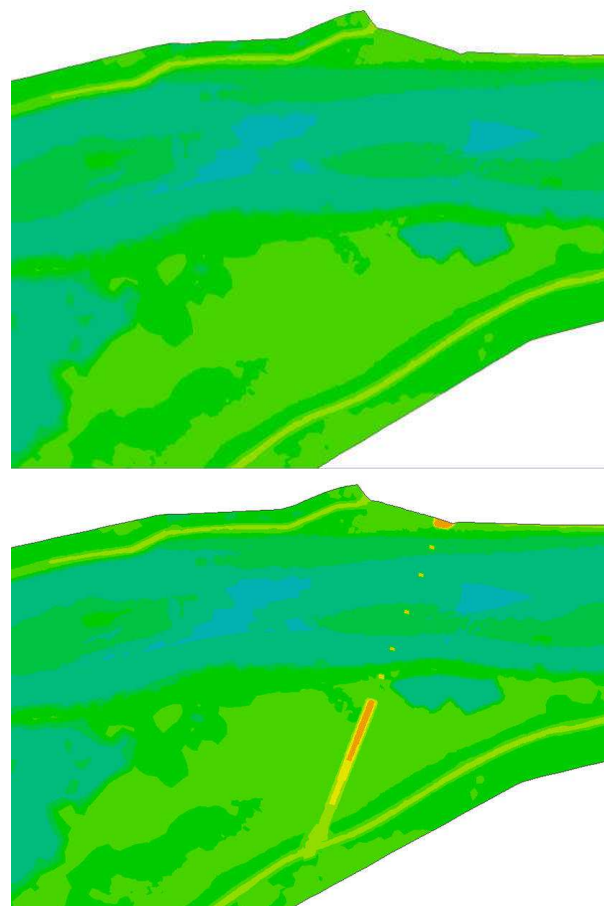


Figure 43 : Evolution du modèle avec en haut , l'état actuel et en bas, l'état projeté



## Impact du projet

### Impact sur les lignes d'eau

Le projet a pour conséquence d'augmenter la ligne d'eau maximum en amont immédiat du projet d'environ 7 à 8 cm pour les périodes de retour de 50 ans à 500 ans. Ce résultat est cohérent avec :

- Les calculs des pertes de charges singulières réalisés dans le paragraphe précédent;
- Les études précédentes dont les remous hydrauliques étaient similaires pour un ouvrage de dimension semblable.

Le remous mesuré au centre du lit mineur, n'évolue pas en fonction de la période de retour (cf tableau ci-après).

Tableau 31 : Impact du projet sur les lignes d'eau

Période de retour	Cote maximale au droit du pont (m NGF)	
	Etat actuel	Etat projeté
50 ans	102.03	102.10
70 ans	102.52	102.60
100 ans	103.17	103.25
170 ans	103.44	103.51
200 ans	103.71	103.79
500 ans	104.42	104.49

Néanmoins, cette réhausse de 8 cm n'est pas uniforme le long de l'ouvrage. En effet dans l'extrémité Sud Est du franchissement du lit endigué, les écoulements sont bloqués dans un coin d'eau où le remous hydraulique atteint 31 cm en crue cinq centennale. Dans ce coin d'eau la vitesse d'écoulement est nulle, ce qui implique un report du débit circulant dans les champs majeurs gauche (250 m<sup>3</sup>/s en crue de période de retour de 500 ans) vers le lit mineur.

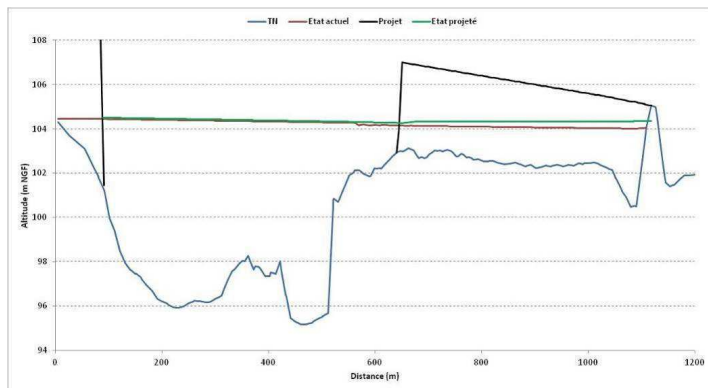


Figure 44 : Profil en travers au droit du futur ouvrage

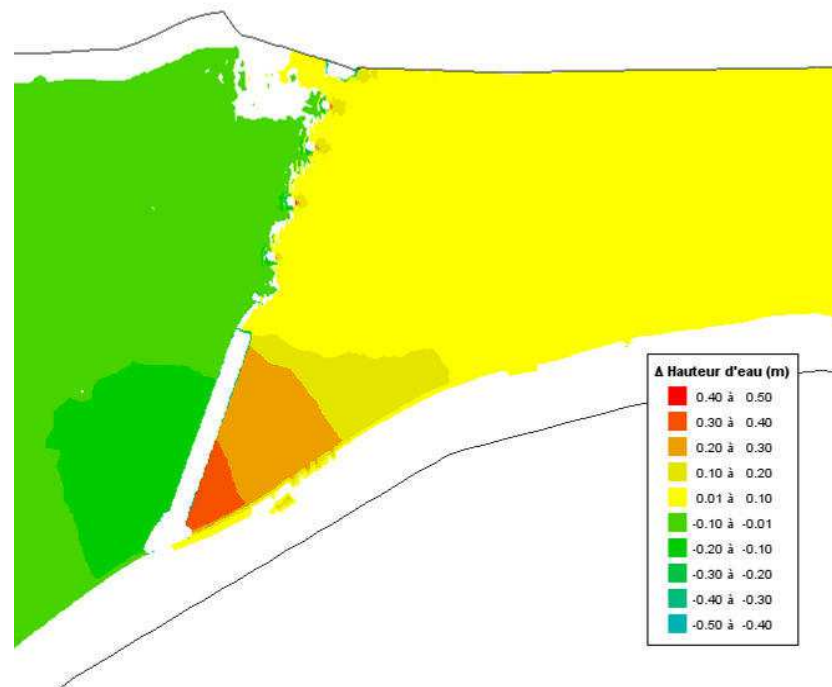


Figure 45 : Impact sur les hauteurs d'eau maximum (état projet-état actuel)

Le remous hydraulique constaté sur la ligne d'eau maximum se propage en s'atténuant jusqu'au déversoir de Jargeau. Il atteint ainsi 5 cm au droit du pont de Jargeau et 1 cm au droit du seuil. Le remous calculé par comparaison des hauteurs d'eau maximum est donc limité au droit de Jargeau, mais cette comparaison des hauteurs maximum est minimisée par la présence du déversoir de Jargeau. En effet, en crue cinqcentennale, le débit maximal transitant en aval du déversoir de Jargeau est plus faible en état projeté (6 960 m<sup>3</sup>/s) qu'en état actuel (7 020 m<sup>3</sup>/s). Ceci s'explique par une surverse sur le déversoir fusible plus précoce (environ 16 minutes en avance). Ainsi, à débit équivalent, la réhausse de la ligne d'eau au droit du déversoir de Jargeau atteint 4 cm au maximum.

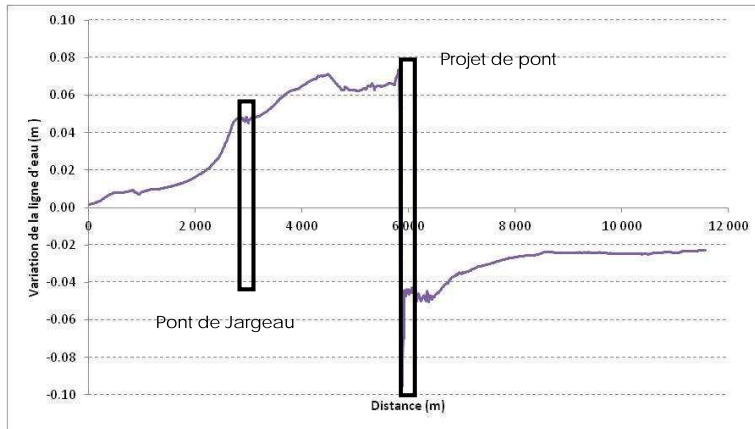


Figure 46 : Profil en long de l'impact sur la ligne d'eau maximum

#### Impact sur les vitesses d'écoulement

Les vitesses d'écoulements sont de façon générale réduite à l'amont du pont et augmenté à l'aval. Ces évolutions sont inférieures à 0.1 m/s.

Seul deux zones présentent des évolutions de vitesses plus importantes :

- Sous le pont, où les vitesses sont augmentées de 0.5 m/s en moyenne entre les piles. La vitesse maximum atteint 2.9 m/s. Derrière les piles, il est observé une trainée sur 500m où les vitesses sont réduites ;
- Le long de l'axe d'écoulement secondaire au pied des digues, où la vitesse d'écoulement est nulle en état projetés contre 0.4 m/s au maximum en état actuel.



Figure 47 : Impact sur les vitesses maximales (état projet-état actuel)

#### Impact sur le déversoir de Jargeau

L'évolution de la ligne d'eau au droit du déversoir de Jargeau se traduit de deux façons :

- L'activation du déversoir fusible en avance par rapport à l'état actuel en crue cinq centennale. Ceci implique une faible augmentation (+ 5 %) du volume déversé dans le val d'Orléans ;
- Un débit de début de surverse sur le déversoir fusible plus faible : 7060 m<sup>3</sup>/s en état projet contre 7120 m<sup>3</sup>/s en état actuel. En conséquence, le déversoir entre en fonctionnement pour une période de retour de 346 ans en état projeté contre 360 ans en état actuel.

Critère	Etat actuel	Etat projeté
Débit de pointe en amont du modèle (m <sup>3</sup> /s)	7480	7480
Débit de pointe au droit du pont de Jargeau (m <sup>3</sup> /s)	7020	6960
Débit de pointe en aval (m <sup>3</sup> /s)	7010	6970
Période de retour de l'enclenchement du déversoir (années)	360	346
Débit de pointe sur le déversoir de Jargeau (m <sup>3</sup> /s)	996	1054
Volume déversé (millions m <sup>3</sup> )	84.8	88.4

Tableau 32 : impact du projet sur les débits

#### Impact sur les digues

Le long de la digue en rive gauche de la Loire, 4 secteurs présentent des impacts et des conséquences distinctes :

- De Jargeau au lieu dit du Clos Saint André. Dans ce secteur, le remous varie entre 4 et 6 cm alors que la ligne d'eau maximale est située à 1.5 m en dessous de la crête de digues (qui présente une hauteur totale d'environ 5 m). Il n'y a donc pas de risque supplémentaire généré sur la digue ;
- Au Clos Saint André où la digue présente un point bas local (à 104.5 m NGF). La rehausse de la ligne d'eau atteint 9 cm ce qui se traduit par une réduction de la revanche par rapport à la crête de digue. Il faut noter que dans l'étude de dangers du val d'Orléans, la ligne d'eau simulée est 30 cm supérieure ce qui se traduit par une surverse localisée en état actuel sans que cela ne soit considéré comme un risque de brèche dans ce secteur ;
- Dans le coin d'eau entre le Clos Saint André et le projet de pont. La rehausse maximum de la ligne d'eau atteint 31 cm, néanmoins, la revanche par rapport à la crête de digue reste importante (64 cm), il n'y a donc pas risque de surverse ;
- A l'aval du projet où la ligne d'eau est abaissée de 2 cm au maximum.

Les vitesses d'écoulement au pied de la digue sont inchangées sur la majorité du linéaire de digue (évolution de la vitesse maximale inférieur à 0.1 m/s). Au droit du pont, la vitesse d'écoulement en état projet est nulle.

Situation	Point bas de la digue (clos Saint André)			Devant l'ouvrage de décharge		
	cote (m NGF)	Delta (cm)	revanche p/r digue (cm)	Cote (m NGF)	Delta (cm)	revanche p/r digue (cm)
état actuel	104.29	-	21	104.05	-	95
sans décharge	104.38	9	12	104.36	31	64

Tableau 33 : Revanche par rapport à la crête de digues.

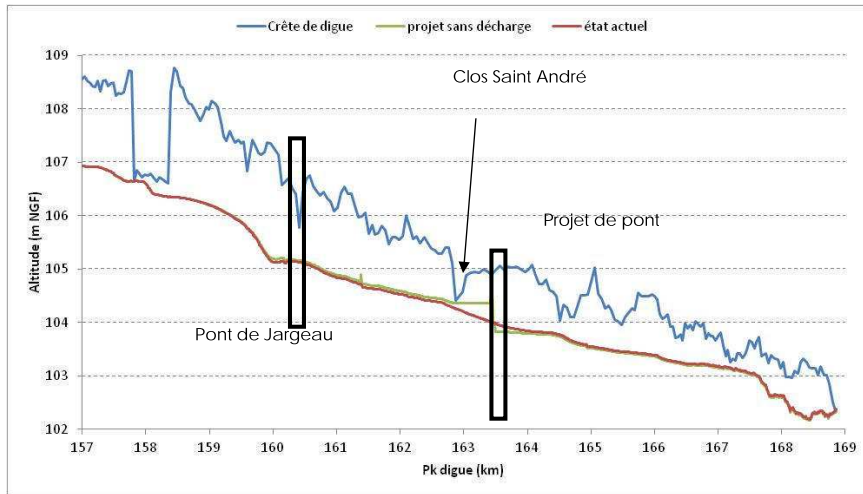


Figure 48 : Profil en long de la crête de digue et de la ligne d'eau en pied

#### 4.2.4.4. Conclusion

La présence du remblai et des 5 piles associées au viaduc se traduit par :

- Une augmentation de la ligne d'eau maximum de 8 cm au droit du pont, 5 cm au pont de Jargeau et 1 cm au déversoir de Jargeau ;
- Un coin d'eau morte est formé en champs majeur gauche par les remblais, ce qui engendre une rehausse locale de la ligne d'eau de 31 cm au maximum. Ce remous local s'atténue rapidement vers l'amont, puisqu'à 600 m en amont du pont, le remous est identique sur l'ensemble de la section d'écoulement ;
- La vitesse d'écoulement est localement augmentée entre les piles du pont pour atteindre la valeur maximale de 2.9 m/s. L'accélération des écoulements s'estompe à 500 m en aval du pont
- L'augmentation de la ligne d'eau au droit du déversoir implique un débit de début de surverse plus faible (60 m<sup>3</sup>/s), mais l'écart simulé reste inférieur à 5 % du débit de pointe

En conclusion, l'ouverture importante du pont (570 m sur une largeur de zone inondable de 1050 m) permet d'avoir un impact très faible de l'ouvrage sur les zones à enjeux (déversoir de Jargeau). Néanmoins, l'absence d'ouvrage de décharge en rive gauche induit un impact local plus fort qui réduit sensiblement les revanches disponibles entre la crête de la digue et la ligne d'eau maximum.

Un ouvrage de décharge a donc été étudié.

#### 4.2.4.5. Dimensionnement de l'ouvrage de décharge

##### Principe de dimensionnement

L'analyse de l'état actuel et de l'impact du projet sans ouvrages de décharge a montré la nécessité de créer un ouvrage secondaire dans le champ majeur gauche pour diminuer le remous et réduire la zone d'eau morte en amont du pont qui pourrait à terme modifier la morphologie du secteur.

Cet ouvrage sera implanté au plus proche possible de la digue dans le secteur où les hauteurs d'eau et les vitesses sont les plus importantes du fait que le lit majeur est globalement penté vers la digue. Néanmoins, l'ouvrage est placé à 100 m minimum de la crête de digue afin d'éviter une augmentation des vitesses en pied de digues du fait de la concentration des écoulements dans l'ouvrage.

De plus, afin d'éviter un point bas local, il est préconisé d'assurer la continuité du point bas situé en pied de la digue rive gauche. Ceci passe par la création d'un chenal dans l'ouvrage de décharge.

##### Calcul de pertes de charge singulières

Les pertes de charge singulières ont été calculées pour trois ouvertures possible de l'ouvrage de décharge 40 m, 70 m et 150 m. Pour ce calcul il n'a été considéré que les débits circulant dans le champ majeur gauche.

Les pertes de charges calculées à l'aide des deux méthodes sont indiquées ci-après. Ces valeurs semblent importantes au regard de la rehausse de la ligne d'eau sans décharge (+31 cm). Ceci s'explique par le fait que le calcul de perte de charges singulières est effectué en prenant pour hypothèse que le lit majeur gauche est indépendant du lit mineur. Or, le remous dans le lit majeur étant plus important que le remous dans le lit mineur, une partie du débit transitant dans le lit majeur retourne au lit mineur. Le calcul de perte de charge singulière est donc plutôt maximaliste dans le cas étudié.

Nota : les calculs sont réalisés sans tenir compte des éventuelles piles nécessaires pour un ouvrage d'une portée supérieure à 40 m.

Formule de calcul	Perte de charge en fonction de l'ouverture (m)		
	40 m	70 m	150 m
Méthode de Bradley	28 cm	12 cm	4 cm
Méthode WSPRO (troisième terme uniquement)	57 cm	25 cm	14 cm

Tableau 34 : Calcul des pertes de charges singulières

##### Test de plusieurs ouvertures

Les cotes simulées en divers point du modèle sont indiqués ci-dessous. Il est constaté que le remous devant l'ouvrage est plus faible que les remous issus du calcul de pertes de charge singulière, tout en restant du même ordre de grandeur. Ceci s'explique par le report d'une partie du débit dans le lit mineur.

Situation	Vitesse maximum dans l'ouvrage (m/s)	Point bas de la digue (clos Saint André)			Devant l'ouvrage de décharge		
		cote (m NGF)	Delta (cm)	revanche p/r digue (cm)	Cote (m NGF)	Delta (cm)	revanche p/r digue (cm)
état actuel	0.4	104.29	-	21	104.05	-	95
sans décharge	-	104.38	9	12	104.36	31	64
ouverture de 40 m de large	1.3	104.37	8	13	104.29	24	71
ouverture de 70 m de large	1.0	104.36	7	14	104.24	19	76
ouverture de 150 m de large	0.7	104.33	4	17	104.19	14	81

Tableau 35 : Test de plusieurs ouvertures

#### 4.2.4.6. Solution retenue

##### Présentation de la solution retenue

Il a été retenu un ouvrage de décharge présentant les caractéristiques suivantes :

- Une ouverture totale de 75 m avec trois travées de 25 m de large ;
- deux piles d'une largeur de 3 m pour une longueur de 8 m ;
- Une culée sud située à 130 m de la crête de digue.

La création de l'ouvrage de décharge est accompagnée de plusieurs mouvements de terrain qui ont un double objectif :

- Accompagner les écoulements vers l'ouvrage de décharge ;
- Permettre une compensation des remblais dans le lit endigué.

Ces mouvements de terrain consistent en :

- Un remblaiement du coin d'eau formé entre la culée sud de l'ouvrage et la digue ;
- Un remblaiement à l'aval de la voirie entre la culée sud et la digue pour accompagner l'écoulement à l'aval de l'ouvrage de décharge ;
- Un dévoiement de l'axe d'écoulement existant en pied de digue afin d'assurer la continuité des écoulements.

Ces modèles de terrain sont réalisés avec des pentes douces afin de permettre la restitution du terrain à l'usage agricole.

##### Modélisation hydraulique du projet

Le modèle numérique de terrain inclus dans le modèle a été modifié de façon à intégrer le remblai lié à l'ouvrage, les 5 piles de l'ouvrage principal, les deux piles de l'ouvrage de décharge et les mouvements de terrain. L'illustration ci-après montre l'évolution du MNT.

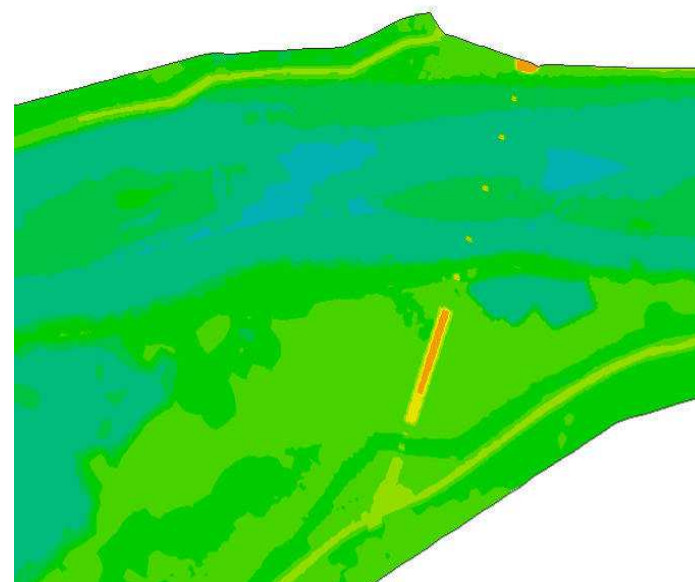
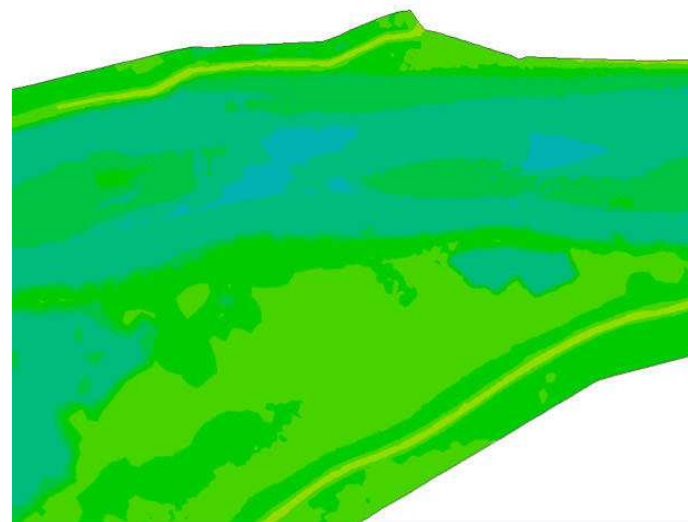


Figure 49 : Evolution du modèle avec en haut, l'état actuel et en bas, la solution retenue

### Impact sur les lignes d'eau

Dans le lit mineur de la Loire, en amont immédiat du pont, le remous hydraulique lié à l'ouvrage varie entre 7 cm et 9 cm en fonction des périodes de retour considérées. Ces impacts sont similaires à la situation sans ouvrage de décharge.

Période de retour	Cote maximale dans le lit vif au droit du pont (m NGF)	
	Etat actuel	Solution retenue
50 ans	102.03	102.10
70 ans	102.52	102.60
100 ans	103.17	103.25
170 ans	103.44	103.51
200 ans	103.71	103.80
500 ans	104.42	104.50

Tableau 36 : Impact du projet sur les lignes d'eau

Le graphique ci-dessous, montre que le remous hydraulique lié à l'ouvrage s'atténue vers l'amont. Pour la crue cinq-centennale, la rehausse de la ligne d'eau maximale est de 4 cm au pont de Jargeau et inférieure à 1 cm sur le déversoir de Jargeau.

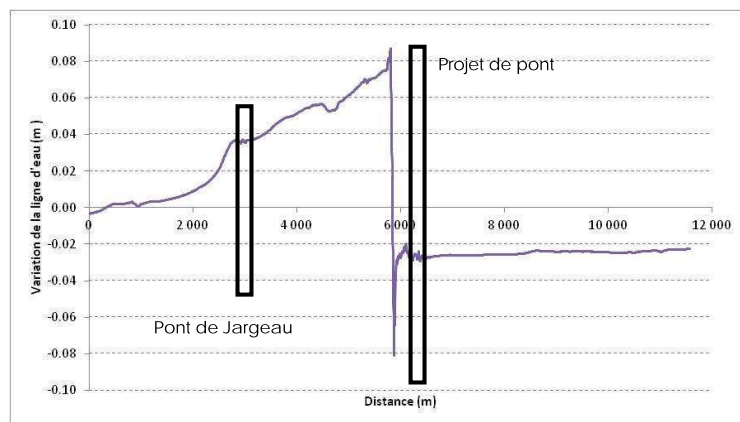


Figure 50 : Profil en long de l'impact sur la ligne d'eau maximum

### Impact sur les vitesses

A l'amont du projet de pont, les vitesses d'écoulements sont réduites de 0.1 m/s au maximum.

Les évolutions les plus importantes des vitesses sont constatées sur l'ouvrage principal :

- Entre les piles les vitesses sont augmentées de 0.5 m/s en moyenne avec une augmentation maximum de 0.9 m/s. La vitesse maximale sous l'ouvrage atteint 5.4 m/s.
- Derrière les piles, il est observé une traînée sur une distance de 800 m environ. Plus en aval, les vitesses d'écoulement sont similaires à l'état actuel.

En bordure du lit mineur, rive gauche, il est constaté une accélération des écoulements du fait du retour d'une partie des écoulements du lit majeur dans lit mineur.

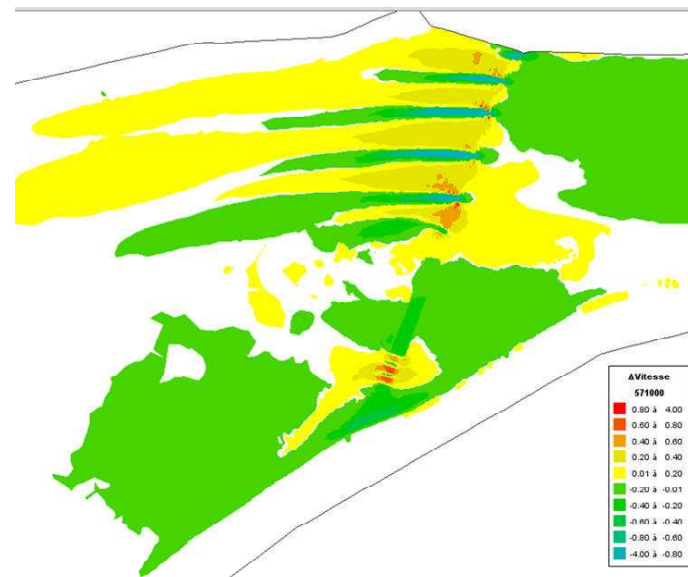


Figure 51 : Impact sur les vitesses (Projet retenu-état actuel)

Au droit de l'ouvrage de décharge :

- les vitesses d'écoulements sont augmentées de 0.85 m/s au maximum. La vitesse maximale dans l'ouvrage atteint 1.2 m/s dans le chenal sous la travée centrale. Il faut noter que l'élargissement du chenal sous une seconde travée permet de réduire la vitesse maximale à 1 m/s ;
- A 100 m en amont de l'ouvrage la vitesse d'écoulement devient plus faible qu'en état actuel, la vitesse maximale en pied de digue est donc légèrement réduite (évolution <0.2 m/s) ;
- En aval, l'impact de l'ouvrage est visible sur 250 m environ.

### Impact sur les débits

Vis-à-vis des débits transitant dans la Loire en cas de crue cinq-centennale, les résultats obtenus avec le projet retenu sont similaires avec ceux de la simulation sans ouvrage de décharge

Critère	Etat actuel	sans décharge	Projet retenu
Débit de pointe en amont du modèle (m³/s)	7480	7480	7480
Débit de pointe au droit du pont de Jargeau (m³/s)	7020	6960	6960
Débit de pointe en aval (m³/s)	7010	6970	6970
Période de retour de l'enclenchement du déversoir (années)	360	346	350
Débit de pointe sur le déversoir de Jargeau (m³/s)	996	1054	1050
Volume déversé (millions m³)	84.8	88.4	88.1

Tableau 37 : impact du projet sur les débits

Le tableau ci-dessous indique les débits transitant dans l'ouvrage de décharge. Pour des crues de période de retour inférieure à 70 ans, le débit de pointe dans l'ouvrage est légèrement inférieur au débit circulant en état actuel dans le bras secondaire. Pour les périodes de retour supérieures à 100 ans, le débit de l'ouvrage de décharge représente environ 50% du débit circulant dans le champ majeur (bras secondaire+ champs majeur). Le reste du débit transite dans l'ouvrage principal.

Période de retour	Etat initial			Solution retenue
	Débit dans le lit vif (m <sup>3</sup> /s)	Débit dans le bras secondaire (m <sup>3</sup> /s)	Débit dans le champ majeur (m <sup>3</sup> /s)	Débit dans l'ouvrage de décharge
50 ans	4 038	12	0	4
70 ans	4 601	23	36	14
100 ans	5 438	30	52	42
170 ans	5 780	35	85	60
200 ans	5 974	36	90	72
500 ans	6 760	57	190	120

Tableau 38 : Comparaison des débits de crues

#### Impact sur le pied de digue

Sur le pied de digue, l'ouvrage induit une rehausse de la ligne d'eau de 15 cm maximum (pour une hauteur de submersion en état actuel de 2.7 m environ). L'augmentation de la ligne d'eau maximale est donc faible. De plus, cette augmentation s'atténue rapidement, puisque sur le point bas de la digue au Clos Saint André (500 m en amont), la rehausse est réduite à 7 cm.

Au point bas de la digue, le projet induit une réduction de la revanche disponible à 14 cm au lieu de 21 cm en état actuel. Ceci induit une augmentation du risque de surverse dans ce secteur. Néanmoins, après consultation de la DREAL, celle-ci juge le risque marginal en regard de l'ensemble du système de protection du val d'Orléans. En effet, dans l'étude de dangers du val, il est considéré que le niveau de protection actuel du val est autour de la crue de période de retour de 200 ans. Cela signifie donc le niveau de protection n'est pas modifié par le projet (dimensionnement sur une crue de période de retour de 500 ans).

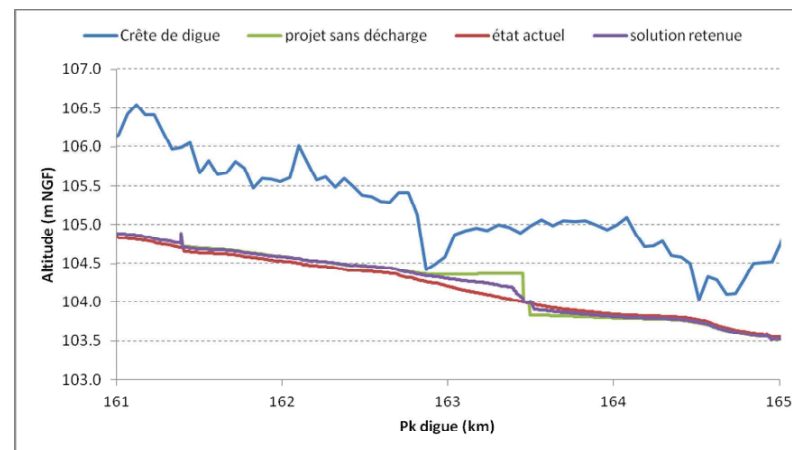


Figure 52 : Profil en long de la crête de digue et de la ligne d'eau en pied

Situation	Vitesse maximum dans l'ouvrage (m/s)	Point bas de la digue (clos Saint André)			Devant l'ouvrage de décharge		
		cote (m NGF)	Delta (cm)	revanche p/r digue (cm)	Cote (m NGF)	Delta (cm)	revanche p/r digue (cm)
état actuel	0.4	104.29	-	21	104.05	-	95
sans décharge	-	104.38	9	12	104.36	31	64
Solution retenue	1.2	104.36	7	14	104.20	15	80

Tableau 39 : Impact du projet

#### 4.2.5. Incidences hydrauliques du projet dans le val d'Orléans

##### 4.2.5.1. Contexte

### CONTEXTE

Le projet va traverser le val d'Orléans selon un axe Nord-Sud avec un remblai d'une hauteur variant entre 0.45 m et 1.40 m. Or, en cas de déversement sur le déversoir fusible ou en cas de rupture des digues de la Loire en amont de Jargeau, le val d'Orléans est traversé par des écoulements selon un axe Est-Ouest. Le projet de voirie en remblai est donc perpendiculaire à l'écoulement, ce qui impactera les conditions d'écoulements en cas de submersion du val.

### OBJECTIF

L'objectif de l'étude est d'analyser l'impact du projet de voirie sur les écoulements de la Loire dans le val d'Orléans.

### METHODOLOGIE

Le val d'Orléans étant un secteur endigué, il a fait l'objet d'une étude de dangers finalisée en novembre 2012. Cette étude de dangers a permis notamment de caractériser l'ensemble des scénarios de submersion du val (surverse ou brèche sur les digues) et préciser les risques pour l'ensemble des enjeux situés dans le val.

En conséquence, cette étude s'appuie sur l'étude de dangers pour quantifier l'impact du projet.

Ces impacts seront caractérisés suivant les scénarios de brèche définis dans l'étude de dangers du val d'Orléans. 4 scénarios seront simulés :

- Brèche sur la commune de Guilly (scénario 1 de l'étude de dangers) ;
- Brèche sur la commune de Sigloy (scénario 2 de l'étude de dangers) ;
- Fonctionnement du déversoir de Jargeau en cas de crue cinq-centennale (scénario 5 de l'étude de dangers) ;
- Brèche sur la commune de Jargeau (scénario 8 de l'étude de dangers) ;

Ces scénarios sont retenus car les entrées d'eau dans le val sont toutes situées en amont du projet et sont donc impactées par celui-ci. Les autres scénarios de l'EDD ont pour origine des brèches situées à l'aval du projet (scénarios 3, 6 et 7 de l'étude de dangers) ou une brèche de moindre importance que celles retenues dans le cadre de cette étude (scénario 4 de l'EDD).

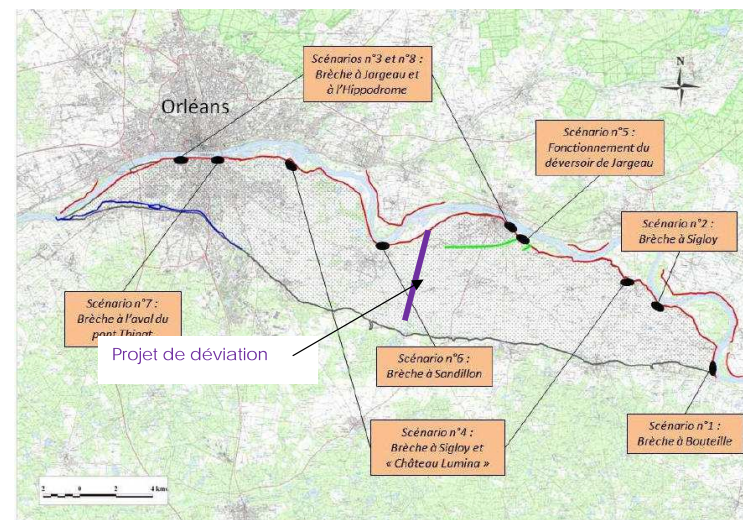


Figure 53 : Localisation des brèches (source : étude de dangers du val d'Orléans)

Dans la suite de l'étude, les numéros des scénarios issus de l'étude de dangers seront conservés par souci de cohérence avec l'étude de dangers.

##### 4.2.5.2. Présentation de la zone d'étude

### LA LOIRE

La zone d'étude est située sur la Loire moyenne (entre Nevers et Angers) c'est-à-dire entre les confluences avec l'Allier et la Mayenne.

### LE VAL D'ORLEANS

Le Val d'Orléans est défini comme l'ensemble des terrains protégés par la Loire en rive gauche entre les communes de Guilly et Saint Hilaire Saint Mesmin (en aval d'Orléans) soit une distance de 33 km environ. La limite aval du val est constituée par la confluence Loire/Loiret. 17 communes sont situées intégralement ou partiellement dans le Val pour une surface total de 165 km<sup>2</sup> et environ 70 000 habitants.

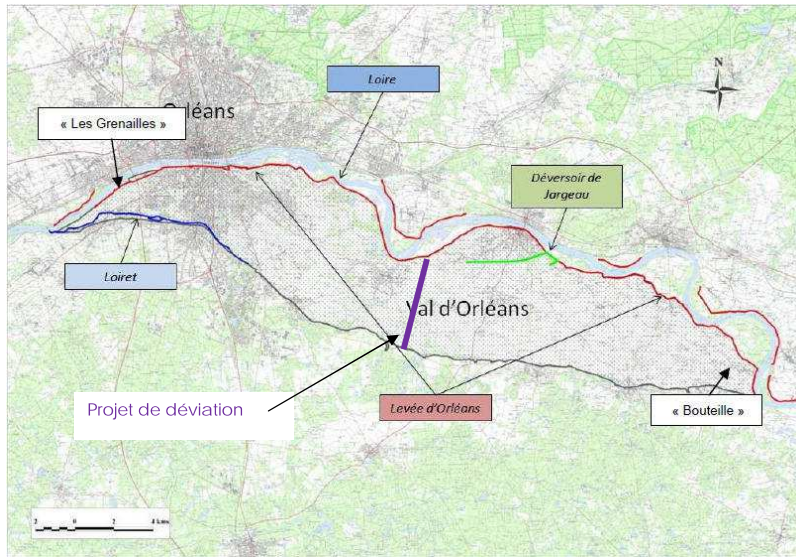


Figure 54 : Situation du val d'Orléans (source : étude de dangers du val d'Orléans)

Ce val est drainé par deux cours d'eau principaux : le Dhuy et la Marmagne qui confluent avec le Loiret sur la commune d'Orléans.

Le val présente une pente globale Est-Ouest entrecoupée par plusieurs ouvrages transversaux. Le plus important ouvrage transversal est la voie ferrée en amont d'Orléans qui traverse tout le val en remblais.

On note aussi la présence de nombreuses infrastructures routières partiellement en remblai avec d'Ouest en Est:

- L'A71 et la RD 2020 en aval de la voie SNCF précédemment citée ;
- La RD 13 au droit de la commune de Sandillon ;
- Les RD 921 et 951 qui desservent Jargeau ;
- La RD 11 qui passe par le centre urbain de Sigloy.

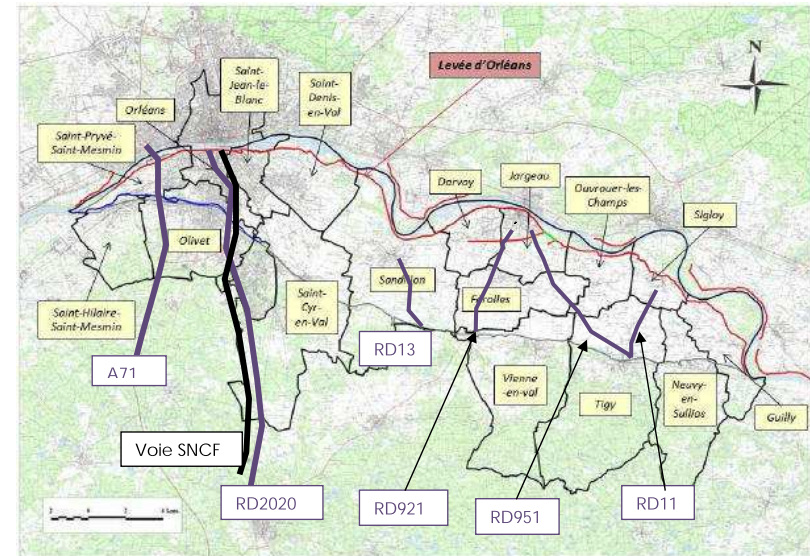


Figure 55 : Communes incluse dans le val d'Orléans (source : étude de dangers du val d'Orléans)



#### 4.2.5.3. Hydrologie

##### METHODOLOGIE

Les données hydrologiques présentées ci-après sont intégralement extraites de l'étude de dangers du val d'Orléans. Ces données sont pour chaque scénario :

- Un hydrogramme de rupture spécifique à chaque brèche ;
- Un hydrogramme de la Loire en aval de la brèche ;
- Un limnigramme de la Loire en aval de la confluence avec le Loiet et donc en aval du retour des débits déversés dans le val.

Ces scénarios sont établis sur la base d'une crue Cinq-centennale de la Loire.

##### SCENARIO N°1 : BRECHE A GUILLY

Source : annexe n°26 de l'étude de dangers de la levée d'Orléans.  
 Cette brèche est située la plus à l'amont du val d'Orléans en limite sud du Val.



Figure 56 : Localisation de la brèche de Guilly

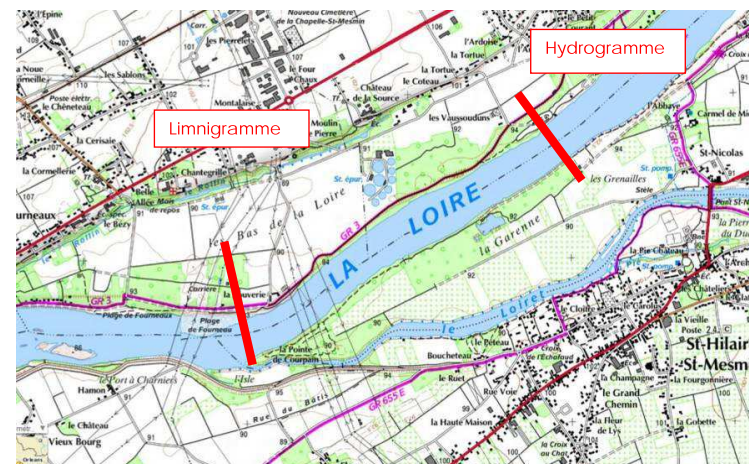


Figure 57 : Condition aux limites aval du modèle

Le débit déversé maximum est de 2500 m<sup>3</sup>/s. Il est atteint 4 h après de début de la brèche. L'évènement dure environ 100 heures.

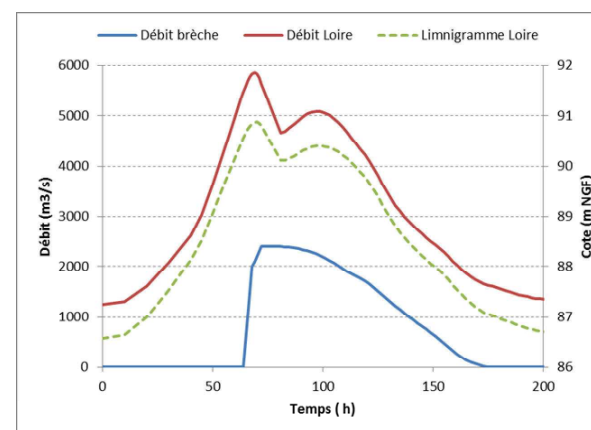


Figure 58 : Hydrogramme et limnigramme de crue.

### SCENARIO N°2 : BRECHE A SIGLOY

Source : annexe n°27 de l'étude de dangers de la levée d'Orléans.

La brèche dite de Sigloy est située au Sud Est du centre urbain de Sigloy en aval de la brèche de Guilly et en amont du déversoir de Jargeau.

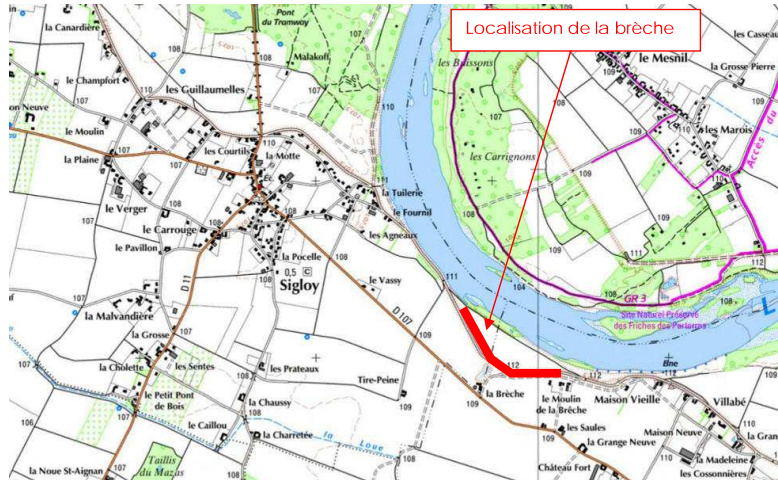


Figure 59 : Localisation de la brèche de Sigloy

Le débit déversé maximum est équivalent à la brèche de Guilly avec 2400 m³/s. Il est atteint 6 h après de début de la brèche. L'évènement dure environ 55 heures et le volume entrant dans le val est de 274 millions de m³.

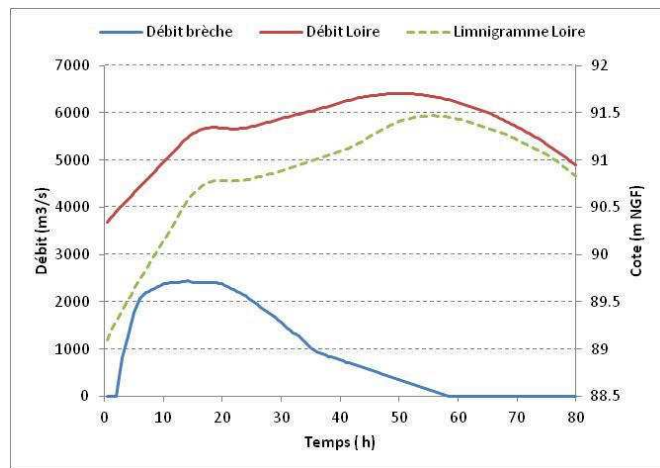


Figure 60 : Hydrogramme et limnigramme de crue.

### SCENARIO N°5 : FONCTIONNEMENT DU DEVERSOIR DE JARGEAU

Source : annexe n°30 de l'étude de dangers de la levée d'Orléans.

