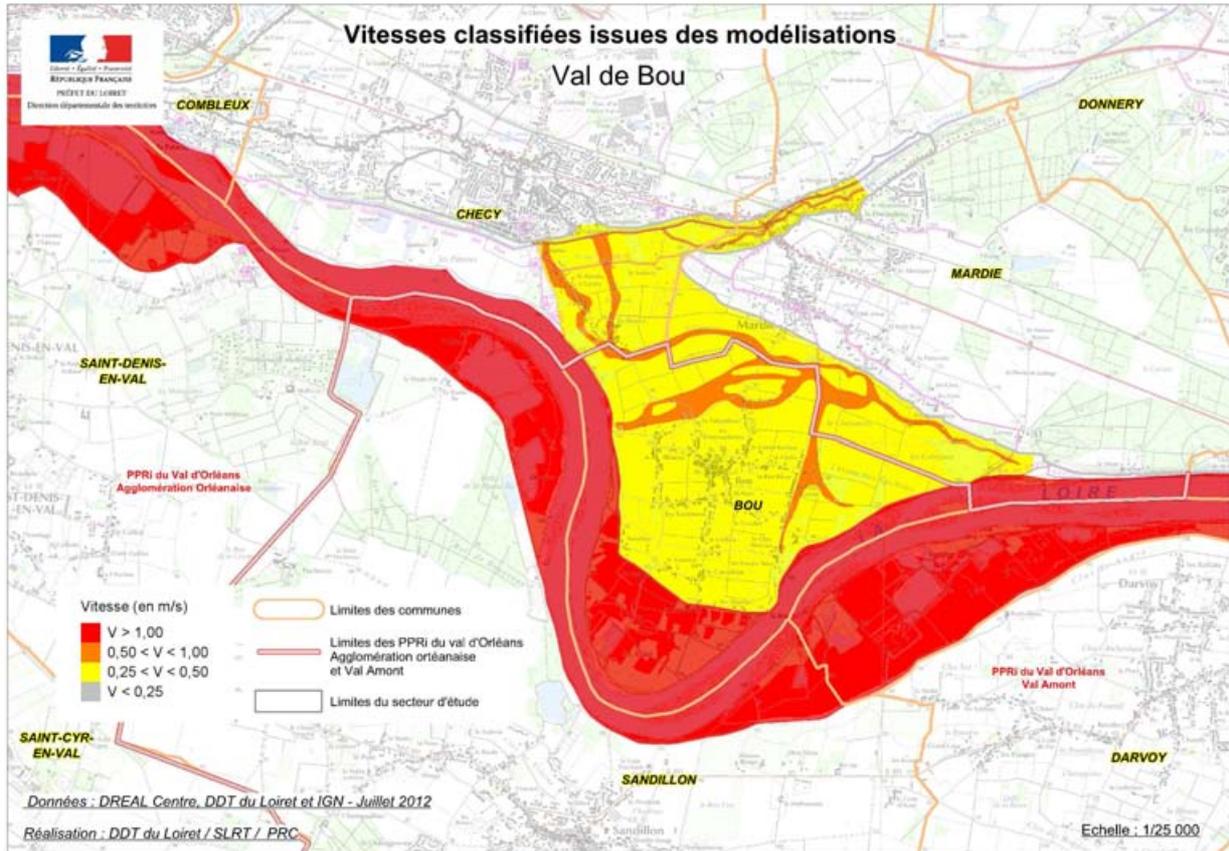


V.3.4.2 - Scénario dans le val hydraulique de Bou

Pour le val de Bou, la modélisation 2D réalisée spécifiquement dans le cadre des études Ecrivals permet comme pour le Val d'Orléans de disposer des informations nécessaires à l'établissement d'une carte des vitesses à partir d'un scénario.

Défaillance du système d'endiguement

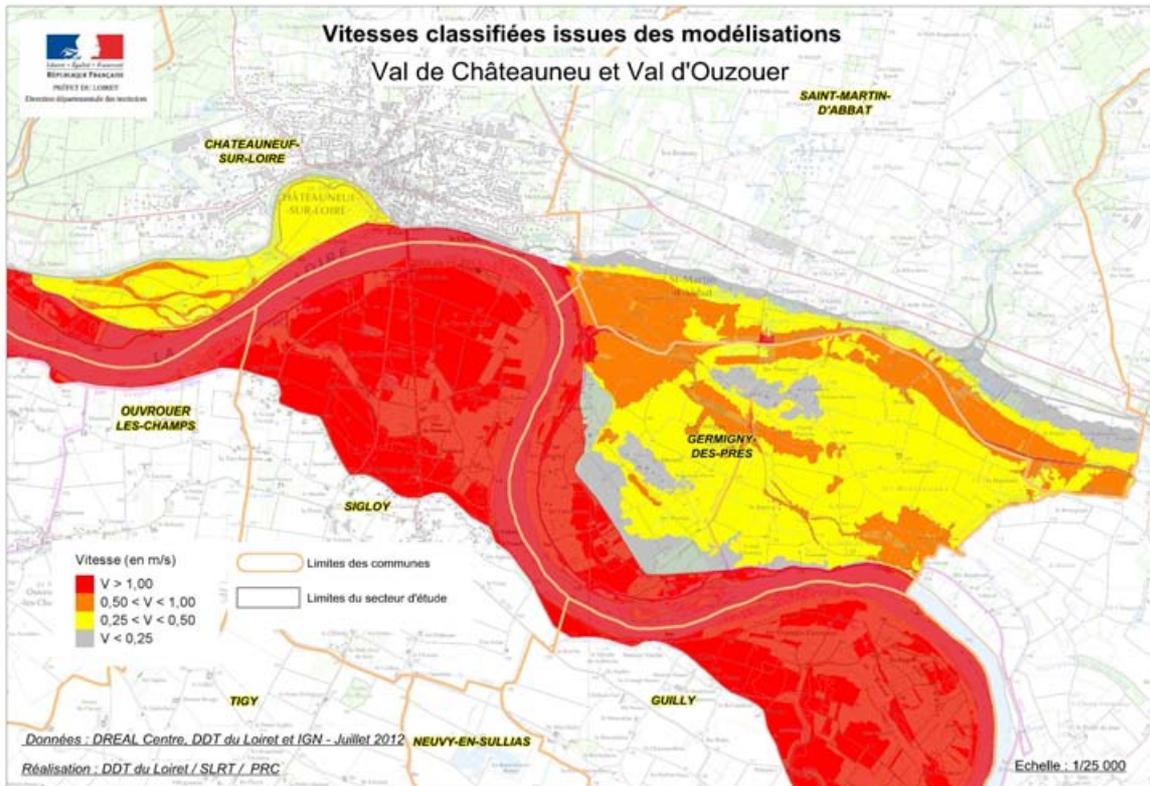


V.3.4.3 - Scénarios dans le val hydraulique d'Ouzouer pour les communes de Germigny-des-Prés, Saint-Martin-d'Abbat et Châteauneuf-sur-Loire

Pour le Val de hydraulique d'Ouzouer, la modélisation 2D réalisée spécifiquement dans le cadre des études Ecrivals permet comme pour le Val d'Orléans de disposer des informations nécessaires à l'établissement d'une carte des vitesses.

