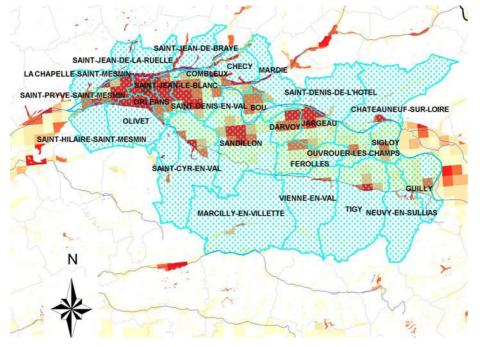
Novembre 2013

Directive inondation

Bassin Loire-Bretagne

Rapport de présentation de la cartographie du risque d'inondation par la Loire du secteur d'Orléans







Sommaire

1 – Introductionp 2
2 - Présentation générale de la Loirep 2
3 - Caractérisation des crues de la Loire à Orléansp 3
4 - Historique des crues de la Loire sur le secteur d'Orléansp 6
5 - Études antérieures sur les inondations dans le secteur d'Orléansp 8
6 - Qualification des scénarios d'inondationp 10
7 - Limites des résultats obtenusp 13
8 - Qualification des enjeux et sources de données utiliséesp 14
9 - Analyse des enjeuxp 15
10 - Cartes des scénarios d'inondation et d'exposition au risquep 18
Probabilité fréquentep 19
Probabilité moyennep 27
• Probabilité exceptionnellep 35
• Synthèse des scénariosp 43
• Exposition au risquep 51
11 - Annexes nécessaires à une compréhension des cartesp 59
• Bases de données nationales utilisées dans l'analyse des enjeux.

- Tableau des débits théoriques utilisés dans le modèle de propagation des ondes de crues de l'étude dangers de la digue du val d'Orléans
- Données détaillées sur les emplois.



Rapport de présentation de la cartographie du risque d'inondation du secteur d'Orléans

1 - Introduction

Dans le cadre de la mise en œuvre de la directive inondation, l'exploitation des connaissances rassemblées dans l'évaluation préliminaire des risques d'inondation du bassin Loire-Bretagne, arrêtée à la fin de l'année 2011, a conduit à identifier 22 Territoires à Risque Important (TRI). Au vu des enjeux liés aux débordements de la Loire, le secteur d'Orléans est l'un d'entre eux. La qualification d'un territoire en TRI implique une nécessaire réduction de son exposition au risque d'inondation, et engage l'ensemble des pouvoirs publics présents dans la recherche de cet objectif.

À cette fin, une ou plusieurs stratégies locales de gestion du risque d'inondation devront être mises en œuvre pour chaque TRI. Leurs objectifs devront être arrêtés par le préfet coordonnateur de bassin dans les 2 ans, en tenant compte des priorités de la stratégie nationale de gestion du risque d'inondation et de sa déclinaison dans le plan de gestion du risque d'inondation du bassin Loire-Bretagne.

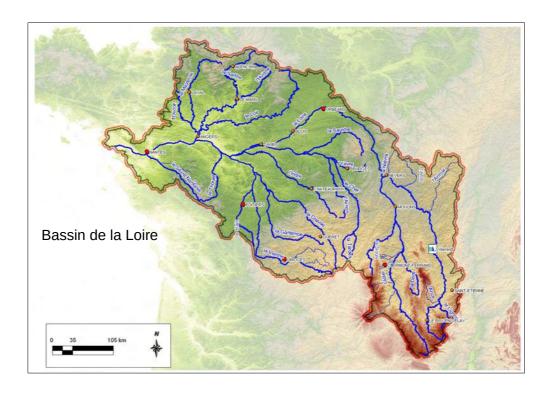
Afin d'éclairer les choix à faire et partager les priorités, la connaissance des inondations sur les TRI doit être approfondie, en réalisant une cartographie des risques pour 3 scénarios basés sur:

- ◆ les événements fréquents ;
- les événements d'occurrence moyenne (période de retour de l'ordre de 100 ans);
- les événements exceptionnels.

C'est l'objet des cartographies présentées dans ce rapport sur le TRI du secteur d'Orléans.