Ce scénario ne repose pas sur une hypothèse de brèche, mais sur le fonctionnement du déversoir fusible de Jargeau. Cela signifie que dès apparition d'une surverse sur le déversoir, le fusible est emporté, ce qui induit un déversement important dans le val. Le volume déversé est estimé à 90 millions de m³ pour un débit de pointe de 1050 m³/s.

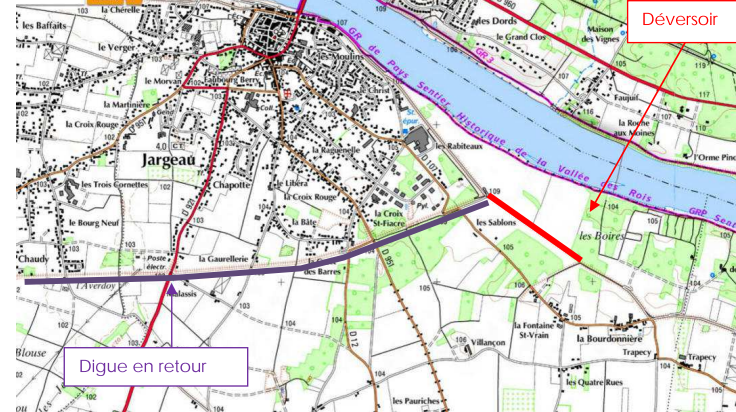


Figure 61 : Localisation du déversoir de Jargeau

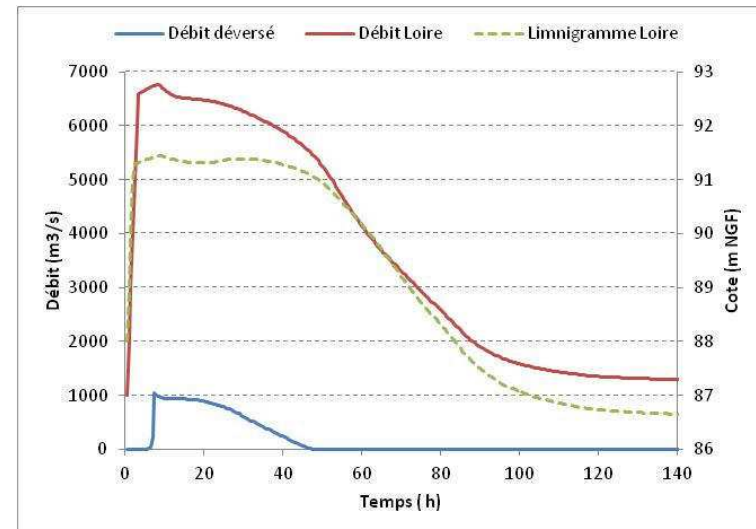


Figure 62 : Hydrogramme et limnigramme de crue.

### SCENARIO N°8 : BRECHE A JARGEAU

Source : annexe n°28 de l'étude de dangers de la levée d'Orléans.

La brèche dite de Jargeau est située au droit de la brèche historique de 1856. Le débit maximum déversé est estimé à 735 m<sup>3</sup>/s avec 56.5 millions de m<sup>3</sup> déversés.

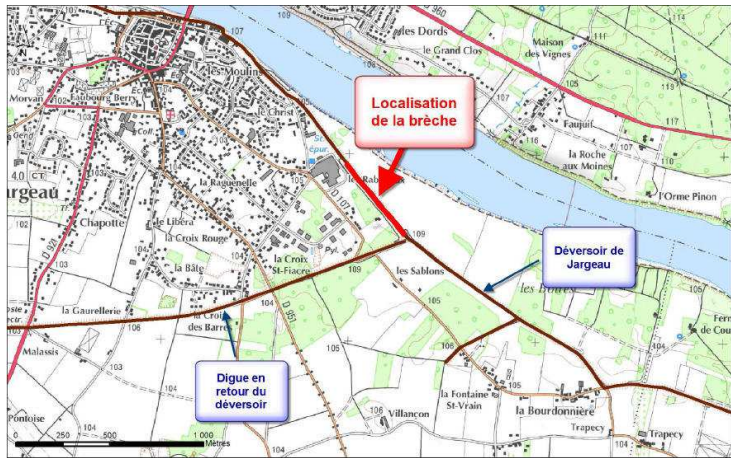


Figure 63 : Localisation de la brèche de Jargeau

Contrairement au trois autres simulations, le lit de la Loire n'est pas modélisé. Les conditions aux limites sont donc modifiées : il est uniquement considéré la cote de la Loire en aval du val d'Orléans (à la confluence avec le Loiret).

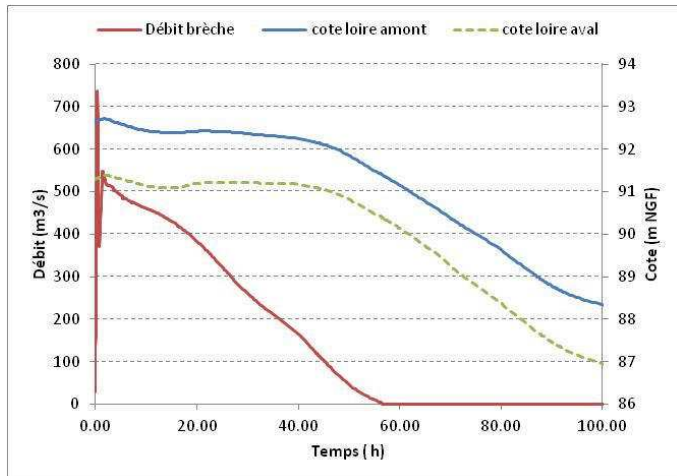


Figure 64 : Localisation de la brèche de Jargeau

#### 4.2.5.4. Modélisation de l'état actuel

### METHODOLOGIE

Les modèles utilisés pour la simulation des brèches (1 modèle par brèche) ont été fournis par la DREAL Centre. Ces modèles ont été utilisés directement pour les simulations de la présente étude. Néanmoins, les modèles ont été conçus sur une version ancienne du logiciel Télémac (version V6P0), ils ont donc été modifiés pour pouvoir être utilisés avec la version actuelle du logiciel Télémac (version V6P2). Une nouvelle simulation en état actuel a été réalisée afin de vérifier que les calculs de la présente étude sont conformes avec ceux obtenus dans l'étude de dangers.

### CARACTERISTIQUES DES MODELES UTILISES

#### Reprise du modèle

Le modèle utilisé dans le cadre des études de danger comprend 390 000 mailles soit une surface moyenne de 420 m<sup>2</sup> par maille. Néanmoins, la surface des mailles est variable afin de prendre en compte les variations de terrain et ouvrages existants dans le champ majeur. Les zones à forte densité de mailles sont constituées des voiries principales et de la zone urbanisée d'Orléans.

Il faut noter que :

- le modèle ne couvre que le val d'Orléans, ce qui signifie que la Loire et le système d'endiguement ne sont pas représenté ;
- Les lit mineurs de deux cours d'eau principaux (et à fortiori ceux des cours d'eau secondaires) ne sont pas représentés dans le modèle du fait de leurs faibles contribution à l'écoulement pour les débits des crues étudiées (>1000 m<sup>3</sup>/s).

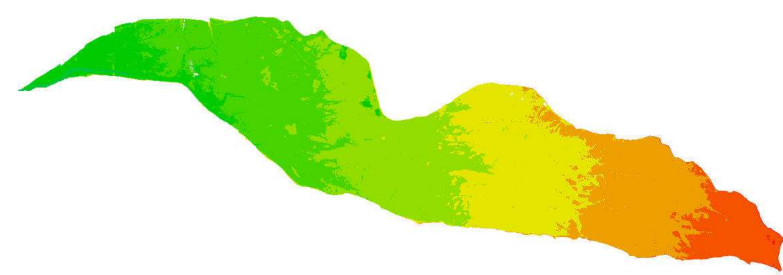


Figure 65 : Topographie de la zone modélisée.

#### Condition aux limites

Les conditions aux limites utilisées ont été présentées dans le paragraphe n°3.

## CALAGE DES MODELES

Le modèle a été calé dans le cadre de l'étude de dangers. Le modèle ayant été repris sans modification (autre que la compatibilité à la nouvelle version du Logiciel TELEMAC), il a été uniquement lancé une simulation de l'état actuel afin de vérifier que les nouveaux résultats sont identiques à ceux obtenus dans l'étude de dangers.

A titre indicatif, à l'issu du calage dans l'étude de dangers, les coefficients de Strickler suivant ont été retenus

- 15 en zone rurale ;
- 60 sur les voiries ;
- 2 dans les secteurs de stockage des zones urbaines.

## RESULTATS

Les simulations réalisées ont été analysées globalement dans l'étude de dangers (dans le rapport et dans les annexes 26, 27, 28 et 30). Il n'est donc décrit dans la suite de ce rapport que les conditions d'écoulements au droit du projet.

### Scénario n°1: brèche à Gully

L'onde de rupture met 11h45 pour arriver au droit du projet. Au vu des débits importants de l'hydrogramme de brèche (débit de pointe 2500 m³/s), les hauteurs de submersion sont importantes (hauteur de submersion moyenne sur le profil en long de 1.26 m). L'ensemble du profil en long du projet est donc submergé à l'exception d'un point haut au Nord du val situé dans la continuité de la digue en retour du déversoir de Jargeau. Les terrains au Nord de ce point haut sont d'ailleurs inondés depuis l'aval.

Caractéristiques	Scénario n°1
Temps d'arrivée de l'onde de submersion	11h45
Hauteur d'eau maximale (m)	2.23
Hauteur d'eau moyenne (m)	1.26
Section d'écoulement (m²)	6820
Vitesse max (m/s)	0.61

Tableau 40 : Caractéristiques de l'écoulement au droit du projet

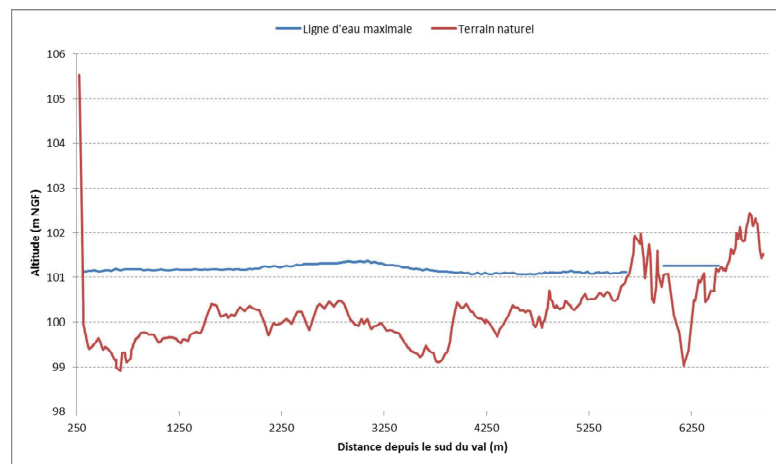
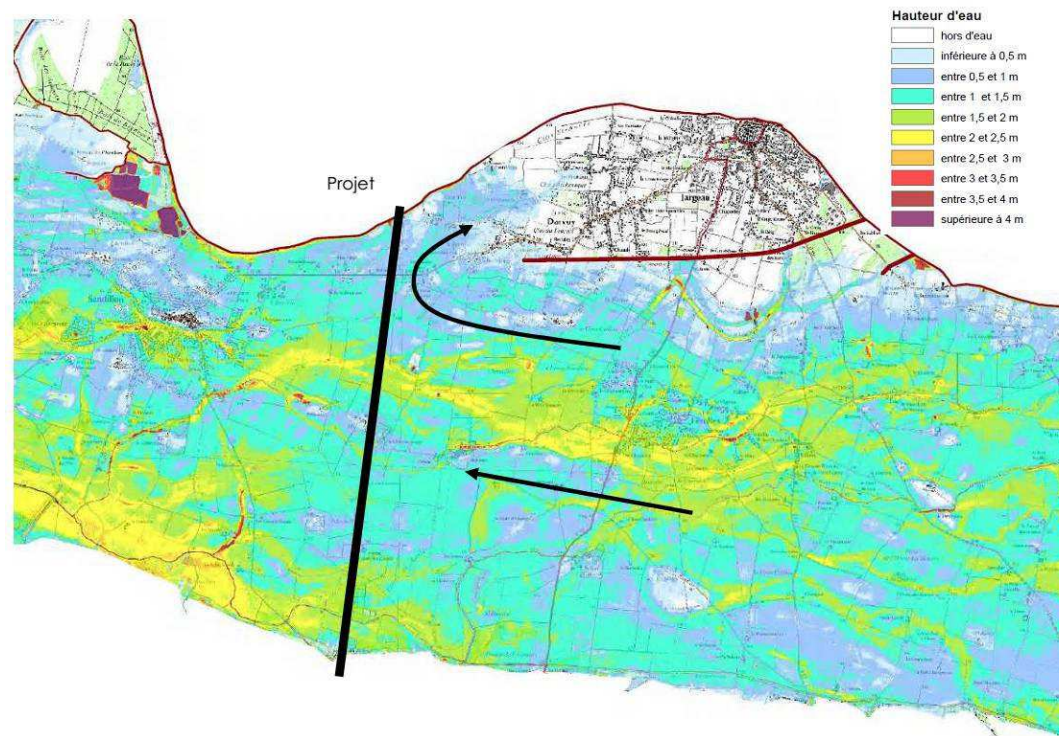


Figure 66 : Profil en long du projet en état actuel (du sud vers le nord)



### Scénario n°2: brèche à Sigloy

La brèche de Sigloy présente des caractéristiques proches de la brèche de Gully:

- Débit de pointe équivalent (2500 m³/s pour gully, 2400 m³/s pour Sigloy) ;
- Un positionnement sur l'amont de val ;
- Une dynamique de brèche proche (atteinte du débit de pointe en 4 h à 6 h).

Ces similitudes entre les deux brèches induisent en état actuel un aléa identique entre les deux brèches, comme le montre le tableau et le graphique ci-après.

Caractéristiques	Scénario n°2
Temps d'arrivée de l'onde de submersion	11h30
Hauteur d'eau maximale (m)	2.23
Hauteur d'eau moyenne (m)	1.23
Section d'écoulement (m²)	6810
Vitesse max (m/s)	0.65

Tableau 41 : Caractéristiques de l'écoulement au droit du projet

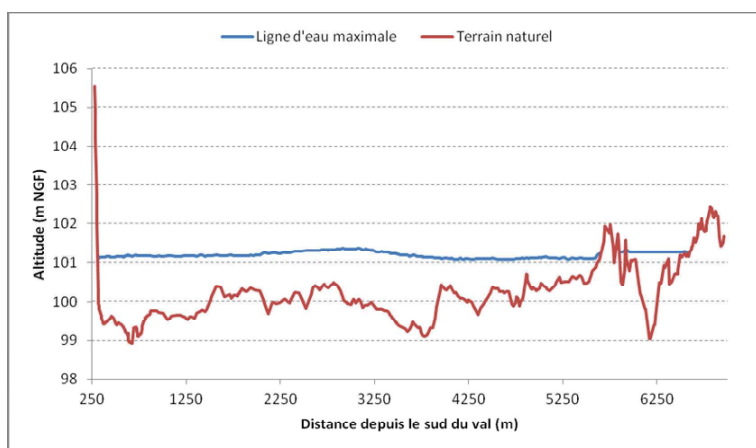


Figure 67 : Profil en long du projet en état actuel (du sud vers le nord)

### Scénario n°5 : fonctionnement du déversoir de Jargeau

Pour ce scénario, les terrains d'emprise du projet commencent à être inondés environ 5h45 après le déclenchement du déversoir de Jargeau. La hauteur maximale de submersion est de 1.71m pour une submersion moyenne de 0.71 m.

Caractéristiques	Scénario n°5
Temps d'arrivée de l'onde de submersion	5h45
Hauteur d'eau maximale (m)	1.74
Hauteur d'eau moyenne (m)	0.71
Section d'écoulement (m²)	3720
Vitesse max (m/s)	0.60

Tableau 42 : Caractéristiques de l'écoulement au droit du projet

Il est constaté une forte variation latérale de la ligne d'eau avec :

- une cote de ligne d'eau maximale de 100.99 m NGF au centre du val, c'est-à-dire dans l'axe d'écoulement principal, constitué par la vallée de la Marmagne ;
- une cote de ligne d'eau minimale de 100.20 m NGF à la limite sud du Val, c'est-à-dire dans la vallée du Dhuy.

Cette forte variation latérale s'explique par le fait que le fonctionnement du déversoir est un phénomène relativement bref ne permettant pas d'atteindre un équilibre du plan d'eau. De plus, la brèche est localisée au milieu du val, ce qui induit une avancée de la crue par le centre du val où sont observées les plus fortes hauteurs d'eau

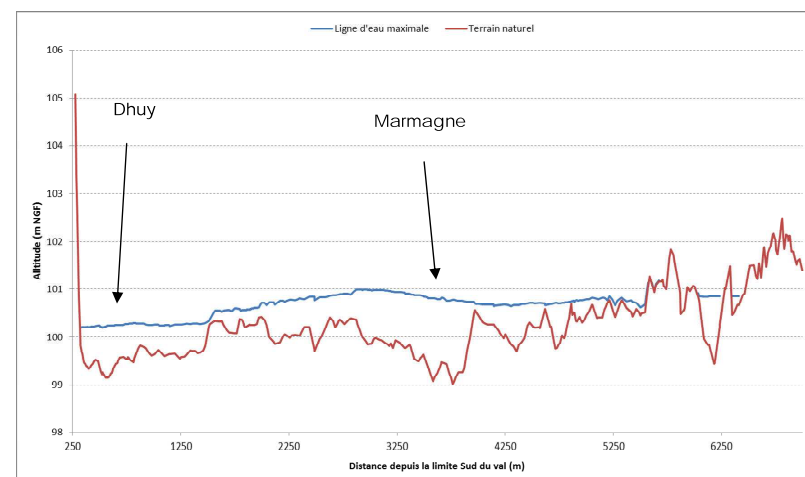


Figure 68 : Profil en travers du val au droit du projet (du sud vers le nord)

### Scénario n°8 : brèche à Jargeau

Dans ce scénario la brèche est localisée à l'Est du centre urbain de Jargeau au Nord de la digue en retour du déversoir de Jargeau. Les écoulements sont donc canalisés dans Jargeau par cette digue avant de s'étaler dans le val à l'extrémité de celle-ci. Ceci explique le fort gradient altimétrique de la ligne d'eau maximum sur le profil de la voirie (cf. figure 69) qui est située à l'extrémité la contre-digue du déversoir de Jargeau. Ainsi la ligne d'eau maximale varie entre 102.17 m NGF en face du centre urbain de Jargeau et 100.32 m NGF au droit du lit de la Marmagne. La hauteur d'eau moyenne sur le tracé de la future voie est de 0.73 m avec un maximum à 2.94 m.

Il faut noter que la voie est rapidement submergée (4h30 après le début de la brèche) du fait de la proximité de la brèche et de la future voie de circulation.

L'étalement des écoulements dans le val étant progressif, environ 1/3 du profil en long, n'est pas submergé en état actuel.

Caractéristiques	Scénario n°3
Temps d'arrivé de l'onde de submersion (h)	4h30
Hauteur d'eau maximale (m)	2.94
Hauteur d'eau moyenne (m)	0.73
Section d'écoulement (m²)	3 170
Vitesse max (m/s)	0.58

Tableau 43 : Caractéristiques de l'écoulement au droit du projet

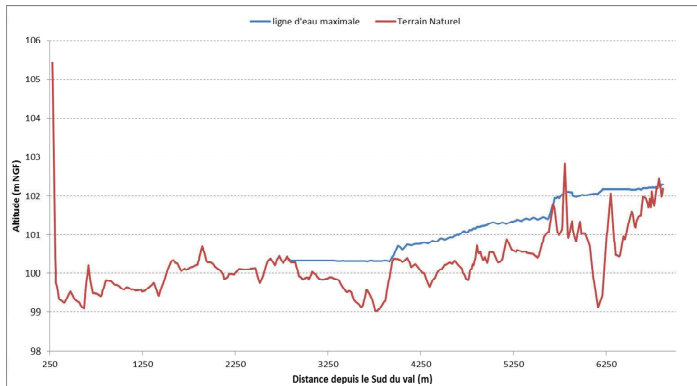
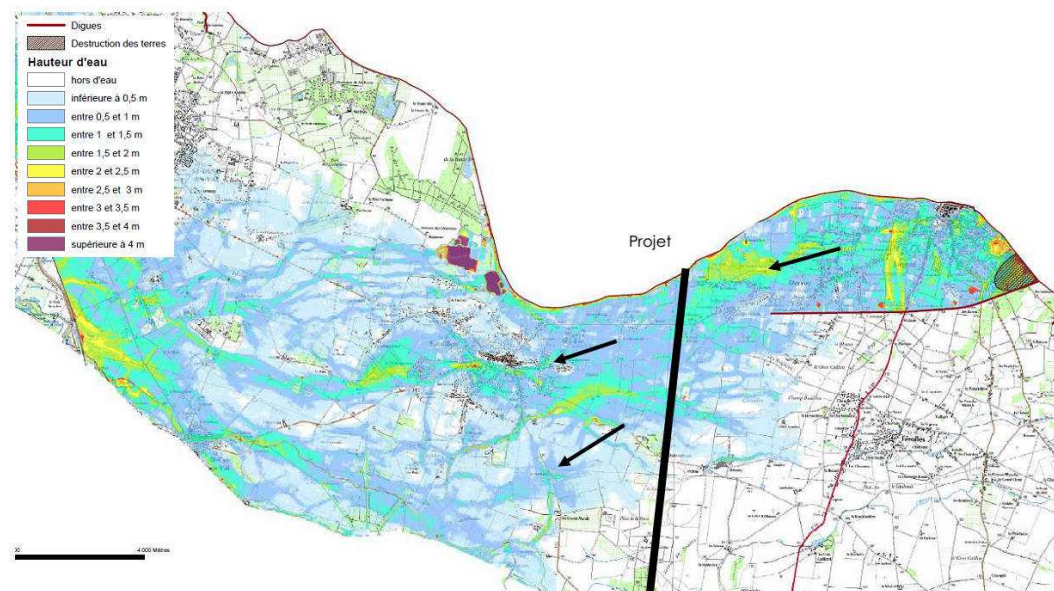


Figure 69 : Profil en travers du val au droit du projet (du sud vers le nord)

Figure 70 : Hauteur d'eau maximum (source étude de dangers)



#### 4.2.5.5. Impact du projet

##### PRESENTATION DU PROJET

Le projet de déviation traverse l'ensemble du val à l'Ouest de Jargeau selon un axe Nord Sud. Il passe entre les centres urbains de Sandillon (à l'aval), de Férolles (à l'amont) et Darvoy (à l'amont). Les enjeux les plus proches de la voie sont situés sur la commune de Darvoy.



Figure 71 : Localisation du projet

Le profil en long du projet indiqué ci-après, montre l'évolution du niveau de la plateforme dans le val.

Depuis le Sud, la plateforme descend rapidement au niveau du terrain naturel avant de décrire une série de 4 points hauts et 5 points bas dans la traversée du val. A l'extrémité Nord du val, le profil remonte pour franchir la digue de la Loire.

L'alternance de point haut et point bas dans le val est imposée par les contraintes liées à l'assainissement pluvial de la voirie.

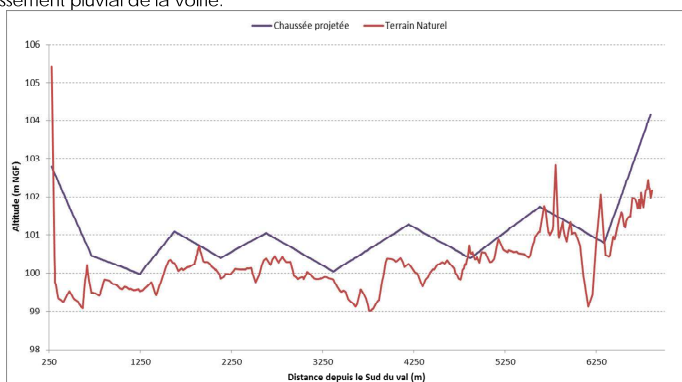


Figure 72 : Profil en long du projet

Le val est traversé avec une hauteur de remblai moyenne de 0.79 m avec un maximum de 3.63 m (au pied de la digue de la Loire).

##### IMPACT SUR LE SCENARIO N°1 : BRECHE A GUILLY

Les remblais liés à la voirie représentent sous la ligne d'eau en état actuel une section de 2700 m<sup>2</sup> pour une section d'écoulement (en état actuel) de 6800m<sup>2</sup>. Cette obstruction d'un tiers de la surface d'écoulement, ce traduit par une augmentation globale de la ligne d'eau de 15 cm au droit du projet. La vitesse maximum d'écoulement est augmentée de 0.3 m/s.

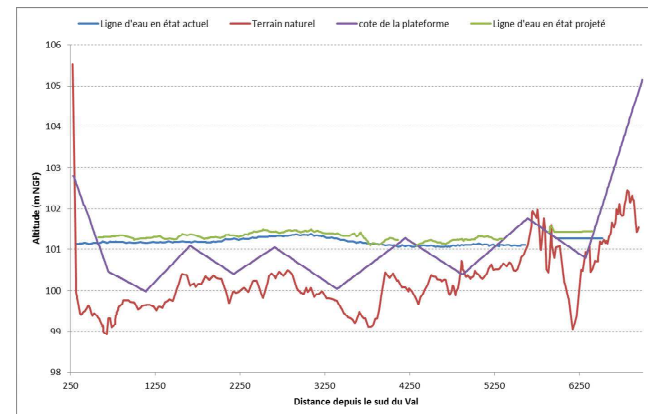


Figure 73 : Profil en long en état projeté

Caractéristiques	Scénario n°1
Hauteur d'eau maximale (m)	2.38
Hauteur d'eau moyenne (m)	1.38
Vitesse max (m/s)	0.98

Tableau 44 : Caractéristiques de l'écoulement au droit du projet

Le remous hydraulique est réduit à 10 cm à 500 m en amont du projet et est inférieur à 1 cm à 1800 m en amont. Néanmoins, l'impact du projet évolue en fonction des secteurs du fait notamment des évolutions du profil en long.

Ainsi du Sud vers le Nord, il est constaté l'impact suivant :

- En limite sud du val, les écoulements sont bloqués sur 300 m du fait du remblai. Cela se traduit par une augmentation plus importante des hauteurs d'eau (entre 20 et 50 cm) à l'amont et un abaissement de la ligne d'eau de 10 cm maximum à l'aval. Il n'y a pas d'enjeux sur la zone impactée par le remous ;
- Puis sur 4 km, la chaussée est totalement submergée. La réhausse de la ligne d'eau est donc plus limitée (< 20 cm). Cet impact se propage aussi à l'aval du fait que les écoulements sont concentrés par les remblais de la route. A 1km environ en aval de la voie, l'impact du projet est inférieur à 1 cm ;
- A environ 4.2 km de la limite sud du Val, la route présente un point haut hors d'eau qui bloque les écoulements.
- Enfin sur l'extrémité Nord du val, le remblai augmente localement la ligne d'eau de 20 à 30 cm ce qui conduit à augmenter l'inondation en retour de la zone urbanisée de Darvoy.

Sur les vitesses d'écoulement, la voirie induit une faible réduction de la vitesse en amont (< 0.1 m/s).



Figure 74 : Zoom sur le secteur de Darvois (en haut l'état actuel et en bas l'état projet)

Afin d'évaluer l'impact du projet sur les enjeux, il a été compté le nombre de parcelle bâtie où la hauteur de submersion maximale a été augmentée.

A l'image de la méthodologie de l'analyse des enjeux de l'étude de dangers, il est uniquement analysé la hauteur d'eau sur la parcelle bâtie et non la hauteur d'eau dans les bâtiments.

On constate que 122 parcelles bâties sont concernées par une augmentation de l'aléa inondation en cas de brèche. Les impacts se répartissent comme suit :

- 6 enjeux non inondables en état actuel deviennent inondables après réalisation de la chaussée. Ils sont situés sur la commune de Darvois ;
- 60 sont soumis à une augmentation mineure (+ 10 cm au maximum) ;
- 55 sont soumis à une augmentation de la ligne d'eau comprise entre 10 cm et 25 cm.

Augmentation de la hauteur maximum de submersion (m)				
Hauteur d'eau en état actuel	0 m à 0.10 m	0.10 m à 0.25 m	0.25 m à 0.50 m	Total
Non inondé	4	1	1	6
h < 0.5 m	51	27	0	78
0.5 m < h < 1 m	7	26	0	33
>1 m	2	2	0	4

Tableau 45 : Nombre de parcelles bâties concernées par une augmentation de l'aléa

Figure 75 : Vue générale de l'impact du projet sur les vitesses d'écoulements

La dynamique générale des écoulements n'est pas impactée de façon significative par le projet. En effet, comme le montre le graphique ci-après (issu de l'extraction des résultats du modèle sur un enjeu à 500 m en amont du projet), les enjeux ne sont pas inondés plus tôt qu'en état actuel et la vitesse ascendante de la hauteur de submersion est similaire.

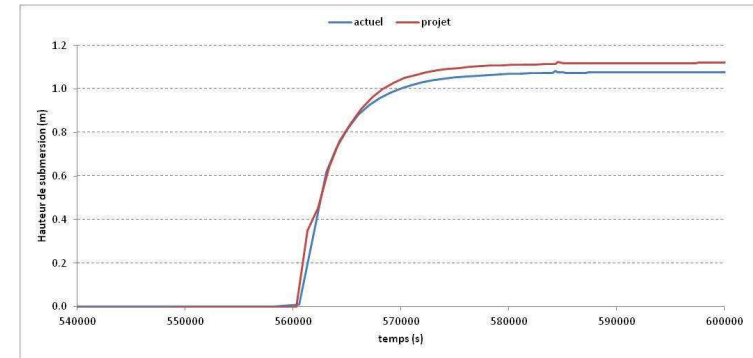


Figure 76 : Impact du projet sur les hauteurs de submersion

### IMPACT SUR LE SCENARIO N°2 : BRECHE A SIGLOY

L'impact du projet en cas de brèche à Sigloy est similaire à l'impact en cas de brèche à Guilly: augmentation moyenne de la ligne d'eau de 15 cm au droit du projet. La vitesse maximum d'écoulement est augmentée de 0.21 m/s. L'augmentation de la ligne d'eau est observée jusqu'à 1800 m en amont du projet.

Caractéristiques	Scénario n°3
Hauteur d'eau maximale (m)	2.38
Hauteur d'eau moyenne (m)	1.37
Vitesse max (m/s)	0.91

Tableau 46 : Caractéristiques de l'écoulement au droit du projet



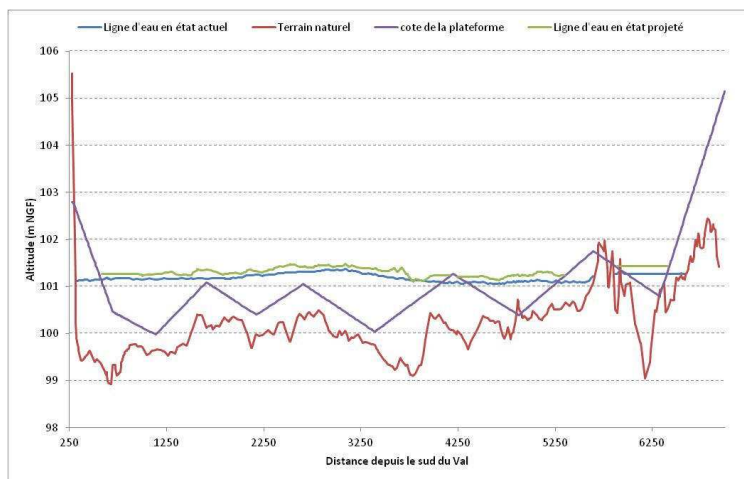


Figure 77 : Profil en long en état projeté

Comme pour le scénario 1, le projet augmente l'aléa sur les enjeux présents sur la zone urbanisée de Darvoy. 124 enjeux sont concernés par une augmentation de l'aléa :

- 17 enjeux non-inondés deviennent inondables ;
- 53 enjeux sont concernés par une augmentation de la ligne d'eau de moins de 10 cm ;
- 54 enjeux sont soumis à une augmentation de la ligne d'eau entre 10 cm et 25 cm.

Augmentation de la hauteur maximum de submersion (m)				
Hauteur d'eau en état actuel	0 m à 0.10 m	0.10 m à 0.25 m	0.25 m à 0.50 m	Total
Non inondé	11	5	1	17
h < 0.5 m	38	31	0	69
0.5 m < h < 1 m	10	19	0	29
> 1 m	5	4	0	9

Tableau 47 : Nombre de parcelles bâties concernées par une augmentation de l'aléa

### IMPACT SUR LE SCENARIO N°5 : FONCTIONNEMENT DU DEVERSOIR DE JARGEAU

Les impacts du scénario n°5 sont très proches de l'impact du scénario n°1. Néanmoins les débits sont plus faibles dans le scénario n°5 (débit de pointe 1050 m³/s) que dans le scénario n°1 (2500 m³/s de débit de pointe) ce qui implique que les hauteurs d'eau maximum sont plus faibles et donc que la route à un impact plus élevé. Le projet bloque environ 80% de la section d'écoulement en état actuel.

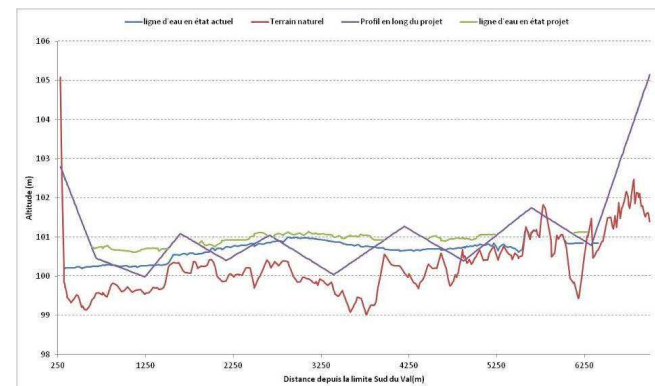


Figure 78 : Profil en long en état projeté

Les hauteurs d'eau maximales sont augmentées de 28 cm devant la voie. A 500 m en amont le remous est réduit à 10 cm au maximum et à 1500 m le remous est inférieur à 1 cm. La rehausse de la ligne d'eau est particulièrement visible aux limites sud et nord du val du fait que la route bloque les écoulements, la lame d'eau a tendance à s'étaler latéralement dans des secteurs où les hauteurs d'eau en état actuel sont faibles. On note aussi que les points hauts de la route sont hors d'eau.

Caractéristiques	Scénario n°3
Hauteur d'eau maximale (m)	2.02
Hauteur d'eau moyenne (m)	1.04
Vitesse max (m/s)	0.91

Tableau 48 : Caractéristiques de l'écoulement au droit du projet

14 enjeux non inondés en état actuel deviennent inondables sur 25 cm au maximum. A l'image des scénarios précédents ces habitations sont essentiellement situées dans la zone urbanisée de Darvoy. Les habitations impactées sont essentiellement des maisons peu inondées en état actuel (hauteur de submersion inférieure à 0.5 m).

Augmentation de la hauteur maximum de submersion (m)				
Hauteur d'eau en état actuel	0 m à 0.10 m	0.10 m à 0.25 m	0.25 m à 0.50 m	Total
Non inondé	1	13	0	14
h < 0.5 m	3	46	3	52
0.5 m < h < 1 m	2	4	1	7
>1 m	0	0	0	0

Tableau 49 : Nombre de parcelles bâties concernées par une augmentation de l'aléa

### IMPACT SUR LE SCENARIO N°8 : BRECHE A JARGEAU

L'impact du projet varie en fonction de la position sur le profil en long du projet routier. Sur la section Nord (au droit du centre de Darvoy), l'impact du projet est limité car le remblai lié au projet est faible (20 cm en moyenne) et les lames d'eau en état actuel importantes (entre 1 et 2 m). Ceci se traduit par une rehausse de la ligne d'eau de moins de 10 cm. A l'aval on constate :

- une aggravation locale au droit du point bas de la chaussée, lié à une concentration des écoulements.
- un abaissement de la ligne d'eau sur le Nord du centre urbain de Sandillon. Cet abaissement est limité à quelques centimètres

Sur la partie sud du profil en travers, l'impact du projet est plus important avec notamment un effet d'étalement des eaux en amont de la future voie. Ceci induit une augmentation de la zone inondable par rapport à l'état actuel. La Figure 80 p. 115 indique par un trait rouge la limite de la zone inondable en état actuel. On constate que la zone inondable s'étend :

- vers l'Est et atteint la limite urbanisée de la commune de Férolles ;
- vers le sud pour atteindre le lit du Dhuy et la limite sud du val.

Cette modification de l'emprise de la zone inondable est liée au fait que les hauteurs de remblai sont plus importantes et bloquent les écoulements en provenance de Darvoy. Les augmentations de hauteur d'eau varient entre 0.2 et 0.5 m avec localement des augmentations supérieures à 0.5 m dans des points bas locaux.

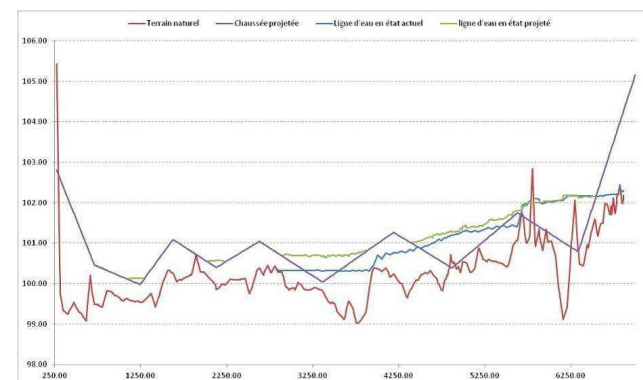


Figure 79 : Profil en long en état projeté

Par rapport à l'état actuel, la vitesse maximum au droit de la future plateforme est augmentée de 0.3 m/s pour atteindre 0.9 m/s au maximum. Plus globalement, les vitesses d'écoulement sont peu modifiées par le projet (évolutions inférieures à 0.1 m/s) sauf au droit de la voirie où la perte de charge liée à l'ouvrage induit une mise en vitesse des écoulements.

Caractéristiques	Scénario n°3
Hauteur d'eau maximale (m)	2.96
Hauteur d'eau moyenne (m)	1.01
Vitesse max (m/s)	0.89

Tableau 50 : Caractéristiques de l'écoulement au droit du projet

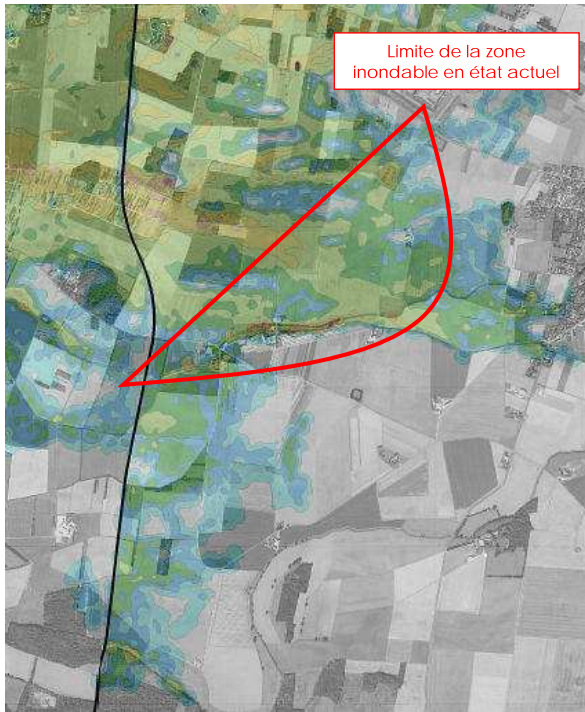


Figure 80 : Zoom sur le secteur de Férolles

Ainsi 11 parcelles bâties deviennent inondables du fait du projet et elles sont toutes situées sur la commune de Férolles. Sur 113 autres parcelles situées sur la commune de Darvoy, l'aléa augmente de 10 cm au maximum. Seules 2 parcelles inondables en état actuel sur 0.5 à 1 m sont concernées par une augmentation de l'aléa de 0.25 à 0.5 m.

Augmentation de la hauteur maximum de submersion (m)				
Hauteur d'eau en état actuel	Augmentation par rapport à l'état actuel			
	0 m à 0.10 m	0.10 m à 0.25 m	0.25 m à 0.50 m	Total
Non inondé	3	5	3	11
h < 0.5 m	42	0	0	42
0.5 m < h < 1 m	45	0	2	45
> 1 m	36	0	0	36

Tableau 51 : Nombre de parcelles bâties concernées par une augmentation de l'aléa

#### 4.2.5.6. Analyse dans le contexte de l'étude de dangers du val d'Orléans

##### CONTEXTE DU RISQUE INONDATION

Les probabilités annuelles de survenue des brèches (ou surverse sur le déversoir de Jargeau) ont été quantifiées dans l'étude de dangers.

La probabilité annuelle de ces scénarios est de l'ordre de 0.9 à 0.1 %. A titre indicatif une crue centennale à une probabilité annuelle de 1 % et une crue cinq-centennale à une probabilité de 0.2 %. Ces événements sont qualifiés de moyennement probables à peu probable dans le contexte de l'étude de dangers. Néanmoins, l'usage pour la définition des impacts d'un projet ou de la définition des zones inondables est d'utiliser la crue centennale comme référence. L'analyse réalisée dans cette étude est donc basée sur des événements plus rares.

Il faut noter que les scénarios 5 et 8 ont une probabilité annuelle environ 3 à 6 fois plus faible que les scénarios 1 et 2.

Scénario	Probabilité annuelle de survenue	Qualification de la probabilité de rupture annuelle
n°1 : brèche à Guilly	0.87%	Moyennement probable
n°2 : brèche à Sigloy	0.65 %	Moyennement probable
n°5 : fonctionnement du déversoir de Jargeau	0.10 %	Très peu probable
n°8 : brèche à Jargeau	0.20 %	Très peu probable

Tableau 52 : Probabilité d'apparition des scénarios de crue du val.

##### SYNTHESE DE L'IMPACT SUR L'ALEA

L'analyse de l'impact du projet sur l'aléa a montré que :

Le projet de route ne modifiait les écoulements que localement (sur 1.8 km en amont et 500 m en aval) :

- le remous hydraulique lié à l'ouvrage atteint localement entre 0.2 et 0.5 m. C'est le scénario n°5 qui présente l'impact de plus fort pour des hauteurs de submersion faibles en état actuel. Les scénarios 1 et 2 présentent eux les plus fortes hauteurs d'eau, mais l'impact sur la ligne d'eau est plus limité ;
- L'augmentation de la vitesse d'écoulement est de 0.3 à 0.4 m/s sur la voirie et il est observé une réduction des vitesses de 0.1 m/s au maximum en amont du projet.

Impact du projet	Augmentation par rapport à l'état actuel			
	Sc 1	Sc3	Sc 5	Sc8
Réhausse maximum de la ligne d'eau	+ 0.15	+0.15	+ 0.28	+ 0.02
Réhausse moyenne de la ligne d'eau sur le profil en long	+ 0.12	+0.14	+ 0.33	+ 0.28
Augmentation de la vitesse maximale	+ 0.37	+0.26	+ 0.31	+0.31

Tableau 53 : Augmentation de l'aléa

De plus, à l'exception des terrains nouvellement inondés suite à la réalisation du projet, la probabilité de submersion des enjeux, n'est pas augmentée car cette probabilité est liée uniquement à l'apparition de brèche indépendamment du projet.

Pour classer les aléas, il est proposé dans l'étude de dangers, la grille de lecture suivante :

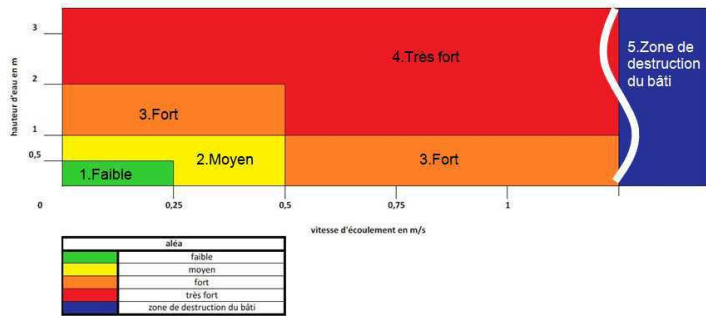


Figure 81 : Grille d'analyse de l'aléa (source : EDD)

Du fait que l'impact en amont est une augmentation de la ligne d'eau inférieure à 0.5 m/s et une réduction très faible de la vitesse, le projet, aura comme conséquence maximale l'augmentation d'une classe d'aléa pour les enjeux : passage d'aléa faible à aléa moyen, d'aléa moyen à fort ou d'aléa fort à aléa très fort. Aucune zone de destruction du bâti n'est identifiable sur la zone d'étude.

### SYNTHESE DE L'IMPACT SUR LES ENJEUX

Le tableau ci-dessous indique le bâti concerné par une augmentation de l'aléa. Le scénario le plus impactant est le scénario 8. Le scénario 5, le plus critique vis-à-vis des hauteurs d'eau est celui qui concerne le moins d'habitations.