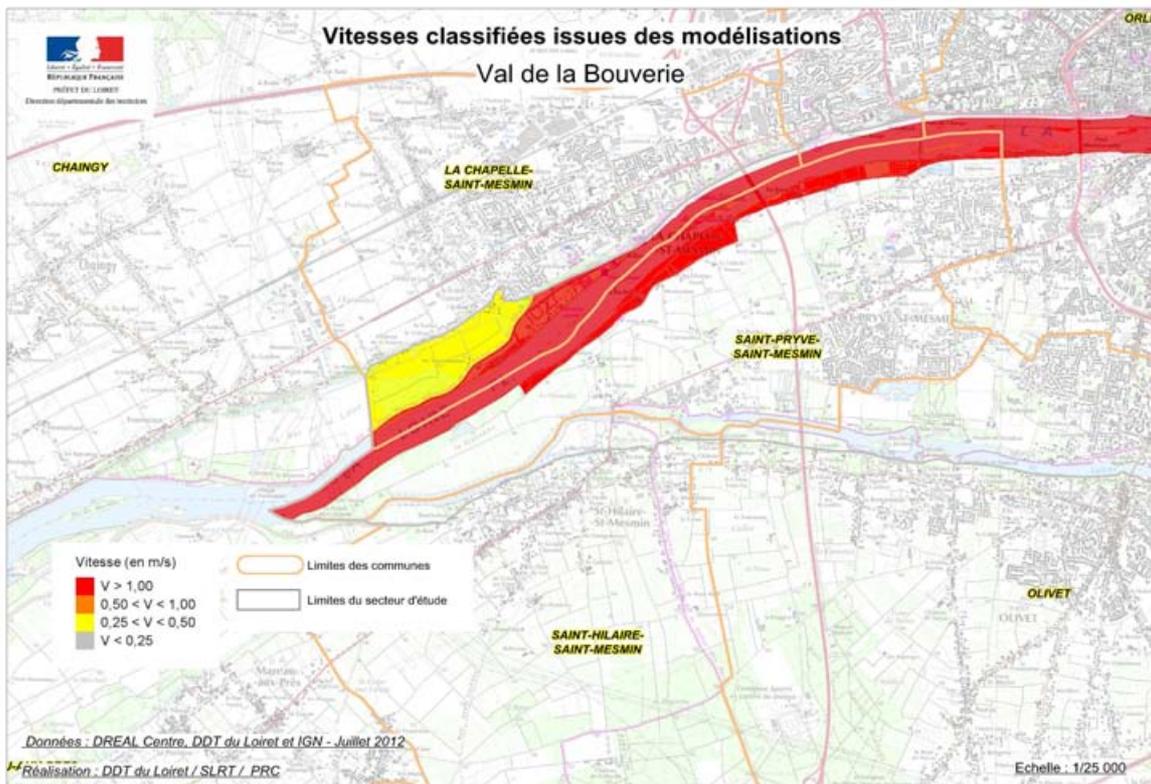
Pour le val de Châteauneuf, peu d'enjeux sont exposés en dehors de la station d'épuration, la modélisation 2D n'a donc pas été réalisée, seule une modélisation 1D par casiers a été utilisée. Cette modélisation a été complétée par l'analyse géomorphologique du territoire permettant de caler les zones d'écoulements préférentiels.

Inondation par remous de la rivière la Bonnée dans le Val et surverse pour une crue Q100, défaillance du système d'endiguement de Châteauneuf-sur-Loire.



Scénarios dans le val hydraulique de la Bouverie

Pour le val de la Bouverie, peu d'enjeux sont exposés en dehors de la station d'épuration de l'agglomération d'Orléans, la modélisation 2D n'a donc pas été réalisée, seule une modélisation 1D par casiers a été utilisée. Cette modélisation a été complétée par l'analyse géomorphologique du territoire permettant de caler les zones d'écoulements préférentiels.



V.3.4.4 - Carte de synthèse des vitesses sur l'ensemble du périmètre des deux PPRi

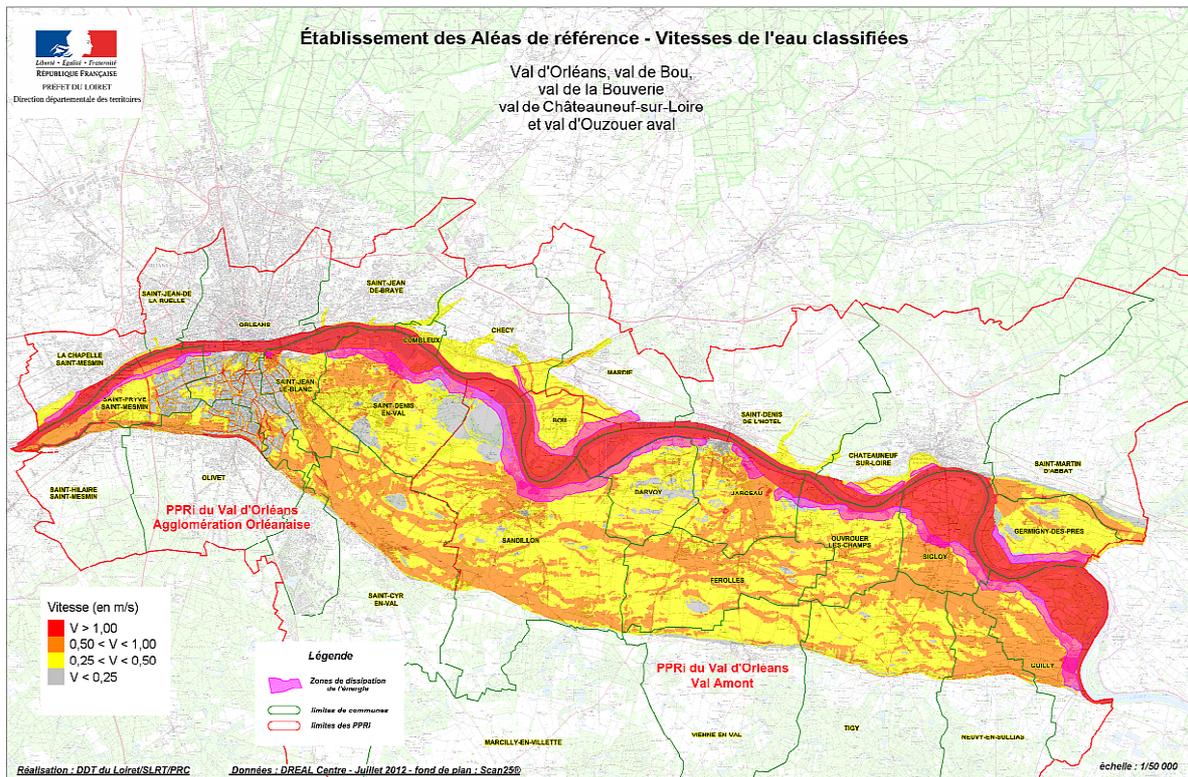
Il s'agit à partir des scénarios présentés ci-dessus, de prendre pour chacun des points du val, les informations par classe de vitesse et de retenir après comparaison, la valeur la plus élevée rencontrée. On obtient ainsi la carte des aléas vitesse classifiée pour l'ensemble des territoires couverts par les deux PPRi du Val d'Orléans selon la grille retenue.