2 - Présentation générale de la Loire

La Loire s'écoule sur 1 012 km. Son bassin hydrographique de 117 800 km² s'étend du Massif central (Loire supérieure) au sud du Bassin parisien (Loire moyenne), et au sud-est du massif Armoricain (basse Loire). Le fleuve naît à 1 400 mètres d'altitude, sur le plateau ardéchois, près du Mont-Gerbier-de-Jonc, et se dirige d'abord vers le nord en raccordant par des gorges le bassin du Puy-en-Velay, la plaine du Forez et la plaine de Roanne. En sortant des reliefs, le fleuve s'élargit. Il traverse les plaines du Bourbonnais avant d'être rejoint par l'Allier en aval de Nevers, à une altitude de 167 mètres. Sa vallée prend alors une nouvelle ampleur et son cours dessine une vaste courbe vers l'ouest, sans affluent important. Orléans, à 100 m d'altitude, en constitue le point nord et Tours l'extrémité aval. Après cette agglomération, la Loire reçoit en rive gauche, les eaux du Cher, de l'Indre et de la Vienne. Puis, en rive droite, avant de pénétrer dans le massif Armoricain pour se diriger vers Nantes, elle reçoit les eaux de la Maine, réunion du Loir, de la Sarthe et de la Mayenne. Depuis le bec d'Allier jusqu'à l'amont de Nantes, le fleuve est enserré par des digues construites pour se protéger des crues. En aval de Nantes, l'embouchure du fleuve se dessine. La Loire parcourt encore une quarantaine de kilomètres avant de se jeter dans l'océan atlantique.



3 - Caractérisation des crues de la Loire à Orléans

Deux types de phénomènes pluvieux marquent le bassin de la Loire :

- les masses d'air humides océaniques, bloquées par la présence des massifs montagneux (Massif central et Morvan), génèrent de forts cumuls de précipitations sur de vastes étendues;
- en début d'automne et au printemps, sous l'influence du climat méditerranéen, des orages violents dits « cévenols » peuvent éclater, générant des précipitations très intenses dans un laps de temps très court sur les plateaux ardéchois et de la Haute-Loire.

Ces influences climatiques engendrent différentes formes de crues :

les crues océaniques :

Elles ont lieu surtout en hiver et au printemps. Elles sont provoquées par des fronts pluvieux venant de l'océan Atlantique. Elles affectent l'ensemble du bassin : l'Allier, la Loire et leurs affluents. Les reliefs, notamment ceux du Morvan, jouent un rôle important dans la répartition des précipitations et leur cumul. En Loire moyenne, les apports des fronts pluvieux océaniques qui arrosent ce sous-bassin sont généralement trop faibles pour l'emporter à eux seuls sur l'atténuation engendrée par le stockage naturel de l'eau dans les champs d'expansion des crues. Les crues de ce type sont fréquentes pendant l'hiver. Dans le secteur d'Orléans, elles ont généralement une ampleur limitée, comme en janvier 1982 où la Loire a atteint 3,28 m. Toutefois, en analysant les chroniques historiques, on peut supposer que des épisodes plus puissants ont aussi eu lieu. La crue de décembre 1825 qui atteignit 5,98 m à Orléans pourrait appartenir à cette catégorie.

les crues « cévenoles » :

Elles sont dues aux précipitations qui accompagnent les orages cévenols sur le haut bassin de l'Allier et de la Loire. Sans apport océanique, elles s'amortissent très rapidement. Mais parfois, comme en 1907, si le front orageux remonte à l'intérieur du bassin et touche à la fois l'Allier et la Loire, les crues acquièrent suffisamment de puissance pour se propager en Loire moyenne et jusqu'à Orléans où, à cette occasion, elle a pu atteindre la cote de 5,25 m. La crue de décembre 2003, moins importante e, Loire moyenne, appartient aussi à ce type de crue.

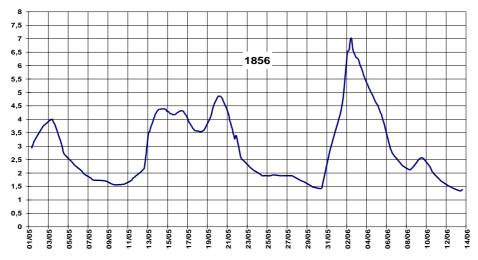
les crues mixtes :

Elles naissent de la conjonction, plus ou moins marquée, d'une crue cévenole et d'une crue océanique. Elles se traduisent par une montée généralisée des eaux sur l'ensemble du bassin, accompagnée par des débits très importants de la Loire, de l'Allier et de leurs affluents. C'est à ce type de crue qu'appartiennent les 3 grandes crues du XIX^e siècle qui ont affecté la Loire moyenne et notamment l'Orléanais.

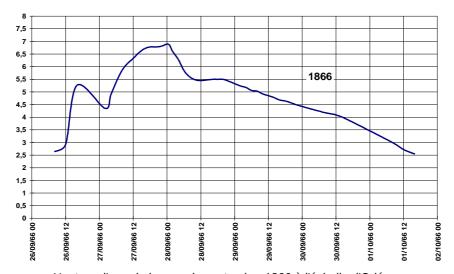
Des pluies océaniques touchent le bassin y compris le haut
 Un orage cévenol survient et provoque une crue qui se surajoute à la crue océanique

Pluies océaniques océan

Les crues qui se propagent jusqu'à Orléans naissent donc des crues de l'Allier, de la Loire amont ou des deux à la fois. Il s'agit de phénomènes lents qu'il est possible d'anticiper de quelques jours. La montée des eaux s'observe généralement sur 1 à 2 journées, le passage de la pointe de crue sur 1 jour et la décrue sur une période de 3 à 4 jours. Il arrive que les ondes de crue s'enchaînent, comme aux mois de mai et juin 1856.