Hauteur d'eau en état actuel	Nombre d'enjeu concerné par une augmentation de l'aléa			
	Sc 1	Sc 2	Sc 5	Sc 8
Non inondé	6	17	14	11
h < 0.5 m	78	69	52	42
0.5 m < h < 1 m	33	29	7	45
>1 m	4	9	0	36
Total	122	124	73	134
Nombre d'habitation dans le val	22 874			

Tableau 54 : Synthèse des enjeux impactés

Dans le val d'Orléans, l'étude de danger a identifié 22 874 habitations (collectives ou individuelles). Le projet va impacter 0.6% des habitations dans le val. Ces habitations sont concernées par une augmentation des hauteurs d'eau inférieure à 0.5 m

A partir du croisement hauteur/vitesse en état actuel et projeté, il est possible de définir le pourcentage d'enjeux (par rapport aux enjeux impactés) concernés par une évolution de l'aléa et les conséquences sur le classement des enjeux. Les quatre tableaux ci-après indiquent les classes d'aléa en état actuel et projeté sur les enjeux dont l'aléa évolue.

Classe en état actuel	Classe en état projeté (% des 122 enjeux impactés)			
	classe 1	classe 2	classe 3	classe 4
Non inondé	4 %	<1%		
classe 1	46%	11%		
classe 2		36 %		
classe 3			3%	
classe 4				<1 %

Tableau 55 : Evolutions de classe d'aléa pour le scénario 1

Classe en état actuel	Classe en état projeté (% des 124 enjeux impactés)			
	classe 1	classe 2	classe 3	classe 4
Non inondé	14 %			
classe 1	39 %	10 %		
classe 2		29 %	< 1%	
classe 3			6%	
classe 4				2 %

Tableau 56 : Evolutions de classe d'aléa pour le scénario 2

Classe en état actuel	Classe en état projeté (% des 73 enjeux impactés)			
	classe 1	classe 2	classe 3	classe 4
Non inondé	12 %			
classe 1	69 %	4 %		
classe 2		11 %		
classe 3			2 %	2 %
classe 4				0

Tableau 57 : Evolutions de classe d'aléa pour le scénario 5 en nombre d'habitations

Classe en état actuel	Classe en état projeté (% des 134 enjeux impactés)			
	classe 1	classe 2	classe 3	classe 4
Non inondé	8 %			
classe 1	20 %	2 %		
classe 2		44 %		
classe 3			19 %	
classe 4				7 %

Tableau 58 : Evolutions de classe d'aléa pour le scénario 8 en nombre d'habitations

Les tableaux ci-avant mettent en évidence l'impact suivant :

- Pour le scénario 1, 15% des enjeux impactés par le projet, changent de classe d'aléa ;
- Pour le scénario 2, 24% des enjeux impactés par le projet, changent de classe d'aléa ;
- Pour le scénario 5, 18% des enjeux impactés par le projet, changent de classe d'aléa ;
- Pour le scénario 8, 10% des enjeux impactés par le projet, changent de classe d'aléa.

Moins de ¼ des enjeux impactés par le projet changent de classe d'aléa au sens de l'étude de danger du val d'Orléans, ce représente au maximum 0.2% des habitations dans le val d'Orléans.

Dans l'étude de dangers, la gravité des scénarios est appréciée à travers l'analyse de la vulnérabilité des personnes en zone inondable. Pour cela il a été nécessaire de calculer les populations en zones inondable puis la population mise en danger en cas de crue.

Pour calculer la population, il est considéré que la population moyenne par logement est de 2.31 habitants. Sachant que les enjeux impactés par le projet sont essentiellement des zones pavillonnaires en habitat de plein pied avec une habitation par parcelle, il a été estimé en première approche que 2.31 habitants vivaient par parcelle. Il faut noter qu'il n'a pas été calculé la population sur les axes routiers, ni les populations temporaires du fait qu'ils sont très peu nombreux dans la zone d'impact du projet.

Le tableau ci-après indique qu'entre 0.4 % et 1% des personnes concernées par un risque inondation dans l'ensemble du val d'Orléans sont impactés par le projet.

Si on considère uniquement le changement de classe, qui indique un changement non négligeable de l'aléa, la population concernée est réduite à 0.14 % de la population inondable dans le val d'Orléans.

Détail	Scénario			
	Sc1	Sc2	Sc5	Sc8
Population concernée par un risque inondation dans l'ensemble du val	53 644	52 298	42 903	32 708
% Population concernée par une augmentation de l'aléa par rapport à la population totale dans le val	0.52%	0.55%	0.39%	0.95%
% Population concernée par une augmentation de la classe d'aléa lié au projet par rapport à la population totale dans le val	0.08%	0.14%	0.07%	0.09%

Tableau 59 : Synthèse de la population impactée

#### 4.2.5.7. Conclusion générale sur l'aggravation du risque

Au vu du nombre négligeable du nombre d'enjeux mis en danger par le projet, la criticité des scénarios est inchangée entre l'état actuel et projet.

Le tableau ci-après reprend les conclusions de l'étude de dangers.

Population	Scénario de crue			
	Sc 1	Sc2	Sc 5	Sc8
Probabilité (%)	0.87	0.65	0.1	0.2
Qualification	Moyennement probable	Moyennement probable	Très peu probable	peu probable
Population totale mise en danger	11 000	10 000	3 000	1000
Gravité	Désastreux	Désastreux	Catastrophique	Catastrophique
Criticité	Risque intolérable	Risque intolérable	Risque préoccupant	Risque préoccupant

Tableau 60 : Criticité des scénarios (source : étude de danger)

#### Plan d'évacuation du Val d'Orléans

Source : Plan d'évacuation massive du Val d'Orléans (Préfecture de la région Centre et du Loiret) et Etude de la propagation des crues et des risques d'inondation en Loire Moyenne (Equipe pluridisciplinaire Plan Loire grandeur nature).

L'Etat a établi un plan d'évacuation massive du Val d'Orléans en cas de crue de la Loire en vigueur depuis le 12 novembre 2012. Ce plan d'évacuation prévoit dans le scénario le plus défavorable l'évacuation générale et préventive du Val d'Orléans au-delà d'une hauteur de 4.60 mètres à l'échelle d'Orléans avec des prévisions à la hausse.

Les simulations de retour de crue réalisée par l'équipe pluridisciplinaire du plan Loire grandeur nature sur la base de la situation de référence de 1998 montre :

- une hauteur à l'échelle d'Orléans de 4.90 mètres pour une crue de retour 70 ans ;
- une hauteur à l'échelle d'Orléans de 6.50 mètres pour une crue de retour 500 ans.

Par conséquent, le plan d'évacuation massive du Val d'Orléans prévoit une évacuation de la population dans une configuration de crue de retour 70 ans et au delà.

Il convient de rappeler que les scénarios d'inondation dans le Val d'Orléans (par brèche ou par le déversoir de Jargeau) sont modélisés avec la crue de retour cinq-centennale (500 ans) pour la laquelle la hauteur d'eau à l'échelle d'Orléans s'élève à 6.50 mètres, bien supérieure à la hauteur d'eau pour laquelle le plan d'évacuation massive des populations est engagé.

En conséquence, les populations du Val d'Orléans seront évacuées bien avant la crue de récurrence cinq-centennale.

La transparence hydraulique totale de l'ouvrage implanté dans le val de Loire imposerait la création d'un franchissement de type viaduc de grande hauteur compte-tenu des débits importants à évacuer. Cet ouvrage, très coûteux, serait préjudiciable au paysage, au classement au patrimoine mondial de l'UNESCO et aux échanges avec les voiries locales. Ce parti d'aménagement n'a pas été retenu au profit d'un profil en long de la chaussée optimisé pour respecter :

- Le code de la voirie routière, qui impose de veiller à l'évacuation des eaux pluviales de la chaussée pour des raisons de sécurité routière (risque d'aquaplaning).
- Les normes géométriques de construction de voirie, qui imposent des pentes en travers et en long pour assurer la sécurité de conduite des usagers.
- Le code de l'Environnement et le SDAGE, qui exigent de récupérer et de traiter les rejets d'eaux pluviales.

Et rechercher :

- Une chaussée submersible aux crues exceptionnelles dans le val d'Orléans générées par des brèches ou par surverse du déversoir de Jargeau,
- Une insertion paysagère de la route dans le Val d'Orléans.

Aussi, le profil en long a été conçu le plus rasant possible par rapport au terrain naturel, qui présente de son côté, la particularité d'être entièrement plat.

Ainsi, le projet de voirie traversant le val en remblai a pour conséquences une modification locale des écoulements lors des épisodes de submersion du val.

Les épisodes de submersion du val, sont rares car liés uniquement à une surverse ou une rupture de brèche. L'étude de dangers du val a permis de définir plusieurs scénarios de submersion ayant une probabilité annuelle inférieure à 0.87%.

Ces scénarios ont été utilisés pour caractériser les impacts du projet. Ces impacts sont une rehausse des lignes d'eau maximale inférieures à 0.5 m au droit du projet. Cette rehausse s'atténue sur l'amont du projet, jusqu'à atteindre moins de 0.01 m à 1.8 km en amont du projet.

L'augmentation de l'aléa impacte uniquement 134 parcelles bâties, sur les 22 874 bâtiments d'habitation contenus dans le val. Selon les critères de l'étude de dangers, le projet aurait pour conséquences une augmentation des hauteurs d'eau, non négligeable, pour 0.14 % de la population concernée par un risque inondation dans l'ensemble du val d'Orléans. Ceci, pour un événement avec une probabilité maximale annuelle de 0.87%. Toutefois, les populations concernées du Val d'Orléans seraient déjà évacuées et mise en sécurité au travers de la mise en œuvre du plan d'évacuation massive du Val d'Orléans.

L'impact du projet est donc marginal par rapport au nombre d'habitants inondables présents dans le val d'Orléans et au regard du plan d'actions pour assurer la protection et la sécurité de la population concernée.

#### 4.2.6. Impact sur le transport solide

##### 4.2.6.1. Impact du projet sur la dynamique morphologique générale de la Loire

Dans le cadre de l'étude de dangers du val d'Orléans, une analyse morphologique de la Loire a été réalisée sur le secteur par le CETE Normandie Centre (annexe n°15 de l'étude de dangers).

Il est indiqué en première partie que la Loire présente un déficit global de matériaux lié :

- à la présence de barrages qui réduisent le débit solide ;
- à l'absence de crues morphogènes depuis le milieu du 19<sup>ème</sup> siècle ;
- aux extractions de matériaux.

En conséquence, la Loire a tendance à se chenaliser par un abaissement du lit jusqu'au niveau du substratum rocheux et une réduction de la largeur du lit vif.

De plus, il est signalé la présence de nombreux seuils (naturels ou anthropiques) qui viennent localement perturber le transport solide. Le profil en long du fond du lit de la Loire extrait du modèle LM10-EDD montre, qu'entre Châteauneuf et Orléans, la pente générale du cours d'eau est contrôlée par de nombreux seuils : au pont de Châteauneuf, au pont de Jargeau ou dans Orléans.

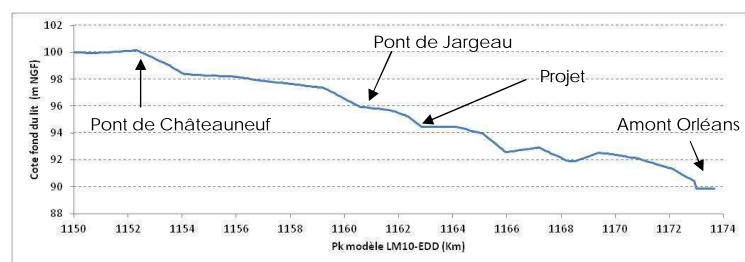


Figure 82 : Profil en long du fond du lit de la Loire

L'analyse morphologique par tronçon indique la présence d'un seuil rocheux au droit du projet. Ce seuil naturel est lié à une remontée du substratum rocheux (altéré en surface). Le report de la cote supérieure du substratum sur le profil en travers du pont, met bien en évidence la proximité du substratum rocheux qui est situé à 2 m sous le fond du lit et la présence du seuil (Figure 83 : Vue du seuil naturel au droit du projet (source : EDD val d'Orléans)). Il faut noter que le profil en long de la Loire (Figure 82 : Profil en long du fond du lit de la Loire) montre une chute du fond du lit au droit du pont ce qui confirme la présence du seuil et peut expliquer pourquoi le bras situé à gauche est plus profond que le bras situé à droite (et donc en amont du seuil). La Loire traverse ce seuil par plusieurs échantures, ce qui favorise la présence de plusieurs bras en étiage

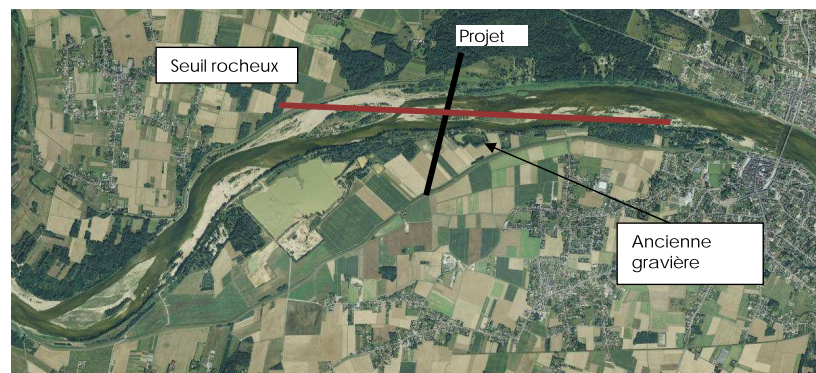


Figure 83 : Vue du seuil naturel au droit du projet (source : EDD val d'Orléans)

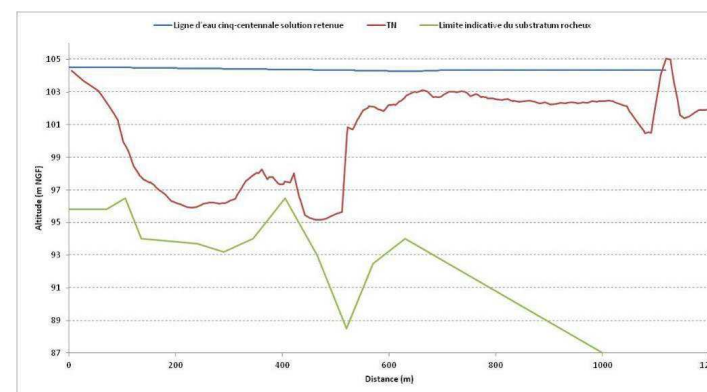


Figure 84 : Profil en travers au droit du projet

De plus, le projet est situé à l'entrée d'un méandre qui favorise le report de l'axe d'écoulement principal vers l'extrados (en rive droite) et le dépôt dans l'intrados, en rive gauche (ce qui explique la présence de gravières). Le projet ne va pas modifier cette dynamique générale du fait que l'ouvrage reprend cette organisation des écoulements avec l'ouvrage principal en rive droite et les remblais (qui bloquent les écoulements) seulement en rive gauche.

Il faut noter que la présence du méandre devrait aussi limiter, à l'amont du pont, le risque de déplacement du lit en rive gauche identifié dans l'étude de dangers. Le déplacement du lit en rive gauche serait provoqué par une érosion des berges à partir de gravières existantes. Ce phénomène est apparu en 2003, sur une ancienne gravière à l'amont du pont qui est maintenant relié à la Loire. Le projet de pont, ne devrait donc pas être affecté par ce risque de déplacement (surtout si la pile n°5 à proximité de la berge gauche est profondément fondée) et ne devrait pas l'aggraver du fait qu'il induit un léger ralentissement des écoulements en crue dans le lit majeur gauche.

En conclusion, le pont ne devrait pas avoir un impact significatif sur la dynamique générale de la Loire en aval de Jargeau du fait :

- De la présence du seuil qui contrôle le niveau du fond du lit au droit du pont ;
- De l'implantation du pont à l'entrée d'un méandre et de la configuration de l'ouvrage avec une grande ouverture sur l'extrados et la présence de remblais essentiellement dans l'intrados.

#### 4.2.6.2. Impact local

Si l'impact du pont sur la dynamique globale du transport solide sur la Loire est faible, il peut par contre avoir des impacts locaux liés aux piles et aux culées.

Pour aider à évaluer cet impact local, il a été calculé :

- Les profondeurs affouillables au droit des piles et des culées à l'aide de la formule de Ramette et de la formule CSU ;
- Les forces tractrices ;
- La puissance spécifique de la Loire en crue.

#### Formule de Ramette

Lors des écoulements en crue sur des fonds mobiles (i.e. pour les cours d'eau ne reposant pas sur le substratum), le fond du lit est en mouvement. L'épaisseur de sédiment mis en mouvement peut être estimée à l'aide de la formule de Ramette indiquée ci-dessous :

$$p = 0.73 \times \frac{q^{2/3}}{d^{1/6}}$$

Equation 6 : Profondeur affouillable

Avec

- p = profondeur d'affouillement
- q = débit par unité de largeur (m<sup>2</sup>/s) ;
- d = diamètre moyen des sédiments (m).

La profondeur p ainsi obtenue est la profondeur mobilisable sous la ligne d'eau. Il faut donc retrancher la hauteur d'eau en crue pour obtenir la hauteur de sédiment pouvant être mise en mouvement.

Pour réaliser le calcul de la hauteur maximum en crue, il a été utilisé les résultats du modèle hydraulique en crue cinq-centennale. Le calcul du débit par unité de largeur a été réalisé en utilisant les caractéristiques simulées de l'écoulement à proximité immédiate des ouvrages.

Le diamètre moyen des matériaux constituant le lit est estimé à 2 mm (sable fins ou sables limoneux).



Figure 85 : Localisation des piles de l'ouvrage principal.

Secteur	Hauteur maximum d'eau (m)	q (m <sup>2</sup> /s)	Profondeur affouillable	Epaisseur de sédiment mobilisable
Culée Nord ouvrage principal	3.1	3.8	3.1	1.9
Pile n°1	6.8	11.9	6.8	3.9
Pile n°2	8.5	19.1	8.5	6.2
Pile n°3	6.6	14.3	6.6	5.5
Pile n°4	9.4	15.4	9.4	3.4
Pile n°5	3.1	2.6	3.1	0.8
Culée Sud ouvrage principal	1.4	0.4	1.4	-0.2

Tableau 61 : Calcul des profondeurs affouillables

Les hauteurs théorique de sédiment mobilisable en cas de crue cinq-centennale atteignent 6.2 m au maximum (pile n°2). Néanmoins, il a été mis en évidence précédemment que le substratum rocheux est présent à environ 2 m sous le terrain naturel. Cela signifie que les profondeurs d'affouillement seront limitées par le substratum.

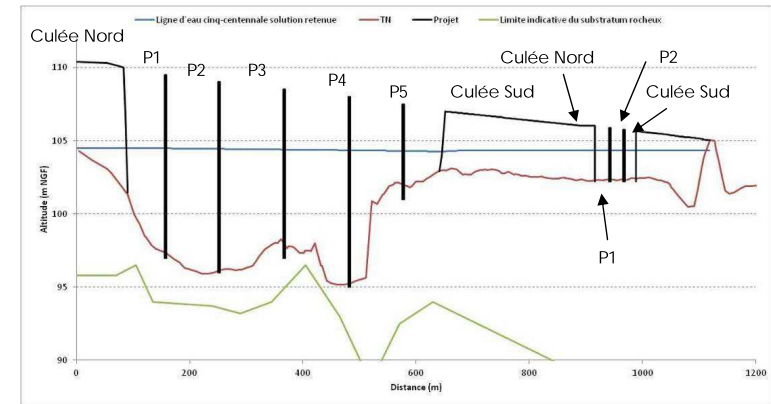


Figure 86 : Profil en travers de l'ouvrage

#### Formule CSU à l'aide du logiciel HEC-RAS

Dans le logiciel HEC-RAC de modélisation 1D des cours d'eau, il est possible d'estimer les profondeurs d'affouillement théoriques à l'aide de la formule CSU suivantes :

$$e = 2 \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times a^{0.65} \times y^{0.35} \times Fr^{0.43}$$

Equation 7 : Formule CSU

Avec

- e = épaisseur mise en mouvement
- K1 = coefficient de forme de la pile (à l'amont) ;
- K2 = coefficient lié à l'angle entre la pile et l'axe d'écoulement ;
- K3 = coefficient liée à la forme du fond du lit (fond plat ou dune) ;
- K4 = coefficient prenant en compte le pavage éventuel du fond ;
- a = Largeur de la pile ;
- y = hauteur d'eau en amont immédiat du pont ;
- Fr = nombre de Froude en amont immédiat du pont.

Cette formule permet de prendre en compte la forme de la pile contrairement à la formule de Ramette qui repose sur le principe que la profondeur affouillable est indépendante de la forme de la pile.

Secteur	Epaisseur de sédiment mobilisable (m)	
	Ramette	CSU
Culée Nord ouvrage principal	1.9	x
Pile n°1	3.9	4.9
Pile n°2	6.2	5.0
Pile n°3	5.5	4.8
Pile n°4	3.4	5.1
Pile n°5	0.8	2.5
Culée Sud ouvrage principal	-0.2	x
Culée Nord de l'ouvrage de décharge	-0.1	x
Pile n°1	-0.3	2.4
Pile n°2	-0.3	2.4
Culée sud de l'ouvrage de décharge	-0.1	x

Tableau 62 : Calcul des profondeurs affouillables en crue cinq-centennale

Le tableau ci-dessus indique les hauteurs d'affouillement sur l'ensemble des piles. Sur les piles de l'ouvrage principal, ces hauteurs sont similaires entre les deux formules de calcul, mais elles sont théoriques car le substratum rocheux limitera l'affouillement à environ 2 m sous le terrain naturel.

Sur l'ouvrage de décharge, la profondeur d'affouillement autour de l'ouvrage de décharge est de 2.4 m à l'aide de la formule CSU.

#### Force tractrice

La force tractrice qui définit la force d'arrachement exercée sur les matériaux constituant le fond du lit a été estimée à l'aide de la formule suivante :

$$\tau = \rho \times I^{1/4} \times K_s^{-3/2} \times V^{3/2}$$

Équation 8 : Force tractrice

Avec

- T= la force tractrice (N/m²) ;
- ρ = poids volumique de l'eau (N/m³) ;
- I= la pente du cours d'eau (m/m);
- V= vitesse d'écoulement (m/s).

La force tractrice maximale pour la crue cinq-centennale a été calculée au droit de chaque pile ou culée en état actuel et projeté.

Pour toutes les piles contenues dans le lit mineur (piles 1 à 4) la force tractrice en état actuel est assez homogène (entre 50 et 70 N/m²). L'impact du pont se traduit essentiellement par une augmentation de la force tractrice autour de la pile n°2 située au centre d'un des deux bras de la Loire.

La force tractrice autour de la pile n°5 est aussi augmentée et dépasse la gamme de valeur de 20 à 30 N/m² où il est considéré qu'une zone enherbée résiste à l'arrachement.

Au droit de l'ouvrage de décharge, la force tractrice en état projeté est dans la gamme de valeur où une érosion est possible sur un sol enherbé.

Secteur	Etat actuel		Etat projeté	
	Vitesse d'écoulement (m/s)	Force tractrice (N/m²)	Vitesse d'écoulement (m/s)	Force tractrice (N/m²)
Culée Nord ouvrage principal	1	21	1.3	32
Pile n°1	2.3	56	2.6	68
Pile n°2	2.7	72	4.2	139
Pile n°3	2.5	64	2.8	76
Pile n°4	2.4	60	2.7	72
Pile n°5	0.7	12	1.6	43
Culée Sud ouvrage principal	0.2	2	0.3	3
Culée Nord de l'ouvrage de décharge	0.3	3	0.8	15
Pile n°1	0.3	3	1.2	28
Pile n°2	0.3	3	1.2	28
Culée sud de l'ouvrage de décharge	0.3	3	0.9	18

Tableau 63 : Calcul des forces tractrices maximales en crue cinq centennale

A la demande de la DREAL, les forces tractrices ont été calculées pour la crue trentennale. Pour cette occurrence de crue, seules les 4 piles situées dans le lit mineur sont sollicitées. La force tractrice est essentiellement augmentée sur les piles n°2 et n°4, situées au milieu des deux bras de la Loire



Secteur	Etat actuel		Etat projeté	
	Vitesse d'écoulement (m/s)	Force tractrice (N/m <sup>2</sup> )	Vitesse d'écoulement (m/s)	Force tractrice (N/m <sup>2</sup> )
Pile n°1	1.7	36	2.0	46
Pile n°2	2.3	56	3.0	84
Pile n°3	1.9	42	2.3	56
Pile n°4	1.9	42	2.5	64

Tableau 64 : Calcul des forces tractrices maximales en crue Trentennale

#### Puissance spécifique

La capacité d'un cours d'eau à réajuster son lit après des travaux peut être estimée à travers le calcul de la puissance spécifique. La formule de calcul de la puissance spécifique est indiquée ci-après:

$$P = \rho \times q \times I$$

Equation 9 : Puissance spécifique

Avec

- P= Puissance spécifique (W/m<sup>2</sup>)
- q= débit par unité de largeur (m<sup>2</sup>/s);
- ρ = poids volumique de l'eau (N/m<sup>3</sup>) ;
- I= la pente du cours d'eau (m/m).

Cette puissance spécifique a été calculée pour 3 débits : débit quinquennal, débit trentennal (débit de plein bord) et le débit cinq-centennal.

Il est considéré que le réajustement du lit est visible pour des puissances spécifiques supérieures à 35 W/m<sup>2</sup>.

La valeur de 35 W/m<sup>2</sup> est dépassée dans le lit mineur à partir de crue trentennale, ce qui signifie que seuls les crues importantes de la Loire peuvent conduire à un remaniement du lit.

La puissance spécifique dans l'ouvrage de décharge est plus faible et ne permet pas, normalement, un réajustement généralisé du lit.

Période de retour	Puissance spécifique du lit mineur (W/m <sup>2</sup> )	Puissance spécifique dans l'ouvrage de décharge (W/m <sup>2</sup> )
5 ans	27	
30 ans	34	
500 ans	61	8

Tableau 65 : Calcul des puissances spécifiques

#### Conclusion sur l'impact local

Le calcul des forces tractrices et des puissances spécifiques au droit de l'ouvrage principal a permis de confirmer le caractère mobile du lit de la Loire pour des débits importants.

En pratique, cette mobilité du lit devrait conduire à un remaniement du lit au droit de l'ouvrage avec :

- Un léger dépôt en amont du pont (du fait de la réduction des vitesses en amont);
- Un dépôt derrière les piles dans la zone de tourbillon;
- Une érosion entre les piles du fait de l'accélération des écoulements.

L'image ci-après au droit du pont de Châteauneuf peut donner une indication du remaniement du lit au droit du pont, même si à Châteauneuf, le lit majeur est totalement endigué

Néanmoins, le secteur étudié présente la particularité de disposer d'un seuil naturel franchi par le pont. Cela signifie que le remaniement du lit au droit du pont sera fortement limité en amont du seuil. Les érosions les plus importantes seront plutôt constatées à l'aval du seuil au droit des engravements existants (l'îlot central). Le lit ne devrait pas s'abaisser de façon importante car le fond du lit est contrôlé par un seuil situé plus en aval (en sortie du méandre de Sandillon).

En conclusion, les seules évolutions attendues dans le lit vif, sont la reprise partielle de l'îlot central en aval du seuil et des affouillements localisés autour des piles. La remobilisation des engravements en aval des seuils naturels sera un processus relativement lent et la puissance spécifique ne sera significative qu'à partir d'une crue de période de retour supérieure à 30 ans.

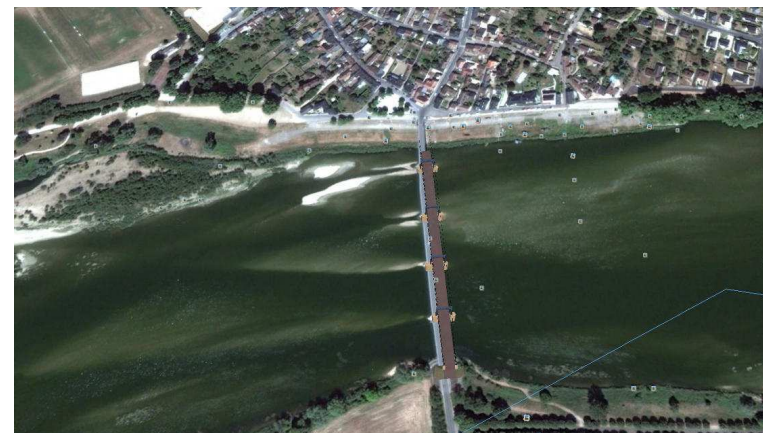


Figure 87 : Vue du le pont de Châteauneuf

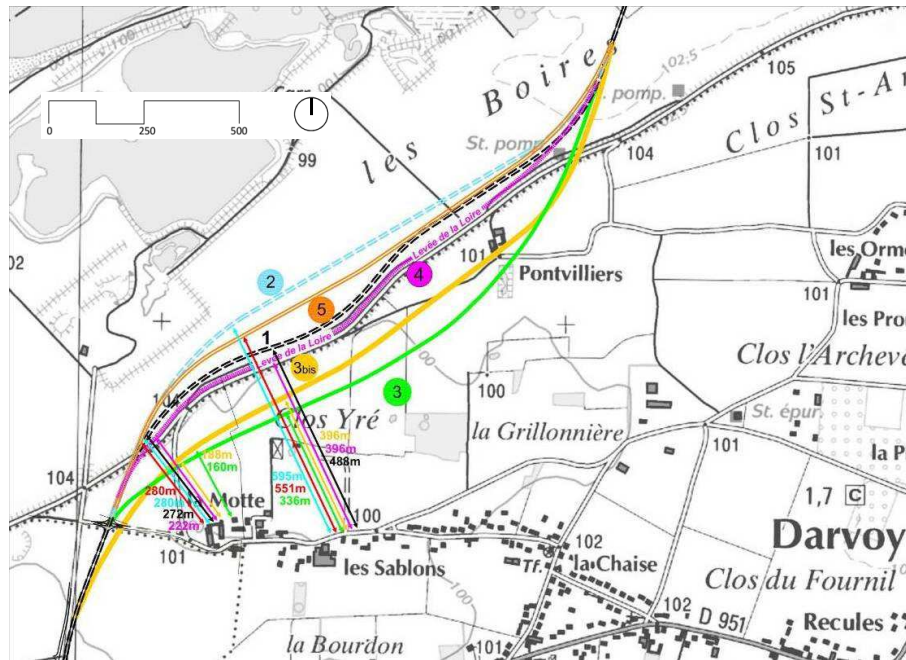
Pour l'ouvrage de décharge, les capacités de réajustement sont faibles et les conditions d'écoulement sont peu modifiées par rapport à l'état actuel. Ceci ne devrait pas conduire à une modification importante des lieux. Il faut noter, de plus, que l'ouvrage de décharge n'est mobilisé que pour des crues de période de retour supérieures à 50 ans.

Les seules modifications du sol surviendront au droit des piles avec un affouillement localisé et limité à 1 ou 2 m (profondeur affouillable des piles).

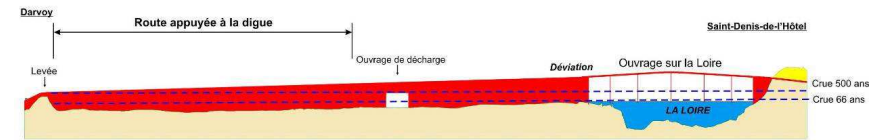
#### 4.2.7. Conclusion

Le projet de traversée de la Loire avec un ouvrage principal d'une largeur de 570 m complété avec un ouvrage de décharge de 75 m d'ouverture permet d'assurer une transparence hydraulique de l'ouvrage : le remous hydraulique au droit du pont est de 8 cm dans le lit mineur et 15 cm dans le champ majeur. Au droit de l'enjeu principal du secteur étudié, le déversoir de Jargeau, le remous hydraulique sur la ligne d'eau maximale est inférieur à 1 cm.

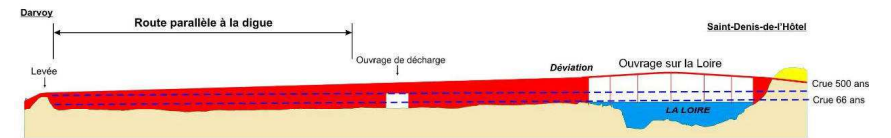
Figure 88 : Vue en plan des 5 tracés



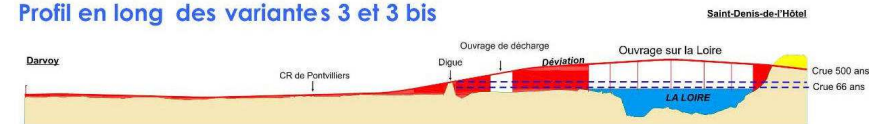
### Profil en long de la variante 1



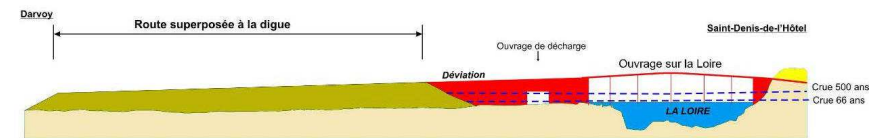
### Profil en long de la variante 2



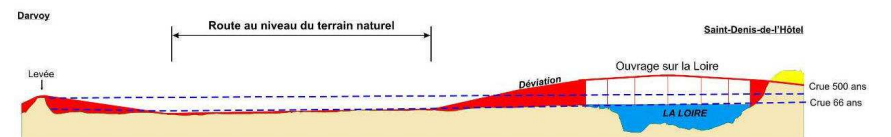
### Profil en long des variantes 3 et 3 bis



### Profil en long de la variante 4



### Profil en long de la variante 5



#### 4.2.8. Impact des solutions alternatives

##### 4.2.8.1. Présentation des 5 variantes

Le franchissement de la levée a donné lieu à de nombreux échanges entre les services de l'Etat, la commune de Darvoy et le Conseil général pour retenir la meilleure solution. Ces variantes se distinguent uniquement par leur tracé le long de la digue de Loire et par la localisation du franchissement de cette digue. L'ouvrage de franchissement du lit vif de la Loire est identique pour toutes les solutions.

Les variantes sont les suivantes :

- variante 1 : tracé au Nord accolé à la digue,
- variante 2 : tracé au Nord écarté de la digue dans le lit majeur,
- variante 3 : tracé au Sud de la digue dans le Val,
- variante 3 bis : idem tracé 3 mais plus proche de la levée
- variante 4 : tracé superposé à la levée,
- variante 5 : tracé au Nord de la levée au niveau du terrain naturel.

Dans le cadre des études préalables à la réalisation du projet 5 variantes de tracés ont été proposées. Ces variantes se distinguent uniquement par leur tracé le long de la digue de Loire et par la localisation du franchissement de cette digue. L'ouvrage de franchissement du lit vif de la Loire est identique pour toutes les solutions.

Dans la variante n°1, la voirie est accolée à la digue côté Loire avec la plateforme au niveau de la crête de digue. La digue est franchie 1 km en aval du franchissement du lit vif de la Loire.

Dans la variante n°2, la voirie parcourt le lit majeur gauche en remblai (à une cote supérieure à la crête de digue) parallèlement à la digue. La distance entre la digue et le remblai de la voie varie entre 20 m et 50 m. Le franchissement de la digue est situé au même point que dans la solution n°1.

Dans la variante n°3 et n°3 bis (solution retenue, étudiée dans le chapitre 5), la voirie est implantée côté val. Le franchissement de la digue est donc réalisé au droit du franchissement de la Loire.

Dans la variante n°4, la route est implantée sur la crête de digue.

Dans la variante n°5, la plateforme est située dans le lit endigué entre les tracés des solutions n°1 et n°2. Dans cette variante, la plateforme est implantée au niveau du terrain naturel avec deux rampes : une pour franchir la digue et une pour rejoindre l'ouvrage de franchissement du lit vif de la Loire.

#### 4.2.8.2. Analyse fonctionnelle des variantes

Rappelons que dès une crue de 30 ans des déviations sont mises en place et le pont de Châteauneuf fermé. Ces déviations deviennent beaucoup plus contraignantes et atteignent l'agglomération d'Orléans dès la crue de 70 ans. Le pont de Jargeau reste ouvert jusqu'à la crue de 200 ans. L'ambition du Conseil général est de réaliser un nouvel ouvrage qui permette de circuler au-delà de ce qu'offre le pont actuel c'est-à-dire au-delà de la crue de 200 ans.

Dans les variantes 1, 2, 2bis, 2ter, 3, 3bis et 4, la chaussée dans le lit endigué n'est submersible que pour une crue de période de retour supérieure à 500 ans. Toutefois les RD qui s'y raccordent, notamment la RD 921, sont inondées avant cette récurrence. En effet, à supposer qu'aucune brèche ne vienne se former à l'amont (Sigloy, Guilly, ou Jargeau) les routes du Val restent à la merci des crues localisées du Dhuy et de la Marmagne. On peut penser que si la Loire est en crue, les événements météorologiques en cause ne concernent pas seulement le bassin versant de la Loire mais toute la région. Il est par contre impossible de savoir pour quelle occurrence les RD du Val deviennent impraticables.

Ces variantes apportent donc un plus par rapport à la situation actuelle. Les principaux bénéficiaires en cas de crue sont les habitants du Sud (Sandillon - Darvoy en partie) qui peuvent être évacués plus rapidement par le nouveau pont.

Pour la variante 5, la chaussée est submersible pour une crue de période de retour de 66 ans. Cela signifie que le projet de déviation à une accessibilité plus faible en crue que la voie qu'elle remplace (pont de Jargeau). Ceci imposera de mettre en place une déviation supplémentaire pour une crue de période de retour supérieur à 66 ans et compliquera les opérations éventuelles d'évacuation du val en cas de rupture de digue.

De surcroît, pour cette variante 5 l'itinéraire devient inapte aux déviations d'évacuation des zones inondables du val d'Orléans puisque le Préfet ordonne son évacuation dès la crue T=70ans et rend le ferme toute circulation dans le val.

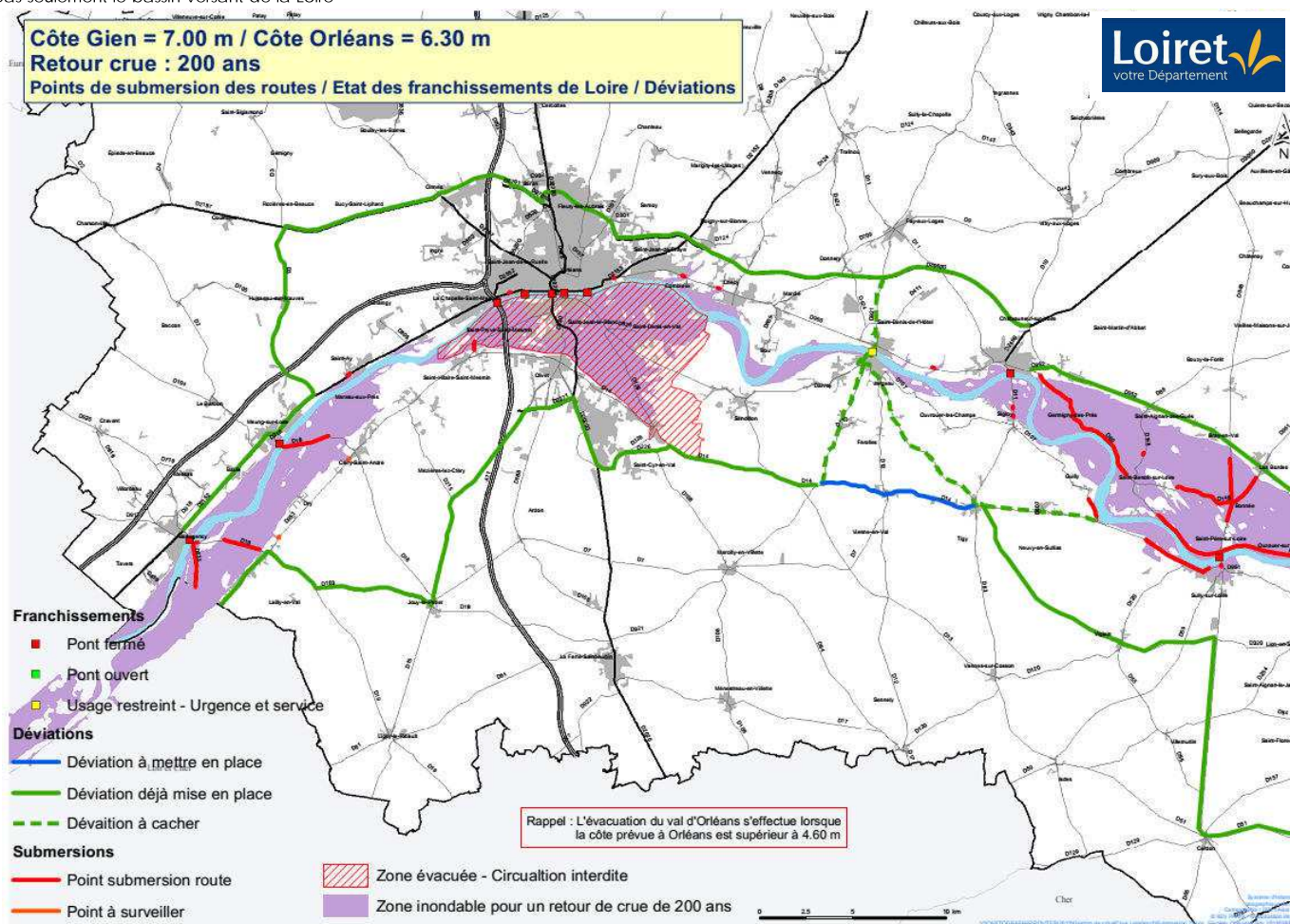
De plus, par rapport aux autres variantes, la chaussée est submersible du fait qu'elle est implantée au niveau du terrain naturel dans le lit endigué de la Loire. Ce lit commence à être inondable pour une crue de la Loire de période de retour de 38 ans et la chaussée sera submergée pour un débit supérieur à 4 500 m<sup>3</sup>/s, soit une période de retour de 66 ans.

Dans le val de Loire, quelque soit les variantes, le profil de voirie est implanté au plus près du terrain naturel à l'image des autres voiries, ce qui n'induit pas de changement important des conditions de circulation en cas de crue de la Loire : dès que le val est inondé, les routes ne sont plus accessibles.

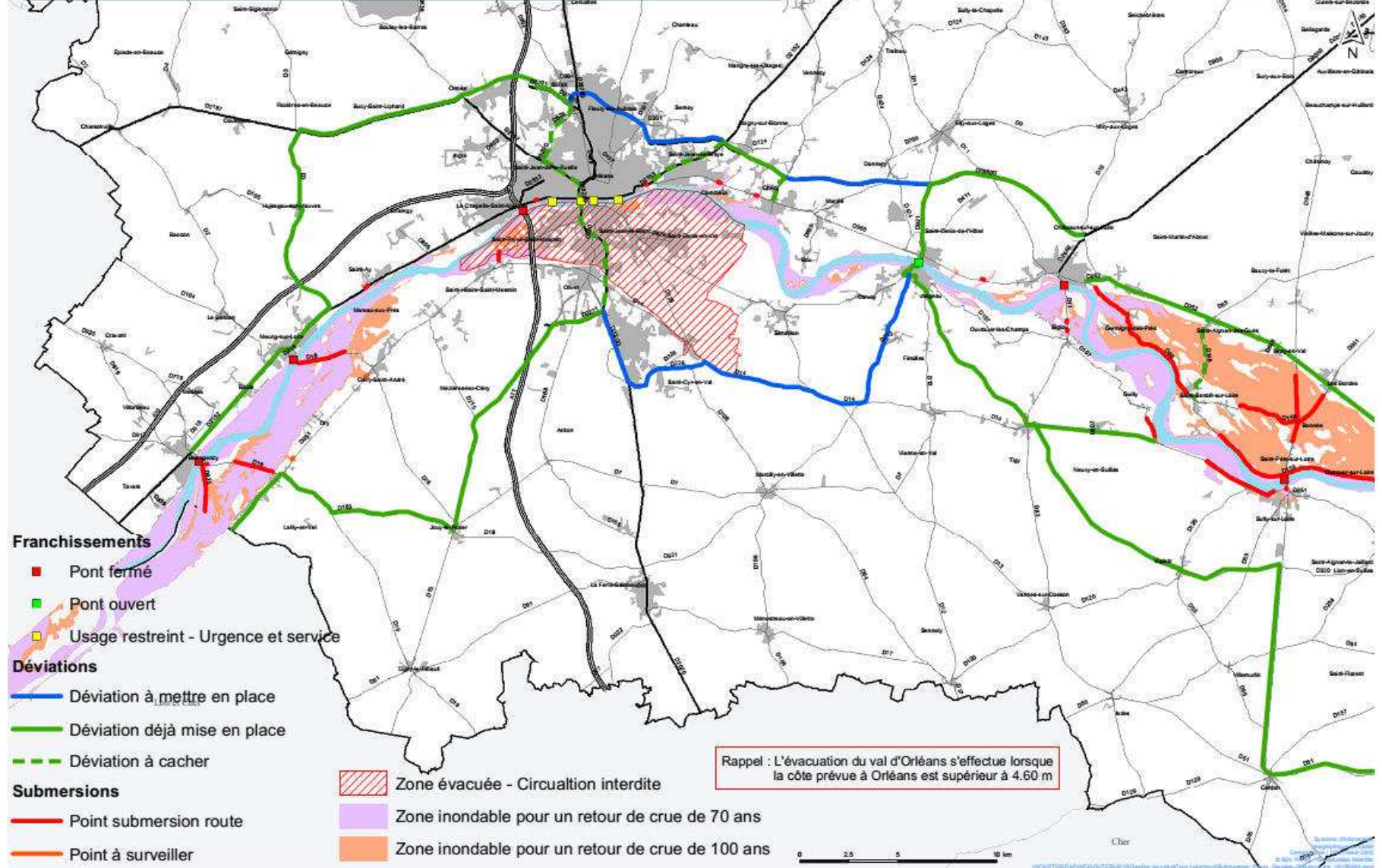
A ce titre, la période de retour de submersion du val ne peut pas être appréhendée facilement, du fait de l'origine diverse de ces submersions :

- Débordement du Dhuy ou de la Marmagne ;
- Rupture de la digue de la Loire. Selon l'étude de dangers des digues de la Loire, la crue de sûreté des digues a une période de retour de 200 ans. Cela signifie que le risque de rupture de la digue de la Loire, ne devient significatif que pour une crue de période de retour supérieure à 200 ans ;
- Une surverse sur le déversoir de Jargeau pour des crues de période de retour de 500 ans.