Etape 1 : Identification de la vitesse maximale - En chaque point du val, le paramètre de vitesse maximale des 8 scénarios est sélectionné ;

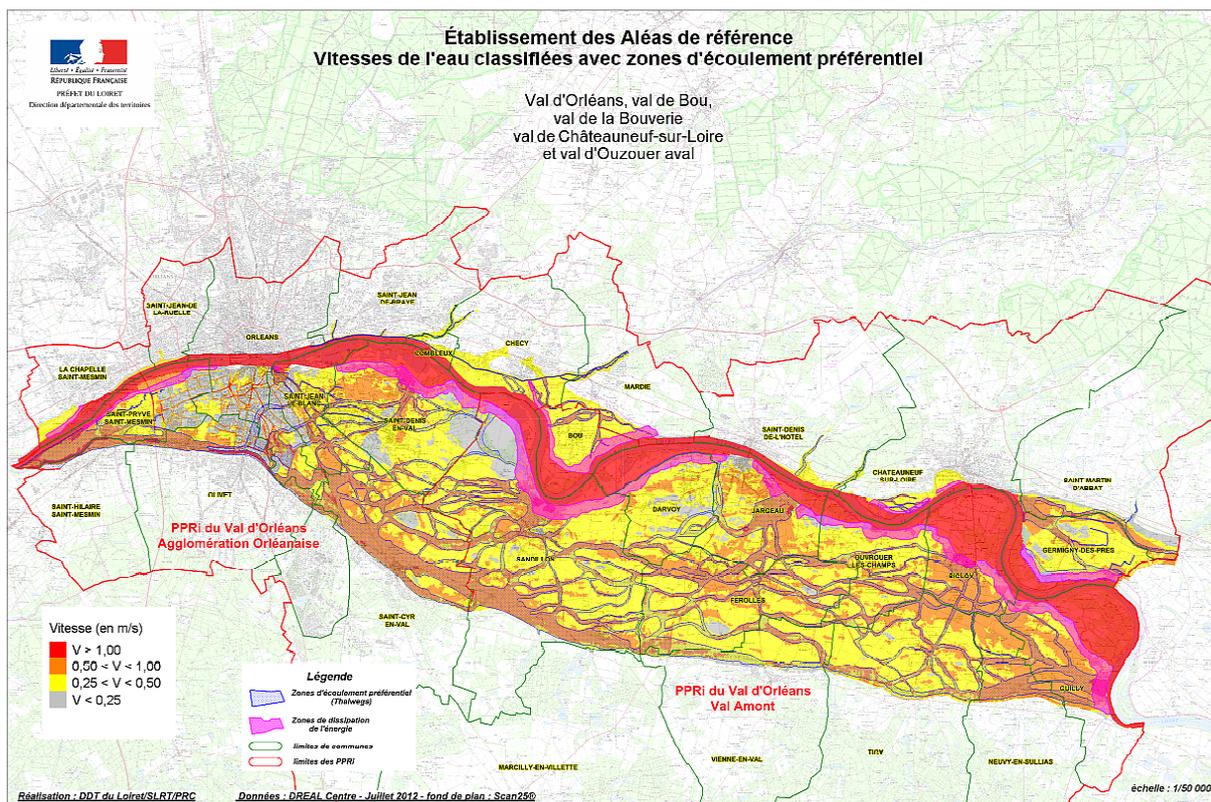
Etape 2 : Classification de la base de données des vitesses maximales comme suit :

- Vitesse faible : 0 → 0,25 m/s ;
- Vitesse moyenne : 0,25 m/s → 0,50 m/s ;
- Vitesse forte : 0,50 m/s → 1,00 m/s (principalement dans les zones d'écoulements référentiels) ;
- Vitesse aggravée : Supérieur à 1m/s (principalement dans les zones de dissipation d'énergie).

Etape 3 : Établissement de la cartographie des vitesses maximales classifiées pour l'ensemble du Val d'Orléans.



L'analyse ainsi obtenue est complétée par l'analyse des écoulements préférentiels déduite de l'analyse "géomorphologie" des vals inondables qui vient compléter la première carte établie fin 2011 et transmise dans le cadre du PAC1 adressé le 25 janvier 2012 aux collectivités et organismes associés.



V.4 - Méthodologie pour établir les Zones de Dissipation d'Énergie à l'arrière des digues

V.4.1 - Rappel des principes introduits par le SDAGE

Le SDAGE, approuvé le 18 novembre 2009 par arrêté du Préfet de Bassin Loire Bretagne, indique que la prévention du risque d'inondation doit être cohérente à l'échelle d'un bassin versant (Bassin Loire Bretagne) et intégrer l'ensemble des composantes suivantes :

- évaluation du risque (c'est à dire, les études en cours sur le Val d'Orléans« étude de dangers », « ECRIVALS », Directive inondation, etc.) ;
- information préventive (Information acquéreurs locataires - IAL et les « porter à connaissance » sur les risques), réduction de la vulnérabilité des biens et des personnes ;
- préservation des zones naturelles d'expansion des crues, urbanisation raisonnée, gestion adaptée des eaux de ruissellement pluviales (ex les PPRN et les documents d'urbanisme).

Dans le chapitre 12B-1 article 6, le SDAGE met l'accent sur les ouvrages de protection en indiquant que : " L'existence de protection comme les digues ou levées ne supprime pas le risque mais le modifie. Quel que soit leur degré théorique de protection, les zones endiguées restent soumises à un risque d'inondation pour lequel le risque de rupture brutale ou de submersion des digues demeure. En conséquence, elles ne peuvent pas justifier d'une suppression de l'aléa dans les zones protégées".

Les articles L211-3 et R214-115 à 117 du Code de l'Environnement relatifs à la sécurité des ouvrages hydrauliques rendent obligatoire la réalisation d'études de dangers pour les digues protégeant des enjeux significatifs.

Le Chapitre 12 du SDAGE Loire Bretagne 2010 – 2015 **qui s'impose au PPRi prescrits postérieurement à sa date d'approbation**, précise que les études de dangers des digues, prévues aux articles L211-3 et R214-115 à 117, ont vocation à expliciter les niveaux de risques à l'arrière des levées et que dans l'attente de ces éléments, il est instauré à l'aplomb des digues sur une largeur de 100m par mètre de hauteur de digue une zone dans laquelle toute nouvelle construction est interdite.

S'agissant du Val d'Orléans, l'étude de dangers des digues a été réalisée par la Direction Régionale de l'Environnement de l'Aménagement et du Logement (DREAL) Centre en 2011 - 2012. Elle a donc été exploitée avec les différents rapports produits pour qualifier le risque à l'arrière de la levée et notamment la zone inconstructible qui sera qualifiée de zone de dissipation d'énergie (ZDE) à l'arrière des digues dans le PPRi. Les analyses conduites ont confirmé le coefficient multiplicateur de 100 (sur la base d'une analyse topographique et historique des brèches sur l'ensemble de la Loire moyenne). Elles ont permis de réduire la hauteur à prendre en compte en fixant comme niveau de référence la hauteur de la ligne d'eau représentant la charge maximum atteinte en cas de crue sur l'ouvrage avant déversement à partir d'une crue modélisée tenant compte de la morphologie actuelle du fleuve et de la capacité d'écrêtement du barrage de Villerest. Ainsi, le coefficient multiplicateur de 100 a été appliqué à la hauteur déterminée par la différence de niveau entre la crue Q200 sur le Val d'Orléans et le niveau du pied de la digue défini dans l'étude de dangers.