Dès une crue de reour 66 ans, la variante 5 submersible ne permet pas d'utiliser les itinéraires de déviation à mettre en place.



**Côte Gien = 6.00 m / Côte Orléans = 5.20 m**  
**Retour crue : 70 à 100 ans**  
**Points de submersion des routes / Etat des franchissements de Loire / Déviations**



Rappel : L'évacuation du val d'Orléans s'effectue lorsque la côte prévue à Orléans est supérieur à 4.60 m



- Hypothèses de calcul

L'objet de l'étude est de définir l'impact du projet de déviation sur les écoulements dans le val endigué de la Loire. A ce titre, les variantes 3, 3 bis et 4 ne présentent pas de différences car la section comprise dans le lit endigué est identique. Ces variantes seront donc étudiées ensemble. Les modalités de prise en compte des différents tracés sont indiquées ci-après.

#### Hypothèses de la variante n°1

Il a été considéré que :

- Les remblais, hors ouvrage de franchissement de la Loire, ont un fruit (pente) de 3H/1V ;
- La plateforme de la chaussée est située à niveau de la crête de la digue ;
- L'ouvrage de décharge est identique à la solution 3bis : ouverture de 70 m de large à 100 m de la digue.

#### Hypothèses de la variante n°2

Il a été considéré que :

- Les remblais, hors ouvrage de franchissement de la Loire, ont un fruit de 3H/1V ;
- La plateforme de la chaussée est située à niveau de la crête de la digue ;
- L'ouvrage de décharge est identique aux solutions 1 et 3 bis.

#### Hypothèses des variantes n°3,3bis et 4

Dans le chapitre 5, il a déjà été étudié la variante retenue à savoir la variante 3bis. Il a été retenu la solution d'un ouvrage de 70 m.

#### Hypothèses de la variante n°5

Il a été considéré que :

- Les remblais, hors ouvrage de franchissement de la Loire, ont un fruit de 3H/1V ;
- La pente de la voirie est de 1% pour rejoindre le terrain naturel après le franchissement de la digue et de 1.5% depuis la culée sud de l'ouvrage de franchissement du lit vif ;

Il n'est pas prévu d'ouvrage de décharge, car il n'y a pas de fermeture du champ majeur gauche du fait que la voirie est partiellement au terrain naturel (cf. illustration ci-après).

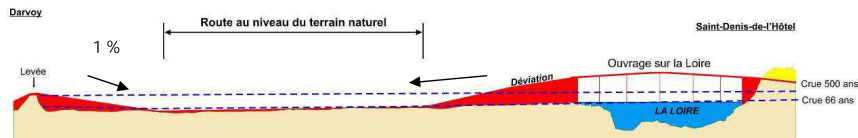


Figure 89 : Schématisation du profil en long de la variante n°5

Il est rappelé que les ouvrages de décharge des solutions 1 à 4 sont identiques ce qui facilite la comparaison des solutions.

- Impact de ces solutions

Toutes les variantes ont fait l'objet de simulations particulières pour une crue de période de retour de 500 ans. Ces simulations ont été réalisées sur la base des hypothèses indiquées dans le paragraphe précédent. L'analyse des résultats met en évidence que, quelle que soit la variante simulée, l'impact sur le déversoir de Jargeau est similaire, à savoir une réhausse de la ligne d'eau maximale de 1 cm.

Au droit du point bas du clos Saint André les impacts de chaque variante sont aussi identiques. Cela s'explique par le fait que pour chaque solution l'ouverture de l'ouvrage de décharge est identique (pour la solution 5, il n'y a pas d'ouvrage de décharge, mais la zone laissée libre au pied de la digue présente une largeur de 80 m.)

On constate donc que vis-à-vis des enjeux situés à l'amont du projet, les variantes ont des impacts identiques. Les différences entre les variantes ne sont visibles qu'à proximité immédiate des ouvrages et remblais comme le montre le profil en long représenté sur la Figure 90 : Profil en long en pied de digue.

Variante	Vitesse maximum dans l'ouvrage (m/s)	Point bas de la digue (clos Saint André)			Devant l'ouvrage de décharge		
		cote (m NGF)	Delta (cm)	revanche p/r digue (cm)	Cote (m NGF)	Delta (cm)	revanche p/r digue (cm)
état actuel	0.4	104.29	-	21	104.05	-	95
tracé n°1	1.0	104.36	7	14	104.24	19	76
tracé n°2	1.0	104.36	7	14	104.24	19	76
tracés n°3, 3bis et 4	1.0	104.36	7	14	104.24	19	76
tracé n°5	1.2	104.36	7	14	104.27	21	73

Tableau 66 : Comparaison des différentes variantes

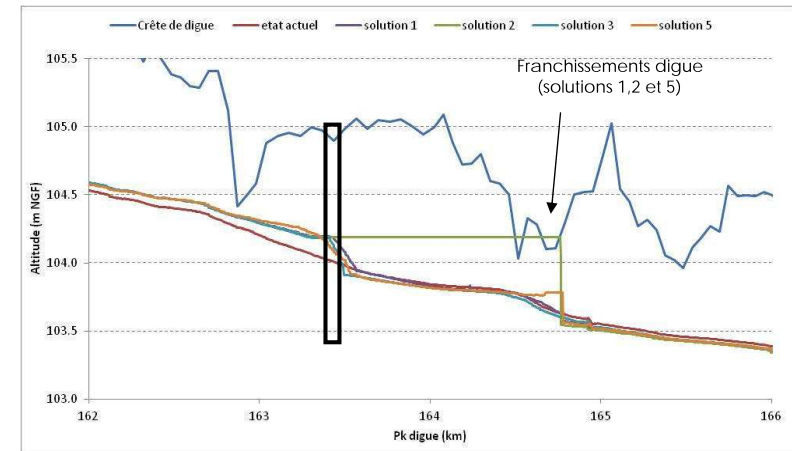


Figure 90 : Profil en long en pied de digue

Dans les paragraphes ci-après, les résultats des variantes 1, 2 et 5 sont analysés par rapport à la variante 3 bis (et donc par rapport aux variantes 3 et 4 qui sont identiques) qui est la variante retenue. L'impact de cette variante par rapport à l'état actuel a été étudié dans le chapitre 5.5 (ouverture de 70 m)

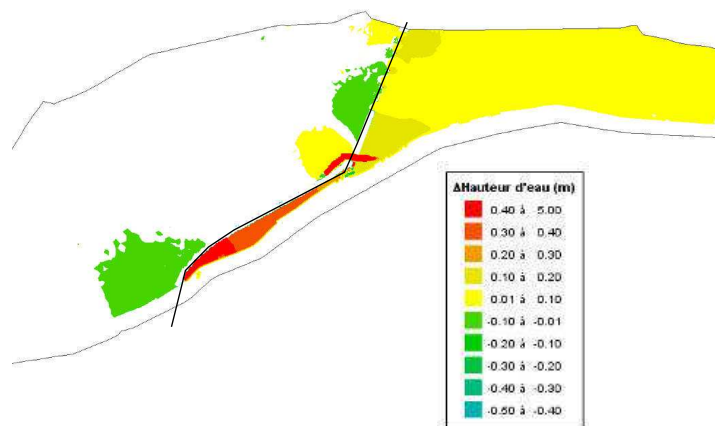
#### Analyse de la solution n°1

La solution n°1 ne présente pas de différence sensible par rapport à la variante 3bis (variante retenue) : les écarts constatés sont inférieurs à 1 cm sur la ligne d'eau maximum et 0,1 m/s sur les vitesses maximums.

Ce faible écart était attendu du fait que les solutions 1 et 3 bis sont très proches : les remblais sont plus importants avec la variante n°1 mais ces remblais supplémentaires sont situés dans une zone de faible vitesse et faible hauteur, ce qui réduit leur impact. Cette solution 1 est insubmersible en crue de retour 500 ans.

### Analyse de la variante n°2

La solution n°2 présente l'inconvénient de générer un coin d'eau entre le remblai de la voirie et la digue. Dans cette zone, l'eau s'accumule provoquant une réhausse de la ligne d'eau de 0,65 m. A l'exception de ce coin d'eau il n'y a pas de différence notable avec la variante n°3 bis.



La rehausse de la ligne d'eau dans le coin d'eau se traduit par un affleurement de la ligne d'eau sur la crête de digue à l'extrémité aval du remblai. Il n'a pas été simulé de déversement car les hauteurs d'eau sur la digue sont inférieures à 10 cm.

Afin de résoudre ce problème local deux sous variantes ont été simulées.

- Une variante 2bis avec un second ouvrage de décharge à l'extrémité Ouest du « coin d'eau ». Cette sous variante présente l'inconvénient créer un chenal entre la digue et le remblai de la voirie avec une accélération des écoulements,
- Une variante 2ter, où le coin d'eau est remblayé. Cette sous solution est très proche du tracé 1 mais présente une quantité de remblai plus importante.

### Analyse de la variante n°5 :

Dans cette variante, les écoulements sont concentrés sur le pied de la digue, ce qui implique une surélévation de la ligne d'eau de 21 cm (par rapport à l'état actuel) devant le remblai contre 19 cm dans les autres variantes. Cette surélévation de 2 cm par rapport au autre scénario s'atténue rapidement à l'amont, puisque au droit du point bas de la digue (clos de Saint André, 500 m en amont), tous les scénarios présentent le même impact.

Vis-à-vis des vitesses, on constate une concentration des écoulements sur le pied de digue (qui constitue le point bas de la voirie) avec une augmentation des vitesses sur environ 200 m linéaire. La vitesse maximale est de 1.3 m/s, ce qui dépasse le seuil de 1m/s pris comme objectif pour le dimensionnement des ouvrages de décharge. Il est considéré qu'à partir d'une vitesse d'écoulement de 1 m/s sur un sol nu, les risques d'érosions deviennent non négligeables. Un affouillement en pied de digue aurait pour conséquence d'augmenter le risque de glissement de la digue coté Loire.

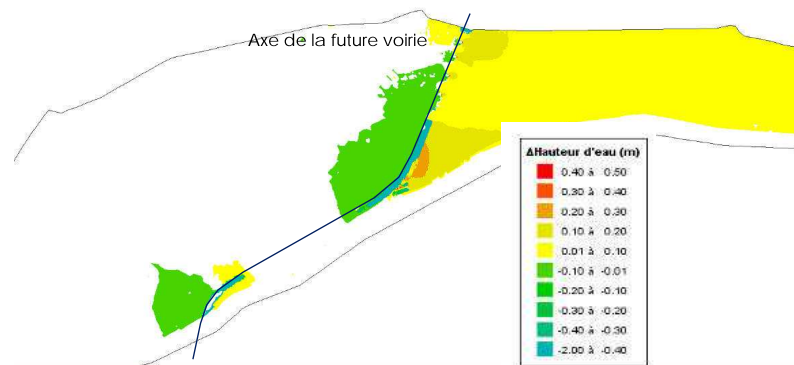


Figure 92 : Impact sur les hauteurs maximales (variante 5-état actuel)

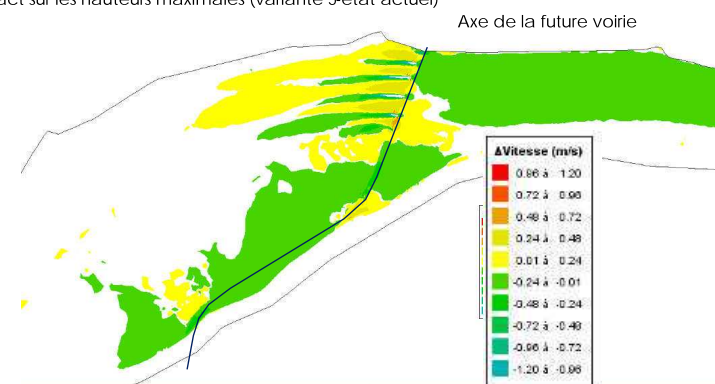


Figure 93 : Impact sur les vitesses maximales (variante 5-état actuel)

De plus, par rapport aux autres variantes, la chaussée est submersible du fait qu'elle est implantée au niveau du terrain naturel dans le lit endigué de la Loire. Ce lit commence à être inondable pour une crue de la Loire de période de retour de 38 ans et la chaussée sera submergée pour un débit supérieur à 4 500 m<sup>3</sup>/s, soit une période de retour de 66 ans.

### Conclusion et analyse comparative

Le tableau ci-après reprend les principales conclusions sur chaque variante. Ces variantes sont analysées comparativement au tracé retenu (variantes n°3bis).

Il est constaté que :

- Les variantes n°2, 2bis et n°5 présentent les impacts les plus défavorables. Pour le tracé n°2, la sur-élévation de la ligne d'eau induit un risque de surverse sur la digue. Pour les variantes n°2bis et n°5, l'augmentation des vitesses en pied de digue, ce qui augmente le risque de brèche;
- Les variantes n°1, 2ter ont un impact sur les écoulements en Loire similaire à la solution 3 bis. Néanmoins, le volume de remblai en champs majeur est plus important ce qui pourrait avoir un effet sur la morphologie du lit de la Loire dans ce secteur notamment par la nécessité d'un déblaiement plus important pour compenser les remblais ;
- Les variantes n°3 et 4, ont un tracé identique dans le lit de la Loire, leur impact est donc identique à la solution n°3bis.

variantes	Impact sur les hauteurs d'eau	Impact sur les vitesses	Impact sur le fonctionnement hydraulique
Variante n°1	similaire à la variante n°3	similaire à la variante n°3	Remblai important dans le champ majeur
Variante n°2	Augmentation locale de la ligne d'eau de plus de 0,65 m.	similaire à la variante n°3	Création d'un coin d'eau avec un risque de surverse
Variante n°2 bis	similaire à la variante n°3bis	Augmentation des vitesses en pied de digue	Risque d'affouillement en pied de digue
Variante n°2 ter	Similaire à la variante n°3bis	similaire à la variante n°3	Remblai important dans le lit endigué
Variantes 3 et 3 bis	Variantes de référence		
Variante n°5	Augmentation de 2 cm maximum par rapport à la variante n°3bis	Augmentation des vitesses en pied de digue	Risque d'affouillement en pied de digue

Tableau 67 : Comparaison des différentes variantes

La variante n°3 bis apparaît au final la plus pertinente, la moins complexe à réaliser (du fait notamment qu'elle ne se trouve pas dans le lit endigué de la Loire), et elle permet de remplir les objectifs imposés, qui sont :

- l'assurance de la fonctionnalité de l'ouvrage lors d'une crue de période de retour supérieure à 200 ans,
- l'assurance d'un maximum de garantie de pérennité de la levée de la Loire,

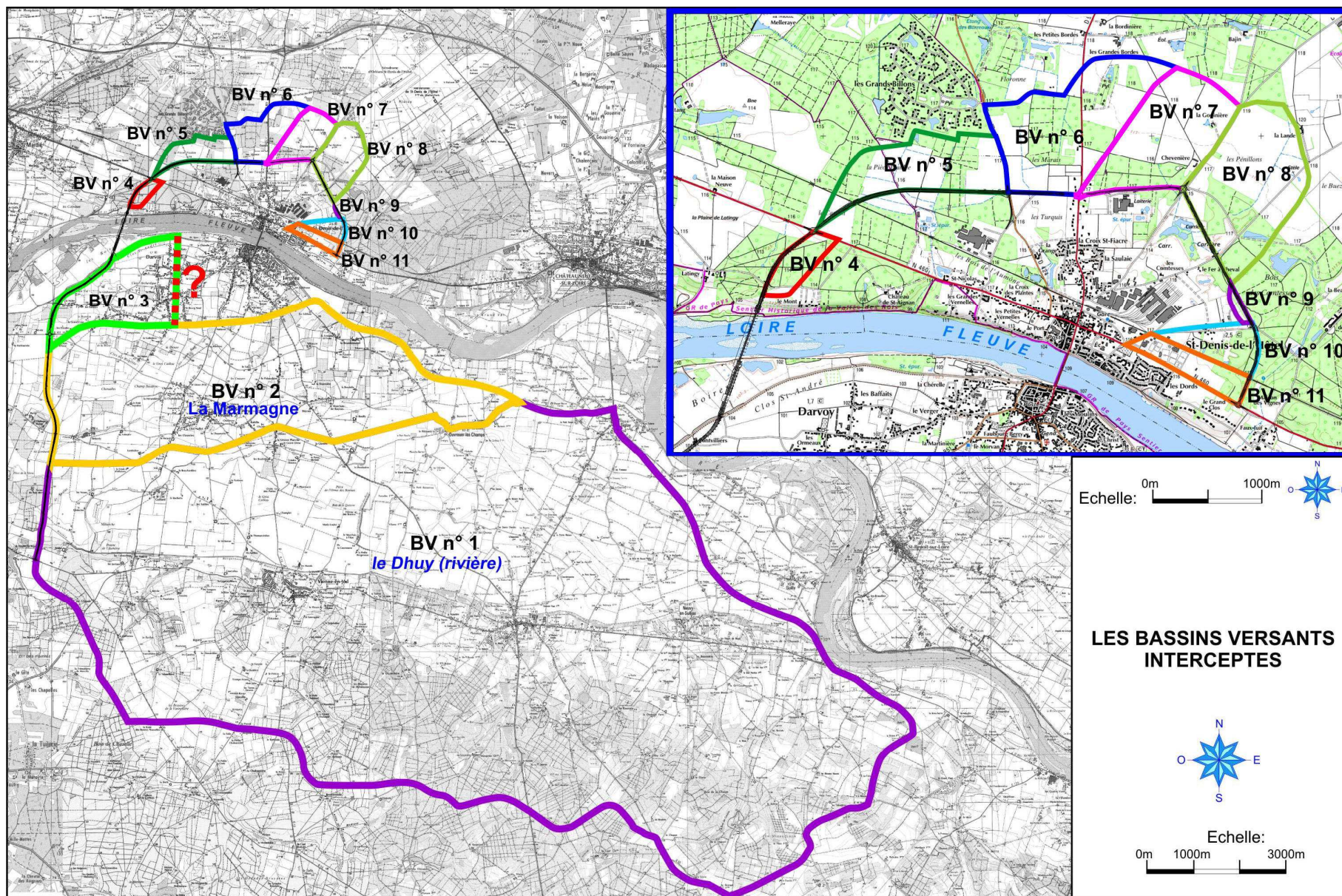
Les solutions implantées dans le lit endigué de la Loire (au Nord de la levée) ne servent pas l'intérêt général et ne peuvent donc être retenues pour cette raison. La variante 5 ne répond pas à l'objectif de disposer d'un franchissement pour une crue de récurrence supérieure à 200 ans, ni à la pérennité de la digue actuelle (Effet hydraulique d'entonnoir entre le tracé et la digue susceptible de fragiliser la levée). Son insertion paysagère est difficile.

Une variante submersible à une récurrence de 66 ans n'est pas cohérente avec la démarche globale d'offrir un itinéraire assurant une traversée de la Loire jusqu'à une crue exceptionnelle.

		1	2	3	3bis	4	5
Critère fonctionnel	Fonctionnalité assurée pour une crue supérieure à 200 ans	Green	Green	Green	Green	Green	Red
	Impacts sur les hauteurs d'eau	Green	Yellow	Green	Green	Green	Yellow
Critères techniques (essentiellement hydrauliques)	Impact sur la levée de la Loire (pérennité de l'ouvrage de protection contre les inondations)	Yellow	Green	Green	Green	Red	Green
	Remblai dans le lit endigué (volume à compenser)	Red	Red	Green	Green	Yellow	Green



Carte 10 : Bassins versants interceptés (hors Loire)



#### 4.2.9. Incidences sur les conditions d'écoulements naturels (hors lit endigué de la Loire)

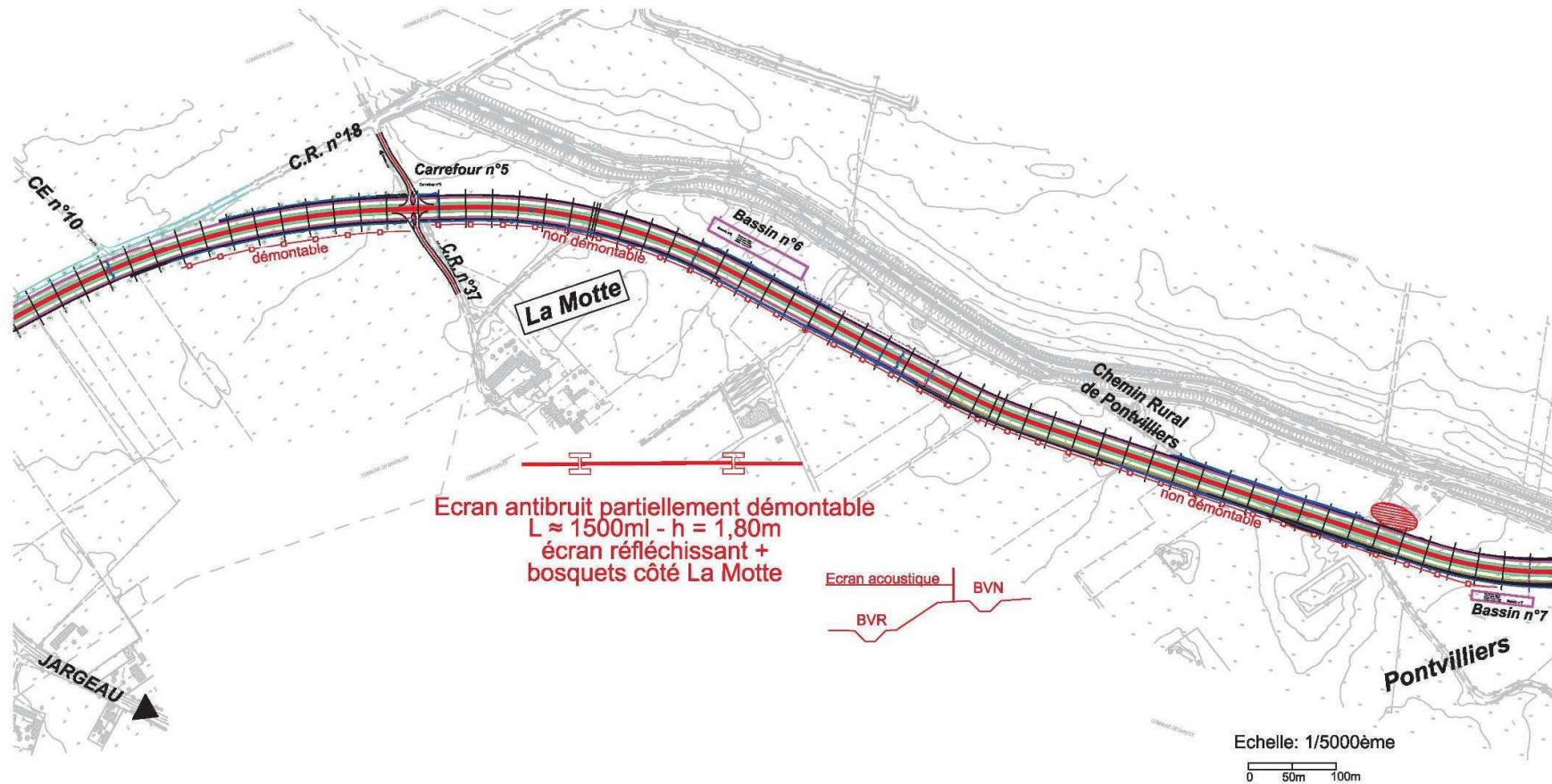
Le projet routier va engendrer des modifications d'écoulement des ruisseaux qu'il traverse. Des solutions de rétablissements des écoulements doivent donc être prises pour limiter les impacts.

#### 4.2.9.1. Obstacles à l'écoulement des eaux constitués par l'écran antibruit à Darvoy.

Le besoin de protéger les riverains proches de la déviation contre les nuisances nécessite de placer un écran antibruit de 1500 ml en zone inondable. Cet écran est majoritairement parallèle au sens d'écoulement du courant et ne constitue un obstacle à l'écoulement que partiellement.

Dans sa portion aval, où il n'est plus parallèle au sens du courant, il a été décidé de le construire en éléments démontables. En cas de besoin, le Conseil général procédera à l'enlèvement des éléments horizontaux ceux-ci étant repositionnés après la crue.

Figure 94 : Implantation de l'écran acoustique à La Motte (Darvoy)



#### 4.2.9.2. Bassins versants interceptés - Analyse hydrologique

Au total, on dénombre 11 sous-bassins versants naturels (hors Loire endiguée) définissant 11 points bas correspondant aux exutoires qui devront être équipés d'ouvrages de rétablissement hydraulique (cf. Carte 10 : Bassins versants interceptés p.129).

Pour l'estimation des débits de pointe, les recommandations du guide technique de l'assainissement routier du SETRA de 2006 ont été appliquées.

Le tableau ci-après présente les caractéristiques des sous-bassins versants :

Bassin versant	Surface (ha)	Longueur du chemin hydraulique (m)	N° profil exutoire	Pente moyenne (%)	Occupation du sol	tc (T = 10 ans) (min)	I10 (mm/h)	Q10 (m³/s)	Q100 (m³/s)
BV1	11549	13200	16	0,06	cultures			6	12
BV2	2152	9900	89	0,06	cultures			2,37	4,71
BV3	200	2000	173-174	0,05	cultures			0,7	1,5
Loire endiguée									
BV4	16,5	690	309	0,4	boisement	50	26,7	0,152	0,304
BV5	74,0	514	380	0,2	Bois et culture	153	11,1	0,384	0,768
BV6	122,8	1450	416	0,07	Bois et culture	260	7,5	0,478	0,956
BV7	93	1500	464-465	0,2	Bois et culture	130	10	0,4	0,8
BV8	113,6	1250	478-479	0,16	Bois et culture	118	13,5	0,805	1,610
BV9	2,5	60	513		Bois				
BV10	28,5	971	529-530	0,7	Bois et culture	24		0,172	0,343
BV11	25	1094	531-532	0,5	Bois et culture	53	25,8	0,388	0,776

Tableau 68 : Caractéristiques des bassins versants interceptés (hors Loire)

#### 4.2.9.3. Bassins versants interceptés - Analyse hydraulique

L'objet de ce chapitre est le dimensionnement des ouvrages de rétablissement au vu de l'analyse hydrologique effectuée précédemment. La transparence visée est la crue centennale. Les ouvrages ont été dimensionnés pour permettre l'écoulement des eaux en n'engendrant pas d'inondation mettant en péril des biens immobiliers ou des personnes. Les surfaces concernées restent par ailleurs restreintes au regard des surfaces d'expansion des crues.

##### Ouvrages de rétablissement des écoulements naturels

Le calcul du débit capable d'un ouvrage hydraulique fonctionnant à surface libre est fonction de ses caractéristiques géométriques, de la nature du matériau le constituant et de la pente longitudinale du cours d'eau qui le traverse. Le guide technique de l'assainissement routier du SETRA de 2006 recommande l'utilisation de la formule de Manning-Strickler.

Les caractéristiques des ouvrages hydrauliques figurent en p. 26

##### Fossés interceptant les écoulements extérieurs (écoulements naturels)

Si généralement les bassins versants sont drainés en grande partie par des thalwegs, le projet intercepte le long de son linéaire des écoulements diffus venant de l'amont des différents des sous-bassins versants.

Pour rétablir la continuité des écoulements et éviter le phénomène des points de concentration des rejets (en sortie des ouvrages de rétablissements), des fossés enherbés non étanches de part et d'autre de la plate-forme routière, placés à la côte du terrain naturel le long du projet, permettront de récupérer les eaux interceptées et les restituer graduellement au milieu naturel.

Les sections de ces fossés seront de type trapézoïdal (forme plus facile à entretenir). Ci-dessous est présentée une coupe standard. Les cotes et dimensions sont données dans les profils en travers du projet.

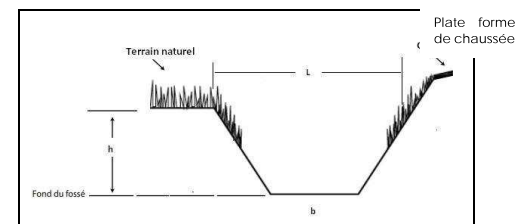


Figure 95 : forme standard d'un fossé trapézoïdal

Les remblais créés dans le Val de Loire n'engendreront pas de perturbations hydrauliques car les dispositions nécessaires ont été prises pour que l'obstacle à l'écoulement des crues ne mette pas en péril de biens matériels ou des personnes. Leur surface ne représente en outre qu'une faible partie du champ d'inondation.

#### 4.2.10. Destruction de zones humides

Les effets du projet sur les zones humides sont de deux natures :

- Destruction des zones humides par emprise du projet (impact traité dans ce chapitre)
- Dégradation de la qualité des eaux par pollution diffuse et accidentelle (impact traité dans le volet assainissement).

Sur la base du tracé, l'emprise finale du projet impacte 0,4 ha de zones humides avérées.

Ces zones humides sont recensées sur deux bassins versant de masses d'eau :

- FRGR0007b – La Loire depuis Gien jusqu'à Saint-Denis-en-Val ;
- FRGR1140 – La Dhuy et ses affluents depuis la source jusqu'à sa confluence avec le Loiret.

Dans le cadre du dossier loi sur l'eau, la surface de zones humides impactées par le projet est de 0,4 ha.

#### 4.2.11. Incidences des rejets

Le projet conduit à l'imperméabilisation d'environ 30,95 ha (21 m x 14 740 m) de terrains aujourd'hui agricoles et forestiers et plus ou moins infiltrants selon les secteurs. Sur la base d'un coefficient de ruissellement de 1 au lieu de 0,3 actuellement, le volume d'eau pluviale rejeté en période de crue sera donc multiplié par plus de 3.

Ces rejets peuvent entraîner des désordres hydrauliques s'ils ne sont pas maîtrisés : ravinements, création de lits en plein champ, inondations ponctuelles,...

De plus, le trafic circulant sur la voie apporte une pollution de trois types:

- La pollution chronique en fonction de la densité de la circulation automobile observable sur la voirie: (Hydrocarbures, poussières, métaux lourds principalement)
- La pollution saisonnière résultant du salage en hiver;
- Une pollution accidentelle éventuelle en liaison notamment avec les flux de transport de matières dangereuses.

C'est pourquoi les bassins multifonction déjà présentés ci-avant (cf. p. 31, 135, 139) ont été placés sur tout le linéaire du projet afin de réguler les débits de rejets et de maîtriser les pollutions. Les milieux récepteurs ne subiront donc pas de variation brutale de débit.

Les volumes de chaque bassin sont dimensionnés selon la méthode préconisée par le guide du SETRA relatif à la pollution routière et à la conception des ouvrages de traitement des eaux, d'août 2007. Pour accroître les performances de traitement et de régulation, le débit de fuite a été réduit à 1L/s et par hectare d'impluvium de plus de 7 ha et de 20 L/s pour un impluvium de moins de 7 ha. (cf. p. 132)

#### 4.2.11.1. Implantation et caractéristiques des bassins multifonction

Le nombre et l'emplacement des bassins de rétention/traitement des eaux ruissellement sur la plateforme routière sont fonctions du profil en long de cette dernière. Ils ont la charge de garantir la compensation quantitative et qualitative de l'ensemble des voiries projetées.

Leur dimensionnement est réalisé en suivant les recommandations du guide SETRA relatif à la pollution routière et à la conception des ouvrages de traitement des eaux \_Août 2007. Ces bassins, dits multifonctions, auront la charge d'assurer le traitement de la pollution chronique, de piéger les éventuelles pollutions accidentelles et de jouer le rôle de tampon hydraulique en laminant les eaux restituées vers le milieu naturel.

Les volumes et dimensions finaux retenus sont les plus contraignants de ces trois modes de calculs.

Les recommandations du SETRA sur les dispositions constructives à respecter sont les suivantes :

- hauteur d'eau utile dans le bassin (hauteur de marnage) = 1,50m ;
- profondeur du volume mort comprise entre 0,40 et 0,60 m ;
- diamètre de l'orifice de fuite = 100 mm ;
- rapport longueur sur largeur du bassin au miroir du volume mort = 6 ;
- pente des berges à 3H/1V sans étude de retenue des sols sur la zone du projet.

Compte tenu du profil en long du projet, le nombre de bassins de rétention/traitement à prévoir est de 14 (cf. p. 139). Ils seront de type multifonction « lutte contre les pollutions chronique et accidentelle et écrêtement des débits de pointe », et dotés d'un volume mort.

#### 4.2.11.2. Dimensionnement des bassins multifonction

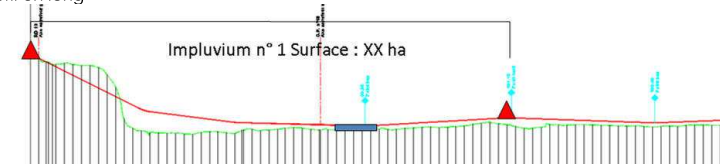
Pour rappel, l'emplacement des bassins et leurs modes de rejet sont visibles sur les annexes 1 à 3 ainsi que sur le « Schéma d'assainissement général » (Carte 4 page 25). Les fils d'eau d'entrée et de sortie sont détaillés sur les figures 12 « Caractéristiques des bassins multifonction et les modalités de rejet au milieu naturel » pages 29 à 43. Les surfaces d'emprises, quant à elles, sont développées dans le tableau 8 « Surfaces des bassins multifonctions » page 49.

Parmi les 3 fonctions assurées par un bassin multifonction (régulation, traitement de la pollution chronique et piégeage de la pollution accidentelle), les dimensions finales retenues pour ces bassins sont celles les plus contraignantes.

Les données de base générales nécessaires aux calculs des dimensions de ces bassins sont :

- les surfaces des impluviums collectés par bassin de rétention ;
- les coefficients de ruissellement : fonction de chaque type de revêtement ;
- les paramètres pluviométriques locaux ;
- le temps d'intervention en cas de pollution accidentelle pour la fermeture de l'orifice de sortie (recommandation : 1 heure) ;
- débit de fuite maximum autorisé (Disposition 3D-2 du SDAGE Loire-Bretagne) :
  - 20 L/s pour un impluvium compris entre 1 ha et 20 ha
  - 1 L/s/ha pour un impluvium de plus de 20 ha

Figure 96 : Illustration du découpage des bassins versants routiers (impluvium) entre deux points hauts du profil en long



Synthèse des hypothèses de dimensionnement par bassin :

Bassin	Impluvium	Tronçon collecté (Profils)	Emplacement du bassin	Surface Impluvium (m2)	Période de retour de dimensionnement		Qf (l/s) (SDAGE)
					Lutte contre la pollution	Laminage	
1	A	P1->P21	PP21	18 770	2ans	10 ans	20
2	B	P21->P60-1	P43-1	26 900	2ans	10 ans	20
3	C	P60-1->P90-1	P77-1	18 607	2ans	10 ans	20
3 bis	C bis	P93-1->P90-1	P90-1	4 526	2ans	10 ans	20
4	D	P93-1->P147-1	P119-1	37 313	2ans	10 ans	20
5	E	P147-1->P203-1	P169-1	34 873	2ans	10 ans	20
9	I	P330->P350-1	P330	16 307	2ans	10 ans	20
10	J	P350-1->P377-1	P337-1	20 528	2ans	10 ans	20
11	K	P377-1->P431-1	P419-1	35 130	2ans	10 ans	20
12	L	P431-1->P454-1	P436-1	21 126	2ans	10 ans	20
13	M	P454-1->P498-1	P477-1	36 343	2ans	10 ans	20
14	N	P498-1->P541	P529-1	31 982	2ans	10 ans	20

Tableau 69 : Hypothèses de dimensionnement des BR de la section courante

Bassin	Impluvium	Tronçon collecté (Profils)	Emplacement du bassin	Surface Impluvium (m2)	Période de retour de dimensionnement		Qf (l/s) (SDAGE)
					Lutte contre la pollution	Laminage	
6	F	P203-1->P247	P222-1	22 792	2ans	10 ans	20
7	G	P247->P287-1	P247	10 995	2ans	10 ans	20
8	H	P287-1->P330	P309-1	37 407	2ans	10 ans	20

Tableau 70 : Hypothèses de dimensionnement des BR du franchissement de la Loire

#### 4.2.11.3. Dimensionnement pour la régulation des rejets

Le but de ce paragraphe est l'estimation des volumes utiles de chaque bassin de rétention pour stocker et laminar la crue de référence du projet, soit T=10ans.

Les calculs se font en fonctionnement normal (orifice ouvert).

$$Q_s = \frac{360 * Q_f}{S_a}$$

- Qf : débit de fuite du bassin, en m³/s ;
- Qs : débit de fuite spécifique du bassin, en mm/h ;
- Vr : volume de rétention du bassin, en m³ ;

La méthode des pluies permet l'estimation du volume « Vr » avec une hypothèse d'un débit de sortie du bassin constant :

$$V_r = \frac{Q_s * S_a}{6} * \left( \frac{b}{1-b} \right) * \left( \frac{Q_s}{a * (1-b)} \right)^{-1/b}$$

Avec :

- a, b : coefficients de Montana,
- Sa : surface active

La variation du débit de fuite en fonction de la hauteur de la lame d'eau à l'intérieur du bassin impose l'application d'un coefficient correcteur « O » au volume estimé par la relation ci-dessus :

$$\Omega = \left( \frac{1}{1+\alpha} \right)^{\frac{b-1}{b}}$$

La forme de l'orifice de fuite (circulaire sous forme d'ajutage) fixe « =0,5».

Explication de a, b, Sa,

#### 4.2.11.4. Dimensionnement pour la maîtrise de la pollution chronique

Notations :

- Qf (hu/2) : débit de fuite du bassin à mi-hauteur utile, en L/s ;
- QT : débit de pointe à l'entrée du bassin, pour une période de retour T, en m³/s.

$$Q_T = C * S_T * I_T / 3,6$$

$$\text{Où : } I_T = a_T * t^{-b_T}$$

- t : temps de concentration en min ; fonction de chaque impluvium.
- a et b : coefficients de Montana pour la pluie de période de retour T (voir annexe) ;
- VH : vitesse horizontale des écoulements, VH < 0,15 m/s ;
- Vs : vitesse de sédimentation du bassin, Vs = 1 m/h (permet l'abattement de 85% de la MES) ;

La surface du bassin « Sb » au niveau du miroir du volume mort est déterminée par la relation suivante :

$$S_b = \left( \frac{0,8 * Q_T - Q_{f(h_m/2)}}{V_s * Ln \left( \frac{0,8 * Q_T}{Q_{f(h_m/2)}} \right)} \right)$$

Vérification de la vitesse horizontale dans l'ouvrage afin que celle-ci ne soit pas trop élevée (décantation)

La vérification de la vitesse horizontale des écoulements dans le bassin se fait grâce à l'équation suivante :

$$V_H \leq \frac{Q_{f(h_m/2)}}{l * h_m}$$

#### 4.2.11.5. Dimensionnement pour la pollution accidentelle

L'expérience a montré que ce type de pollution a souvent des effets désastreux sur l'environnement, les milieux contaminés pouvant mettre plusieurs années à retrouver un équilibre.

##### Analyse du risque

Les accidents mettant en cause des véhicules de transport de matières dangereuses présentent un caractère exceptionnel (de l'ordre de 200 accidents par an en France dont la moitié environ avec déversement de polluants). Le guide du SETRA "l'eau et la route" volume 4 indique une probabilité d'occurrence des accidents avec déversement de matières dangereuses de 2% pour 100 km de voie accueillant 10 000 véh/j chaque année. Cela correspond, avec ce même trafic à une probabilité d'une fois tous les 5 000 ans pour une section de 1 km.

Sur la section concernée du projet (14,7 km), la probabilité d'occurrence serait donc de l'ordre de 0,2 % chaque année avec un trafic de 12 400 véh/j<sup>6</sup>.

Enfin, il faut relativiser le risque en fonction du trafic de matières dangereuses sur l'infrastructure concernée et sur le secteur d'étude.

Par ailleurs, au niveau national, l'analyse statistique des accidents mettant en cause des véhicules transportant des matières dangereuses (TMD) indique que 2/3 de ces accidents découlent d'erreurs attribuables aux chauffeurs des poids lourds impliqués (assoupissement, vitesses excessives, perte de contrôle sur les accotements,...). Pour les autres, ils découlent surtout de dépassements mal maîtrisés par des véhicules tiers.

L'amélioration du profil en travers (accotements stabilisés) et du tracé en plan offrent de meilleures conditions de circulation, permettant notamment des dépassements sécurisés. Ces éléments vont dans le sens d'une diminution du risque d'accident sur la section concernée.

Ces données confirment le niveau de risque très faible du point de vue de la pollution accidentelle sur l'infrastructure considérée.

### Zones à fort enjeu

Les secteurs à protéger pour la fonction écologique ou leur rôle pour l'alimentation humaine sont les suivants :

- traverse de périmètre éloigné ou rapproché de captage AEP,
- franchissements de cours d'eau,
- franchissement de Loire,
- traversée de zone humide.

### Dispositions de confinement

Les enjeux étant élevés, les bassins multifonction seront équipés d'un dispositif d'obturation composé d'un clapet étanche et démontable (joint à lèvres) positionné sur l'orifice de fuite comme le préconise le guide du SETRA. (cf. p. 135).

Les bassins sont dimensionnés pour recueillir le volume contenu dans un camion-citerne ; à cet effet, ils sont équipés d'un système de by-pass en entrée et de vannes d'isolement en entrée et en sortie. Le by-pass sera dimensionné pour évacuer le débit correspondant à la pluie de fréquence décennale (caractéristique retenue pour le dimensionnement des ouvrages de collecte du réseau d'assainissement de la plate-forme routière). Le by-pass entrera gravitairement en service lorsque le bassin sera plein de manière à éviter la surverse des eaux piégées dans le bassin.

Notations :

- g : accélération de la pesanteur, g= 9,81 m/s<sup>2</sup> ;
- h(T,t) : hauteur de la pluie de période de retour T et de la durée « t ». En fonction des paramètres pluviométriques locaux (Station pluviométrique d'Orléans), la formule de Montana permet d'estimer cette lame d'eau tombée en l'espace d'un temps « t » :

$$h_{(T,t)} = a * t^{(1-b)}$$

- t : durée de l'averse en minute, t = 2h ;
- a et b : paramètres de Montana ;
- hu : hauteur d'eau utile du bassin (hauteur de marnage) ;
- hm : hauteur d'eau du volume mort, fixée à hm = 0,40 m ;
- L : longueur du bassin au miroir du volume mort, en m ;
- l : largeur du bassin au miroir du volume mort, en m ;
- m : pente des berges du bassin, fixée à m = 3 ;
- F : diamètre de l'orifice de fuite du bassin, en mm ;
- Qf : débit de fuite du bassin, (fixé par le SDAGE) ;
- S : surface de l'orifice de fuite, en m<sup>2</sup> ;
- Sa : surface active de l'impluvium, Sa = ST \* C, en m<sup>2</sup> ;
- ST : surface totale de l'impluvium, en m<sup>2</sup> ;

<sup>6</sup> Trafic en 2030 sur la section la plus chargée.

- C : coefficient d'imperméabilisation de l'impluvium ;
- Tp : temps de propagation de la pollution, Tp = 1h (correspond au temps d'intervention en cas de pollution accidentelle) ;
- Vm : volume mort du bassin, en m<sup>3</sup> ;
- VPA : volume de la pollution accidentelle, fixé à VPA = 40 m<sup>3</sup> ;
- Vu : volume utile du bassin pour contenir la pollution accidentelle pour la pluie h(T,t), en m<sup>3</sup> ;
- x : rapport longueur sur largeur du bassin au miroir du volume mort, fixé à x = 8.

Les volumes utiles des bassins sont calculés avec des orifices de sortie fermés. Dans ces conditions, les bassins doivent pouvoir contenir les volumes d'eau générés par la pluie d'occurrence pour laquelle ils sont dimensionnés et de durées équivalentes au temps de concentration de leurs impluviums respectifs, auxquels sont ajoutés les volumes de la pollution accidentelle routière.

L'équation suivante permet l'estimation de ces volumes utiles :

$$V_u = S_a * h_{(T,t)} + V_{PA}$$

### Caractéristiques géométriques des bassins en fonction des volumes utiles

En fonction des valeurs des volumes utiles déterminés au chapitre précédent, il est possible de déterminer les dimensions géométriques des bassins. Ici, la forme rectangulaire est retenue pour sa facilité de réalisation ainsi que pour le respect du rapport longueur sur largeur « x ».