Dans cette zone, le risque de destruction est très important en cas de survenue d'une brèche dans la digue. La stratégie réglementaire élaborée prend en compte ce paramètre pour protéger au mieux les enjeux existants et limiter fortement les possibilités d'en accroître l'importance.

V.4.2 - Détermination du coefficient multiplicateur à partir de l'analyse historique des brèches des digues de Loire

Trois études générales portant sur les 500 km de levées de la Loire moyenne permettent de tirer des enseignements utiles pour la levée d'Orléans.

L'étude réalisée par William Halbecq [Approche géomorphologique des brèches dans les levées de la Loire, 1996] analyse la localisation, la répartition des brèches et en précise les causes de formation, les facteurs déclenchant la rupture et les facteurs aggravants. La modification des conditions d'écoulement, par l'exhaussement des levées, le nivellement des points bas, le renforcement des ouvrages et la présence du barrage de Villerest, diminuent le risque d'apparition de brèches. Mais l'étude montre qu'il reste des sites sensibles, où ces ruptures peuvent survenir en raison de :

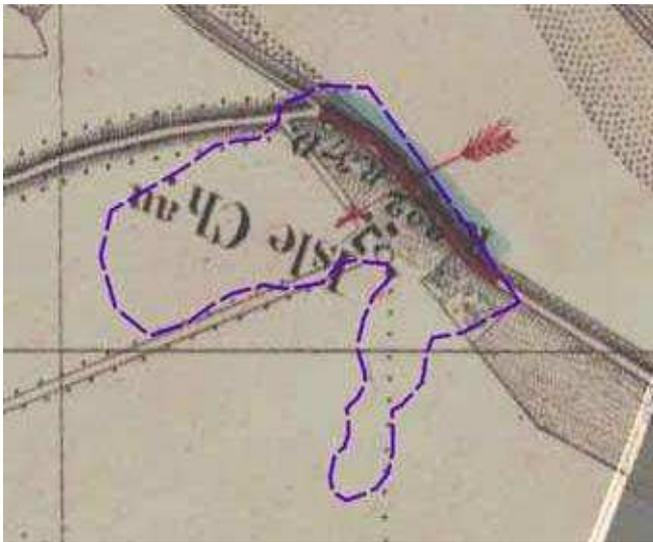
- la présence de sites d'extraction ;
- la présence d'arbres sur les levées ;
- l'accumulation de facteurs sur un même site ;
- la présence de ruptures systématiques pour chaque crue du siècle passé.

L'étude des fosses d'érosion [Descamps, Maurin, 2008] présente une analyse des fosses d'érosion de chaque brèche à partir de l'exploitation hydro morphologique du modèle numérique de terrain [MNT Lidar de la Loire Moyenne, 2002]. La présence de ces fosses d'érosion à l'arrière des brèches est le témoignage de la violence du phénomène dû à la dissipation de l'énergie libérée lors de l'ouverture de la brèche et la turbulence de l'écoulement torrentiel. L'analyse des dépressions derrière les levées donne des indications sur l'étendue de la fosse d'érosion, la profondeur actuelle n'étant bien sûr plus celle d'origine, mais le contour reste

souvent bien visible. L'étude a pu analyser 107 brèches dont les fosses d'érosion sont encore présentes aujourd'hui, permettant une approche de la zone à l'arrière d'une digue liée à la dissipation d'énergie en cas de brèche. Cette approche a permis d'estimer la largeur de la zone de danger à l'arrière de la digue surversée à 100 fois sa hauteur.

Enfin dans ce cadre de l'étude de Dangers, le CETE a étudié l'historique des brèches du Val d'Orléans. Le rapport produit (*Étude des brèches du Val d'Orléans – Janvier 2011*) décrit précisément les brèches recensées : la localisation, la datation, les causes qui ont générées ces défaillances et les caractéristiques des fosses d'érosion. L'étude a permis d'identifier une cinquantaine de brèches qui se sont produites sur le système d'endiguement des vals concernés par la révision des PPRi, donc une vingtaine pour le val d'Orléans.

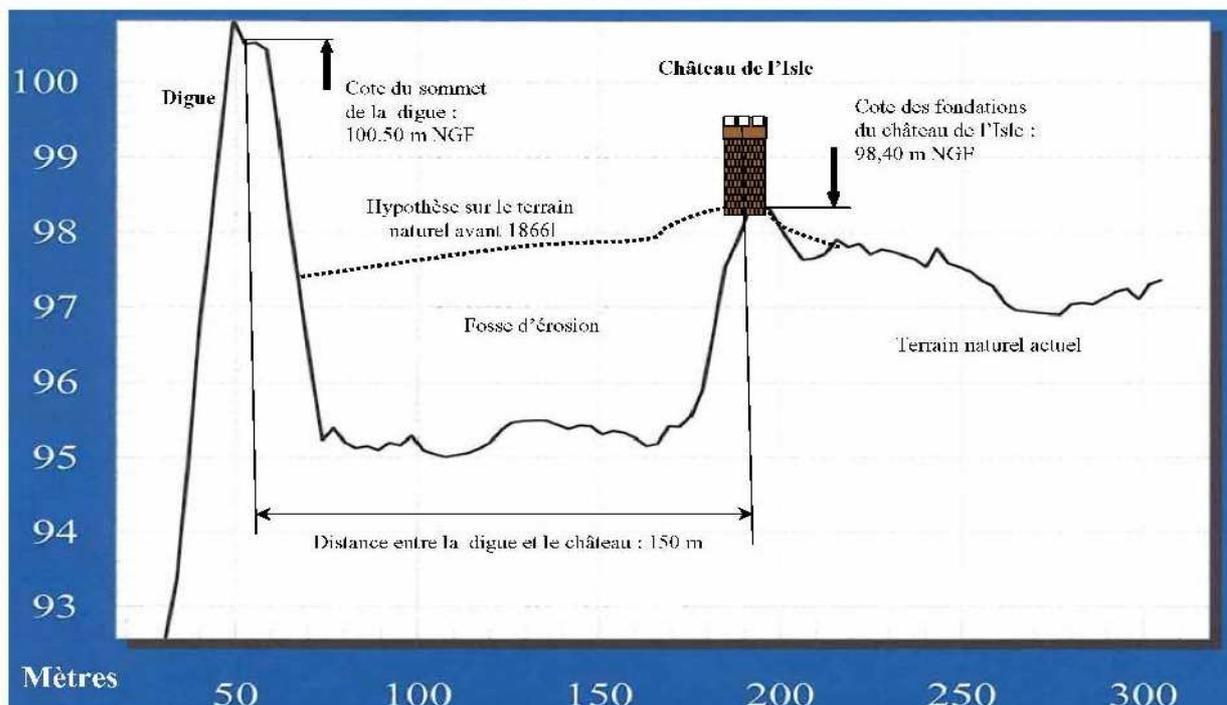
On trouvera ci- après les illustrations des conséquences de la brèche de château de l'Isle en 1866, on notera que le château est situé à 150 m de la digue.



Dans ces illustrations, on retrouve le relevé historique de la brèche de 1866 et la photo aérienne de 2005 sur lesquels la fosse d'érosion a été reportée.

Le bâtiment actuel témoigne de la force de destruction consécutive d'une brèche: La surverse du système d'endiguement a entraîné la ruine de la digue sur environ 320 m. La fosse d'érosion qui résulte de cette brèche mesure 400 m en largeur et 450 m en longueur et plusieurs mètres de profondeur. Il convient de noter que son tracé a épousé le contour de paléo chenaux

Profil en travers de la levée et du terrain naturel au niveau du Château de l'Isle



Le château de l'Isle constitue un exemple illustratif pour confirmer le bien fondé du calcul de la zone de dissipation de l'énergie à l'arrière d'une digue en cas de brèche. En septembre 1866 une brèche s'est ouverte en face du château de construction massive. La distance entre la levée et le château est de 150 mètres. La dénivellation entre le sommet de la digue et son terrain d'assise est de 2,10 mètres (levée : 100,50m NGF – terrain de fondation du château : 98,40m NGF).

Dans ce cas la valeur du coefficient calculé est de 71, alors que le bâtiment avait une structure bien plus solide que les constructions modernes, la fosse d'érosion s'est propagée de chaque côté de l'obstacle qu'il constituait. Cette érosion rapide a conduit à l'effondrement de la majeure partie du bâtiment historique.

Pour tenir compte de l'ensemble de ces témoignages historiques, il a été retenu de conserver le coefficient multiplicateur de 100 fixé dans le SDAGE et dans les études citées pour établir la géométrie de la zone de dissipation d'énergie, des digues protégeant les vals situés dans le territoire des deux PPRi.

V.4.3 - Détermination de la hauteur d'eau à prendre en compte pour l'établissement des zones de dissipation d'énergie

V.4.3.1 - Niveau de sûreté, niveau de protection

Pour déterminer les probabilités de ruine du système d'endiguement, il est nécessaire de réaliser un diagnostic précis des digues et de les caractériser précisément. Cette tâche a été confiée au Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées de Blois et à la DREAL Centre qui ont établi une analyse fine du système d'endiguement (données géo-référencées): profil en long, découpage par tronçon de 50 mètres du système d'endiguement, caractéristique physique de la digue (profil en travers, canalisations, végétations, maisons encastrées, etc.).

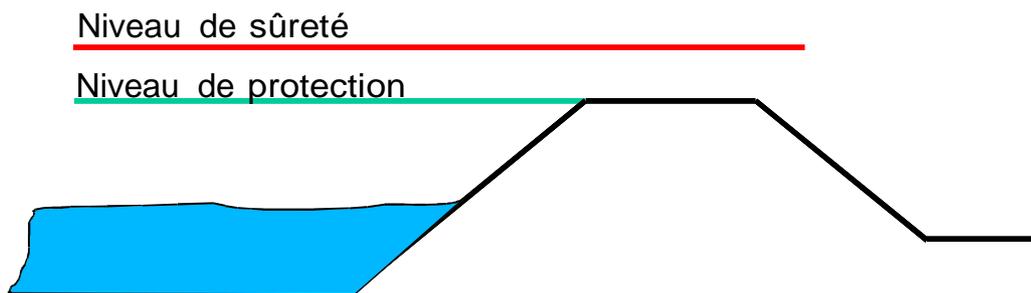
Deux notions ont été introduites dans les études de dangers pour tenir compte de la défaillance potentielle des digues : le niveau de sûreté et le niveau de protection.

Niveau de protection : il correspond au niveau de première surverse au-dessus de la digue.

Niveau de sûreté : il correspond au niveau pour lequel le débit (ou hauteur d'eau) entraîne un risque de rupture considéré comme non négligeable.

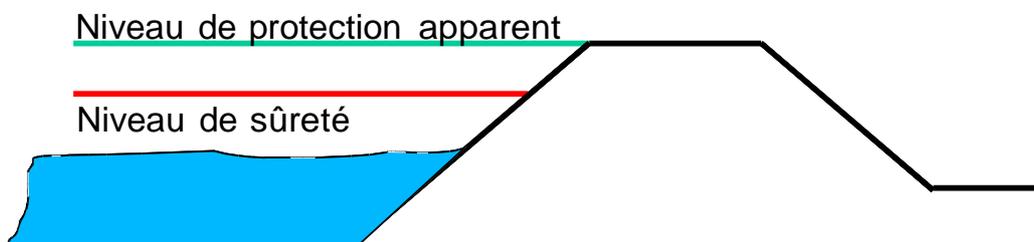
Cas d'une digue neuve

Le niveau de sûreté est supérieur au niveau de protection par construction



Cas d'une digue ancienne

Le niveau de sûreté peut être inférieur au niveau de protection.



Les digues de Loire sont toutes issues de surélévations et d'aménagements qui les rendent hétérogènes, de ce fait leur niveau de sûreté est situé en-dessous du niveau de protection. Seule la poursuite des travaux d'amélioration permettra de faire tendre le niveau de sûreté vers le niveau de protection.

- Le niveau de sûreté est le déclencheur de l'évacuation de la population en situation de crue.
- Le niveau de protection est celui qu'il convient de retenir pour déterminer l'étendue du risque de destruction du bâti à l'arrière des digues en cas de rupture ou de déversement (le déversement sur une digue en terre entraîne la ruine de celle-ci dans un délai très court).

C'est à partir de la projection sur la digue côté val, de la ligne d'eau de la crue provoquant les premiers déversements préjudiciables à la levée, qu'est définie la hauteur prise en compte pour la détermination de la profondeur de la zone de dissipation d'énergie en multipliant la hauteur par 100.

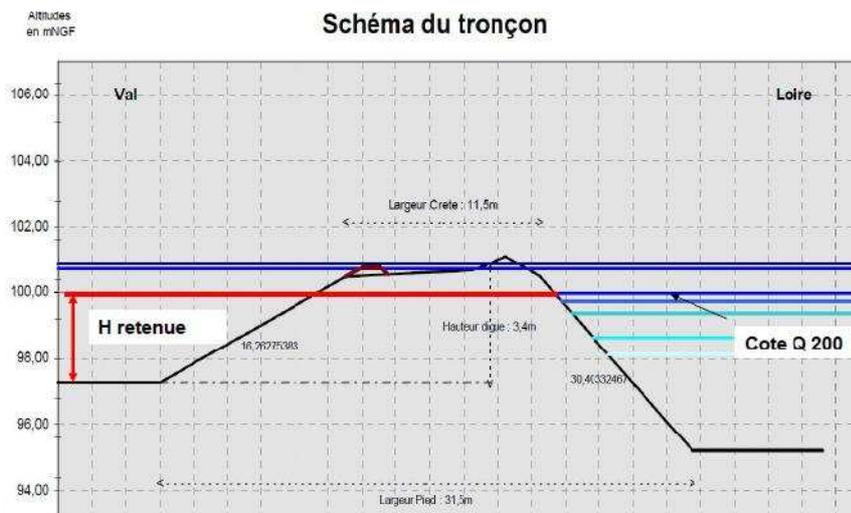


Illustration pour le val d'Orléans de la prise en compte d'un niveau de protection égal à Q200

Les niveaux de protection retenus pour établir la cartographie des zones de dissipation d'énergie sont définis comme suit :

- Pour le Val d'Orléans, les points bas identifiés se situent au niveau de Guilly, Sigloy et Saint- Denis-en-Val. Le système d'endiguement déverse donc pour une crue Q200 ;
- Pour le Val de Bou, alors que le système d'endiguement déverse pour une crue Q500, il sera retenu une crue Q200 par cohérence avec les inondations par ruptures de digue qui se sont produites au 19^{ème} siècle. En effet, aujourd'hui des brèches sont très probables avant d'arriver à cette crue ;
- Pour le Val d'Ouzouer, le système d'endiguement déverse pour une crue Q100 ;
- Pour le Val de Châteauneuf-sur-Loire et le Val de la Bouverie, en l'absence de modélisation 2D sur les deux vals concernés, il a été retenu la hauteur d'eau correspondant au déversement d'une crue sur le système d'endiguement, en analysant le profil en long de la digue. Il s'agit dans ce cas du niveau de protection de ces systèmes d'endiguement.