(voir le détail des calculs en annexe p. 175) :

Selon les normes du guide SETRA, les dimensions retenues ici garantissent un abattement de l'ordre de 85% de la pollution en particules fines, de 75% pour la DCO, de 80% pour les Cu, Cd et Zn et de 65% pour les Hc et HAP. Elles assurent également une protection au milieu naturel en cas de déversement accidentel de pollutions sur la plate-forme routière.

La qualité des rejets de chaque bassin respectera les seuils suivants en mg/l :

MES	DCO	Zn	Cu	Cd	HC
30	25	1	0.05	0.001	0.5

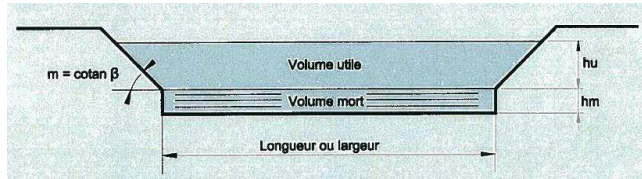


Figure 97 : coupe type d'un bassin de rétention avec volume mort  
Source : Guide SETRA

Figure 1 : coupe type d'un bassin de rétention  
(Source : Guide SETRA)

Selon la figure présentée ci-dessus, les volumes utiles des bassins peuvent aussi s'écrire comme suit :

$$V_u = L * l * h_u + (L + l) * m * h_u^2 + \frac{4}{3} * m^2 * h_u^3$$

Sachant que « L=x\*l », l'équation ci-dessus devient :

$$l = \frac{[-(1+x) * m * h_u^2] + \sqrt{[(1+x) * m * h_u^2]^2 - [4 * x * h_u * \left(\frac{4}{3} * m^2 * h_u^3 - V_u\right)]}}{2 * x * h_u}$$

Le volume mort correspondant est fourni par la relation suivante :

$$V_m = L * l * h_m$$

« Vm » en m3, « L, l et hm » en m.

#### Temps de propagation d'une pollution miscible

Le temps de propagation d'une pollution miscible dans un bassin est estimé à l'aide de la formule suivante :

$$T_p = \frac{V_m}{2 * Q_f}$$

« Tp » en s, « Vm » en m3 et « Qf » en m3/s.  
« Qf » est le débit de fuite maximal autorisé.

#### Débit de fuite « Qf » pour assurer le temps d'intervention

Connaissant le volume mort et le temps d'intervention en cas de pollution (1h), l'estimation du débit de fuite assurant une protection maximale en cas de pollution, se fait grâce à la formule suivante :

$$Q_f = \frac{V_m}{7,2 * T_p}$$

« Qf » en L/s, « Tp= 1heure » en h et « Vm » en m3.

La valeur du débit de fuite donnée par cette formule correspond à une hauteur de « hu/2 »

#### Dimensionnement de l'orifice de régulation

La section de l'orifice de fuite doit vérifier les deux conditions suivantes :

- à hauteur de remplissage utile égale à « hu », le débit de fuite doit être inférieur ou égal au débit de fuite maximal autorisé (20 L/s) ;
- à mi-hauteur de « hu », le débit de fuite doit être inférieur ou égal au débit assuré pour le temps d'intervention.

A. calcul de l'orifice de fuite à hauteur utile :

$$Q_f = 500 * S * \sqrt{2 * g * H}$$

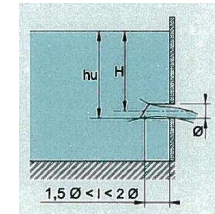
$$\text{Avec : } H = h_u - \frac{\Phi}{2}$$

« Qf » en L/s, « H, hu et F » en m et « S » en m2.

B. calcul de l'orifice de fuite à mi-hauteur utile :

$$Q_f = 500 * S * \sqrt{2 * g * H}$$

$$\text{Avec : } H = \frac{h_u}{2} - \frac{\Phi}{2}$$



Les recommandations du SETRA pour l'orifice de fuite sont de ne pas descendre en dessous de 10 cm de diamètre afin d'éviter l'obturation du dit orifice.

<sup>7</sup> Formule applicable pour un orifice entrant (ajutage).

#### 4.2.11.6. Synthèse des dimensions des bassins multifonction

Les tableaux ci-dessous récapitulent les caractéristiques dimensionnelles retenues pour l'ensemble des bassins de rétention du projet. Les valeurs affichées correspondent aux dimensions les plus contraignantes entre les modes de conception : vis-à-vis de la pollution accidentelle, pollution chronique et en tant que bassin de retenue.

Le détail des calculs est présenté en annexe.

N° BR	Paramètres								
	Longueur à la cote du volume mort [m]	Largeur à la cote du volume mort [m]	Pente des berges	Hauteur du volume utile [m]	Hauteur du volume mort [m]	Volume utile [m <sup>3</sup> ]	Volume mort [m <sup>3</sup> ]	Volume total de stockage [m <sup>3</sup> ]	Diamètre de l'orifice de fuite [mm]
1	96	12	3H/1V	0,35	0,40	446	464	910	0,145
2	122	15	3H/1V	0,40	0,40	807	741	1548	0,140
3	95	12	3H/1V	0,35	0,40	437	454	891	0,145
4	172	21	3H/1V	0,40	0,40	1568	1475	3043	0,140
5	159	20	3H/1V	0,40	0,40	1358	1271	2628	0,140
6	120	15	3H/1V	0,40	0,40	768	724	1492	0,140
7	69	9	2H/1V	0,35	0,40	234	235	469	0,145
8	117	20	3H/1V	0,55	0,40	1339	913	2251	0,125
9	85	11	2H/1V	0,35	0,40	349	359	708	0,145
10	101	13	3H/1V	0,35	0,40	487	508	995	0,145
11	157	20	3H/1V	0,40	0,40	1316	1231	2547	0,140
12	93	16	3H/1V	0,35	0,40	547	579	1126	0,145
13	168	21	3H/1V	0,40	0,40	1465	1405	2870	0,140
14	106	13	2H/1V	0,70	0,40	1166	563	1729	0,120

Tableau 71 : synthèse des caractéristiques géométriques retenues pour les bassins multifonction

#### 4.2.11.7. Incidence sur la qualité des eaux

La note d'information sur le calcul des charges de pollution chronique des eaux de ruissellement issues des plates-formes routières du guide SETRA (juillet 2006), permet de faire une estimation sur cette charge polluante.

Comme données de base, le tableau ci-dessous donne les valeurs moyennes des charges unitaires annuelles par type de polluant.

Charges unitaires annuelles Cu à l'ha imperméabilisé pour 1 000 v/j	MES kg	Dco kg	Zn kg	Cu kg	Cd g	Hc Totaux g	Hap g
<b>Site ouvert</b>	40	40	0,4	0,02	2	600	0,08
<b>Site restreint</b>	60	60	0,2	0,02	1	900	0,15

Tableau 72 : Charges unitaires annuelles par ha imperméabilisé pour 1 000 v/j (Source : guide SETRA)

Avec :

- MES : matières en suspension (norme NF EN 872)
- Dco : demande chimique en oxygène (norme T 90-101)
- Zn : zinc (norme T 90-112)
- Cu : cuivre (norme T 90-112)
- Cd : cadmium (norme NF EN ISO 5961)
- Hc : hydrocarbures totaux (norme NF EN ISO 9377-2)
- Hap : hydrocarbures aromatiques polycycliques (les six HAP de la norme XT 90-115).

Comme l'indique le tableau ci-dessus, les charges unitaires annuelles sont fonction de la configuration des sites :

- Une infrastructure dont les abords ne s'opposent pas à la dispersion de la charge polluante par voie aérienne est considérée comme un site ouvert ;
- Une infrastructure dont les abords limitent (hauteur = 1,50m et longueur = 100m) la dispersion de la charge polluante par voie aérienne correspond à un site restreint.

Ici, la nature du projet correspond plutôt à un site ouvert. Nous retenons donc les données mentionnées dans la deuxième ligne du tableau pour réaliser nos calculs.

#### Charge polluante pour un trafic inférieur à 10 000 veh/J

Pour des trafics globaux inférieurs à 10 000 véhicules/jours, la charge polluante annuelle se calcule proportionnellement :

- au trafic global
- à la surface imperméabilisée

Dans notre cas, le trafic routier se présente comme suit :

- Traversée du Val de Loire : 5 000 véhicules/jour
- Franchissement de la Loire : 12 250 véhicules/jour
- Déviation Ouest de Saint Denis-de-l'Hôtel : 12 400 véhicules/jour
- Déviation Est de Saint Denis-de-l'Hôtel : 6 000 véhicules/jour

$$Ca = Cu \times \frac{T}{1\ 000} \times S$$

Où :

- Ca = charge annuelle, en kg, de 0 à 10 000 v/j
- T = trafic global en v/j, quel que soit le pourcentage de poids lourds
- S = surface imperméabilisée en ha
- Cu = charge unitaire annuelle en kg/ha pour 1 000 v/j

#### Charge polluante pour un trafic supérieur à 10 000 veh/J

Pour des trafics supérieurs à 10 000 véhicules/jours, l'observation montre qu'au-delà de 10 000 véhicules/jours, l'accroissement de la charge polluante s'atténue.

La charge annuelle est donnée par l'expression suivante :

$$Ca = \left[ (10 \times Cu) + Cs \left( \frac{T - 10\ 000}{1\ 000} \right) \right] S$$

Et où Cs représente la charge annuelle supplémentaire à l'ha pour 1 000 v/j au-delà de 10 000 v/j annuelle, en kg, de 0 à 10 000 v/j (voir tableau ci-après) :

Charge polluante annuelle unitaire supplémentaire Cs à l'ha imperméabilisé pour 1 000 v/j au-delà de 10 000 v/j	MES kg	Dco kg	Zn kg	Cu kg	Cd g	Hc Totaux g	HAP g
<b>Cs (en sites ouvert et restreint)</b>	10	4	0,0125	0,011	0,3	400	0,05

Tableau 73 : Charges unitaires supplémentaires annuelles par ha imperméabilisé pour 1 000 v/j au-delà de 10 000 v/j (Source : guide SETRA)



Les tableaux suivants récapitulent les résultats de ces estimations.

Bassin Versant Routier de la traversée du Val de Loire (Impluvium A--> E)		
	Cu : Charge annuelle de polluants pour	Ca : Charge annuelle brute de polluants pour
	1000 véhicules/jour pour 10 000 m2	5000 véhicules/jour pour le Bassin versant routier Sud
MES (kg)	40.000	2819.7928
DCO (kg)	40.000	2819.7928
Zn (kg)	0.400	28.1979
Cu (kg)	0.020	1.4099
Cd (kg)	0.002	0.1410
Hc (kg)	0.600	42.2969
Hap (kg)	0.000	0.0056

Bassin Versant Routier de déviation Ouest de SDH (Impluvium I--> L)		
	Cu : Charge annuelle de polluants pour	Ca : Charge annuelle brute de polluants pour
	1000 véhicules/jour pour 10 000 m2	12 400 véhicules/jour pour le Bassin versant routier
MES (kg)	40.000	3947.0467
DCO (kg)	40.000	3812.9960
Zn (kg)	0.400	37.5156
Cu (kg)	0.020	2.1076
Cd (kg)	0.002	0.1929
Hc (kg)	0.600	64.7911
Hap (kg)	0.000	0.0086

Bassin Versant Routier du Franchissement de la Loire (Impluvium F--> H)		
	Cu : Charge annuelle de polluants pour	Ca : Charge annuelle brute de polluants pour
	1000 véhicules/jour pour 10 000 m2	12 250 véhicules/jour pour le Bassin versant routier
MES (kg)	40.000	3007.9669
DCO (kg)	40.000	2911.8543
Zn (kg)	0.400	28.6780
Cu (kg)	0.020	1.6001
Cd (kg)	0.002	0.1472
Hc (kg)	0.600	49.1242
Hap (kg)	0.000	0.0065

Bassin Versant Routier de la déviation Est de SDH (Impluvium M--> N)		
	Cu : Charge annuelle de polluants pour	Ca : Charge annuelle brute de polluants pour
	1000 véhicules/jour pour 10 000 m2	6000 véhicules/jour pour le Bassin versant routier
MES (kg)	40.000	1639.7899
DCO (kg)	40.000	1639.7899
Zn (kg)	0.400	16.3979
Cu (kg)	0.020	0.8199
Cd (kg)	0.002	0.0820
Hc (kg)	0.600	24.5968
Hap (kg)	0.000	0.0033

Tableau 74 : Charges annuelles et charges annuelles brutes de polluants

### Résultats de concentrations des rejets

En se rapportant aux taux d'abattement des charges de polluants réalisables par des bassins avec volume mort, ci-dessous présentés, et en faisant l'hypothèse d'une pluie biannuelle d'une durée de 10 min, nous arrivons aux résultats présentés au tableau 5 pour ce qui concerne les concentrations en polluants dans les eaux pluviales issues du projet.

	Cs en kg	K : Abattement des paramètres en % par type d'OH							Cumul abattement		
		Charge annuelle supplémentaire pour 10 000 m <sup>2</sup> au-delà de 10 000 vj	Aucun OH	Fosse emprise	Bief confinement	Fosse submersive emprise	Bassin sanitaire	Filtre à sable	Bassin avec volume mort		
									Vs=1 m/h	Vs=3 m/h	Vs=5 m/h
MES	10	0	0.65	0.65	0.65	0.85	0.9	0.85	0.7	0.6	0.85
DCO	4	0	0.5	0.5	0.5	0.7	0.75	0.75	0.65	0.55	0.75
Zn	0.0725	0	0.65	0.65	0.65	0.85	0.9	0.8	0.7	0.6	0.8
Cu	0.011	0	0.65	0.65	0.65	0.85	0.9	0.8	0.7	0.6	0.8
Cd	0.0003	0	0.65	0.65	0.65	0.85	0.9	0.8	0.7	0.6	0.8
Hc	0.4	0	0.5	0.5	0.5	0.9	0.95	0.65	0.45	0.4	0.65
Hap	0.00005	0	0.5	0.5	0.5	0.9	0.95	0.65	0.45	0.4	0.65

Tableau 75 : Taux d'abattement des charges des polluants par un bassin avec volume mort (Source : guide SETRA)

Bassin Versant Routier de la traversée du Val de Loire (Impluvium A--> E)		
	Cm : Concentration moyenne annuelle des rejets d'eaux pluviales	Ce : Charge reprise lors d'un événement pluvieux
MES (mg/l)	5.604125	35.424038
DCO (mg/l)	9.340209	59.040064
Zn (mg/l)	0.074722	0.472321
Cu (mg/l)	0.003736	0.023616
Cd (mg/l)	0.000374	0.002362
Hc (mg/l)	0.196144	1.239841
Hap (mg/l)	0.000026	0.000165

Bassin Versant Routier du Franchissement de la Loire (Impluvium F--> H)		
	Cm : Concentration moyenne annuelle des rejets d'eaux pluviales	Ce : Charge reprise lors d'un événement pluvieux
MES (mg/l)	11.024601	69.687218
DCO (mg/l)	17.787226	112.434209
Zn (mg/l)	0.140145	0.885866
Cu (mg/l)	0.007819	0.049427
Cd (mg/l)	0.000719	0.004547
Hc (mg/l)	0.420109	2.655537
Hap (mg/l)	0.000056	0.000351

Bassin Versant Routier de déviation Ouest de SDH (Impluvium I--> L)		
	Cm : Concentration moyenne annuelle des rejets d'eaux pluviales	Ce : Charge reprise lors d'un événement pluvieux
MES (mg/l)	12.109639	76.545815
DCO (mg/l)	19.497281	123.243576
Zn (mg/l)	0.153465	0.970062
Cu (mg/l)	0.008621	0.054497
Cd (mg/l)	0.000789	0.004988
Hc (mg/l)	0.463822	2.931849
Hap (mg/l)	0.000061	0.000388

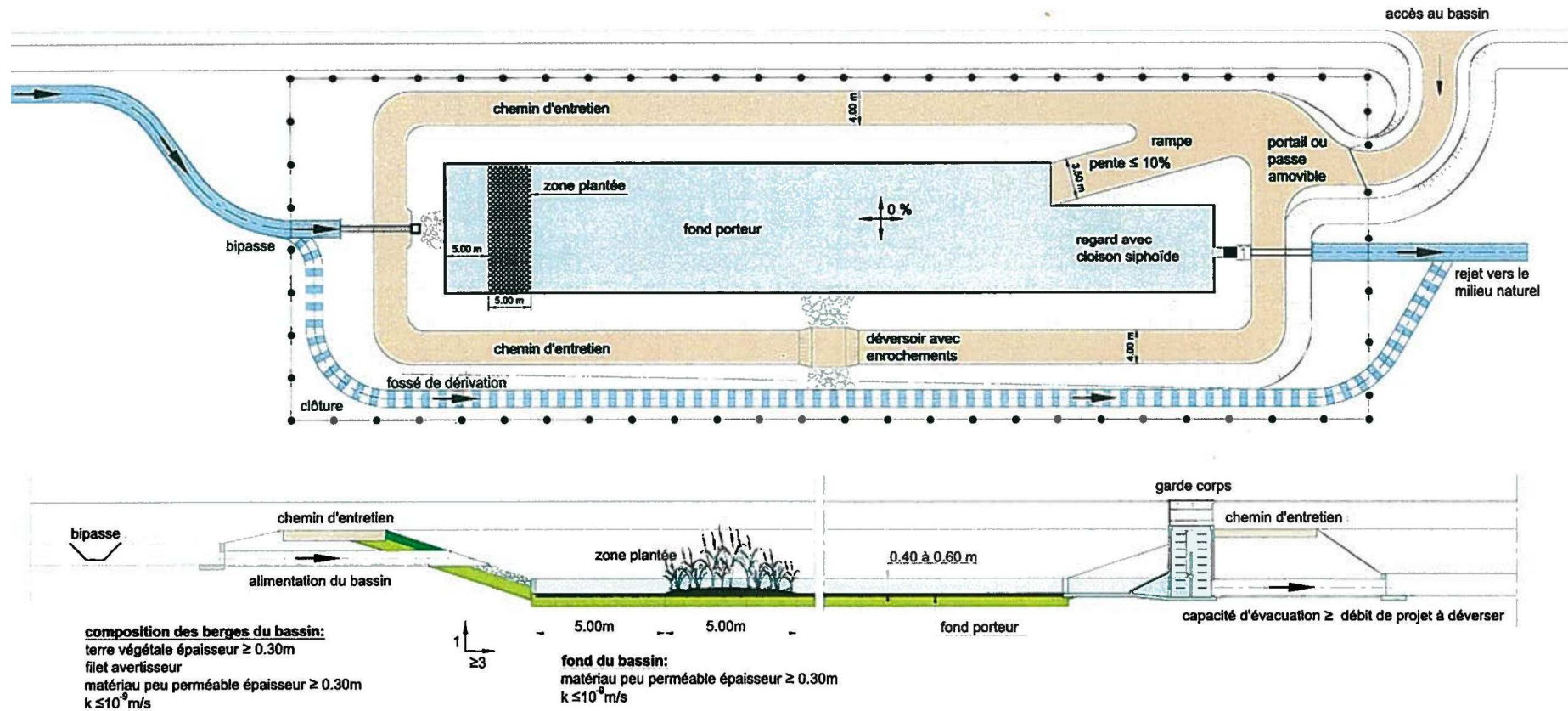
Bassin Versant Routier de la déviation Est de SDH (Impluvium M--> N)		
	Cm : Concentration moyenne annuelle des rejets d'eaux pluviales	Ce : Charge reprise lors d'un événement pluvieux
MES (mg/l)	6.573888	41.553972
DCO (mg/l)	10.956480	69.256621
Zn (mg/l)	0.087652	0.554053
Cu (mg/l)	0.004383	0.027703
Cd (mg/l)	0.000438	0.002770
Hc (mg/l)	0.230086	1.454389
Hap (mg/l)	0.000031	0.000194

Tableau 76 : Concentrations en polluants dans les EP rejetées

On observe que les concentrations moyennes annuelles des rejets par section restent toujours inférieures aux concentrations objectif en mg/L rappelées ci-dessous.

MES	DCO	Zn	Cu	Cd	HC
30	25	1	0.05	0.001	0.5

Figure 98 : Plan de principe d'un bassin multifonction avec volume mort  
 Source : Guide SETRA de la pollution d'origine routière



Les bassins devront s'intégrer au mieux dans le paysage (plantations de macrophytes et posséder une zone toujours en eau (immergée), une zone d'infiltration et une surverse avec débit de fuite.

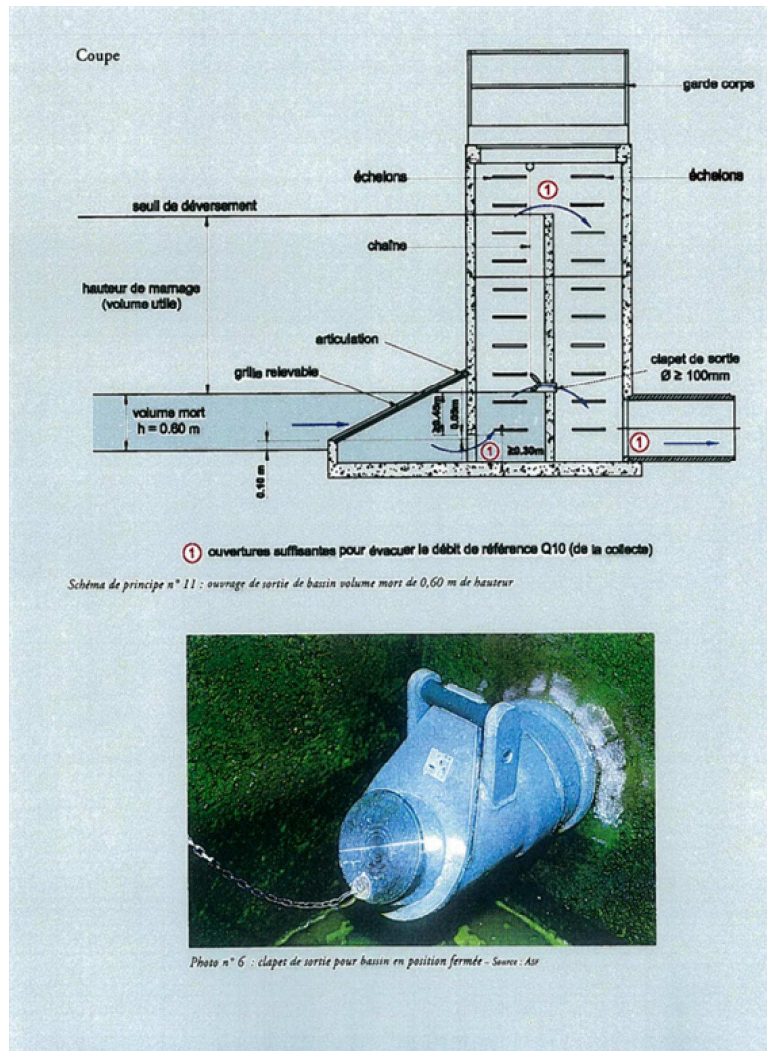
Afin de limiter les débits de rejet, ceux-ci seront régulés. En application du SDAGE Loire Bretagne, le débit de fuite ( $Q_f$ ) est fixé à (cf. p. 132):

- 20 L/s maximum par surface collectée par chaque bassin multifonction si celle-ci est inférieure à 7 ha;
- A 1 L/s/ha dans le cas contraire.

Les recommandations du SETRA pour l'orifice de fuite sont de ne pas descendre en dessous de 10 cm de diamètre afin d'éviter l'obturation du dit orifice. Le SDAGE traduit cette contrainte en appliquant un débit de 20L/s pour les petits bassins versants.

Pour les très petits bassins versants routiers, par exemple le bassin versant 3bis, la conséquence est un débit de fuite proportionnellement élevé par rapport aux autres bassins versants du projet. Cependant le débit réellement rejeté reste le plus faible des 15 bassins.

Figure 99 : Schéma de principe d'un ouvrage de sortie pour bassin  
 Source : Guide SETRA de la pollution d'origine routière



#### 4.2.11.8. Pollution saisonnière

Les quantités de sels de déverglaçage épandues actuellement sur le secteur fluctuent entre 10 g/m<sup>2</sup> (traitement préventif) et 30 g/m<sup>2</sup> (traitement curatif) par passage. S'agissant essentiellement d'un salage à caractère préventif, il est procédé au maximum à 2 salages par jour (matin et soir).

Le projet (en ne considérant que les surfaces des voies faisant l'objet d'un salage) concerne au total 18 ha de voirie (14,7 km x 12,25 m).

Partant du principe que l'ensemble de la voirie sera traitée (en 4 passages), et considérant que l'ensemble de ce sel part dans les émissaires, les quantités maximales de sels déposées par jour seront de :

$$M = S \cdot q \cdot N$$

où

- M = charge maximale journalière (g)
- S = surface salée (m<sup>2</sup>)
- q = quantité maxi de sel au m<sup>2</sup>
- N = Nombre de passage journalier

Soit M = 20 tonnes journalière

La concentration varie dans le temps avec un pic peu de temps après le début du ruissellement, suivi d'une baisse progressive.

Deux hypothèses sont étudiées, à savoir :

1. un épisode pluvieux de 3 mm suffisant à entraîner l'ensemble de la charge polluante,
2. la fonte de 10 cm de neige correspondant à 10 mm d'eau.

Les concentrations obtenues, proportionnelles aux surfaces traitées, résultent du calcul suivant :

C = charge maximale journalière / volume ruisselé sur la route

Soit :

1. Dans la première hypothèse : 39 g/l
2. Dans la deuxième hypothèse : 11 g/l

Sachant que la teneur seuil constituant un barrage pour la faune aquatique (in J. ARRIGNON : Aménagement piscicole des eaux douces) est de 5 g/l de sel (NaCl), on peut conclure sur une incidence de la viabilité hivernale liée au projet puisque les concentrations des rejets dépassent cette valeur. Toutefois, les rejets sont dilués dans les cours d'eau récepteurs.

Les milieux fermés telle que les marres peuvent être affectés lorsque le renouvellement en eau douce n'est pas suffisant. Toutefois, les hypothèses prises ci-dessus décrivent des épisodes peu fréquents dans l'année.

#### 4.2.12. Incidences du projet sur les forages AEP

La déviation traverse les périmètres de 2 forages AEP et passe à proximité du forage de laiterie de SAINT-DENIS-DE-L'HÔTEL. Compte tenu des risques de pollution de la nappe et des enjeux sanitaires, il est indispensable de protéger ces forages. Les forages sont décrits p. 71.

Commune	Indice National	Profondeur (mètres)	Nappe exploitée	Traversée d'un périmètre de protection	Linéaire (m)	Observations
Orléans	Gouffre (398-2-7)	93.68	Calcaire d'Étampes	éloignée		Collecte étanche sur ce linéaire
	Theuriet (398-2-6)	94.23				
	Bouchet (398-2-9)	93.53				
Darvoy	398-4-3	78	Calcaire d'Étampes	non		
Donnery	363-3-109	70	Calcaire d'Étampes*	non		
Mardié	363-7-9	81	Calcaire d'Étampes	non		
Saint-Denis-De-l'Hôtel	F1: 398-4X-410	78	Calcaire d'Étampes	Rapprochée et éloignée	2195 en p.e. 1532 en p.r.	Collecte étanche sur ce linéaire
	F2 : 398-4X-408	81	Calcaire d'Étampes	Rapprochée et éloignée		
	Captage privé de la laiterie	??		Non – captage privé	Non défini	Collecte étanche

Tableau 77 : Forages de la zone d'étude

Bien que suffisamment profonds pour être protégés naturellement, les dispositions suivantes seront mises en place :

- collecte étanche systématique des eaux de chaussées dans la traversée des périmètres : fossés, cunettes et zone de sécurité seront revêtus,
- regroupement des eaux en bassins multifonction dimensionnés pour le traitement de la pollution chronique et accidentelle (cf. p. 133),

#### 4.2.13. Incidences du projet sur les autres usages de l'eau

##### 4.2.13.1. Effets sur l'hydraulique agricole

##### Maintien du réseau de drainage

L'ensemble des collecteurs et drains constitue un réseau hydraulique complexe, orienté en tous sens du territoire. Certains collecteurs et fossés ont une importance capitale dans la régulation de l'hydrographie. A noter particulièrement l'existence d'un gros fossé provenant des "Grands Billons" (Donnery) à ciel ouvert qui draine 18 hectares de terres agricoles à St Denis de l'Hôtel, et qui passe entre la station d'épuration et l'entreprise MARS.

Ce réseau sera rétabli systématiquement sous la déviation.

##### Maintien du réseau d'irrigation

L'irrigation est particulièrement développée dans cette partie du val. Les exploitations ont développé très tôt un arrosage en rapport à la configuration parcelaire et aux moyens d'accès aux ressources en eau. Celles-ci sont facilement mobilisables dans le val inondable, avec des forages individuels, d'où partent des réseaux de desserte parcelaire en canalisations enterrées.

Ce réseau sera rétabli systématiquement sous la déviation.

##### 4.2.13.2. Baignade

La baignade ne sera pas affectée en rive gauche à Jargeau (plage de Jargeau), celle-ci étant située très à l'amont de la déviation (4 km).

##### 4.2.13.3. La navigation de loisirs

La navigation ne sera pas affectée (sauf pendant la construction de l'ouvrage en raison éventuellement de l'estacade).

### 4.3. Rappel concernant les incidences sur les sites Natura 2000

L'évaluation des incidences sur les sites Natura 2000 est présentée dans le sous dossier 2 auquel le lecteur est invité à se reporter.

La synthèse en est la suivante :

Le projet de déviation de Jargeau et Saint-Denis-de-l'Hôtel traverse deux sites du réseau Natura 2000 ligérien :

- Zone Spéciale de Conservation - ZSC FR2400528 « Vallée de la Loire de Tavers à Belleville-sur-Loire ». Son document d'objectifs a été validé en 2005 (BIOTOPE, 2005).
- Zone de Protection Spéciale - ZPS FR2410017 « Vallée de la Loire du Loiret ». Son document d'objectifs a été validé en 2005 (BIOTOPE, 2005).

Trois autres sites Natura 2000 sont également présents dans un rayon de 5 km autour du projet, pour lesquels l'incidence du projet est non significative au regard des faibles continuités écologiques entre ces sites et la zone de projet :

- Le Site d'Intérêt Communautaire FR2402001 « Sologne », classé en ZSC depuis 2009. Son document d'objectifs a été approuvé par arrêté préfectoral le 3 février 2009 ;
- Le Site d'Intérêt Communautaire FR2400524 « Forêt d'Orléans et périphérie », confirmation du classement en SIC par la commission européenne le 26 janvier 2013 ;
- La Zone Spéciale de Conservation FR2410018 « Forêt d'Orléans », classée en ZPS depuis le 23 décembre 2003.

L'évaluation des incidences au titre de Natura 2000 porte uniquement sur le réseau Natura 2000 ligérien (ZPS et ZSC).

Les principaux enjeux de conservation concernant le patrimoine d'intérêt communautaire présent sur la zone de projet sont :

- Les habitats, avec 8 habitats d'intérêt communautaires caractéristiques des grandes vallées alluviales ;
- Les moulins d'eau douce, avec la présence potentielle de la Mulette épaisse (Unio crassus) ;
- Les insectes, avec une attention particulière pour le Gomphe serpentin (Ophiogomphus cecilia) ;
- Les poissons, avec un intérêt particulier pour la Bouvière et les poissons migrateurs ;
- Les oiseaux, avec une attention particulière pour les cortèges des espèces nicheuses des grèves sableuses, des berges abruptes et de la forêt alluviale ;
- Les mammifères, et plus particulièrement le Castor d'Europe, la Barbastelle d'Europe, le Grand Murin et la Murin à oreilles échanquées.

Le projet de déviation routière peut entraîner différents effets sur le patrimoine naturel d'intérêt communautaire, dont les principaux sont :

- Destruction potentielle d'individus (due aux risques de collisions ou d'écrasement aussi bien en phase chantier que d'exploitation) ;
- Destruction/dégradation potentielle d'habitats naturels et d'habitats d'espèces (par l'emprise du projet, l'emprise des travaux, le risque de pollution des eaux et des sols, la rupture des continuités écologiques, la propagation d'espèces envahissantes...) ;
- Déplacement possible de la faune par le bruit (en phase travaux et d'exploitation).

Ainsi, afin de limiter les effets du projet de déviation de Jargeau sur le patrimoine naturel d'intérêt européen, un ensemble de mesure d'évitement et de réduction des incidences est proposé en lien avec les mesures de l'étude d'impact.

### Synthèse des mesures d'évitement et de réduction proposées dans le cadre du projet de déviation de Jargeau

Type de mesure	Intitulé de la mesure
<b>Mesures en phase travaux, insérées dans le plan de gestion environnementale du chantier</b>	
Évitement	Baliser pour éviter toute destruction des stations d'espèces végétales, d'habitats naturels et d'habitats d'espèces à préserver (cf. mesure de gestion environnementale du chantier)
Réduction	Limiter les risques de dispersion et d'introduction d'espèces végétales envahissantes (cf. mesure de gestion environnementale du chantier)
Réduction	Isoler la zone de chantier vis-à-vis des amphibiens et de la petite faune (cf. mesure de gestion environnementale du chantier)
Réduction	Démantèlement de la plate-forme de nidification du Balbuzard pêcheur (cf. mesure de gestion environnementale du chantier)
Réduction	Vérification de la présence de chiroptères dans les arbres sur les secteurs de déboisements (cf. mesure de gestion environnementale du chantier)
Réduction	Identifier les zones d'installation du chantier et les pistes des engins (cf. mesure de gestion environnementale du chantier)
Réduction	Ajustement du calendrier de travaux en fonction des cycles de vie de la faune (cf. mesure de gestion environnementale du chantier)
Réduction	Limiter les nuisances lumineuses pour la faune nocturne (cf. mesure de gestion environnementale du chantier)
Réduction	Accompagnement de chaque tranche de travaux par un écologue (cf. mesure de gestion environnementale du chantier)
<b>Mesures en phase de conception du projet</b>	
Réduction	Création de passages à amphibiens
Réduction	Aménagement de franchissements sécurisés pour les chauves-souris
Réduction	Création de banquettes végétales pour le maintien des continuités écologiques au niveau des franchissements de cours d'eau
Réduction	Limitation des nuisances lumineuses pour la faune nocturne
Accompagnement	Mise en place d'un plan de gestion écologique des anciennes carrières de Saint-Denis-de-l'Hôtel
Accompagnement	Reconnexion du boisement ouest du Bois de Latingy, issu de la rupture écologique due à la déviation
Accompagnement	Contribution à la mise en œuvre de certaines actions de la déclinaison régionale du plan national d'action en faveur des chauves-souris

Pour chaque espèce ou habitat d'intérêt européen, l'analyse des incidences est évaluée en fonction de son niveau d'enjeu de préservation et des effets possibles du projet après intégration de l'ensemble des mesures d'insertion écologique. Après analyse, le projet de déviation routière de Jargeau ne présente pas d'incidence significative, après la mise en œuvre des mesures d'insertion écologique, pour l'ensemble du patrimoine naturel d'intérêt européen à l'origine de la désignation des sites Natura 2000 ligérien du Loiret (Zone Spéciale de Conservation et Zone de Protection Spéciale).

Une analyse des incidences cumulées de différents projets ligériens a également été réalisée en concertation avec la DREAL Centre qui a validée la liste des projets retenus pour l'analyse des incidences cumulées. Les autres projets pris en compte pour cette analyse cumulative sont :

- Le pont de Meung-sur-Loire/Cléry-Saint-André, maîtrise d'ouvrage Département du Loiret ;
- Le doublement du pont de l'autoroute A71, maîtrise d'ouvrage Cofiroute ;
- Le nouveau franchissement projeté à Orléans, maîtrise d'ouvrage Communauté d'agglomération Orléans – Val de Loire ;
- Le pont de Sully-sur-Loire/Saint-Père-sur-Loire, maîtrise d'ouvrage Département du Loiret ;
- La restauration des écoulements dans la traversée d'Orléans, maîtrise d'ouvrage DDT 45 – Pôle Loire ;
- La restauration des levées, maîtrise d'ouvrage DDT 45 – Pôle Loire ;
- Les travaux d'entretien du lit du fleuve, maîtrise d'ouvrage DDT 45 – Pôle Loire.

Les incidences cumulées des différents projets ligériens sont non significatives au regard de la répartition spatiale et temporelle des principaux projets, et dans la mesure où le milieu naturel sera pris en compte au travers de mesures d'insertion écologique.

Les incidences cumulées des projets ligériens sur les chauves-souris sont indéterminées au regard du manque de connaissance. Ce groupe fait donc l'objet de mesures particulières visant à réduire au maximum les effets du projet de franchissement de Loire à Jargeau.

## 4.4. Compatibilité du projet avec les documents en vigueur

### 4.4.1. Compatibilité avec le SDAGE (Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux)

Le SDAGE Loire Bretagne a été adopté par la commission du bassin Loire Bretagne le 15 octobre 2009 et arrêté par le Préfet coordonnateur le 18 novembre 2009. Ce dernier fixe les objectifs quantitatifs et qualitatifs pour un bon état à l'horizon de 2015 (61 % des eaux de surface). Concernant la qualité de l'eau, le SDAGE est défini en 15 orientations fondamentales pour la reconquête d'un bon état écologique :

1. Repenser les aménagements de cours d'eau ;
2. Réduire la pollution des nitrates ;
3. Réduire la pollution organique ;
4. Maîtriser la pollution par les pesticides ;
5. Maîtriser les pollutions dues aux substances dangereuses ;
6. Protéger la santé en protégeant l'environnement ;
7. Maîtriser les prélèvements d'eau ;
8. Préserver les zones humides et la biodiversité ;
9. Rouvrir les rivières aux poissons migrateurs ;
10. Préserver le littoral ;
11. Préserver les têtes de bassin versant ;
12. Réduire le risque d'inondations par les cours d'eau ;
13. Renforcer la cohérence des territoires et des politiques publiques ;
14. Mettre en place des outils réglementaires et financiers ;
15. Informer, sensibiliser, favoriser les échanges.

Seules les orientations fondamentales 1, 3, 5, 6, 8 et 12 (en gras, ci-dessus) sont concernées par le projet de déviation de la RD921 entre Jargeau et Saint-Denis-de-l'Hôtel.

#### 4.4.1.1. Orientation fondamentale 1 « Repenser les aménagements de cours d'eau »

Il est subdivisé en 7 orientations dont 3 concernent le projet :

##### 1A « Empêcher toute nouvelle dégradation des milieux » :

Pour cela le SDAGE note qu'« il ne s'agit pas d'interdire tout nouvel aménagement mais de prévoir les mesures suffisantes pour compenser les effets négatifs des projets ». Dans le cadre de l'étude d'impact du projet et du dossier d'incidences au titre de la loi sur l'eau, des mesures pour éviter, réduire puis compenser ses effets négatifs sont proposées.

Il s'agit en particulier de :



RD 921 / Déviation entre Jargeau et Saint-Denis-de-l'Hôtel

Sous dossier VI - Pièce 17 - Dossier de demande d'autorisation au titre de la loi sur l'eau (dossier et pochette de plans)

63073- Version finale – septembre 2014

- Définir des ouvrages hydrauliques sur le Dhuy et la Marmagne garantissant les continuités écologiques notamment piscicoles,
- Limiter les travaux sur les berges,
- Limiter les incidences de travaux de l'ouvrage sur la Loire (construction d'une estacade),
- Limier les incidences sur les zones humides et compenser les impacts résiduels.

Les dispositions suivantes de l'orientation 1A concernent le projet :

#### Dispositions

**1A-1** Lorsque les mesures envisagées ne permettent pas de réduire significativement ou de compenser les effets négatifs des projets pour respecter l'objectif des masses d'eau concernées, ceux-ci font l'objet d'un refus, à l'exception des projets répondant à des motifs d'intérêt général (projets inscrits dans le Sdage, relevant du VII de l'article L.212-1 et des articles R.212-7 et R.212-11 du code de l'environnement).

environnemental.

La disposition 1A3 du SDAGE :

**1A-3** Toute intervention engendrant des modifications morphologiques de profil en long ou en travers est fortement contre-indiquée si elle n'est pas justifiée par des impératifs de sécurité, de salubrité publique ou d'intérêt général, ou par des objectifs de maintien ou d'amélioration de la qualité des écosystèmes.

Les effets résiduels après mise en œuvre des mesures d'évitement et de réduction sur les masses d'eau ont été analysés (cf. p. 152).

Le projet n'aggrave pas le risque de non atteinte des objectifs fixés au SDAGE pour les masses d'eau superficielles à l'exception de la masse d'eau FRGR1140 (le Dhuy) pour laquelle la morphologie du lit sera modifiée sur 60 ml ce qui correspond à un optimal technique et

environnemental.

Le franchissement du Dhuy a fait l'objet d'une optimisation afin de répondre à cette disposition.

Une première version de l'Avant-Projet prévoyait une reprise très importante du linéaire du cours d'eau (330 ml) mais un ouvrage plus court. Il a finalement été décidé de réduire

fortement la modification du cours d'eau (reprise sur 60 ml) par un ouvrage plus long sans pile en rivière qui correspond au meilleur compromis technique entre la portée maximale admissible, l'absence de piles, le maintien de la continuité écologique et la modification du cours d'eau.

La morphologie du lit ne sera modifiée que sur 60 ml ce qui correspond à un optimal technique et environnemental.

Au vu des mesures environnementales décidées et des impacts résiduels attendus après leur mise en œuvre, le projet est compatible avec l'orientation 1A notamment les dispositions 1A1 et 1A3.

#### 1C Limiter et encadrer la création de plans d'eau

Le SDAGE encadre précisément la création et l'exploitation de plan d'eau relevant de la nomenclature des activités visées aux articles L. 214-2 et L. 214-3 du code de l'environnement.

Les plans d'eau créés par le projet se limitent aux 15 bassins multifonction ou infiltrant et aux mares compensatoires. Les dispositions 1C1 à 1C-4 ne concernent pas ces plans d'eau. En outre, que ce soient les bassins routiers ou les mares compensatoires, chacun de ces 2 types ne visent qu'à renforcer la qualité environnementale globale du projet (maîtrise de la qualité et de la quantité des rejets, renforcement de la biodiversité).

#### 1D « Limiter et encadrer les extractions de granulats alluvionnaires en lit majeur » :

Le SDAGE précise que « dans les dossiers d'enquêtes publiques relatives à des travaux, les maîtres d'ouvrage publics ou leurs maîtres d'œuvre devront, s'ils estiment nécessaire de recourir aux granulats alluvionnaires, apporter la preuve qu'il n'est pas possible d'employer des matériaux de substitution ».

En l'occurrence, compte tenu des volumes nécessaires à la réalisation du projet (soit 220 000 m<sup>3</sup>), la ressource devra être à proximité afin de limiter les coûts de transport, la consommation d'énergie et les rejets de gaz à effet de serre. Toutefois, afin de respecter le SDAGE, il sera nécessaire de prélever en dehors du lit majeur de la Loire.

De plus, s'agissant d'une technicité complexe en particulier pour les ouvrages d'art, il n'est pas possible de se passer de granulats alluvionnaires.

Il n'est pas possible à ce jour de connaître en détail quelle ressource en matériaux sera recherchée, ni quel dossier sera déposé. Les dispositions 1D-1 à 1D-6 ne concernent donc pas le projet présenté à l'enquête. En revanche, l'objectif de limiter et d'encadrer les extractions de granulats alluvionnaires en lit majeur sera visé.

Il n'apparaît guère possible de se passer de granulats alluvionnaires à court terme. Toutefois, afin de respecter le SDAGE, la ressource ne sera pas prélevée en lit majeur.

#### 1E « Contrôler les espèces envahissantes » :

Le SDAGE précise que « des mesures doivent être prises pour contrôler les proliférations ». Le projet est concerné par 6 espèces végétales invasives (Jussie à grandes fleurs, Aster lancéolé, Erable negundo, Robinier faux-acacia, Bident à fruits noirs et Cerisier tardif) et des mesures seront prises pour limiter les risques de dispersion et d'introduction d'espèces végétales exotiques envahissantes.

Différentes mesures de chantier sont présentées en p.149.

Même s'il est très difficile de lutter contre les espèces invasives, des dispositions ont été conçues en amont et seront mises en place pendant le chantier face à ce problème.

#### 4.4.1.2. Orientation fondamentale 3 « Réduire la pollution organique ; »

Cette orientation fondamentale comporte l'objectif 3D qui vise la maîtrise des rejets d'eau pluviale. Bien que cet objectif porte essentiellement sur les aménagements urbains et non routiers, « il est nécessaire d'adopter des mesures de prévention au regard de l'imperméabilisation des sols, visant la limitation du ruissellement par le stockage et la régulation des eaux de pluie le plus en amont possible tout en privilégiant l'infiltration à la parcelle des eaux faiblement polluées »

##### 3D-2 Réduire les rejets d'eaux pluviales (réseaux séparatifs collectant uniquement des eaux pluviales)

Le rejet des eaux de ruissellement résiduelles dans les réseaux séparatifs eaux pluviales puis le milieu naturel sera opéré dans le respect des débits et charges polluantes acceptables par ces derniers, et dans la limite des débits spécifiques suivants relatifs à la pluie décennale de manière à ne pas aggraver les écoulements naturels avant aménagement :

.../...