V.4.4 - Établissement de la carte de localisation des zones de dissipation d'énergie

Après un report des points issus de la projection de la hauteur des lignes d'eau de la crue Q200 affectés d'un coefficient multiplicateur de 100, un travail complémentaire est effectué pour :

- tenir compte des hauteurs d'eau situées côté val pour la crue prise en compte et issues des zones de remous. Ces hauteurs d'eau sont déduites de la hauteur totale prise en compte car elles viennent réduire la lame d'eau potentielle qui serait créée par une rupture de la digue. Une vérification terrain est ensuite conduite pour examiner les éléments susceptibles d'influer sur la capacité de destruction d'une lame d'eau provenant de la défaillance de la digue.

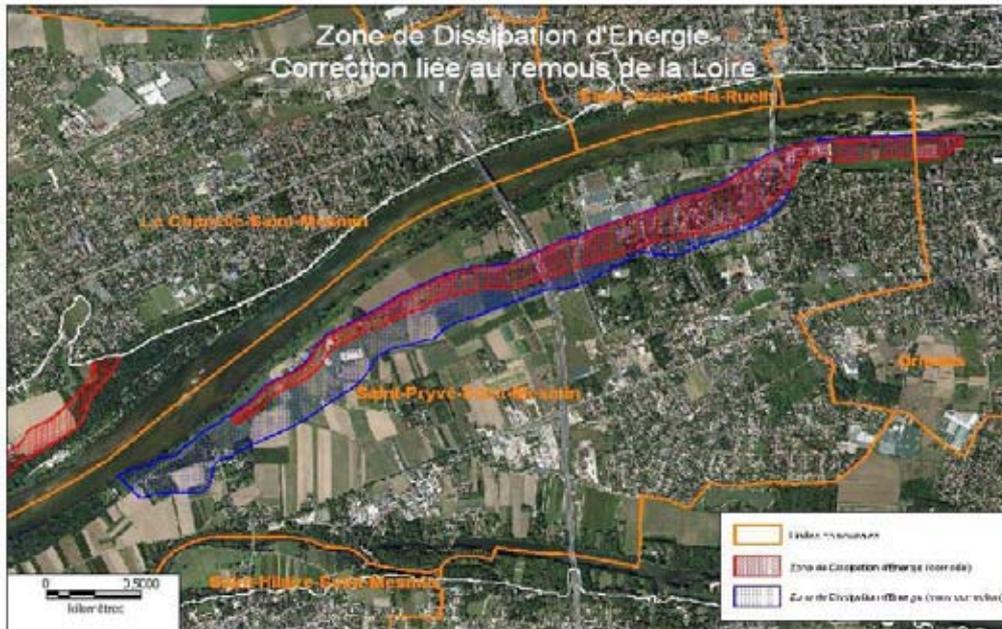
- examiner le profil général du terrain, l'existence de lignes continues de bâti ou encore de rue perpendiculaire à la digue facilitant l'entrée de l'eau et plus fréquemment de relever les zones de tertres anthropiques issus des travaux d'aménagement urbain depuis les grandes crues du 19^{ème} siècle (exemple des quais de l'agglomération d'Orléans et du nord du quartier Saint Marceau construit sur remblai). Chaque calcul ponctuel effectué tous les 50 mètres est examiné à l'aune de son environnement. La comparaison des calculs de part et d'autre permet d'apprécier l'influence des profils voisins (l'écoulement dans une brèche n'est pas unidirectionnel, mais se présente sous la forme d'un cône de projection qui évoluera rapidement vers un phénomène laminaire pouvant atteindre plusieurs centaines de mètres, couvrant plusieurs profils). L'analyse

topographique des terrains en arrière plan de la digue permet de mettre en évidence des éléments topographiques comme des voiries en remblai important, des secteurs surélevés qui seraient de nature à freiner la vague qui se produirait lors d'une brèche et donc à réduire la ZDE. On obtient ainsi la carte de synthèse des Zones de dissipation d'énergie pour les vals composant le territoire des deux PPRi du Val d'Orléans

On trouvera ci-après les éléments de détail qui ont été intégrés à la carte générale des zones de dissipation d'énergie.

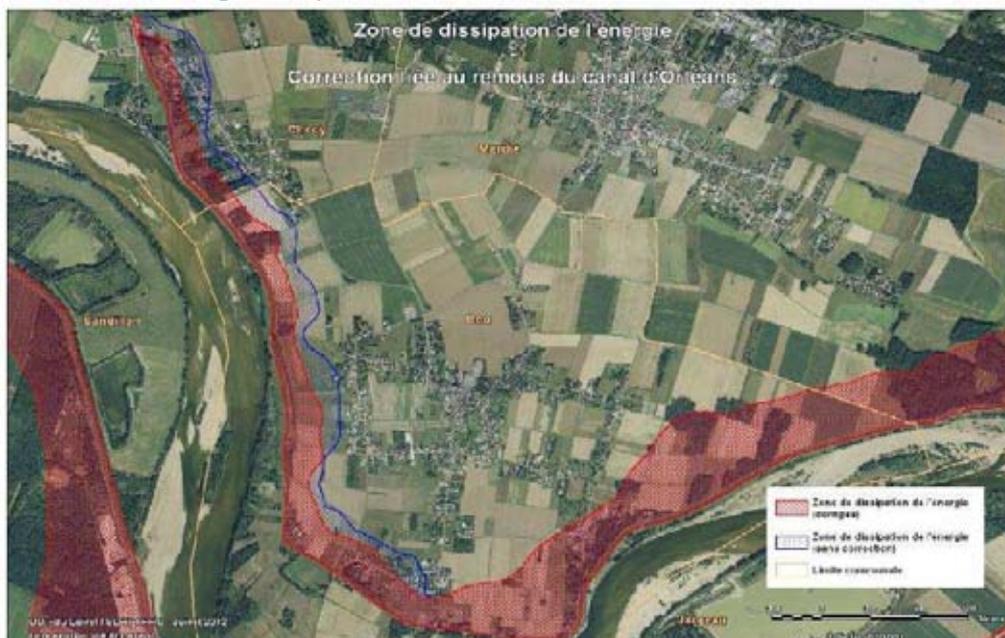
Prise en compte de l'influence du remous du Loiret dans l'extrémité ouest du Val d'Orléans :

On observe sur cet extrait de la carte finale que la ZDE calculée est réduite de l'influence du remous du Loiret (aire en tramé bleu) sur le système d'endiguement du Val d'Orléans. La prise en compte du niveau d'eau intra-val minore ainsi l'effet de rupture de digue.