- ◆ Dans les autres hydroécotones du bassin :
- dans les zones devant faire l'objet d'un aménagement couvrant une superficie comprise entre 1 ha et 20 ha : 20 l/s au maximum ;
- dans les zones devant faire l'objet d'un aménagement couvrant une superficie supérieure à 20 ha : 1 l/s/ha.

Le rejet des eaux de ruissellement dans les réseaux séparatifs sera effectué dans la limite relative à la pluie décennale :

- Pour les aménagements de 1 à 20 Ha => rejets inférieurs à 20l/s
- Pour les aménagements >20 Ha => rejets inférieurs à 1 l/s/ha

La méthode de dimensionnement des bassins multifonction applique cette disposition.

#### 4.4.1.3. Orientation fondamentale 5 « Maîtriser les pollutions dues aux substances dangereuses »

Il est subdivisé en 3 orientations dont une concerne le projet :

##### 5B « Réduire les émissions en privilégiant les actions préventives »

**5B-2** Les autorisations portant sur de nouveaux ouvrages de rejets d'eaux pluviales dans le milieu naturel, ou sur des ouvrages existants faisant l'objet d'une modification notable, prescrivent les points suivants :

- les eaux pluviales ayant ruisselé sur une surface potentiellement polluée devront subir a minima une décantation avant rejet ;
- les rejets d'eaux pluviales sont interdits dans les puits d'injection, puisards en lien direct avec la nappe ;
- la réalisation de bassins d'infiltration avec lit de sable sera privilégiée par rapport à celle de puits d'infiltration.

Concernant le projet de déviation, les eaux pluviales de la plateforme routière seront dirigées vers des ouvrages de traitement justement dimensionnés respectant ainsi les prescriptions du SDAGE.

La disposition 5B2 a donné lieu à un ajustement technique pour les bassins multifonction 4 et 5.

Pour être compatible avec le SDAGE, les rejets en Val de Loire ne se feront pas par puits d'injection en lien direct avec la nappe.

#### 4.4.1.4. Orientation fondamentale 6 « Protéger la santé en protégeant l'environnement »

Il est subdivisé en 7 orientations dont une concerne le projet :

##### 6C « Lutter contre les pollutions diffuses, nitrates et pesticides dans les aires d'alimentation de captages ».

L'état des lieux du bassin versant Loire Bretagne a mis en évidence que les pollutions diffuses, nitrates et pesticides étaient la cause première de dégradation des eaux souterraines et dans une moindre mesure des eaux superficielles.

Le projet se situe dans le périmètre de protection éloignée de captages d'eau potable, notamment le captage de la Source à Orléans. De ce fait, la conception de l'assainissement prévoit des fossés étanches et des bassins de rétention et de traitement des eaux de chaussées garantissant la lutte contre les pollutions chroniques et accidentelles de la nappe phréatique et du réseau hydrogéologique.

Pour autant, ce captage ne fait pas partie des captages jugés prioritaires par le SDAGE.

La mise en place d'un réseau de collecte étanche et de bassins multifonction assurant la décantation et le piégeage de la pollution accidentelle répond à la problématique de la protection de la ressource en eau potable. Le projet routier ne rejette pas de pesticides et de nitrates dans l'eau potable.

Les dispositions 6C-1 à 6C-3 ne concernent pas le projet.



#### 4.4.1.5. Orientation fondamentale 8 « Préserver les zones humides et la biodiversité »

Il est subdivisé en 5 orientations dont une concerne le projet :

##### 8A « Préserver les zones humides »

Parmi les dispositions de préservation des zones humides, seule la suivante intéresse le projet :

**8A-3** Les zones humides présentant un intérêt environnemental particulier (article L.211-3 du code de l'environnement) et les zones humides dites zones stratégiques pour la gestion de l'eau (article L.212-5-1 du code de l'environnement) sont préservées de toute destruction même partielle.

Une analyse détaillée des zones humides affectées par le projet a été menée. La stratégie de compensation proposée (Cf. p. 154) permet la création/restauration de 30,3 ha équivalent-qualité d'habitats d'espèces inféodées aux milieux humides en contrepartie des 22,5 ha équivalent qualité impactés.

La surface couverte par ces mesures est de 19,23 ha. Cette surface est intégrée dans le périmètre de la DUP afin d'en assurer la sécurisation foncière.

##### 8B « Recréer des zones humides disparues, restaurer les zones humides dégradées pour contribuer à l'atteinte du bon état des masses d'eau de cours d'eau associées ».

**8B-2** Dès lors que la mise en oeuvre d'un projet conduit, sans alternative avérée, à la disparition de zones humides, les mesures compensatoires proposées par le maître d'ouvrage doivent prévoir, dans le même bassin versant, la recréation ou la restauration de zones humides équivalentes sur le plan fonctionnel et de la qualité de la biodiversité. A défaut, la compensation porte sur une surface égale à au moins 200 % de la surface supprimée. La gestion et l'entretien de ces zones humides doivent être garantis à long terme.

Cf. ci-dessus

#### 4.4.1.6. Orientation fondamentale 12 « Réduire le risque d'inondation par les cours d'eau »

##### 12B « Arrêter l'extension de l'urbanisation des zones inondables »

Bien que cet objectif ne relève pas du Conseil général, le projet a cherché cependant à ne pas stimuler le développement urbain en zone inondable (cf. pièce 5B – étude d'impact).

De plus la disposition 12B-1 concerne les infrastructures routières.

Des remblais peuvent être autorisés pour la réalisation de travaux d'infrastructures d'intérêt public (route, voies ferrées...) dans la mesure où ils n'aggravent pas notablement les risques dans le bassin hydrographique et dans la mesure où ils ne constituent pas une nouvelle contrainte à la dynamique et la morphologie naturelle du cours d'eau.

Une étude hydraulique du franchissement du lit endigué de la Loire a été menée afin de vérifier que le risque n'est pas aggravé par le projet. Dans le franchissement du lit endigué, le rehausse de la ligne d'eau n'atteint pas 1cm dans les zones à enjeux (cf. p. 100). Le projet de franchissement de la levée n'aggrave pas le risque actuellement constaté (cf. pièce 18 – étude de danger).

Par ailleurs, une simulation hydraulique du franchissement du val de Loire en crue a été réalisée. Elle démontre que de nouveaux habitants seront exposés à l'amont de la déviation du fait du léger

remblai qu'il est nécessaire de créer (hauteur variable de 0,5 m à 1, 5 m)(cf. p.117) . Toutefois pour la crue de calcul, les habitants auront depuis longtemps été évacués dans le cadre du plan d'évacuation.

L'objectif 12D concerne le projet :

##### 12D « Réduire la vulnérabilité dans les zones inondables ».

Le SDAGE précise qu'il s'agit d'adapter les comportements et d'aménager les constructions existantes et les équipements dans les zones inondables afin :

- d'assurer la sécurité des individus,
- de permettre un retour à la normale le plus rapide possible après un épisode de crues, avec le redémarrage des activités y compris agricoles,
- d'éviter les « surendommagements » (dus à des équipements insuffisamment stabilisés comme des cuves de fuel à l'origine de pollution accidentelle par entrainement et rupture de celle-ci). »

Le projet de déviation prend des dispositions de nature à empêcher l'urbanisation en zone inondable (cf. pièce 5B).

Par ailleurs, une modélisation hydraulique a été réalisée (impact sur la ligne d'eau en période de crue, situation décrue, ...) comparant les 2 situations : sans remblai et avec le remblai escompté (cf. p. 103 et suivantes).

4.4.1.7. Synthèse

Orientations fondamentales	Objectifs	Dispositions	commentaire	Bilan
1 Repenser les aménagements de cours d'eau	1A Empêcher toute nouvelle dégradation des milieux	1A-1	Le projet n'aggrave pas le risque de non atteinte des objectifs fixés au SDAGE pour les masses d'eau superficielles à l'exception de la masse d'eau FRGR1140 (le Dhuy) pour laquelle la morphologie du lit sera modifiée. Cependant, cette modification a été fortement réduite (de 330 ml à 60 ml), ouvrage plus log qui ne touche pas les berges ce qui correspond à un optimal technique et environnemental.	Compatible
		1A-3		Compatible
	1C Limiter et encadrer la création de plans d'eau		Les plans d'eau créés sont les bassins routiers ou les mares compensatoires. Ils ne visent qu'à renforcer la qualité environnementale globale du projet (maîtrise de la qualité et de la quantité des rejets, renforcement de la biodiversité)	Compatible
	1D Limiter et encadrer les extractions de granulats alluvionnaires en lit majeur		Il n'apparaît guère possible de se passer de granulats alluvionnaires à court terme. Toutefois, afin de respecter le SDAGE, la ressource ne sera pas prélevée en lit majeur.	Compatible
	1E Contrôler les espèces envahissantes		Des dispositions ont été conçues en amont et seront mises en place pendant le chantier face à ce problème	Compatible
3. Réduire la pollution organique		3D-2	Le rejet des eaux de ruissellement dans les réseaux séparatifs sera effectué dans la limite relative à la pluie décennale : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pour les aménagements de 1 à 20 Ha =&gt; rejets inférieur à 20l/s</li> <li>• Pour les aménagements &gt;20 Ha =&gt; rejets inférieurs à 1 l/s/Ha</li> </ul>	Compatible
5. Maîtriser les pollutions dues aux substances dangereuses	5B Réduire les émissions en privilégiant les actions préventives	5B-2	Pour être compatible avec cette disposition, les rejets en Val de Loire ne se feront pas par puits d'injection en lien direct avec la nappe	Compatible
6. Protéger la santé en protégeant l'environnement	6c Lutter contre les pollutions diffuses, nitrates et pesticides dans les aires d'alimentation de captages		La mise en place d'un réseau de collecte étanche et de bassins multifonction ou infiltrant assurant la décantation et le piégeage de la pollution accidentelle répond à la problématique de la protection de la ressource en eau potable. Le projet routier ne rejette pas de pesticides et de nitrates.	Compatible
8. Préserver les zones humides et la biodiversité ;	8A Préserver les zones humides	8A-3	La stratégie de compensation proposée (Cf. p. 154) permet la création/restauration de 30,3 ha équivalent-qualité d'habitats d'espèces inféodées aux milieux humides en contre partie des 22,5 ha équivalent qualité impactés. La surface couverte par ces mesures est de 19,23 ha. Cette surface est intégrée dans le périmètre de la DUP afin d'en assurer la sécurisation foncière.	Compatible
	8B Recréer des zones humides disparues, restaurer les zones humides dégradées pour contribuer à l'atteinte du bon état des masses d'eau de cours d'eau associées	8B-2		Compatible
12. Réduire le risque d'inondations par les cours d'eau	12B Arrêter l'extension de l'urbanisation des zones inondables	12B-1	Une étude hydraulique du franchissement du lit endigué de la Loire a été menée afin de vérifier que le risque n'est pas aggravé par le projet. Dans le franchissement du lit endigué, le rehausse de la ligne d'eau n'atteint pas 1cm dans les zones à enjeux (cf. p. 100). Le projet de franchissement de la levée n'aggrave pas le risque actuellement constaté (cf. pièce 18 – étude de danger).  Par ailleurs, une simulation hydraulique du franchissement du val de Loire en crue a été réalisée. Elle démontre que de nouveaux habitats seront exposés à l'amont de la déviation du fait du léger remblai qu'il est nécessaire de créer (hauteur variable de 0,5 m à 1, 5 m)(cf. p.117) . Toutefois pour la crue de calcul, les habitants auront depuis longtemps été évacués dans le cadre du plan d'évacuation.	Compatible
	12D Réduire la vulnérabilité dans les zones inondables		Le projet de déviation prend des dispositions de nature à empêcher l'urbanisation en zone inondable	Compatible

Tableau 78 : Synthèse de l'analyse de la compatibilité du projet avec les orientations fondamentales et les dispositions du SDAGE

#### 4.4.2. Compatibilité avec le SAGE<sup>8</sup> « Nappe de Beauce et milieux aquatiques associés »

Le règlement contient 14 articles, seuls les articles 7, 9 et 13 concernent le projet :

**Article 7 : Mettre en œuvre des systèmes de gestion alternatifs des eaux pluviales :** « Les solutions de régulation préconisées pour la gestion des eaux pluviales, dans le cadre d'opérations d'aménagement, s'orientent classiquement sur la mise en place de bassins de rétention. L'application de cette technique de rétention est jugée peu satisfaisante.

Dès lors qu'il est établi que des solutions alternatives (rétention à la parcelle, techniques de construction alternatives type toits terrasse ou chaussée réservoir, tranchée de rétention, noues, bassins d'infiltration...) permettent d'atteindre le même résultat et qu'elles ne posent pas de contraintes techniques et économiques incompatibles avec la réalisation du projet, ces solutions doivent être mises en œuvre, dans le cadre des demandes d'autorisation ou des déclarations présentées au titre des articles L.214-1 à L.214-6 du Code de l'environnement (rubrique 2.1.5.0 nomenclature EAU).

Cette règle s'applique sur tout le territoire du SAGE, sauf précisions apportées par un autre SAGE. »

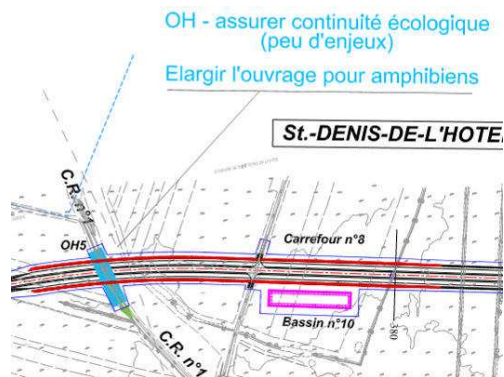
Les solutions alternatives évoquées ci-dessus concernent davantage les projets urbains que les projets routiers. D'une part, elles ne s'appliquent pas à la déviation de Jargeau. D'autre part l'article lui-même ne vise pas les projets routiers. Le guide en vigueur du SETRA propre aux projets routiers a été appliqué.

**Article 9 : Prévenir toute nouvelle atteinte à la continuité écologique :** « La continuité écologique des cours d'eau se définit par la libre circulation des espèces biologiques et par le bon déroulement du transport naturel des sédiments.

La création de remblais, installations, épis et ouvrages soumis à autorisation ou déclaration en application des articles L.214-1 à L.214-6 du Code de l'environnement, qui constituent un obstacle (transversal et/ou longitudinal) à la continuité écologique, dans le lit mineur des cours d'eau prioritaires, peuvent être autorisés ou faire l'objet d'un récépissé de déclaration à condition que soient cumulativement démontrées :

- l'existence d'un intérêt général avéré et motivé (protection des populations contre les inondations,...),
- l'absence de solutions alternatives permettant d'atteindre le même résultat à un coût d'investissement et de fonctionnement économiquement acceptable,
- la possibilité de mettre en œuvre des mesures corrigeant et compensant l'atteinte à la continuité écologique et n'aggravant pas les inondations à l'aval, au droit et à l'amont du secteur du projet. »

La déviation recoupe 8 cours d'eau de faible importance mais dont la fonction de corridor écologique peut être réelle. C'est le cas du ruisseau traversé à la limite Mardié / Saint-Denis-De-L'hôtel. Ce cours d'eau sera rétabli par un ouvrage bâti (et non une buse) permettant aux petits animaux de le traverser (cf. ci-contre).



Sur le territoire du SAGE Beauce, la déviation concerne plusieurs petits cours d'eau secondaires. La continuité écologique a été recherchée même pour les cours d'eau à faible enjeu. Le projet est donc compatible avec le SAGE Beauce.

**Article 13 : Protéger les zones humides et leurs fonctionnalités :** « Dès lors que la mise en œuvre d'un projet conduit, sans alternative avérée, à la disparition de zones humides, les mesures compensatoires proposées par le maître d'ouvrage doivent prévoir, dans le même bassin versant, la création ou la restauration de zones humides équivalentes sur le plan fonctionnel et de la qualité de la biodiversité, respectant la surface minimale de compensation imposée par le SDAGE si ce dernier en définit une.

A défaut, c'est-à-dire si l'équivalence sur le plan fonctionnel et de qualité de la biodiversité n'est pas assurée, la compensation porte sur une surface égale à au moins 200% de la surface supprimée. La gestion et l'entretien de ces zones humides doivent être garantis à long terme. »

Le projet de déviation entraîne la destruction de zones humides. Au même titre que le SAGE du Loiret, pour être compatible, des mesures compensatoires seront mises en place. (cf. p. 154 et suivantes)

Globalement, l'objectif des SAGE est d'assurer, d'ici 2015 :

- la non-détérioration des masses d'eau ;
- le bon état écologique et chimique des masses d'eau de surface ; le bon potentiel écologique et le bon état chimique pour les masses d'eau de surface artificielles ou fortement modifiées ;
- le bon état quantitatif et chimique des masses d'eau souterraines ;
- la suppression des rejets de substances dangereuses prioritaires ;
- l'atteinte des normes et objectifs fixés par les directives existantes dans le domaine de l'eau.

#### 4.4.3. Compatibilité avec le SAGE « Loiret »

Le SAGE Val Dhuy-Loiret dispose d'un règlement qui vise à atteindre les objectifs cités précédemment. Le règlement contient 6 articles, seul l'article 2 concerne le projet :

« Article 2 Conserver en bon état les zones humides remarquables ou d'intérêt particulier[...] Conformément au SDAGE, dès lors que la mise en œuvre d'un projet conduit, sans alternative possible avérée, à la disparition de zones humides, les mesures compensatoires proposées par le maître d'ouvrage doivent prévoir, dans le même bassin versant, la création ou la restauration de zones humides équivalentes sur le plan fonctionnel et de la qualité de la biodiversité. A défaut, la compensation des surfaces supprimées porte sur une surface égale à celle prévue par le SDAGE. La gestion et l'entretien de ces zones humides doivent être garantis à long terme »

Le projet de déviation entraîne la destruction de zones humides. Pour être compatible avec le SAGE, des mesures compensatoires seront mises en place. (cf. p. 154 et suivantes)

#### 4.4.4. Compatibilité avec le PPRI actuel

Le Plan de Prévention du Risque d'Inondation (PPRI) de la vallée de la Loire du val d'Orléans Amont a été approuvé par arrêté préfectoral du 7 juin 2001.

Le projet de déviation de la RD 921 se situe en zone A du PPRI : zone à préserver de toute urbanisation nouvelle et concerne des zones d'aléa 2 (moyen), 3 (fort), et 4 (très fort).

Le règlement de la zone A a donc été analysé :

#### Article A2.2- Ouvrage et travaux admis

Sont admis sous réserve des prescriptions de l'article A.2.4 :

Dispositions communes aux 4 secteurs d'aléa (extrait):

<sup>8</sup> Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux

- Les travaux d'infrastructure publique, leurs équipements et les remblaiements indispensables à condition :
  - que leurs fonctions rendent impossible toute solution d'implantation en dehors des zones inondables,
  - que le parti retenu, parmi les différentes solutions techniques envisageables, assure le meilleur équilibre entre les enjeux de sécurité publique, hydrauliques, économiques et environnementaux,
  - que toutes les mesures soient prises pour ne pas aggraver les risques et les effets des crues, en particulier pour éviter des implantations dans les zones d'aléas les plus forts,

Au vu de la nécessité de traverser le val de Loire inondable, des caractéristiques du projet du point de vue hydraulique et des mesures prises pour assurer la sécurité publique la déviation entre parmi les ouvrages et travaux admis par l'article A.2.2 du PPRI 2001.

#### Article A.2.4-Prescriptions particulières

Dispositions communes aux 4 secteurs d'aléa

- Les installations de stockage et de fabrication de produits dangereux ou polluants indispensables aux constructions, installations et activités admises dans la zone doivent tenir compte du caractère inondable de la zone par :
  - Le stockage en récipients étanches arrimés ou le stockage situé au-dessus de la cote des plus hautes eaux connues,
  - Des orifices de remplissage étanches et des débouchés de tuyaux d'évents au-dessus de la cote des plus hautes eaux connues, l'ancrage des citernes enterrées et lestage ou l'arrimage des autres, des dispositifs d'assainissement devront être conçus et implantés de façon à en minimiser l'impact négatif en cas de crue.

Disposition spécifiques au secteur d'aléa 4

L'implantation et la volumétrie des constructions devront être déterminées de façon à ce que les surfaces perpendiculaires au courant et les remous hydrauliques soient les plus réduits possibles.

Les installations de chantiers (base vie) ne se situeront pas en zone inondable. Tous stockages et dispositifs d'assainissement de la base de vie ne sont donc pas concernés par l'article A.2.4  
Les travaux de la déviation sont ainsi compatibles avec l'article A.2.4 du PPRI 2001.

#### 4.4.5. Synthèse

Le projet et les mesures présentées dans ce dossier (cf. ci-après) notamment la collecte, le stockage dans des bassins dimensionnés pour le traitement de la pollution chronique et accidentelle et pour la régulation des rejets des eaux de plate-forme, contribuent à la réalisation des objectifs visés à l'article L. 211-1 du code de l'environnement et aux objectifs de qualité des eaux de l'article D. 211-1 du même code.

## 4.5. Mesures contre les incidences du projet

Les dispositions destinées à supprimer ou réduire les incidences du projet sur l'eau et les milieux aquatiques, sont pour la plupart classiquement intégrées dans la conception même du projet notamment :

- Dispositions pour assurer la transparence hydraulique de la Loire endiguée (cf. p. 14),
- Dispositions pour assurer la transparence hydraulique hors Loire endiguée (cf. p. 23),
- Dispositions pour le maintien des ouvrages de protection contre les crues (cf. p. 19 et suivantes),
- Dispositions pour assurer la continuité écologique des ouvrages hydrauliques (cf. p. 23),
- Collecte étanche en zone de captage AEP (cf. p. 31),
- Bassins multifonction (cf. p. 31, 132, et suivantes),

On se référera aux paragraphes correspondants.

Le présent paragraphe vient développer des dispositions complémentaires de lutte ou de compensation des incidences sur l'eau et les milieux aquatiques.

### 4.5.1. Mesures propres au chantier

#### 4.5.1.1. Mesures d'ordre général et organisationnelle et contrôle du chantier

Les entreprises devront rédiger un PRE (Plan de Respect de l'Environnement) qui prendra notamment en compte les prescriptions suivantes :

- Un suivi régulier sur le terrain : dans ce cadre, le responsable environnement effectuera des tournées périodiques afin de s'assurer que le chantier se déroule correctement, et conformément aux méthodologies définies. Sa présence sur le chantier permettra notamment de vérifier que les zones interdites (accès et dépôts sur sites Natura) sont bien respectées, que le personnel de chantier a bien reçu les consignes de management environnemental, et que tous les dispositifs sont mis en place pour parer à un éventuel incident en cas de pollution.
- Un contrôle accru lors des travaux en zone sensible : lorsque les travaux se dérouleront à proximité des sites les plus sensibles, le Responsable Environnement effectuera une tournée de chantier spécifique, afin de s'assurer que tout se déroule correctement. On peut citer pour mémoire les travaux particuliers suivants :
  - Implantation des piles et des culées du viaduc ;
  - Passage au-dessus des cours d'eau ;
  - Mise en place des installations de chantier ;
  - Zones de stockage et de dépôts.

Ces opérations particulièrement sensibles seront cadrées au préalable, par l'intermédiaire d'un système de management environnemental adapté au chantier et au contexte de la Loire.

A ce titre, des Procédures Particulières Environnement (PPE), seront applicables sur l'ensemble du chantier, quelle que soit la phase, et définissant des prescriptions auxquelles il sera impossible de déroger.

Ces PPE aborderont notamment les sujets suivants :

- Gestion des emprises ;
- Gestion des accès ;
- Piquetage des zones sensibles ;
- Opérations de défrichage ;
- Schéma Organisationnel de Gestion des Déchets ;
- Mise en place des installations de chantier ;
- Réalisation des fosses de lavage des toupies béton ;
- Gestion des prélèvements d'eau ;
- Gestion des rejets ;
- Gestion du stockage et de l'évacuation des produits polluants ;

- Mise en place des aires d'entretien et de lavages des engins ;
- Intervention en cas de pollution (POI) ;
- Arrosage des pistes de chantier ;
- Etc.

#### Le public sera informé sur le déroulement du chantier

Le bon déroulement du chantier passe aussi par une communication régulière avec les acteurs locaux : services de l'Etat, riverains, associations. Des réunions seront organisées afin de présenter l'évolution du chantier et de démontrer son exemplarité. Des documents de communication seront aussi réalisés, afin de sensibiliser le public sur la nature des travaux, et la façon dont ils sont exécutés. Pendant toute la durée du chantier, le responsable environnement et l'ensemble des acteurs du chantier se rendront disponibles pour accompagner les Services de l'Etat s'ils souhaitent effectuer une visite du chantier, sur un thème particulier. Cela permettra de présenter le travail effectué, les méthodes employées, et la façon dont le chantier est mis en place pour respecter les contraintes et prescriptions imposées.

#### 4.5.1.2. Ajustement du calendrier de travaux

Cf. calendrier en p. 47

Cette mesure consiste à arrêter un calendrier de travaux compatible avec la vulnérabilité des espèces patrimoniales ; il est particulièrement important que les travaux ne soient pas lancés au printemps lorsque les espèces entrent dans leur phase de reproduction où elles sont les plus vulnérables (nidification, floraison, fécondation, ...). Le chantier devrait durer environ 32 mois dont 23 mois pour la réalisation des ouvrages d'art dans le lit endigué de la Loire.

Il sera mis en œuvre une planification raisonnée des travaux en fonction des cycles de vie de la faune et de la sensibilité des milieux concernés :

- Les travaux dans le lit mineur ne pourront pas être exécutés entre avril et août (possibilité de commencer en juillet sur avis d'un écologue si la reproduction des sternes et autres oiseaux nicheurs des grèves est terminée) ;
- Les travaux en milieu forestier devront être réalisés entre août et octobre afin de préserver les chauves-souris.

#### 4.5.1.3. Dispositions de chantier

##### Au démarrage du chantier

- Les Entreprises seront sensibilisées aux risques encourus par les milieux naturels et les espèces animales et végétales, et aux mesures de protection à respecter,
- L'emprise du chantier sera limitée au strict nécessaire par des clôtures temporaires,
- L'installation de chantier et d'entretien des engins sera aménagée hors des zones sensibles notamment hors zone Natura 2000 et hors du lit endigué de la Loire; les points d'installation bien desservis et sans incidence sur les milieux naturels sont matérialisés en jaune.
- La base vie du chantier sera localisée en zone déjà artificialisée (zone agricole), à l'écart des habitats et des espèces d'intérêt européen ou remarquables ; elle sera équipée d'une petite aire qui sera aménagée et imperméable munie d'un système de rétention des polluants ; Il sera procédé à l'imperméabilisation des aires, à la collecte des eaux de ruissellement et à la mise en place d'un équipement minimum avec des bacs de confinement pour les cuves, des bidons destinés à recueillir les huiles usagées, des fosses septiques destinées à recueillir les eaux usées, des fossés ceinturant l'aire de stationnement des engins afin de limiter les déversements accidentels.
- La couche arable des parcelles agricoles de l'emprise du projet sera retirée puis replacée lorsque les travaux seront terminés aux endroits où elle est nécessaire (plantations). Les matériaux impropres à la réutilisation en remblai pourront servir à l'aménagement paysager ou être mis en dépôt définitif. La terre végétale sera stockée en tas peu conséquents et non compactés, ce qui évitera de la stériliser (par disparition totale de la pédo-faune),

- Les emprises seront marquées de façon visible, accompagné d'un piquetage supplémentaire pour les zones dans lesquelles aucune intrusion ne sera tolérée, définition d'une zone tampon de 5 m (zones Natura 2000 notamment, mais également sur l'ensemble du tracé pour les secteurs sensibles avec identification précise des espèces d'intérêt communautaires) ;



Photographie 5 : exemple de bassin de rétention provisoire

#### En cours de chantier

- Les entreprises doivent mettre en place des bacs décanteurs/déshuileurs pour récupérer les huiles de vidange et les hydrocarbures issus de l'entretien des engins de chantier.
- Si une phase de bétonnage est prévue, les entreprises doivent prévoir des bacs spéciaux pour récupérer les laitances issues du nettoyage des toupies de béton. Les bidons d'huile usagés seront évacués en décharge agréée au fur et à mesure de leur accumulation, mais aussi tous les déchets de chantier : la collecte, le tri et l'élimination par des filières adaptées et agréées, des déchets et débris qui seront générés durant les travaux, sont obligatoires,
- La gestion des espèces invasives (Jussie) identifiées au droit de la berge en rive droite qui induisent une réduction de la biodiversité des habitats concernés (élimination d'espèces autochtones) par :
  - Définition d'un mode opératoire de construction de l'estacade évitant la circulation des engins au droit de la zone ;
  - Balisage de la zone à l'aide de piquets et ruban de chantier pour empêcher le passage des engins dans ces herbiers ;
  - Installation d'un filet flottant en aval du chantier pour récupérer tout fragment de Jussie.
- Les exploitations agricoles et les propriétés riveraines du chantier demeureront accessibles; au besoin des ponceaux franchissables devront être installés,
- La circulation sur les voies communales et départementales sera maintenue; au besoin, des circulations alternées seront installées,
- Le risque de pollutions accidentelles et chroniques du chantier fera l'objet de mesures à appliquer par les entreprises de BTP: les DCE des marchés de travaux devront prévoir:
  - Le traitement sur place (ou la récupération pour traitement sur un autre site) des eaux usées,
  - Des dispositifs de filtration ou d'épandage des eaux de chantier afin de réduire les apports de fines ou d'hydrocarbures,
  - La justification d'un contrôle technique récent des engins,
  - L'équipement des engins d'un kit de dépollution en cas de fuite de carburants, huiles ou autres matériaux.
  - Les surfaces mise à nu devront être recouvertes le plus rapidement possible (géotextile ou ensemencement)
  - Des bassins temporaires seront installés au droit des rejets du chantier avant apport aux cours d'eau (dimensionnement pour une crue de récurrence 5 ans).
  - Chaque bassin temporaire sera muni en sortie d'un filtre à paille comme figuré ci-dessus. Les fines accumulées dans chaque bassin temporaire devront être évacuées régulièrement.



Figure 100 : Exemple de filtre à paille

A noter que pendant la phase travaux, des précautions seront prises pour maintenir la continuité des fonctions écologiques des cours d'eau.

- Le chantier pourra être suspendu en cas de fortes précipitations ou de grandes marées pour éviter les risques de dispersion de fines et d'hydrocarbures.
- Eviter la propagation des gaz d'échappement des poids lourds et limiter le bruit pendant la période de travaux de la déviation de la RD 921. Seules les habitations situées à proximité des travaux sont concernées c'est-à-dire au niveau du carrefour de la RD921 et de la déviation projetée (au Nord de Saint-Denis-De-L'hôtel) et de la ferme de Pontvilliers. Toutefois, il sera nécessaire de prendre des précautions pour ces habitations (au niveau du carrefour de la RD921).
- Le lit mineur sera protégé de façon optimale, en limitant la circulation des engins sur estacade établie sur une fraction du fleuve, de manière à ne pas obstruer la section d'écoulement de la Loire et à conserver sa continuité écologique. ;
- Les dépôts de chantier seront installés à l'écart des cours d'eau. De plus, les aires de dépôt, d'entretien des engins et les centrales d'élaboration du béton seront toutes équipées d'équipement de traitement (décanteur-déshuileur) des eaux de lavage et de ruissellement avant rejet au milieu naturel. La centrale sera en outre équipée d'un bassin de décantation afin de décanter les fines liées à la poussière de ciment avant rejet. Aucun rejet ne s'effectuera de manière directe dans les cours d'eau locaux ;
- Des dispositions de rejets de chantier devront pouvoir être mises en œuvre par les entreprises sur annonce de crue lorsqu'elles interviennent à proximité d'un écoulement (ruisseau, talweg sec, point bas,...). Les installations de chantier seront dimensionnées pour une crue de période de retour 5 ans.

Un plan de gestion des déchets de chantier sera mis en place.

En s'inspirant de la circulaire n° 2001-39 du 18 juin 2001 relative à la gestion des déchets du réseau routier national, l'obligation résultant de la loi implique d'organiser la gestion de l'ensemble des opérations afin que les déchets produits soient :

- ou bien valorisés et si possible recyclés, si nécessaire après traitement, ou réutilisés par d'autres partenaires économiques (BTP, industrie, agriculture,...)
- ou bien éliminés, après traitement si nécessaire, au moindre coût et dans le strict respect des exigences environnementales prescrites par les textes,
- que ces déchets valorisés ou des matériaux recyclés provenant d'autres sources puissent être réutilisés dans le cadre des opérations routières, afin de faciliter par une approche collective la meilleure application de la loi.

Les déchets de chantier devront être triés en fonction de leur nature (plastiques, verre...) et sont suivis jusqu'à leur élimination au moyen de bordereaux de suivi des déchets industriels.

Les entreprises se verront imposer la mise en place d'un système de récupération et valorisation de ces déchets. Elles devront estimer cette quantité à éliminer pour vérifier :

- les filières de recyclage proches du site, pouvant recevoir ces déchets ;
- les décharges pour déchets inertes pouvant accueillir ces déchets ;

Les coûts de mise en décharge (date de valeur 2012) sont :

- entre 5 et 10 Euros/tonne pour les décharges pour déchets inertes,
- entre 30 et 100 Euros/tonne pour les décharges pour déchets ménagers et assimilés.

#### En fin de chantier

Le chantier sera soigneusement nettoyé en fin de travaux (remise en place des clôtures, enlèvement des débris de chantier, recyclage des déchets de chantier, ...) ; aucun débris ou surplus de fournitures ne devra être laissé sur place.

De la même manière, toute zone éventuellement souillée devra être décapée et évacuée conformément à la réglementation concernant les déchets dangereux.

Ces dispositions précises seront arrêtées au stade des Dossiers de Consultations des Entreprises.

### 4.5.2. Mesures d'exploitation de la route

#### 4.5.2.1. Exploitant

La gestion de l'aménagement sera assurée par les services départementaux compétents localement :

- vérification de la bonne tenue des ouvrages,
- réparation des dommages éventuels,
- entretien des fossés et talus, dont le curage éventuel des fossés quand cela est nécessaire.

#### 4.5.2.2. Entretien

Les dispositions suivantes seront mises en œuvre :

- Assurer un entretien régulier des ouvrages hydrauliques (curage des ouvrages de décharge) afin de prévenir les risques de pollution des eaux superficielles et des zones de captage en période de crue (Loire, Dhuy, Marmagne) ;
- Les bassins seront régulièrement entretenus ; cet entretien comprend notamment leur curage ; il sera nécessaire dès que les volumes morts seront remplis au tiers de leur capacité ; un grillage avertisseur, enfoui sous la terre végétale, sera placé en fond de bassin afin d'éviter tout impact du curage sur la membrane ; les matières de curage seront évacuées en décharge agréée,
- L'entretien des fossés, talus et bandes paysagées sera assuré par fauchage autant que possible, l'utilisation de produits chimiques étant limitée au minimum nécessaire. En effet, les produits phytosanitaires tels que les herbicides ou limiteurs de croissance, lorsqu'ils sont utilisés régulièrement, peuvent être lessivés et entraînés vers les milieux aquatiques. Ce phénomène sera évité en respectant certaines consignes lorsque le recours à leur utilisation sera nécessaire ; utiliser un herbicide homologué, proscrire les traitements en cas de pluie, lors des périodes de sécheresse ou sur sol gelé, respecter les dosages, ne jeter en aucun cas les eaux de rinçage dans les réseaux d'assainissement ou le milieu naturel, stocker puis éliminer les emballages vides et tous les outils réformés qui ont été en contact avec les produits.
- Par ailleurs, un calendrier des indispensables visites de contrôle (tous les 6 mois), des interventions d'entretien (tous les ans) et des vérifications complètes suivies des réparations éventuelles (tous les 5 ans) sera fixé. Les boues éventuellement extraites lors de l'entretien seront traitées dans des usines habilitées à le faire,

- Assurer la destruction des espèces invasives (Jussie) en concertation et partenariat avec des associations de protection de la nature locale, espèce concurrençant des espèces protégées en France identifiées au droit de la berge en rive droite ;
- Mise en place de mesures de suivi scientifique afin de mener une gestion durable des impacts du projet dans la forêt de Latingy.

Enfin, la pérennité des aménagements environnementaux réalisés (mares ou autres mesures particulières) sera assurée par l'intermédiaire de conventions de gestion. Ces conventions seront passées avec des organismes locaux (particuliers, associations, organismes d'Etat) dont les compétences reconnues permettront d'assurer un suivi et un entretien régulier et de qualité. De plus, cette stratégie permettra le développement des activités locales et du caractère unique (classement UNESCO) du site.

#### 4.5.2.3. Moyens d'analyse, de surveillance, et de contrôle des bassins

Le maître d'ouvrage effectuera un contrôle annuel des rejets des bassins avec une analyse des eaux en sortie de bassin après un événement pluvieux, afin de vérifier le respect des paramètres de rejet. Cet échantillon d'eau fera l'objet d'analyses sur les différents paramètres de pollution routière. Les résultats seront adressés, dans les meilleurs délais à l'Agence Régionale de Santé (ARS) et au service de la police de l'eau.

Ce suivi sera allégé après 2 années si les différents bilans annuels montrent clairement à ce terme le bon fonctionnement des ouvrages.

Les ouvrages de fuite seront surveillés au moins une fois par trimestre afin d'éviter les risques de colmatage.

Toutes les analyses et interventions seront consignées dans un registre d'entretien et de surveillance.

#### 4.5.3. Salage hivernal

Pour réduire le risque de pollution des eaux résultant du salage des voiries, des mesures simples peuvent être adoptées :

1. Priorité sera donnée aux salages préventifs avec de faibles quantités de produits ;
2. Utilisation de chlorure de sodium en solution (saumure) plutôt que sous forme solide ;
3. Etanchéité de l'aire de stockage des produits.

## 4.6. Impacts résiduels sur les masses d'eau superficielles et souterraines

### 4.6.1. Masses d'eau superficielles

Quatre bassins versant de masses d'eau sont concernés :

- FRGR0007b – La Loire depuis Gien jusqu'à Saint-Denis-en-Val ;
- FRGR1140 – Le Dhuy et ses affluents depuis la source jusqu'à sa confluence avec le Loiret.
- FRGR1130 – Le Saint-Denis-de-l'Hôtel et ses affluents depuis la source jusqu'à sa confluence avec la Loire (ou ruisseau de Faujuif) ;
- FRGR0299 – Le Loiret et ses affluents depuis Olivet jusqu'à sa confluence avec la Loire ;

Les impacts résiduels sur les masses d'eau ont été approchés en évaluant, selon les mesures environnementales mises en œuvre, l'aggravation ou non du risque de non atteinte de l'objectif qui pèse sur chaque masse d'eau. Le tableau ci-dessous présente les impacts résiduels de façon synthétique. Sur les 6 risques étudiés, seul le risque morphologique demande une analyse plus attentive pour les masses d'eau FRGR0007b (La Loire) et FRGR1140 (Le Dhuy).

En effet, concernant la Loire, le projet modifie les composantes morphologiques du lit endigué par des terrassements importants et son franchissement par les ouvrages hydrauliques :

- Ouvrage principal et ouvrage de décharge (piles, culées),
- remblai entre l'ouvrage principal et l'ouvrage de décharge,
- remblai entre l'ouvrage de décharge et la levée de la Loire,
- modelage doux sous l'ouvrage de décharge.

Tableau 79 : Analyse de l'aggravation possible du risque pour chaque masse d'eau par rapport au risque actuel

Masses d'eau superficielles	Risque Macropolluants		Risque Nitrates		Risque Pesticides		Risque Micropolluants		Risque Morphologique		Risque Hydrologique	
	actuel	avec projet	actuel	avec projet	actuel	avec projet	actuel	avec projet	actuel	avec projet	actuel	avec projet
FRGR0007b – La Loire depuis Gien jusqu'à Saint-Denis-en-Val	Risque	Pas d'aggravation du risque : le projet routier n'apporte pas de macro polluant	Respect	Respect : pas d'apport de nitrates	Respect	Pas d'aggravation du risque : Il n'y a pas d'apport de pesticides en phase exploitation (ni en phase travaux)	Respect	Respect de l'objectif : le projet concentre les eaux pluviales dans 15 bassins de traitement. Les micropolluants type métaux lourds (Zn, Cd, Pb,...) sont piégés sur les fines décantées	Doute	voir analyse ci-dessus	Respect	pas d'aggravation du risque : les bassins permettent de réguler les débits de rejets jusqu'à la crue décennale
FRGR0299 – Le Loiret et ses affluents depuis Olivet jusqu'à sa confluence avec la Loire ;	Respect		Respect		Risque		Respect		Non qualifié		Respect	
FRGR1130 – Le Saint-Denis-de-l'Hôtel et ses affluents depuis la source jusqu'à sa confluence avec la Loire (ou ruisseau de Faujuif) ;	Respect		Respect		Respect		Respect		Risque		Doute	
FRGR1140 – Le Dhuy et ses affluents depuis la source jusqu'à sa confluence avec le Loiret	Risque		Respect		Risque		Respect		Risque		Risque	

Une étude hydraulique détaillée a été réalisée pour vérifier que ces transformations n'étaient pas à l'origine d'une aggravation du risque morphologique. (Cf. p. 95 et suivantes). Elle conclue à augmentation modérée et localisée des vitesses d'écoulement qui ne peut remettre en cause la morphologie de la Loire endiguée : ni enfoncement du lit, ni disparition des bancs de sable

Par ailleurs, le franchissement du Dhuy mérite attention car le Dhuy est un cours d'eau pour lequel la morphologie est un des paramètres déclassant. Une première version de l'Avant-Projet prévoyait une reprise très importante du linéaire du cours d'eau (330 m) mais un ouvrage plus court. Il a finalement été décidé de réduire fortement la modification du cours d'eau (reprise sur 60 m) par un ouvrage plus long sans pile en rivière qui correspond au meilleur compromis technique entre la portée maximale admissible, l'absence de plies, le maintien de la continuité écologique et la modification du cours d'eau.

S'il n'est pas possible d'affirmer que le projet n'aggrave pas le risque de non respect de l'objectif morphologique, il est en revanche certain que le meilleur compromis a été trouvé entre la réduction des impacts morphologiques et le respect des contraintes techniques. Il n'a pas été tenu compte du surcoût occasionné.

Le projet n'aggrave pas le risque de non atteinte des objectifs fixés au SDAGE pour les masses d'eau superficielles à l'exception de la masse d'eau FRGR1140 (le Dhuy) pour laquelle la morphologie du lit sera modifiée sur 60 ml ce qui correspond à un optimal technique et environnemental.



#### 4.6.2. Masses d'eau souterraines

Deux masses d'eau souterraines sont concernées par le projet :

- FRGG108 Alluvions Loire moyenne avant Blois
- FRGG135 Calcaires tertiaires captifs de Beauce sous forêt d'Orléans

Au vue des données disponibles, pour la nappe alluviale de la Loire moyenne (qui correspond au Val d'Orléans au droit de l'aire d'étude), la qualité chimique de la masse d'eau est dans un état médiocre en raison des nitrates mais la tendance n'est pas à la hausse. Les conditions naturelles locales ne permettent pas le retour à un bon état chimique avant 2021 (lutte contre la pollution au nitrates à poursuivre). Le risque existe aussi vis-à-vis des pesticides pour cette masse d'eau.

Concernant les calcaires tertiaires captifs de Beauce sous forêt d'Orléans, l'état de masse d'eau est bien meilleur et l'objectif devrait être atteint en 2015.

Le tableau ci-dessous synthétise l'aggravation ou non du risque de non atteinte de l'objectif qui pèse sur chaque masse d'eau. Aucun des risques mentionnés n'est susceptible d'être aggravé par le projet.

Tableau 80 : Analyse de l'aggravation possible du risque pour chaque masse d'eau souterraine par rapport au risque actuel

Code européen de la masse d'eau	Nom de la masse d'eau	"Risque Nitrates 1 : respect 0 : doute -1 : risque"		"Risque pesticides 1 : respect 0 : doute -1 : risque"		"Risque chimique 1 : respect 0 : doute -1 : risque"		"Risque quantitatif 1 : respect 0 : doute -1 : risque"		"Risque global 1 : respect 0 : doute -1 : risque"	
		actuel	avec projet	actuel	avec projet	actuel	avec projet	actuel	avec projet	actuel	avec projet
FRGG108	Alluvions Loire moyenne avant Blois	-1		-1		-1	Pas d'aggravation du risque : les eaux rejetées sont traitées avant rejet par des bassins multifonction.	1		-1	
FRGG135	Calcaires tertiaires captifs de Beauce sous forêt d'Orléans	1	Pas d'aggravation du risque (pas de nitrates rejetés par le projet)	1	Pas d'aggravation du risque (pas de pesticides rejetés par le projet)	1	De plus, une partie du réseau routier actuellement non équipé de bassin de traitement se trouvera délesté d'une majeure partie du trafic  Enfin, des bassins d'infiltration seront aménagés aux bassins 4 et 5 en lieu et place de puits d'infiltration	1	Pas d'aggravation du risque : débit en cause sans rapport avec le volume de la nappe	1	Pas d'aggravation globale du risque

Surface d'habitats d'espèces inféodées aux milieux humides à compenser (ha équivalent-qualité) = 22,5 ha

## 4.7. Mesures compensatoires

### 4.7.1. Proposition d'une stratégie de compensation des milieux humides

La stratégie de compensation proposée répond aussi bien aux aspects zones humides au travers de la loi sur l'eau, qu'aux aspects habitats d'espèces liés aux habitats d'espèces protégées inféodées aux milieux humides. L'objectif de cette stratégie est de préciser la qualité des habitats d'espèces inféodées milieux humides impactés par le projet de manière à proposer un schéma de compensation équivalent en terme de qualité.

#### Evaluation de la qualité des habitats impactés d'espèces inféodées aux milieux humides

##### FONCTIONNALITE HYDRAULIQUE

Le SDAGE Loire-Bretagne prévoit dans la disposition 8B-2 : « Dès lors que la mise en œuvre d'un projet conduit, sans alternative avérée, à la disparition de zones humides, les mesures compensatoires proposées par le maître d'ouvrage doivent prévoir, dans le même bassin versant, la création ou la restauration de zones humides équivalentes sur le plan fonctionnel et de la qualité de la biodiversité. A défaut, la compensation porte sur une surface au moins égale à 200 % de la surface supprimée. La gestion et l'entretien de ces zones humides doivent être garantis à long terme.

Sur l'aire d'étude, la fonctionnalité hydraulique des zones humides est de deux types :

- Au sud, l'aire d'étude se situe dans le lit majeur de la Loire, les zones humides jouent donc un rôle principalement d'alimentation de la nappe alluviale et d'écoulement des fortes crues (crue de retour 500 ans).
- Au nord, l'aire d'étude se situe sur un plateau, où la principale fonction des zones humides est l'alimentation de la nappe souterraine.

Dans le contexte local de cette étude, la fonctionnalité hydraulique est donc sensiblement la même sur tout le territoire de l'aire d'étude, elle ne représente donc pas un facteur discriminant pour évaluer la « qualité » des zones humides.

##### FONCTIONNALITE ECOLOGIQUE

Le rôle écologique des zones humides et des zones complémentaires à la fonctionnalité du cortège d'espèces inféodées aux milieux humides est quant à lui très diversifié sur l'aire d'étude. Ainsi, au regard de l'hétérogénéité de la fonctionnalité écologique de ces zones identifiées sur l'emprise du projet, il a été affecté aux surfaces un coefficient permettant de rendre compte de la qualité écologique du milieu vis-à-vis des enjeux écologiques locaux.

Ce coefficient tient compte du caractère humide ou non de l'habitat, de la présence de flore patrimoniale et de la fonction d'habitat, de reproduction, d'alimentation, de transit ou de repos, pour la faune liée aux milieux humides.

Seuls les habitats des amphibiens, odonates et reptiles seront pris en compte pour la conception de la matrice des coefficients de qualité de fonctionnalité écologique.

En effet, les habitats d'oiseaux et de mammifères semi-aquatiques à enjeux sur l'aire d'étude n'ont pas été pris en compte dans la conception de la matrice des coefficients car les habitats de ces espèces sont localisés sur la Loire et ses berges, secteurs dont l'impact par emprise est nul du fait du franchissement de la Loire par un pont.

L'application de ce coefficient de qualité de fonctionnalité écologique permet de calculer une surface à compenser en hectares équivalent-qualité.

Pour une zone donnée, sa surface équivalente en hectares équivalent-qualité correspond à la formule suivante : surface de la zone x coefficient de qualité.

Ensuite, ces surfaces en hectares équivalent-qualité sont sommées pour obtenir la surface totale d'habitats d'espèces inféodées aux milieux humides à compenser en ha équivalent-qualité.

Surface total d'habitats d'espèces inféodées aux milieux humides à compenser (ha équivalent-qualité) = S surface d'habitats d'espèces inféodées aux milieux humides impactés (ha) x coefficient de qualité de fonctionnalité écologique

Tableau 81 : Matrice du coefficient de qualité de fonctionnalité écologique des habitats d'espèces inféodées aux milieux humides

Matrice du coefficient de qualité de fonctionnalité écologique des habitats d'espèces inféodées aux milieux humides				
	Flore humide patrimoniale	Habitat de reproduction pour les amphibiens et/ou habitat nécessaire au développement larvaire des odonates	Habitats terrestres pour les amphibiens, odonates et reptiles	Absence de fonction d'habitats pour les amphibiens, odonates et reptiles
Habitat humide (= zone humide avérée au sens de l'arrêté du 1 <sup>er</sup> oct. 2009)	2,5	2,5	2	1,5
Habitat non caractéristique de zones humides	2	2	1,5 si intérêt moyen à fort pour les amphibiens, odonates et reptiles 0 1 si intérêt faible à moyen pour les amphibiens, odonates et reptiles	0

Le coefficient moyen de qualité de fonctionnalité écologique nécessaire au calcul de la surface de compensation est de 1,67.

Tableau 82 : Exemples de calcul de surfaces d'habitats d'espèces à compenser

Exemples de calcul de surfaces d'habitats d'espèces à compenser	
Zone A	Zone B
Surface impactée par emprise : 332 m <sup>2</sup>	Surface impactée par emprise : 3113 m <sup>2</sup>
Habitat : caractéristique d'une zone humide (code CORINE Biotopes : 22.43)	Habitat : non caractéristique d'une zone humide (code CORINE Biotopes : 34.12)
Habitat d'espèce : zone de reproduction pour les amphibiens	Habitat d'espèce : habitat terrestre des amphibiens mais isolé, à intérêt moyen à faible
Coefficient de qualité de fonctionnalité écologique : 2,5	Coefficient de qualité de fonctionnalité écologique : 1
Surface à compenser = 332 x 2,5 = 830 m <sup>2</sup> équivalent qualité	Surface à compenser = 3113 x 1 = 3113 m <sup>2</sup> équivalent qualité

### 4.7.2. Stratégie de compensation des habitats d'espèces protégées inféodées aux milieux humides

La stratégie de compensation des habitats d'espèces inféodées aux milieux humides dans le cadre du projet de déviation de Jargeau a pour objectif un réel gain de fonctionnalité écologique pour le réseau de zones humides du val ligérien local.

La situation actuelle décrit sur l'emprise très peu de zones humides avérées (0,4 ha) et a contrario une grande surface de zones complémentaires pour la fonctionnalité du cortège des espèces de milieux humides (18,2 ha). Cette tendance peut être reportée à une plus grande échelle sur l'ensemble du val de Darvoy.

Le principe de la stratégie de compensation proposée est de créer des habitats nécessaires aux espèces des milieux humides tout en améliorant la fonctionnalité écologique des zones humides du val de Darvoy.

Les surfaces de compensation sont calculées à partir de la même matrice de coefficient de qualité de fonctionnalité écologique ; l'objectif étant d'avoir une surface de compensation d'habitats d'espèces inféodées aux milieux humides équivalente à la surface d'habitats impactés en ha équivalent-qualité.

Trois mesures compensatoires sont proposées liées à la destruction d'habitats au titre des espèces protégées, et en lien étroit avec la réglementation liée aux zones humides au travers de la loi sur l'eau :

- Aménagement écologique du délaissé avec mise en place d'un plan de gestion écologique et conservation de la mare du Clos Yré dans le val de Darvoy (aménagement de 0,5 ha de mares et

mouillères en connexion avec 4,5 ha d'habitats terrestres pour les amphibiens, associé à des passages pour les amphibiens sous la future déviation).

- La densification du réseau de haies, des prairies associées avec création de mouillères au niveau des Lombardiaux dans le val de Darvoy (aménagement de 1 ha de mares et mouillères en connexion avec 9 ha d'habitats terrestres de type prairies et haies).
- Aménagement écologique du réseau de fossés parallèle à la déviation pour collecter les eaux naturelles.

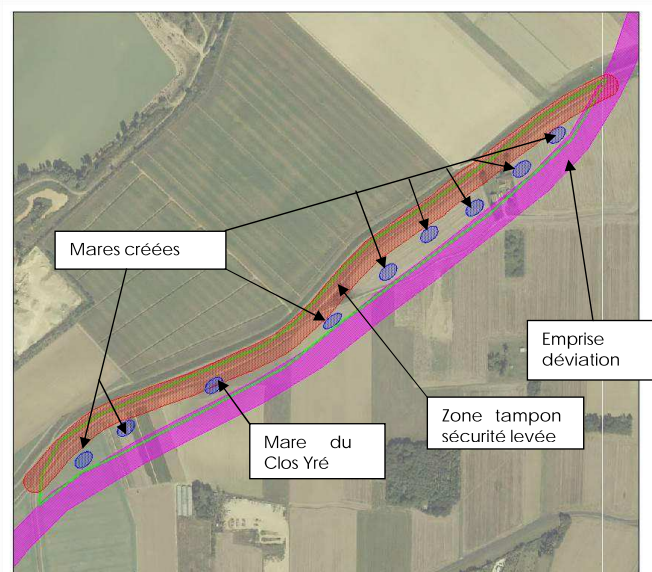
Ces trois mesures sont rappelées ci-après (extraites du chapitre des mesures de compensation pour la faune et la flore de l'étude d'impact).

Tableau 83 : Aménagement de compensation à la destruction de milieux humides

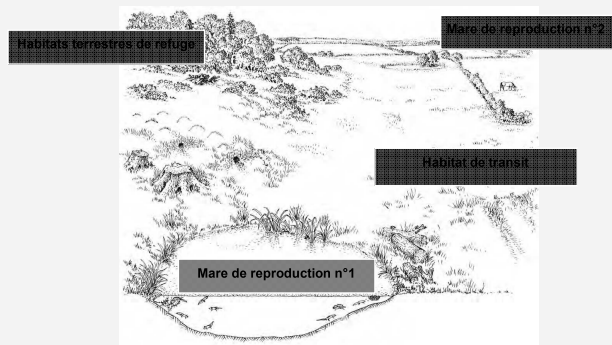
Stratégie de compensation des habitats d'espèces inféodées aux milieux humides		
Aménagement écologique du délaissé au niveau de la mare du Clos Yré	Densification du réseau de haies, prairies associées avec création de mouillères	Réseau de fossés pour la collecte des eaux naturelles
Mares : 0,5 ha ; coefficient =2,5 Habitats terrestres : 4,5 ha ; coefficient = 1,5 Surface compensées en ha équivalent-qualité = 0,5 x 2,5 + 4,5 x 1,5 = 8 ha équivalent-qualité	Mares : 1 ha ; coefficient =2,5 Habitats terrestres : 9 ha ; coefficient = 1,5 Surface compensées en ha équivalent-qualité = 1 x 2,5 + 9 x 1,5 = 16 ha équivalent-qualité	Fossé de collecte des eaux naturelles le long de la déviation : 4,23 ha (habitat terrestres pour les amphibiens, ponctuellement possibilités de reproduction les années de fortes pluviométries) Coefficient équivalent-qualité : 1,5 Surface compensées en ha équivalent-qualité = 4,23 x 1,5 = 6,3 ha équivalent-qualité
<b>Surface totale de compensation = 30,3 ha équivalent-qualité</b>		

La stratégie de compensation proposée permet la création/restauration de 30,3 ha équivalent-qualité d'habitats d'espèces inféodées aux milieux humides en contre partie des 22,5 ha équivalent qualité impactés.

La surface couverte par ces mesures est de 19,23 ha. Cette surface est intégrée dans le périmètre de la DUP afin d'en assurer la sécurisation foncière.

C03 Aménagement écologique du délaissé du Clos Yré	
Nature	Mesure de compensation
Habitats et/ou groupes biologiques visés	Les zones humides Les habitats caractéristiques du val de Loire (Pelouse sablo-calcaire, les pelouses à Corynéphore blanchâtre, prairie mésoxérophiles à chiendents) Flore protégée des mouillères : Etoile d'eau (Damasonium alisma) Les amphibiens protégés : Crapaud calamite, Pelodyte ponctué, Triton ponctué, Rainette arboricole, Triton palmé et Grenouille rousse. Les insectes protégés : Gomphe serpentin et Gomphe à pattes jaunes Les reptiles protégés : Couleuvre à collier, Lézard vert, Couleuvre verte et jaune, Orvet, Lézard des murailles et Vipère aspic
Objectif de la mesure	Densifier la valeur patrimoniale de la mare du Clos Yré en : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conservant la mare du Clos Yré existante ;</li> <li>• Créant tout une mosaïque d'habitat favorable à l'accueil de la biodiversité.</li> </ul>
Localisation	Cette mesure compensatoire est localisée au niveau du délaissé situé entre la levée existante de la Loire et la future route. Elle représente une surface d'environ 5 ha.
	
	Localisation et schéma de principe de l'aménagement du délaissé du Clos Yré. les mares seront toutes placées à une distance minimale de 19,50 m du pied de digue.
Acteurs de la mesure	Maitre d'ouvrage Ingénieur - écologue Appui scientifique (CBNBP)
Modalités techniques	Cette mesure consiste à densifier la mosaïque d'habitats disponibles pour le cortège des amphibiens des milieux pionniers du val agricole de Darvoy. Les différents habitats des amphibiens doivent être présents pour qu'ils puissent s'alimenter, se reproduire, se réfugier et idéalement se disperser pour un meilleur brassage génétique des populations : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Habitats de refuge : tas de bois, bloc de pierre, fourrés buissonnants et arbustifs indigènes ;</li> <li>• Habitats d'alimentation : prairies d'herbes hautes, riches en insectes et des zones de</li> </ul>

- buissons arbustifs indigènes ;
- Habitats de reproduction : zone en eau au moins de février à mai, de 30 cm à 1 m de profondeur, sans poissons, végétalisée ou non.



source : LANGTON et al., 2001

Modalités techniques de la création des mouillères :

- les mouillères seront créées au préalable du début des travaux, entre octobre et décembre pour ainsi accueillir les premiers individus dès le début de la période de reproduction (février) ;
- 0,5 ha de mares et mouillères seront créées ;
- Profilier différents faciès de mares et mouillères (dépressions plus ou moins profondes, temporaires ou permanentes) ;
- Développement de la végétation spontanée.

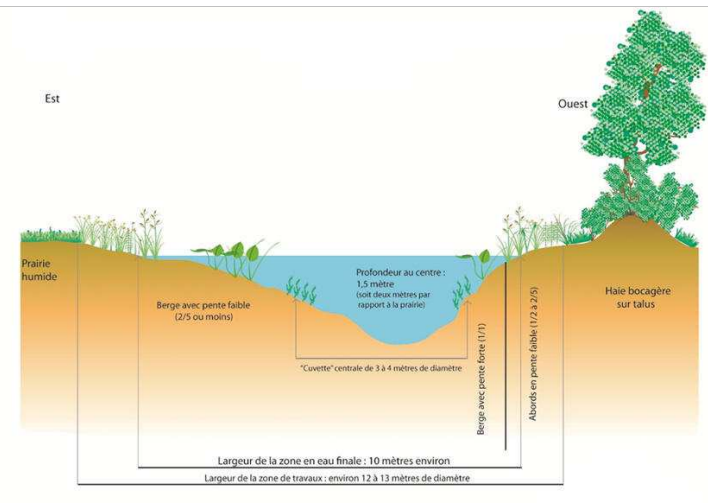
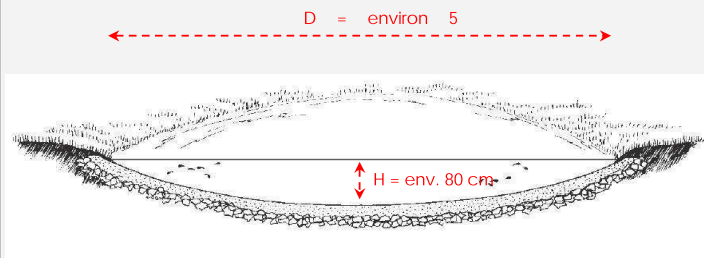


Schéma de principe d'aménagement de mouillères et mares (©BIOTOPE)

Création d'habitats terrestres, en lien avec le contexte écologique du val de Loire :

- Création de pelouse à Corynéphore (mesure expérimentale) ;
- Création de pelouse sablo-calcaire (mesure expérimentale) ;
- Création de prairies méso-xérophiles ;
- Création de fourrés arbustifs.

Les modalités de re-création des pelouses et prairies ligériennes seront à définir avec le Conservatoire botanique national du Bassin parisien. La reconversion des terres agricoles en pelouses et prairies suit les principes suivants :

- Abandon des cultures,
- Observation de la végétation spontanée,
- Ensemencement possible pour aider la conversion en prairie à partir des résidus de fauche des talus de la levée de la Loire,
- Pour la reconversion en pelouse, décapage possible de petite surface identifiée (environ 100m<sup>2</sup>),
- Pour la reconversion en pelouse, possibilité de transfert de dalles de sds à partir des pelouses à Corynéphore existantes, situées dans la zone d'emprise des travaux et qui seront détruites,
- Suivi scientifique de la végétation sur les secteurs en conversion, afin d'adapter les modalités d'intervention.

Entretien du délaissé :

Proposition d'un plan de gestion de cet espace afin d'avoir une gestion cohérente des mares, mouillères et habitats en cours de conversion.

La gestion de la mare du clos Yré sera intégrée à la logique de gestion de l'ensemble des dépressions créées. Des actions de gestion sur les mares et mouillères pourront être programmées en roulement d'une année sur l'autre :  
 Faucardage de la végétation tous les 3 à 5 ans ;  
 Possibilité de retournement de la mouillère pour rajeunir le milieu et retrouver des conditions favorables aux espèces pionnières, tous les 5 à 10 ans.

Coût indicatif	100 000 à 150 000 € devant faire l'objet d'une offre financière spécifique
----------------	--

Indicateur de mise en œuvre	Rapport de suivi de chantier de l'ingénieur-écologue
Indicateurs d'efficacité	Réalisation d'un suivi annuel pendant les cinq premières années concernant : Les amphibiens : suivi annuel de la reproduction des amphibiens dans les différentes mares et moulères ; La végétation : suivi annuel de la végétation afin de suivre la dynamique végétale sur les habitats en conversion ;
Mesures associées	Mesure de réduction : Plan de gestion environnemental du chantier Mesure de réduction : création de passages à amphibiens

<b>C05</b>	<b>Densification du réseau de haies et prairies associées avec création de mares</b>
Nature	Mesure compensatoire
Habitats et/ou groupes biologiques visés	Amphibiens Avifaune (en particulier la Pie-grièche écorcheur) Reptiles
Objectif de la mesure	L'objectif est de créer une mosaïque d'habitats fonctionnels pour les espèces caractéristiques des milieux prairiaux.
Localisation	Cette mesure est localisée autour la ferme du Bois des Glan
Acteurs de la mesure	Maitre d'ouvrage Ingénieur - écologue
Modalités techniques	Cette mesure prévoit la conversion de 10 ha de cultures en : <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 ha de mares et moulères ;</li> <li>• 9ha de prairies, associées à un réseau de haie (création minimale de 4500 m de haie bocagère).</li> </ul>
	
	Illustration d'un secteur bocager
Coût indicatif	150 000 à 180 000 € devant faire l'objet d'une offre financière spécifique
Indicateur de mise en œuvre	Rapport de suivi de chantier de l'ingénieur-écologue
Indicateurs d'efficacité	Réalisation d'un suivi annuel pendant les cinq premières années concernant la fréquentation du site par les amphibiens, les reptiles et les oiseaux. Puis suivi tous les 5ans, jusqu'à au moins 20 ans après la mise en circulation de la route.
Mesures associées	/

	<b>création d'un réseau de fossés pour la collecte des eaux naturelles</b>
Nature	Mesure d'assainissement du projet dont le fonctionnement assure une compensation à la destruction de milieux humides
Habitats et/ou groupes biologiques visés	Amphibiens Habitat terrestres pour les amphibiens, ponctuellement possibilités de reproduction les années de fortes pluviométries
Objectif de la mesure	L'objectif est de créer un réseau de fossé de collecte des eaux naturelles le long de la déviation : Au total, 4,23 ha seront créés
Localisation	Cette mesure est appliquée sur l'ensemble du linéaire du projet neuf (donc à l'exception de la partie aménagée sur place à Saint-Denis-de-l'Hôtel)
Acteurs de la mesure	Maitre d'ouvrage
Modalités techniques	Chaque fossé a d'abord une fonction de collecte des eaux naturelles afin d'assurer la pérennité de l'ouvrage routier. Toutefois le profil en long de chaque fossé et le tracé peuvent être étudiés afin de ménager des surlargeurs, des zones planes où l'eau peut s'accumuler en période humide ; Ces dispositions seront examinées dans les études ultérieures (niveau PRO voire DCE et en phase chantier)
Coût indicatif	pas de coût spécifique (inclus dans le poste assainissement)
Indicateur de mise en œuvre	Rapport de suivi de chantier de l'ingénieur-écologue
Indicateurs d'efficacité	Réalisation d'un suivi annuel pendant les cinq premières années concernant la fréquentation du site par les amphibiens. Puis suivi tous les 5ans, jusqu'à au moins 20 ans après la mise en circulation de la route.
Mesures associées	/

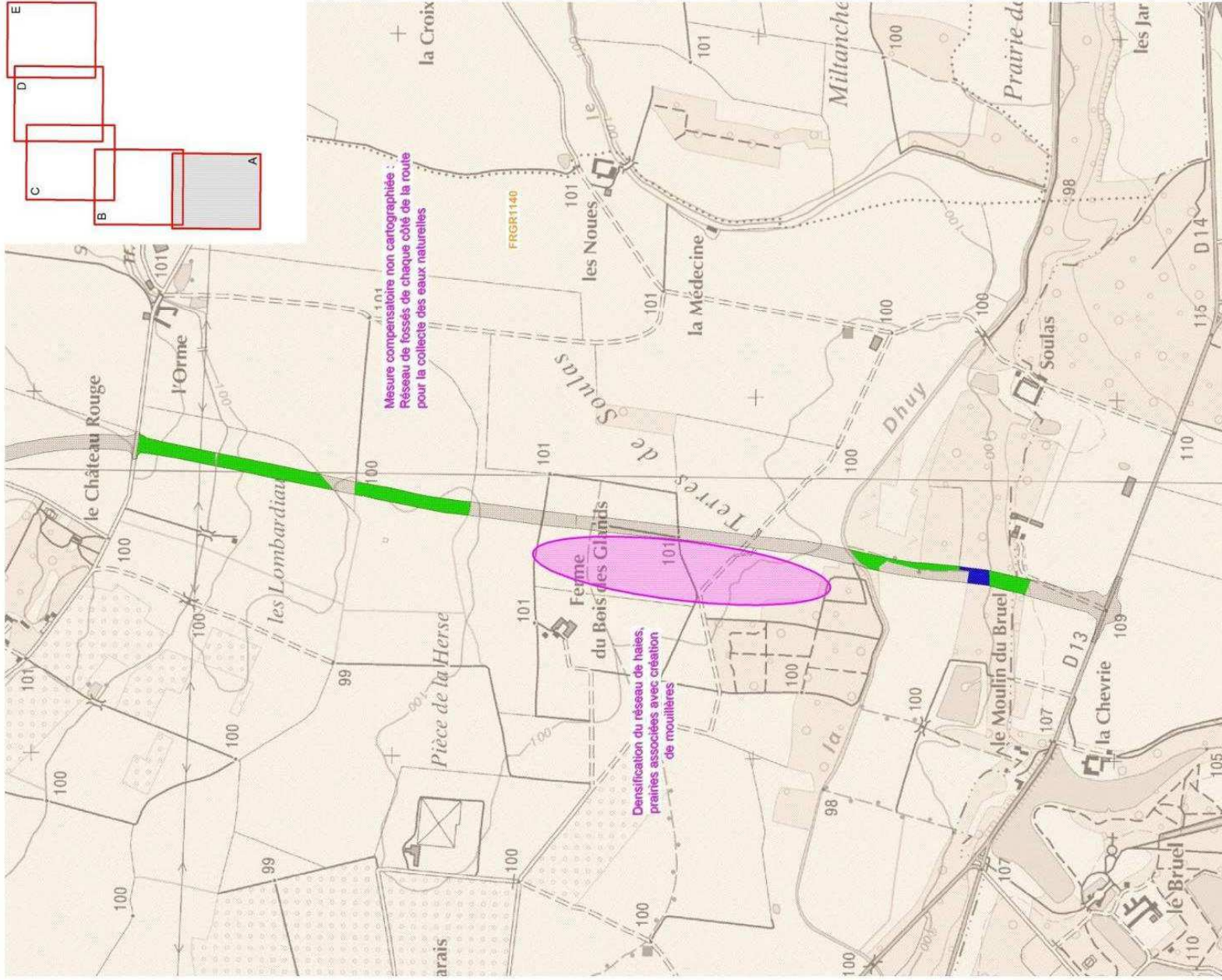
#### 4.7.3. Mesure d'accompagnement

Les mesures de compensation sont quasiment toutes localisées au sud de la Loire (hormis une partie du linéaire de fossés), ainsi par souci de cohérence entre la localisation des milieux humides impactés et des milieux humides recréés nous proposons également d'associer une mesure d'accompagnement au projet qui consisterait à mettre en place un plan de gestion écologique au niveau des anciennes carrières de Saint-Denis-de-l'Hôtel (à proximité « des Comtesses »).

La faisabilité de cette mesure reste à préciser, notamment par rapport à la propriété foncière et à la possibilité de conventionnement pour la mise en place d'une gestion écologique.

L'objectif du plan de gestion écologique proposé serait d'augmenter les possibilités d'accueil de la biodiversité en diversifiant les habitats aquatiques et humides accessibles (par exemple : création ponctuelle de hauts fonds dans les carrières, création et/ou restauration de roselière ...).

## DÉLIMITATION DES ZONES HUMIDES SUR L'EMPRISE DU PROJET ET LOCALISATION DES MESURES COMPENSATOIRES



Sources : Scaer25 IGN, Agence de l'eau LB, Biotope, CG45, Cartographie : Biotope, 2013

Limites des bassins versant  
des masses d'eau

Zone humide avérée au titre de la loi sur l'eau

Zone complémentaire pour la fonctionnalité du cortège d'espèces  
inféodées aux milieux humides

Typologie des mesures liées aux zones humides

Mesure compensatoire

Mesure d'accompagnement

Emprise du projet de déviation



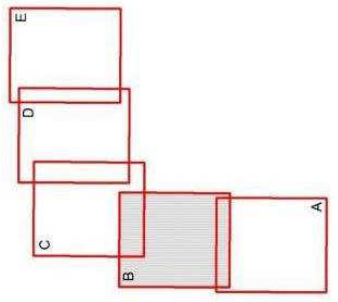
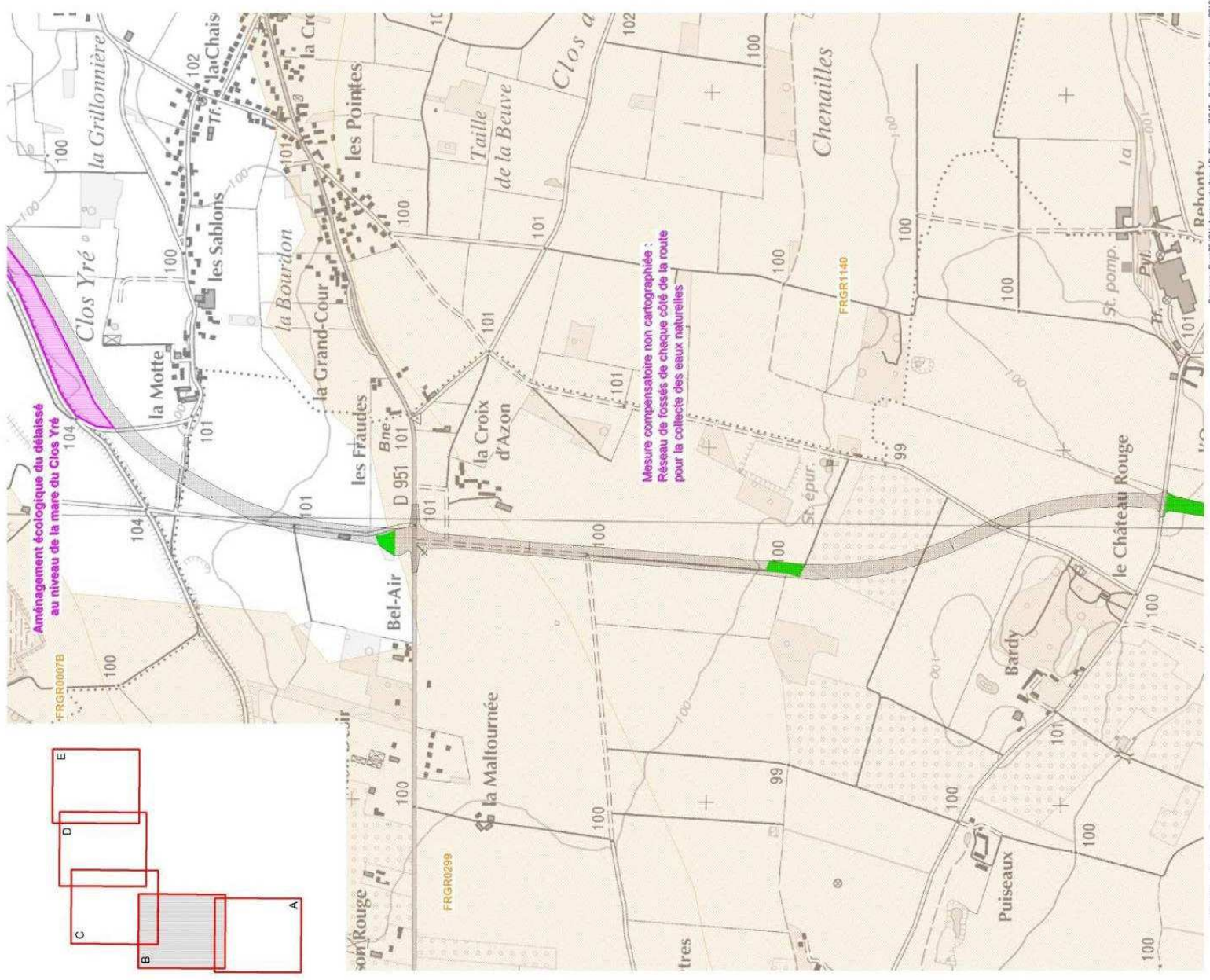
0 100 m 200 m

Echelle : 1/ 10 000



CG45 - Etude d'impact pour la déviation de Jargeau / Saint-Denis de l'Hôtel  
Volet faune, flore et milieux naturels

## DÉLIMITATION DES ZONES HUMIDES SUR L'EMPRISE DU PROJET ET LOCALISATION DES MESURES COMPENSATOIRES



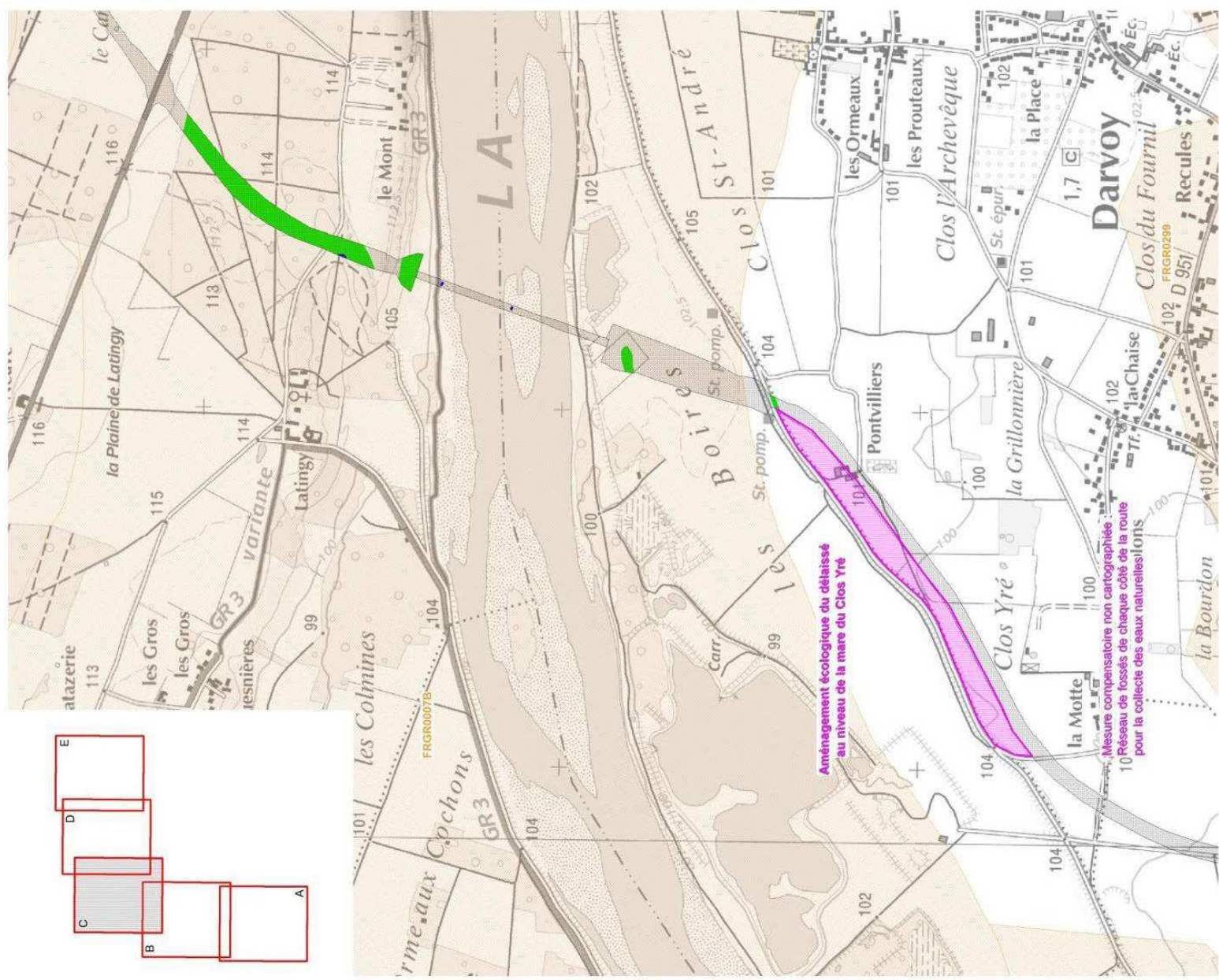
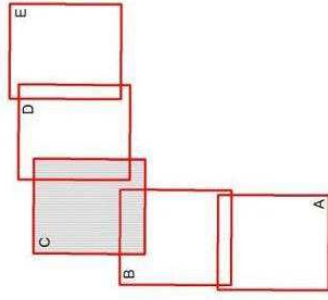
Limites des bassins versant  
des masses d'eau  
 Zone humide avérée au titre de la loi sur l'eau  
 Zone complémentaire pour la fonctionnalité du cortège d'espaces inféodés aux milieux humides  
 Mesure compensatoire  
 Mesure d'accompagnement  
 Emprise du projet de déviation

Sources : Suez2 IGH, Agence de l'eau LB, Biotope, CG45 - Cartographie : Biotope, 2013  
 Echelle : 1/10 000  
 0 100 m 200 m  
 N



## DÉLIMITATION DES ZONES HUMIDES SUR L'EMPRISE DU PROJET ET LOCALISATION DES MESURES COMPENSATOIRES

C

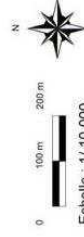


- Limites des bassins versant des masses d'eau
- Zone humide avérée au titre de la loi sur l'eau
- Zone complémentaire pour la fonctionnalité du cortège d'espèces inféodées aux milieux humides

### Typologie des mesures liées aux zones humides

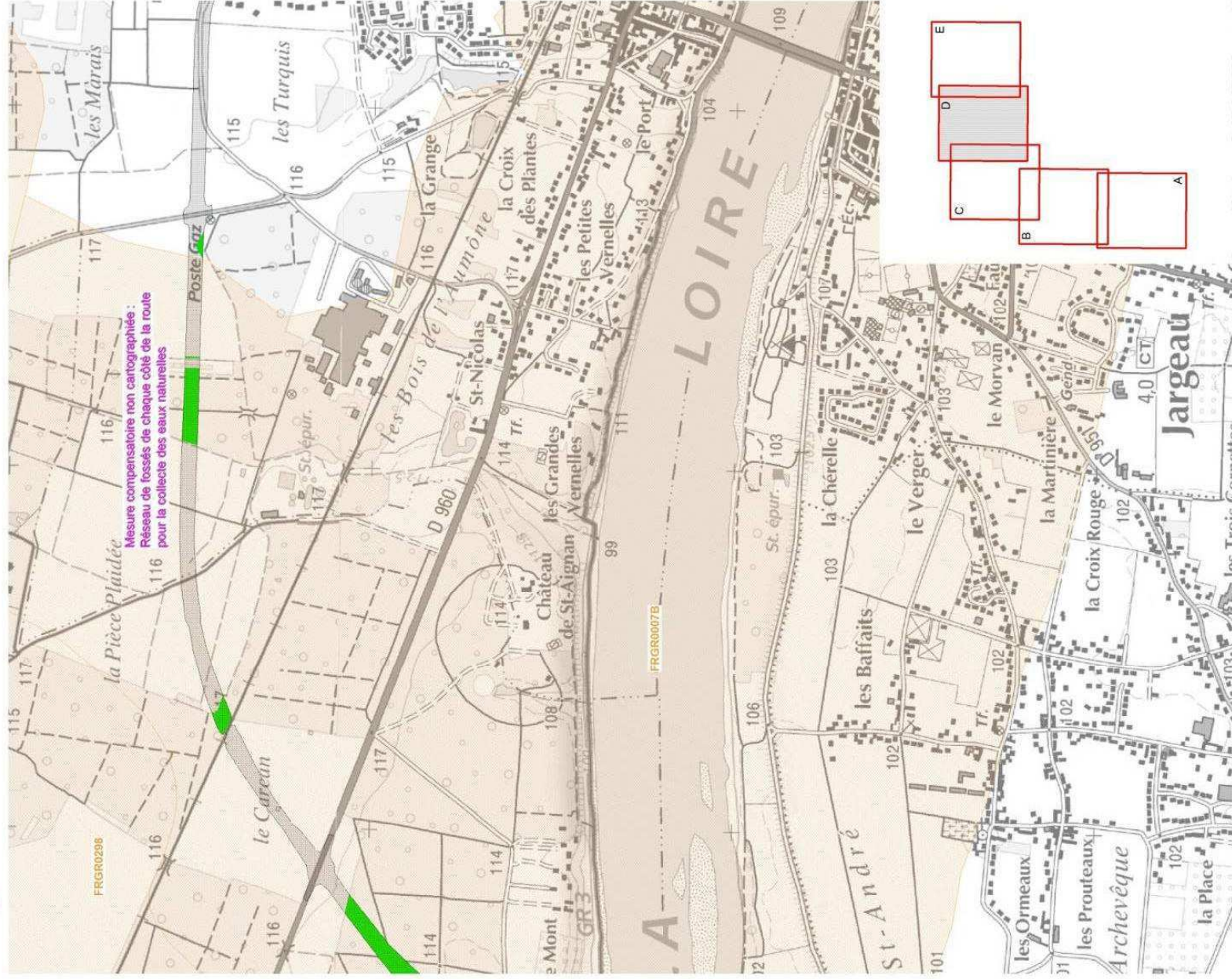
- Mesure compensatoire
- Mesure d'accompagnement
- Emprise du projet de déviation

Sources : Scaer25IGH, Agence de l'eau LB, Biotope, CG45 - Cartographie, Biotope, 2013

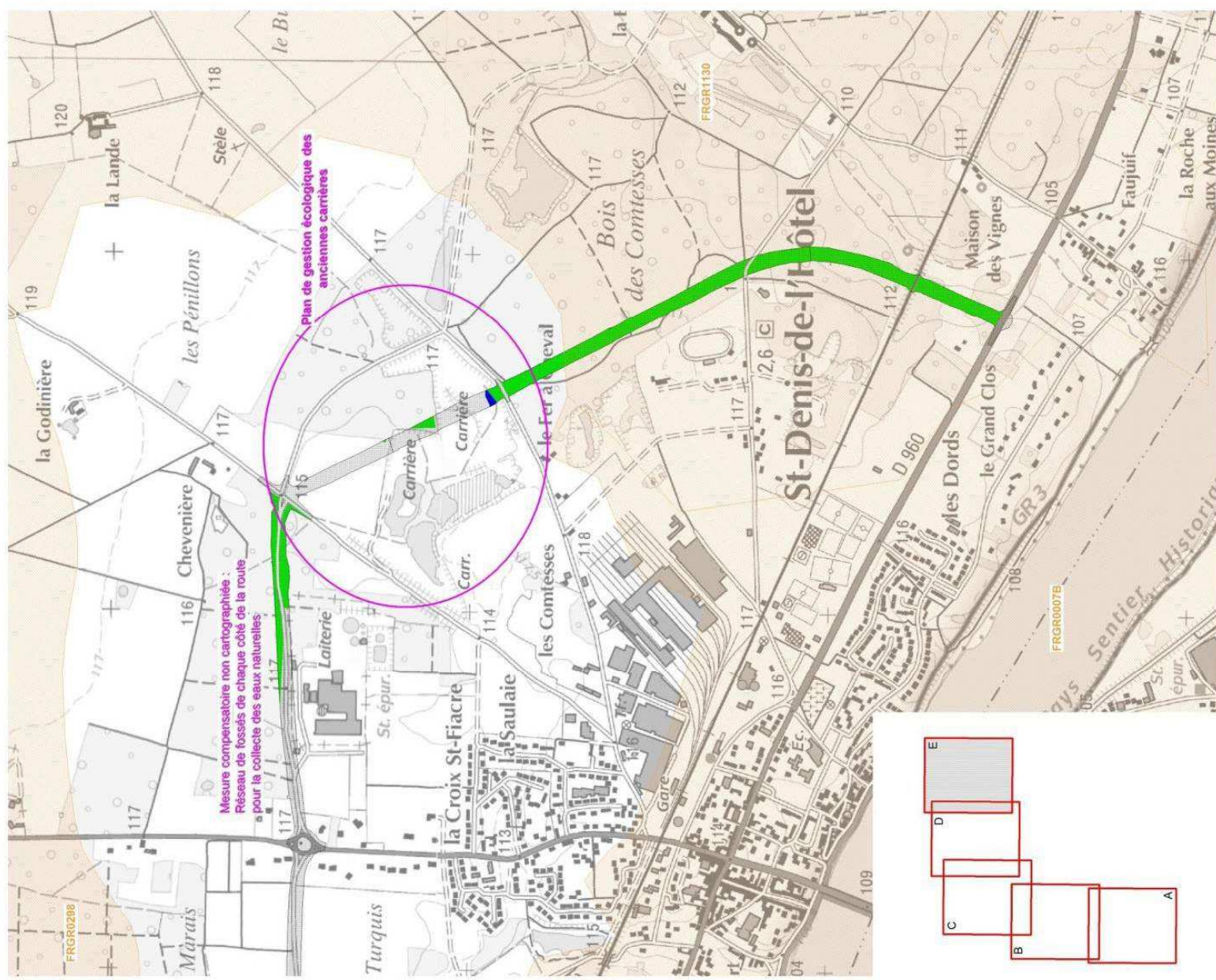


## DÉLIMITATION DES ZONES HUMIDES SUR L'EMPRISE DU PROJET ET LOCALISATION DES MESURES COMPENSATOIRES

D



## DÉLIMITATION DES ZONES HUMIDES SUR L'EMPRISE DU PROJET ET LOCALISATION DES MESURES COMPENSATOIRES



#### 4.7.4. Compensation au remblaiement dans le lit endigué de la Loire

La création du remblai routier de part et d'autre de l'ouvrage de décharge (ouvrage de 75 m), représente un volume de 82 000 m<sup>3</sup> (volume noyé en deçà de la cote 105,01 NGF). De plus, la réalisation de l'ouvrage de décharge est accompagnée de plusieurs mouvements de terrain qui ont pour objectif d'accompagner les écoulements vers l'ouvrage de décharge.