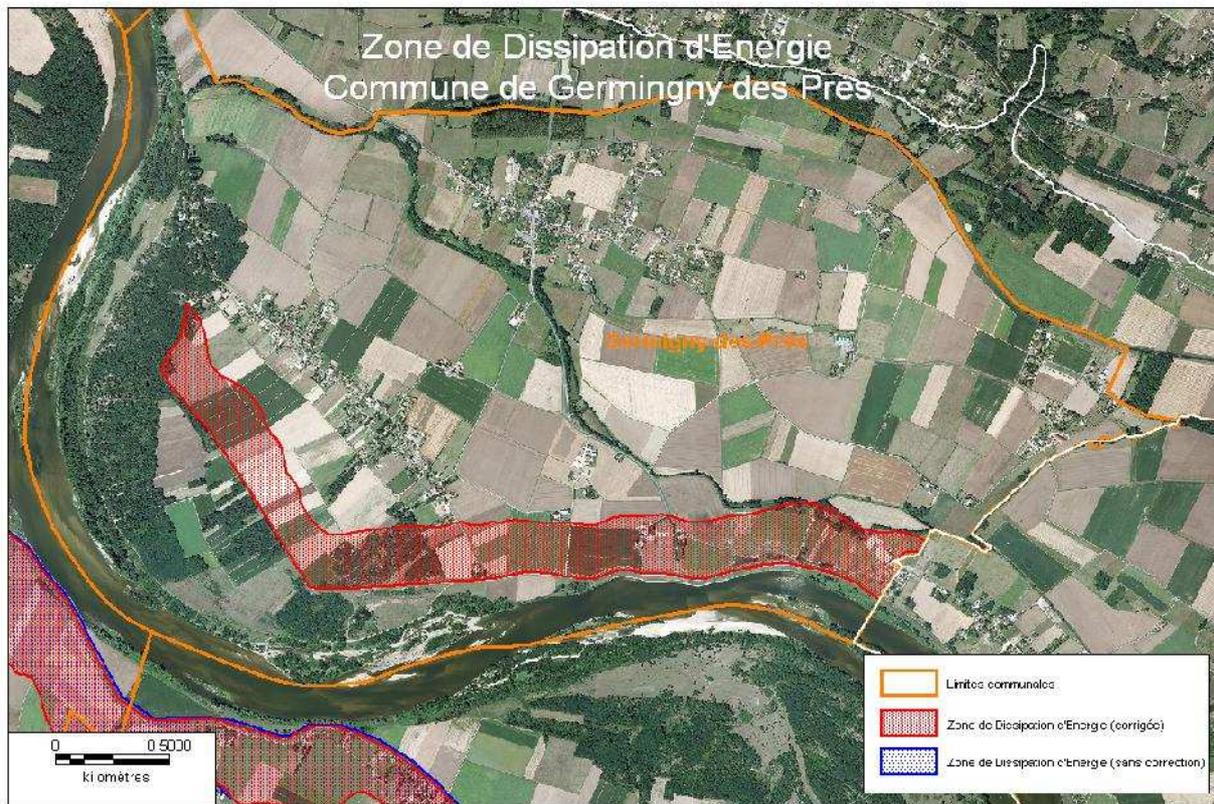


ZDE du Val de Bou

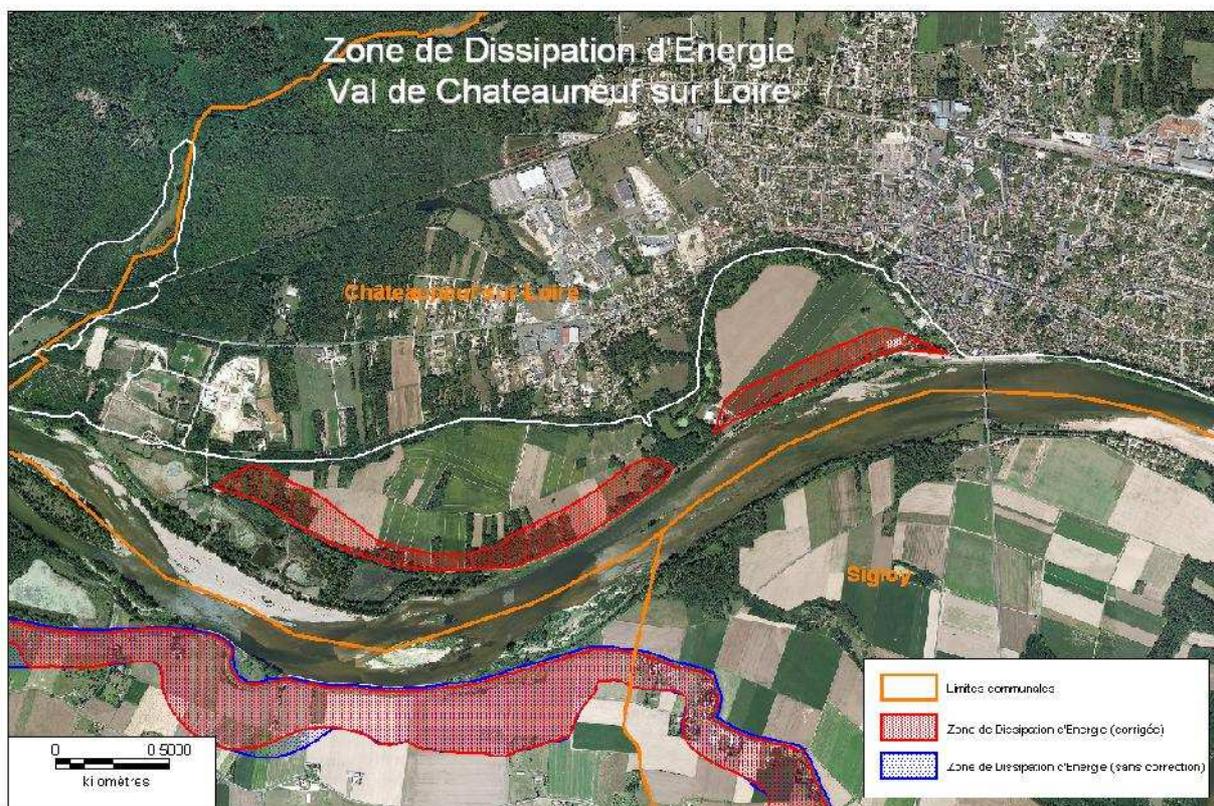
Comme sur l'extrémité ouest du Val d'Orléans, il a été pris en compte pour l'établissement de la zone de dissipation d'énergie dans le Val de Bou, la hauteur d'eau générée par le déversement depuis le canal d'Orléans généré par la crue.