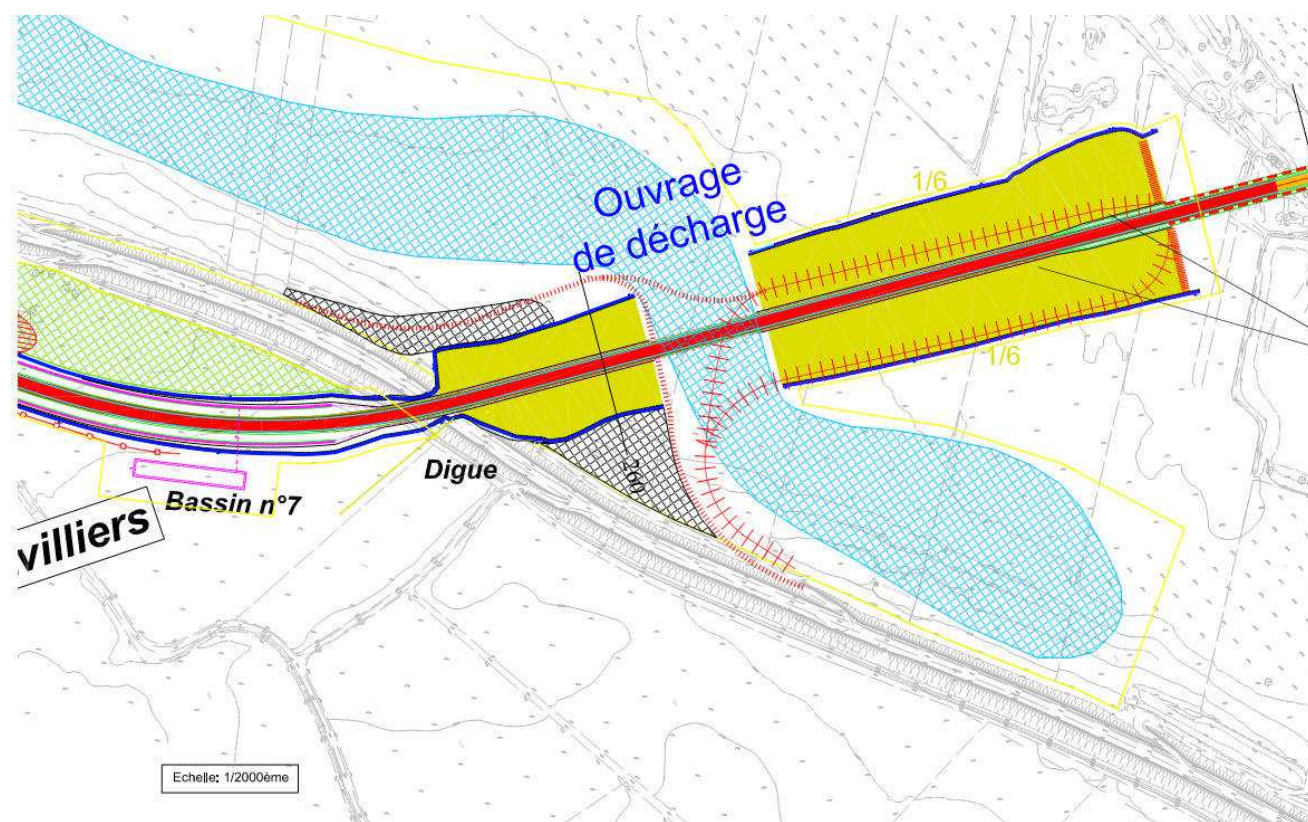
Ces mouvements de terrain consistent en :

- Un remblaiement du coin d'eau formé entre la culée sud de l'ouvrage et la digue (22 000 m<sup>3</sup>);
- Un remblaiement à l'aval de la voirie entre la culée sud et la digue pour accompagner l'écoulement à l'aval de l'ouvrage de décharge (16 000 m<sup>3</sup>).

Le volume total de remblai noyé (à la cote 105,01 m NGF) dans le lit endigué est de l'ordre de 120 000 m<sup>3</sup>. Pour permettre une compensation équivalente (120 000 m<sup>3</sup>) un décaissement doux sera créé sur environ 1000 ml et 120 m de largeur moyenne pour un décaissement de 1 m. Ce modelé permettra un dévoiement de l'axe d'écoulement existant en pied de digue.

Ce modelé doux sera restitué à l'agriculture comme actuellement le long de la levée.

Figure 102 : Remblai en zone inondable et modelé doux sous l'ouvrage de décharge



## 5. MOYENS DE SURVEILLANCE ET D'INTERVENTION EN CAS D'ACCIDENT

Remarque importante : il convient de préciser que les différents ouvrages du projet situés dans la zone inondable du Val-de-Loire ne sauraient, quels que puisse être leur effet sur l'écoulement des eaux, être juridiquement qualifiés, en tout ou partie, de « digue » et, donc, d'une part, relever de la rubrique « 3.2. 5. 0. Barrage de retenue et digues de canaux » ou de la rubrique « 3.2. 6. 0. Digue à l'exception de celles visées à la rubrique 3.2. 5. 0 » (n'étant ni une digue de canal ou de rivière canalisée ni une digue de protection contre les inondations et submersions) et, d'autre part, être soumis à la réglementation spécifique aux digues et à leurs mesures de surveillance. En effet, ne sont, au sens de la réglementation, constitutifs de digues que les ouvrages spécifiquement conçus ou aménagés en vue d'assurer une protection contre les inondations ou les submersions, et la circonstance qu'un ouvrage ait un tel effet ne suffit pas à le faire regarder comme une digue, dès lors qu'il n'a pas été conçu ou aménagé à cette fin. Il n'a donc pas été fait état des rubriques 3.2. 5. 0. et 3.2. 6. 0. parmi les rubriques applicables au projet.

### 5.1. Prévention et intervention en cas de pollution accidentelle

Par définition exceptionnelle, cette pollution est difficile à maîtriser du fait d'une grande variabilité des polluants pouvant être mis en cause notamment.

#### Rappel : dispositifs de piégeage de la pollution accidentelle

La prévention de la pollution accidentelle sera assurée par :

- les dispositifs de retenue des véhicules sur la chaussée au niveau des franchissements de cours d'eau,
- une collecte étanche dans le périmètre de protection rapprochée ou éloignée des captages,
- un piégeage dans les bassins multifonction grâce à la fermeture de la vanne du bassin (cf. p.133). ou par une fosse de 50 m3 imperméable dans les bassins d'infiltration (n° 4 et 5)

#### Intervention en cas de pollution accidentelle

Elle doit être le plus rapide possible, notamment en cas de pollution accidentelle toxique

Les moyens mis en œuvre en cas de déversement accidentel consistent également :

- Pour un accident sur la chaussée :
  - fermeture manuelle des vannes des bassins,
  - absorption et pompage des effluents répandus,
  - récupération de l'effluent non déversé,
  - récupération des éventuels fûts, bidons... dispersés sur la chaussée.

Ces différentes phases seront assurées, si nécessaire, par des entreprises spécialisées.

- Pour une intervention hors chaussée :
  - mise en œuvre des dispositifs de confinement,
  - piégeage de la pollution et récupération par pompage notamment,
  - extraction des terres contaminées,
  - injection d'eau sous pression sur la chaussée puis aspiration,
  - dispositifs spécifiques si nécessaire en fonction du polluant déversé.

Les services du Conseil Général ou les équipes de la Direction de l'Ingénierie et des Infrastructures assurent une permanence 24h/24 et 7j/7 permettant d'intervenir sur les lieux de l'accident pour prendre les mesures d'exploitation utiles.

### 5.2. Autres hypothèses de danger d'accident nécessitant une intervention

D'autres hypothèses de danger d'accident ont été envisagées et ont été intégrées dans les simulations hydrauliques et le dimensionnement des ouvrages. Il s'agit :

- Du risque d'endommagement du pont notamment les piles : renforcement des arrêtes amont
- De l'accumulation d'embâcles : ouverture hydraulique et revanche prévues,

Des interventions de contrôle d'ouvrage d'art et d'entretien seront programmées périodiquement et réalisées par les services du Conseil général.

### 5.3. Consignes de surveillance en toutes circonstances

#### 5.3.1. Généralités

Les opérations d'entretien maintenance sont articulées autour :

- de visites périodiques permettant de vérifier l'état de l'infrastructure et le respect des performances techniques. Ces visites pourront provoquer des interventions de maintenance non programmées ;
- de visites non programmées suite à incident / accident ou réclamation du CG 45 ou de tiers;
- des opérations d'entretien et de maintenance programmées et systématiques.

Les travaux ou réparations éventuelles suite à des accidents seront, soit à la charge du Conseil Général, soit imputés sur le compte de réserve pour travaux imprévus.

#### 5.3.2. Les visites périodiques

Les visites périodiques sont de trois types :

- Trimestrielles ;
- Annuelles ;
- Quinquennales.

Ces visites :

- permettent de couvrir l'ensemble des thèmes objets de l'entretien maintenance des ouvrages de la déviation ;
- ont un contenu ciblé, fonction de leur fréquence, permettant de traiter à la source tout éventuel désordre ;
- sont structurées suivant des listes de contrôles préalablement établies ;
- obéissent à des règles de progressivité (la visite annuelle est ainsi plus exhaustive que la visite trimestrielle et se substitue à la visite trimestrielle correspondante) ;
- seront de préférence réalisées à des dates permettant d'intégrer les éventuelles interventions aux opérations d'entretien programmé ;
- feront l'objet d'une parfaite traçabilité ;
- permettent de recalibrer le programme d'entretien et peuvent déclencher des interventions d'entretien non programmées.

En termes de traçabilité, chaque visite fera l'objet d'un compte rendu avec :

- l'identité et la qualité des personnes ayant effectué la visite ;
- la description de l'état général de l'ouvrage visité ;

- la vérification de la bonne tenue des ouvrages dans le temps, mesures, écarts constatés;
- les descriptions, mesures, photographies, des désordres éventuellement constatés;
- une appréciation portée par une personne qualifiée sur la gravité des désordres éventuels;
- Les interventions d'entretien ou les réparations éventuelles à effectuer et le délai maximum d'intervention prévu ;
- Les recommandations éventuelles de suivi complémentaires (exemples : tassements et stabilité).

Chaque ouvrage visité fera l'objet d'une fiche de suivi indiquant la variation d'état (stable, dégradation, amélioration) assortie d'une éventuelle liste d'action à planifier.

#### La visite trimestrielle des voiries et équipements

Ses objectifs :

- Garantir la bonne adéquation de l'entretien courant avec l'usage de l'ouvrage

La durée de la visite :

- 1 journée

Le contenu la visite :

- Réseau d'assainissement :
  - Auscultation visuelle
  - Petites réparations éventuelles
  - Petits nettoyages éventuels
- Chaussées :
  - Auscultation visuelle
- Ouvrages d'art :
  - Auscultation visuelle
  - Lavage éventuel au karcher des dalles
  - Vérification et nettoyage des drains sur OA (entre chaussée et corniche caniveau)

#### La visite annuelle

Ses objectifs :

- Cette visite permet de déceler les désordres les plus importants ou les plus soudains, elle permet également d'assurer un nettoyage des parties les plus fragiles comme les joints de chaussée ou les zones d'appuis pour les ouvrages d'art ;
- C'est également l'occasion de nettoyer les dispositifs d'assainissement.

La durée de la visite :

- 2 à 3 jours

Le contenu de la visite :

- Réseau d'assainissement :
  - Auscultation visuelle ;
  - Réparations éventuelles
  - Nettoyages
- Chaussées :
  - Auscultation visuelle et relevés des éventuelles dégradations (fissures, pelades, arrachements, nids de poule, orniérage...);

➢ Equipements de sécurité et signalisation ::

- Contrôle visuel et relevés des éventuelles dégradations

➢ Ouvrages d'art :

- Auscultation visuelle ;
- Contrôle des parties les plus fragiles (joints de chaussées, zones d'appui). Identification des besoins en nettoyage de ces éléments ;
- Contrôle des organes d'assainissement. Identification des besoins en nettoyage de ces organes.

➢ Digue au niveau de Darvoy :

Auscultation de la digue au droit de la déviation afin de repérer les traces d'érosion ou d'affouillement,

Vérification de la bonne tenue du remblai routier au niveau de la digue et de sa transition.

#### La visite quinquennale

Ses objectifs :

- Avoir une vision complète de l'état de l'ouvrage et de son évolution ;
- S'assurer que le programme d'entretien est toujours pertinent ou adapter ce dernier si ce n'est pas le cas.

La durée de la visite :

- 2 à 3 jours

Le contenu la visite :

➢ Réseau d'assainissement : Inspection détaillée comprenant notamment les vérifications suivantes :

- Nécessité de recalage de tampons de regards et d'avaloirs ;
- Besoin de nettoyage et débouchage des réseaux enterrés d'assainissement ;
- Evaluation du curage nécessaire des fossés ;
- Evaluation du curage nécessaire des bassins.

➢ Chaussées : Inspection détaillée comprenant notamment les essais suivants :

- Auscultation visuelle de la chaussée et relevé des éventuelles dégradations ;
- Mesure de déformabilité au deflectographe (déflexion et rayon de courbure) ;
- Mesures de déformations transversales (permanentes : ornières) ;
- Mesure du Coefficient de Frottement Transversal (.

➢ Equipements de sécurité et d'exploitation : Inspection détaillée comprenant notamment les vérifications suivantes :

- Etat des éléments de signalisation verticale ;
- Etat du marquage au sol ;
- Nécessité de remplacement d'éléments de signalisation verticale ;
- Etat des éléments de clôture et des équipements des bassins.

➢ Ouvrages d'art : inspection détaillée :

Cette dernière permet d'avoir une vision complète de l'état de l'ouvrage et de son évolution sur la base de l'inspection détaillée initiale qui sera réalisée par les services du Conseil Général sur la base des recommandations du SETRA.

➢ Digue au niveau de Darvoy :

- Auscultation de la digue au droit de la déviation afin de repérer les traces d'érosion ou d'affouillement,
- Vérification de la bonne tenue du remblai routier au niveau de la digue et de sa transition,
- Complément d'études si nécessaire sur les inclusions rigides et le rideau de palplanches,

- Recherche de mouvements karstiques si nécessaire suivant les inspections visuelles,
- Vérification de venues d'eau non claires en pied de remblai,
- Vérification des déformations ou fissurations de la chaussée traduisant des tassements de la digue,
- Toute manifestation sur la chaussée des éventuels effets des contraintes locales associées aux inclusions rigides et rideau de palplanches.

### 5.3.3. Les visites non programmées

En cas de constatation de désordres survenus brusquement aux ouvrages, du fait notamment d'évènements climatiques ou d'accidents, des visites non programmées pourront avoir lieu.

En cas d'urgence, des mesures conservatoires ou de mise en sécurité seront prises dans l'attente de décision de traitement.

### 5.3.4. Consignes d'entretien des ouvrages hydrauliques

Action	Délai / périodicité	Période de l'année
<b>Entretien et vérification à faire par les agents du Département :</b>		
- fauchage des abords des bassins afin de ne pas laisser les ligneux s'implanter - entretien des espaces verts aux abords du bassin	tous les 2 ans maximum	de préférence à l'automne
- bassin décanteur : retirer les flottants accessibles et vérifier son bon fonctionnement - filtre à sable / lit filtrant : vérifier son bon fonctionnement et son niveau de colmatage - regard en sortie de bassin avec ou sans cloison siphonide : regarder son état et vérifier qu'aucun objet n'obstrue la cloison siphonide (canalisation) - garde-corps : vérifier leur bon état - bâche d'étanchéité : vérifier son état - vérifier l'état de la clôture et du ou des portails d'accès ↳ rapport de synthèse de la visite	tous les ans	toute l'année
- grille en amont de la sortie : nettoyage de la grille	2 fois par an minimum	avant le printemps et après la chute des feuilles à la fin de l'automne
- vanne de confinement : manipulation de la vanne (fermeture puis réouverture) et graissage des parties sensibles	1 fois par an au minimum	toute l'année
<b>Entretien par un spécialiste des ouvrages hydrauliques :</b>		
- une visite de tous les ouvrages hydrauliques ↳ rapport de synthèse de la visite et mise à jour de la base de données	tous les 5 ans	toute l'année
<b>Entretien par des prestataires extérieurs :</b>		
- station de relevage : entretien avec une vérification du fonctionnement des pompes et de l'armoire de commande et un nettoyage du poste de relevage	tous les ans	toute l'année
- un remplacement du filtre à sable en fonction de son colmatage	tous les 10 ans environ	Période estivale (Juin à septembre)
- un curage du bassin décanteur en fonction de la hauteur de boues (hauteur de boues supérieure à 1/2 de la hauteur utile → induit un déclenchement de curage)	tous les 10 à 20 ans	Période estivale (Juin à septembre)

## 5.4. Cas particulier de la digue

### 5.4.1. Consignes d'exploitation en période de crue

La surveillance de la digue est aujourd'hui assurée par la Direction Départementale du Territoire du Loiret pole « Loire » du service Loire Risque Transport (SLRT), dans le cadre de sa mission de surveillance des digues du département.

Le pole « Loire » est réparti sur trois implantations :

- Au siège de la DDT à Orléans ;
- Au centre d'exploitation d'Orléans, qui assure la surveillance et l'entretien de la digue du val d'Orléans en aval de Sigloy. C'est donc ce centre qui assurera la gestion de la digue concernée par cette étude ;
- Au centre d'exploitation de Gien.

Après réalisation des travaux, deux ouvrages seront superposés sur une distance de 35 m maximum. La réalisation de la voirie induit l'évolution des règles de surveillance pour prendre en compte le nouvel ouvrage et la présence de deux gestionnaires : la DDT pour la digue, le Conseil Général pour la voirie.

Au vu du trafic routier prévu, la voie d'entretien sur la digue ne pourra pas être maintenue. L'accès se fera donc par passage inférieur dans l'ouvrage de décharge situé à proximité. Ce trajet sera commun avec le passage par le public (la voie sur digue fait partie du circuit de la Loire à vélo). Cet itinéraire concerne :

- les visites de surveillance continue et d'entretien,
- Les surveillances périodiques.

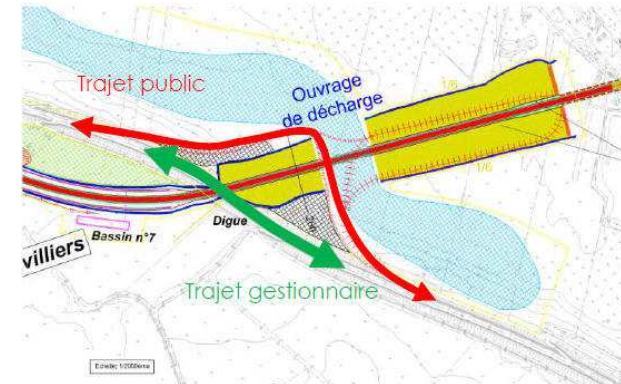


Figure 103 : Trajet sur la digue

Dès que les surveillances en crue sont activées (c'est-à-dire pour une cote de la Loire à Gien supérieure à 3.4 m), la surveillance de la digue doit pouvoir être menée sans devoir descendre de l'ouvrage. Il est donc prévu un raccordement de la levée à la future voirie (réglementée par des barrières anti-infraction) qui permettra la continuité de l'itinéraire de surveillance.



Figure 104 : Photomontage de la levée de Loire montrant le raccordement à la déviation



Figure 105 : Graphimontage de la levée de Loire montrant le raccordement à la déviation

Il faut noter que ces surveillances en crue sont activées pour des niveaux de la Loire inférieurs à ceux qui induisent une mise en eaux de l'ouvrage de décharge. Le passage inférieur sera donc coupé avant submersion de celui-ci.

#### 5.4.2. Plan d'intervention en matière de circulation

En situation de crue, le franchissement de la Loire devient délicat car certains ponts sur la Loire ne sont plus franchissables. Si le débit de Loire augmente encore, de plus en plus de ponts doivent être fermés mais aussi des routes du Val. La situation de crise prévoit donc des déviations.

Le Conseil général a donc établi un plan d'intervention qui prévoit la fermeture progressive des franchissements de la Loire et des voies qui s'y raccordent.

A titre d'exemple, la carte p. 166 montre la situation en période de crue d'une période de retour compris entre 70 et 100 ans : évacuation d'une vaste zone au Sud de la Loire dans le Val d'Orléans (évacuation du val d'Orléans s'effectue lorsque la côte prévue à Orléans est supérieur à 4.60 m), fermeture du pont autoroutier, déviation vers le pont de Jargeau

Les premières fermetures de pont interviennent sur la Loire dès la crue de retour 10 ans (pont de Châteauneuf) mais le pont de Jargeau reste ouvert jusqu'à la crue de 200 ans.

- Crue décennale : fermeture du pont de Châteauneuf et déviation par le pont de Jargeau,
- Crue vingtennale : idem,
- Crue de période de retour 20 à 50 ans : allongement de la déviation suite à la fermeture de la RD 807,
- Crue de période de retour 50 à 70 ans : fermeture du pont de Saint-Père-sur-Loire et report vers le pont de Jargeau par une nouvelle déviation,
- Crue de période de retour 70 à 100 ans : évacuation d'une vaste zone au Sud de la Loire dans le Val d'Orléans (évacuation du val d'Orléans s'effectue lorsque la côte prévue à Orléans est supérieur à 4.60 m), fermeture du pont autoroutier, déviation vers le pont de Jargeau
- Crue de période de retour 170 ans : fermetures de 3 autres ponts à Orléans et usage restreint pour un autre pont ; déviation vers le pont de Jargeau qui reste encore accessible,
- Crue de période de retour 200 ans : seul le pont de Jargeau reste encore accessible sur l'ensemble du département du Loiret mais avec un usage restreint,
- Crue de période de retour 500 ans : tous les ponts sur la Loire sont fermés ; la traversée du Val est fermée.

D'autres cartes figurent dans l'étude d'impact (cf. § 2.3.4 hydraulique).



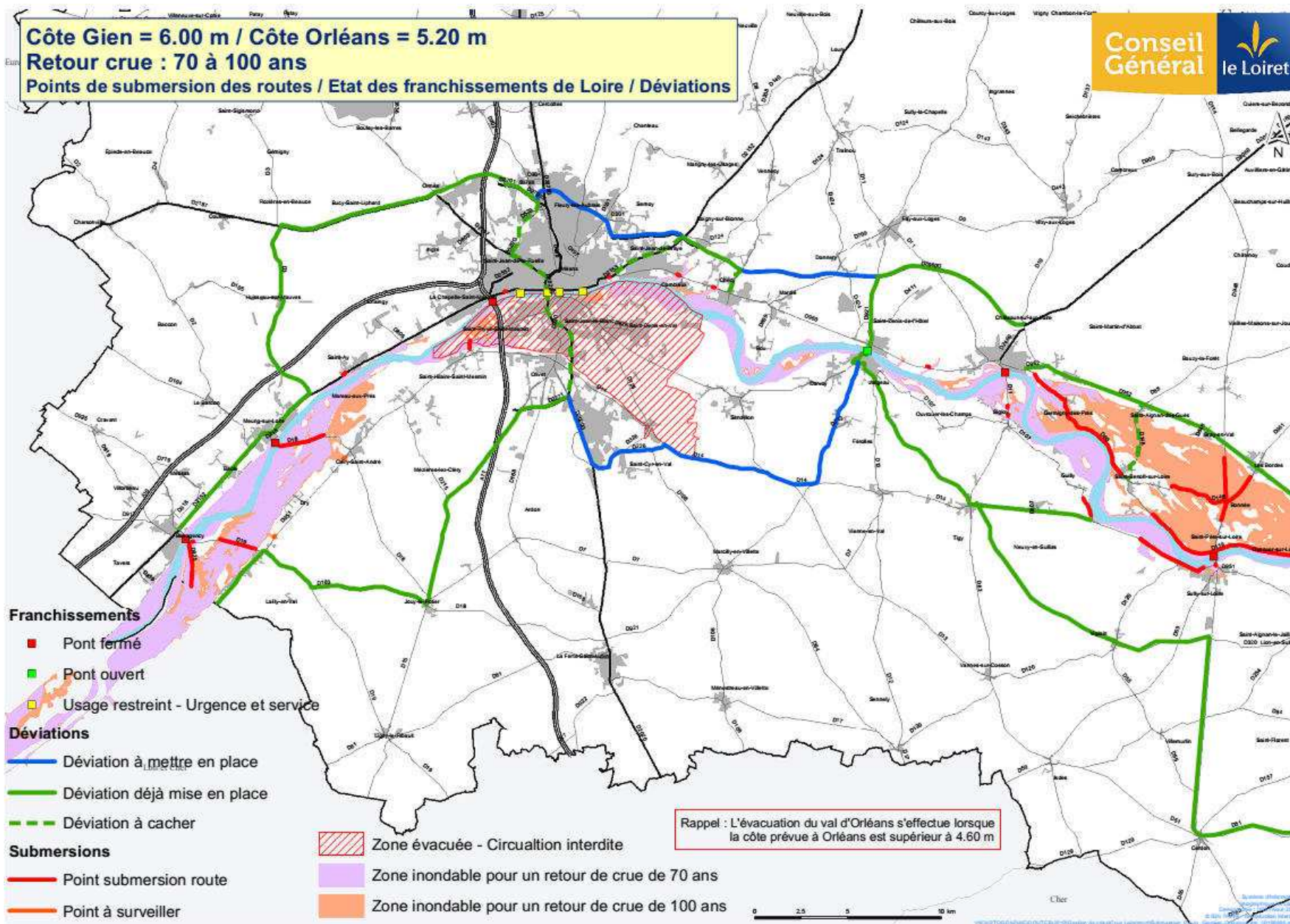


Figure 106 : Cartes des fermetures de ponts, de submersion des routes et des déviations mises en place pour différents scénarios de crue

### 5.4.3. Plan d'évacuation massive des populations

Le plan d'évacuation massive du Val d'Orléans, établi par la Préfecture du Loiret, prévoit l'évacuation préventive des populations du Val d'Orléans dès que la Loire dépasse le niveau de 4,6 m à l'échelle d'Orléans avec prévision de hausse.

### 5.4.4. Gestion de la digue

Les consignes écrites de gestion de la digue par la DDT du Loiret ont été rédigées en septembre 2012.

#### 5.4.4.1. Types de visite

Les visites de surveillance sont de 5 types :

- les visites de surveillance continue ;
- les surveillances périodiques y compris les visites techniques approfondies ;
- la surveillance en crue ;
- la surveillance post-crue ;
- la surveillance exceptionnelle ;

#### 5.4.4.2. Surveillance continue

Elle consiste en une surveillance visuelle des éventuels désordres sur la digue et ses abords.

- Si un éventuel désordre est signalé (en interne ou en externe) un agent du pôle « Loire » réalise une visite de terrain ;
- Si le désordre est confirmé, il est consigné dans le cahier de relevés de désordre ;
- Des travaux sont ensuite programmés le cas échéant.

Cette surveillance est réalisée par le gestionnaire des levées dans le cadre de son activité normale ou lors des opérations d'entretien ;

#### 5.4.4.3. Surveillance périodique

Cette surveillance consiste en :

- Deux visites de surveillance par an permettant de faire un bilan de l'entretien régulier de la digue (cf. surveillance continue) ;
- Une visite technique approfondie (VTA) réalisée chaque année par une équipe mixte: gestionnaire /prestataire extérieur à la DDT.

Tous les relevés de ces visites sont compilés dans le rapport de surveillance annuel remis au préfet à chaque fin d'année.

#### 5.4.4.4. Surveillance en crue

En décembre 2012, un Plan départemental de Surveillance des levées (PSL) a été mis en place pour organiser la surveillance en crue.

L'objectif de cette surveillance est de détecter tout désordre sur les digues lors d'une crue de la Loire et d'en suivre l'évolution.

Cette surveillance est activée à partir comme suit :

- Cote de 3.4 m sur l'échelle de Gien sans annonce de la cote de 5.00m à 48h: surveillance par les équipes du pôle Loire ;
- Cote de 3.4 m sur l'échelle de Gien avec annonce de la cote de 5.00m à 48h: mise en alerte et déclenchement du niveau 1- surveillance est réalisée de jour par les équipes de la DDT du Loiret.
- Cote de 5.00 m à Gien : surveillance de niveau 2, avec une prévision à la hausse, les visites sont intensifiées et réalisées 24h sur 24.

#### 5.4.4.5. Surveillance post-crue

La surveillance post-crue vise à repérer les traces d'érosion ou d'affouillement le long des digues. Cette surveillance est réalisée dès que le niveau à Gien repasse sous les 3.4 m.

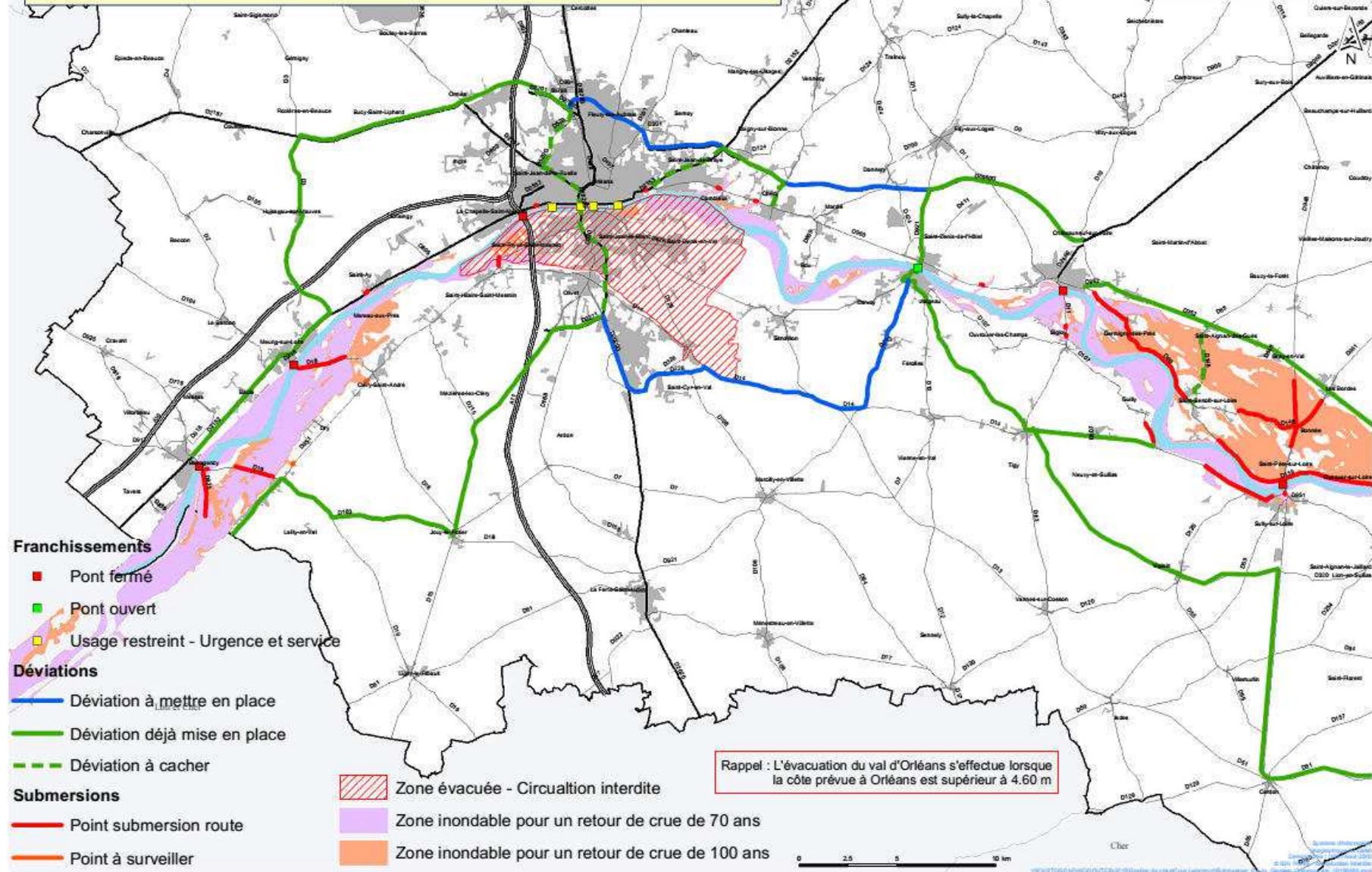
A l'issue de ces visites un rapport sur l'évènement est produit et intégré au dossier d'ouvrage.

#### 5.4.4.6. Surveillance exceptionnelle

Cette surveillance a lieu à la suite d'un évènement exceptionnel (hors crue) tel que :

- Un séisme ;
- Un embâcle de glace ;
- Un mouvement de terrain, notamment par effondrement karstique.

Côte Gien = 6.00 m / Côte Orléans = 5.20 m  
 Retour crue : 70 à 100 ans  
 Points de submersion des routes / Etat des franchissements de Loire / Déviations



Rappel : L'évacuation du val d'Orléans s'effectue lorsque la côte prévue à Orléans est supérieure à 4.60 m

## 6. ELEMENTS GRAPHIQUES UTILES A LA COMPREHENSION DU DOSSIER

Se reporter à la pochette indépendante :

Annexe 1 : Plan d'assainissement section courante Sud (pochette)

Annexe 2 : Plan d'assainissement franchissement de Loire (pochette)

Annexe 3 : Plan d'assainissement section courante Nord (pochette)

## 7. BIBLIOGRAPHIE

- Aménagement des Routes Principales (ARP) – SETRA – 1994
- Guide technique de l'assainissement routier du SETRA de 2006
- L'eau et la route - volumes 1 à 5 (SETRA) - 1993.
- Document provisoire d'information « Infrastructures de transport et police de l'eau » (Groupe de travail SNCF, ADP, Scetauroute, ASF, Ministère de l'équipement des transports et du tourisme, Ministère de l'environnement) - 1994.
- Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux du bassin LOIRE BRETAGNE (DIREN, Agence de l'eau) 1996.
- Carte de France à l'échelle 1/25 000 (série bleue)
- Carte géologique de la France à l'échelle 1/50 000 – Feuille
- Franchissement de la Loire à Jargeau - étude agricole - CA du Loiret service Economie, Hommes et Territoires – Mai 2010

### Bibliographie ISL

- USGS, 1953, Computation of Peak Discharge at Contractions, USGS Circular N° 284.
- Chow, V.T., 1959, Open Channel Flow, McGraw-Hill, New-York.
- Van Tuu, N., 1979, Hydraulique routière, Ministère de la Coopération et du Développement.
- Lencastre, A., 1995, Hydraulique générale, Ed. Eyrolles.
- Bradley, J., 1978, Hydraulics of Bridge Waterway - HDS1, FHWA.
- FHWA, 1986, Bridge Waterways Analysis Report, FHWA Report N° 108.
- Hydraulic Engineering Center, 1995, HEC-RAS River Analysis System – Hydraulic Reference Manual, US Army Corps of Engineers, Davis.



## 8. ANNEXES

Annexe 4 : Paramètres de Montana – station d'Orléans  
 Statistiques sur la période 1965-2011  
 Pas de temps (durées) disponibles entre 6 minutes et 2 heures

	a	b
<b>2ans</b>	398	0,793
<b>5ans</b>	235	0,604
<b>10ans</b>	263	0,587
<b>50ans</b>	302	0,538
<b>100ans</b>	309	0,51

Source : Météo France

Annexe 5 : Caractéristiques géométriques et hydrauliques des bassins de rétention

### Dimensionnement vis-à-vis de la pollution accidentelle

Dimensionnement vis-à-vis de la pollution accidentelle																		
Bassin	Impluvium	Profils	ST m2	C	Sa m2	VPA (m3)	h (T,2h) en m	Vu (m3)	l (m)	L (m)	Sb (m2)	Vm (m3)	Qf (l/s) (SDAGE)	Qf (avec Tp=1h) (l/s)	Phi (m) (avec hu)	Qf (l/s) (avec Phi et hu)	Qf (l/s) (avec Phi et hu/2)	Tp (h) (avec Phi)
1	A	P1->P21	18770	0.78	14719	40	0.018	303	10	79	771	308	20	42.8	0.145	19.3	11.7	3.66
2	B	P21->P60-1	26900	0.78	20847	40	0.018	412	11	85	914	365	20	50.8	0.140	19.6	12.3	4.13
3	C	P60-1->P90-1	18607	0.78	14543	40	0.018	300	10	78	763	305	20	42.4	0.145	19.3	11.7	3.62
3 bis	C bis	P93-1->P90-1	4526	0.78	3538	40	0.018	103	5	44	241	97	20	13.4	0.145	19.3	11.7	1.15
4	D	P93-1->P147-1	37313	0.83	30783	40	0.018	590	13	103	1333	533	20	74.1	0.140	19.6	12.3	6.03
5	E	P147-1->P203-1	34873	0.81	28284	40	0.018	545	12	99	1227	491	20	68.2	0.140	19.6	12.3	5.55
6	F	P203-1->P247	22792	0.89	20240	40	0.018	401	11	86	925	370	20	51.4	0.140	19.6	12.3	4.18
7	G	P247->P287-1	10995	0.92	10083	40	0.018	220	8	66	549	220	20	30.5	0.145	19.3	11.7	2.61
8	H	P287-1->P330	37407	0.75	28050	40	0.018	541	12	73	888	355	20	49.4	0.125	19.0	12.5	3.94
9	I	P330->P350-1	16307	0.78	12748	40	0.018	268	9	74	676	271	20	37.6	0.145	19.3	11.7	3.21
10	J	P350-1->P377-1	20528	0.75	15487	40	0.018	317	10	80	808	323	20	44.9	0.145	19.3	11.7	3.83
11	K	P377-1->P431-1	35130	0.79	27776	40	0.018	536	12	98	1206	482	20	67.0	0.140	19.6	12.3	5.45
12	L	P431-1->P454-1	21126	0.79	16593	40	0.018	336	12	72	871	348	20	48.4	0.145	19.3	11.7	4.13
13	M	P454-1->P498-1	36343	0.81	29579	40	0.018	568	13	103	1327	531	20	73.7	0.140	19.6	12.3	6.00
14	N	P498-1->P541	31982	0.81	25864	40	0.018	502	8	67	554	222	20	30.8	0.120	20.0	13.5	2.28

Dimensionnement vis-à-vis de la pollution chronique

Dimensionnement vis-à-vis de la pollution chronique																				
Bassin	Impluvium	Profils	ST (Km2)	C	Sa (Km2)	longueur cunette (m)	Perte cunette (m/m)	Pm cunette (m)	Sm cunette (m2)	Rh cunette (m)	Strickler K	Q <sub>cap</sub> cunette (m3/s)	V cunette (m/s)	Tc (min)	I <sub>2</sub> (mm/h)	Q <sub>2</sub> (m3/s)	Qf (P; H0/2) (m3/s)	S <sub>p</sub> (m2)	l (m)	VH (m/s)
1	A	P1->P21	1.88E-02	0.78	1.47E-02	540	0.01	1.77	0.43	0.24	25	0.50	1.18	12.01	55.40	0.23	1.2E-02	223	10	0.003
2	B	P21->P60-1	2.69E-02	0.78	2.08E-02	606	0.00	1.77	0.43	0.24	25	0.18	0.42	30.97	26.15	0.32	1.2E-02	289	11	0.003
3	C	P60-1->P90-1	1.86E-02	0.78	1.45E-02	413	0.00	1.77	0.43	0.24	25	0.16	0.38	24.59	31.39	0.22	1.2E-02	221	10	0.003
3 bis	C bis	P93-1->P90-1	4.53E-03	0.78	3.54E-03	90	0.00	1.77	0.43	0.24	25	0.16	0.38	7.70	78.79	0.05	1.2E-02	87	5	0.005
4	D	P93-1->P147-1	3.73E-02	0.83	3.08E-02	842	0.00	1.77	0.43	0.24	70	0.45	1.05	18.71	38.98	0.47	1.2E-02	385	13	0.002
5	E	P147-1->P203-1	3.49E-02	0.81	2.83E-02	879	0.00	1.77	0.43	0.24	70	0.45	1.05	19.42	37.86	0.44	1.2E-02	362	12	0.002
6	F	P203-1->P247	2.28E-02	0.89	2.02E-02	719	0.00	1.77	0.43	0.24	70	0.52	1.21	14.62	47.40	0.31	1.2E-02	283	11	0.003
7	G	P247->P287-1	1.10E-02	0.92	1.01E-02	890	0.01	1.77	0.43	0.24	70	1.10	2.58	9.77	65.25	0.16	1.2E-02	171	8	0.004
8	H	P287-1->P330	3.74E-02	0.75	2.80E-02	602	0.01	1.77	0.43	0.24	70	0.96	2.25	8.25	74.60	0.43	1.2E-02	359	12	0.002
9	I	P330->P350-1	1.63E-02	0.78	1.27E-02	491	0.02	1.77	0.43	0.24	25	0.54	1.26	10.61	61.15	0.20	1.2E-02	201	9	0.003
10	J	P350-1->P377-1	2.05E-02	0.75	1.55E-02	755	0.01	1.77	0.43	0.24	25	0.41	0.96	18.38	39.54	0.24	1.2E-02	231	10	0.003
11	K	P377-1->P431-1	3.51E-02	0.79	2.78E-02	1 074	0.00	1.77	0.43	0.24	25	0.14	0.34	65.77	14.39	0.43	1.2E-02	357	12	0.003
12	L	P431-1->P454-1	2.11E-02	0.79	1.66E-02	669	0.00	1.77	0.43	0.24	70	0.69	1.60	11.17	58.68	0.26	1.2E-02	242	12	0.002
13	M	P454-1->P498-1	3.63E-02	0.81	2.96E-02	643	0.00	1.77	0.43	0.24	70	0.45	1.05	15.01	46.43	0.46	1.2E-02	374	13	0.002
14	N	P498-1->P541	3.20E-02	0.81	2.59E-02	949	0.01	1.77	0.43	0.24	70	1.38	3.23	8.76	71.18	0.40	1.2E-02	339	12	0.003



Dimensionnement en tant que bassin de retenue

<b>Dimensionnement en tant que bassin de retenue</b>										
Bassin	Impluvium	Profils	ST (ha)	C	Sa (ha)	Qf (m3/s) (SDAGE)	Qs (mm/h)	Vr (m3)	Ω	Vr rect. (m3)
1	A	P1->P21	1.88	0.78	1.47E+00	0.02	4.89	335	1.33	446
2	B	P21->P60-1	2.69	0.78	2.08E+00	0.02	3.45	607	1.33	807
3	C	P60-1->P90-1	1.86	0.78	1.45E+00	0.02	4.95	329	1.33	437
3 bis	C bis	P93-1->P90-1	0.45	0.78	3.54E-01	0.02	20.35	30	1.33	39
4	D	P93-1->P147-1	3.73	0.83	3.08E+00	0.02	2.34	1179	1.33	1568
5	E	P147-1->P203-1	3.49	0.81	2.83E+00	0.02	2.55	1021	1.33	1358
6	F	P203-1->P247	2.28	0.89	2.02E+00	0.02	3.56	577	1.33	768
7	G	P247->P287-1	1.10	0.92	1.01E+00	0.02	7.14	176	1.33	234
8	H	P287-1->P330	3.74	0.75	2.80E+00	0.02	2.57	1006	1.33	1339
9	I	P330->P350-1	1.63	0.78	1.27E+00	0.02	5.65	263	1.33	349
10	J	P350-1->P377-1	2.05	0.75	1.55E+00	0.02	4.65	366	1.33	487
11	K	P377-1->P431-1	3.51	0.79	2.78E+00	0.02	2.59	990	1.33	1316
12	L	P431-1->P454-1	2.11	0.79	1.66E+00	0.02	4.34	411	1.33	547
13	M	P454-1->P498-1	3.63	0.81	2.96E+00	0.02	2.43	1102	1.33	1465
14	N	P498-1->P541	3.20	0.81	2.59E+00	0.02	2.78	876	1.33	1166

Le tableau ci-dessous récapitule les caractéristiques dimensionnelles retenues pour l'ensemble des bassins de rétention du projet. Les valeurs affichées correspondent aux dimensions les plus contraignantes entre les modes de conception : vis-à-vis de la pollution accidentelle, pollution chronique et en tant que bassin de retenue.

Paramètres															
N° BR	Longueur à la cote du volume mort [m]	Largeur à la cote du volume mort [m]	Pente des berges	Hauteur du volume utile [m]	Hauteur du volume mort [m]	Volume utile [m3]	Volume mort [m3]	Volume total de stockage [m3]	Surface au miroir du volume mort [m2]	Revanche (m)	Emprise du bassin au niveau TN [m2]	Diamètre de l'orifice de fuite [mm]	Débit de fuite maximal (sous hu/2) [L/s]	Temps de propagation de la pollution accidentelle [h]	Rendement du bassin pour les MES
1	96	12	3H/1V	0,35	0,40	446	464	910	1160	0,20	1478	0,145	11,7	3,66	85%
2	122	15	3H/1V	0,4	0,40	807	741	1548	1852	0,20	2290	0,140	12,3	4,13	85%
3	95	12	3H/1V	0,35	0,40	437	454	891	1135	0,20	1450	0,145	11,7	3,62	85%
3 bis	25	3	3H/1V	0,35	0,40	103	32	136	81	0,20	165	0,145	11,7	1,15	85%
4 *	172	21	3H/1V	0,4	0,00	1568	0	1568	3687	0,20	4305	/	/	/	85%
5 *	159	20	3H/1V	0,4	0,00	1358	0	1358	3177	0,20	3751	/	/	/	85%
6	120	15	2H/1V	0,4	0,40	768	724	1492	1810	0,20	2243	0,140	12,3	4,18	85%
7	69	9	3H/1V	0,35	0,40	234	235	469	587	0,20	813	0,145	11,7	2,61	85%
8	117	20	2H/1V	0,55	0,40	1339	913	2251	2282	0,20	2809	0,125	12,5	3,94	85%
9	85	11	3H/1V	0,35	0,40	349	359	708	897	0,20	1176	0,145	11,7	3,21	85%
10	101	13	3H/1V	0,35	0,40	487	508	995	1270	0,20	1602	0,145	11,7	3,83	85%
11	157	20	3H/1V	0,4	0,40	1316	1231	2547	3077	0,20	3642	0,140	12,3	5,45	85%
12	93	16	3H/1V	0,35	0,40	547	579	1126	1448	0,20	1756	0,145	11,7	4,13	85%
13	168	21	2H/1V	0,4	0,40	1465	1405	2870	3511	0,20	4115	0,140	12,3	6,00	85%
14	106	13	3H/1V	0,7	0,40	1166	563	1729	1409	0,20	1982	0,120	13,5	2,28	85%

\* Les bassins 4 et 5 sont des bassins d'infiltration sans volume mort mais munis d'une fosse de confinement de 50 m3 pour le piégeage de la pollution accidentelle

Tableau 84 : synthèse des caractéristiques géométriques retenues pour les bassins de rétention