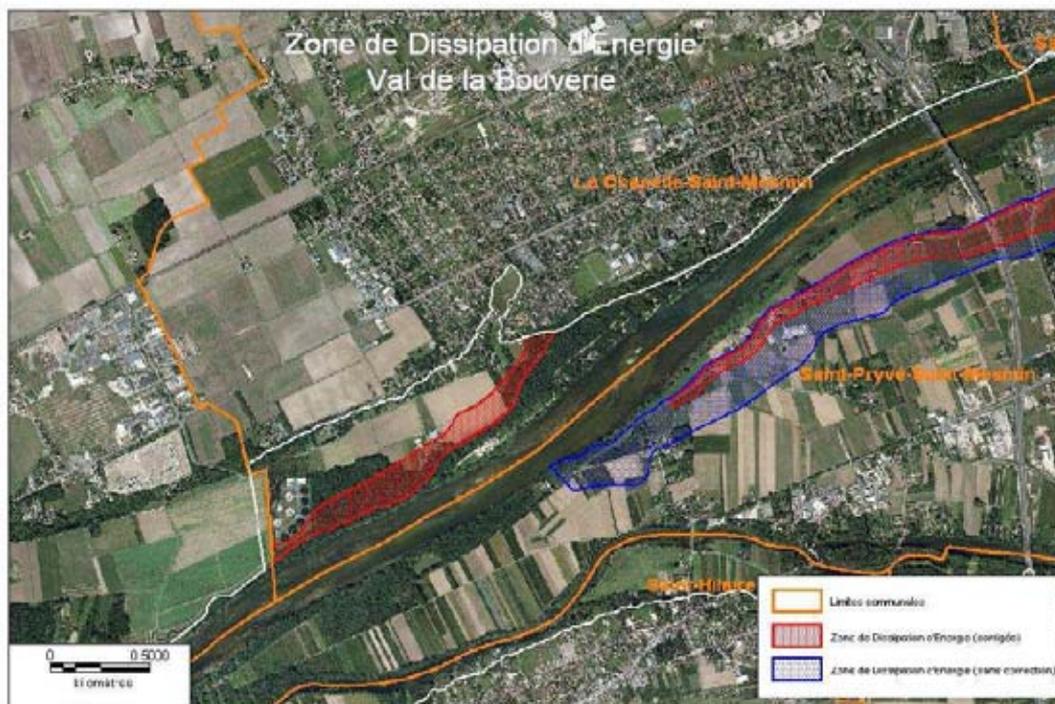
Val Hydraulique d'Ouzouer



Val Hydraulique de Châteauneuf sur Loire

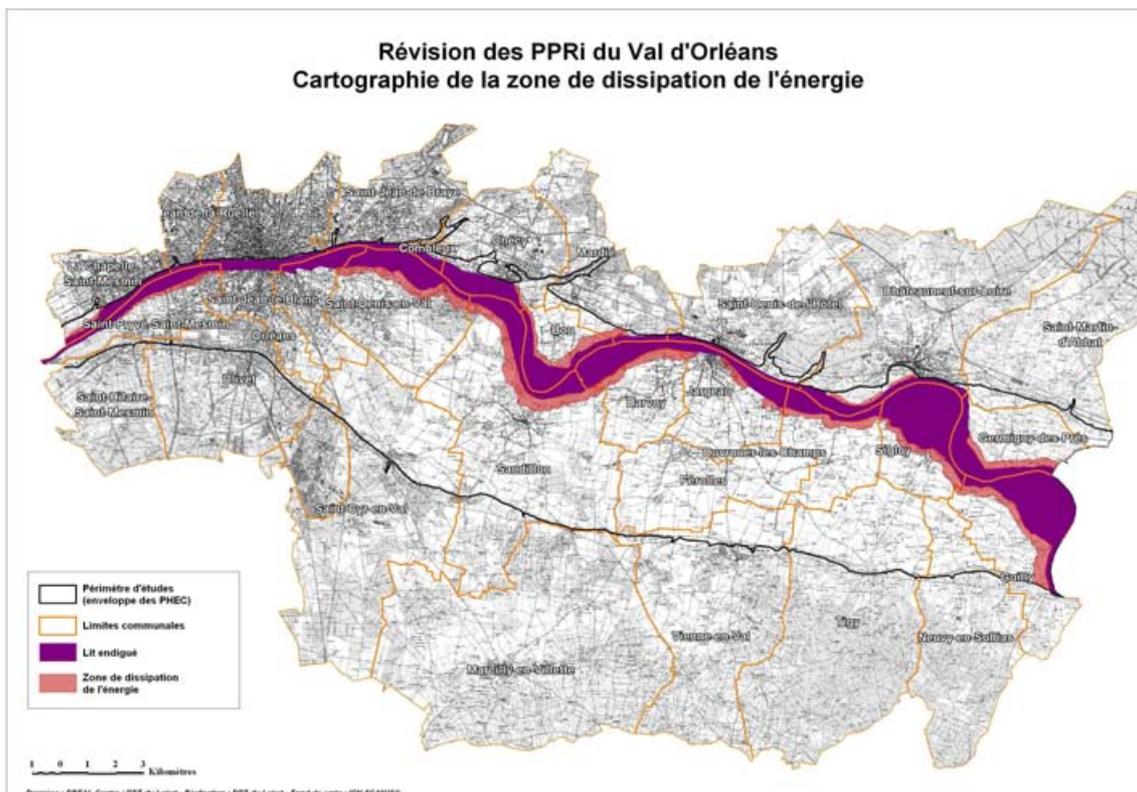


Val Hydraulique de la Bouverie



Le travail ainsi effectué par l'analyse précise des niveaux de protection de chacun des vals constituant le territoire concerné par les PPRi Val d'Orléans Agglomération Orléanaise et Val Amont a permis d'établir la carte de synthèse des zones de dissipation d'énergie qui a été intégrée dans les aléas de référence permettant de réaliser la carte de classement des aléas classifiés.

Carte de Synthèse sur le territoire des deux PPRi Val d'Orléans Agglomération Orléanaise et Val Amont.



V.5 - Méthodologie pour établir les zones d'écoulement préférentiel

Identifiée dès la première génération des PPRi, la zone d'écoulement préférentiel a été complétée grâce à une analyse géomorphologique du territoire et aux simulations issues des études de dangers. C'est un travail de calage avec la vérification de la cohérence des écoulements par rapport à la topographie du terrain.

En premier lieu, le travail a consisté sur un fond topographique (MNT) à recalculer l'écoulement préférentiel défini lors de la première version du PPRi.

L'étape suivante a permis d'extraire les images séquentielles des diverses modélisations de propagation de la crue, à différents moments afin de suivre leur cheminement dans le val et de les géoréférencer. La superposition du travail réalisé lors de la première étape avec les séquences de progression de l'eau dans le val a permis d'affiner et de corriger l'identification des thalwegs ainsi que l'emprise de ces écoulements (enveloppe).

Avec la couche de thalwegs reconstituée, l'étape d'après a consisté à approfondir l'analyse à l'échelle infra-communale, pour corriger les effets des obstacles structurels à l'écoulement, tels que certaines infrastructures de transports comme les voiries. Ces dernières ont tendance à générer artificiellement des zones d'écoulement préférentiel. Ce phénomène, dû au paramétrage des données pour la modélisation, notamment par application d'un coefficient de rugosité, a été corrigé.

Il a donc été retenu de ne pas cartographier, les zones d'écoulement préférentiel liées aux réseaux routiers.