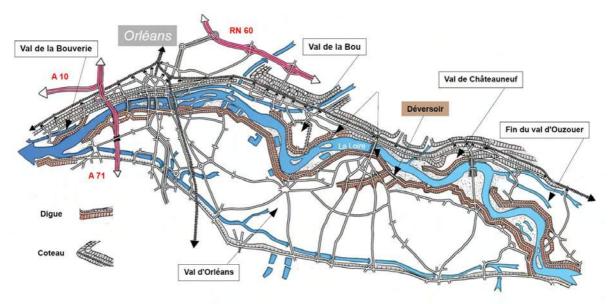


Hauteur de la crue de mai 1856 à l'échelle d'Orléans



Hauteur d'eau de la crue de septembre 1866 à l'échelle d'Orléans

Par ailleurs, en Loire moyenne, l'homme a cherché depuis plusieurs siècles à soustraire les vals (espace situé entre le fleuve et le côteau) aux inondations en les protégeant par des digues. Dans le secteur d'Orléans, les endiguements sont pratiquement continus et ont des hauteurs de 5 à 7 mètres. Ils protègent en rive gauche un val de 35 kilomètres de long où une partie de l'agglomération orléanaise s'est développée, et en rive droite 3 vals de surfaces plus réduites. La digue de la rive gauche est équipée d'un déversoir de sécurité construit à la fin du XIX^e siècle. Prévu initialement pour décharger la Loire d'une partie de ses eaux lors de crues importantes, ce dispositif n'est plus fonctionnel aujourd'hui. L'enfoncement du lit de la Loire conduit actuellement à un fonctionnement trop tardif pour réduire la pression sur les digues, même empêcher leur dépassement, et éviter ainsi leur rupture brutale. Par ailleurs, les fondations des digues se trouvent aussi fragilisées par l'enfoncement du lit de la Loire.



Système d'endiguement du secteur d'Orléans, d'après les travaux de l'équipe pluridisciplinaire du plan Loire Grandeur Nature

Enfin, le barrage de Villerest, construit à l'amont de Roanne, joue un rôle dans l'écoulement des crues en Loire moyenne. Il peut aller jusqu'à y réduire le débit maximal de plusieurs centaines de mètres-cubes par seconde. Toutefois, il ne supprime pas le risque de rupture des digues. Son impact sur le niveau maximal des grandes crues reste de l'ordre de quelques dizaines de centimètres en Loire moyenne.

En conclusion, bien que les crues de la Loire à Orléans soient relativement lentes et puissent être anticipées, elles peuvent donner lieu à des inondations brutales liées à la rupture de digues protégeant les vals.

Un danger particulier : Les crues de débâcle de glace

Une autre origine des inondations sur la Loire moyenne réside dans les crues de débâcle. Lors des hivers les plus rigoureux, la Loire peut geler. Ce phénomène a été constaté régulièrement dans le passé, la dernière fois en janvier 1985. Une banquise forme alors, son épaisseur peut atteindre plusieurs dizaines de centimètres. moment du dégel, cette banquise se fragmente en d'importantes plaques qui peuvent se bloquer dans les méandres ou au niveau des ponts. Les plaques se chevauchent, provoquant des



Embâcle de 1985 : (photo : Michel Lefèvre)

amoncellements qui peuvent atteindre plusieurs mètres de hauteur. La section d'écoulement du lit de la Loire se trouve ainsi très réduite alors que du fait du redoux le débit du fleuve tend à augmenter. Ce phénomène peut provoquer localement des élévations importantes et rapides des niveaux d'eau. En janvier 1789, il a été à l'origine de la destruction de plusieurs ponts et de nombreuses brèches dans les levées à Orléans, Blois, Tours, Langeais, provoquant des inondations importantes.

4 - Historique des crues de La Loire sur le secteur d'Orléans

Au-delà des trois grandes crues de 1846, 1856, 1866 dont les niveaux sont voisins de 7,00 m à Orléans, Jean-Marie Lorain a dressé dans son ouvrage « la Loire à Blois » une liste des crues qui ont impacté la Loire moyenne. Depuis le XVI ^e siècle, il décompte :

- au XVI^e siècle: quatorze crues dont les plus importantes sont celles de mai 1527 et septembre 1586;
- au XVII^e siècle: seize crues dont celles d'octobre 1608 et 1628 semblent comparables aux trois grandes crues du XIX ^e;
- au XVIII^e siècle : vingt-huit crues dont au moins six de la même importance que les trois grandes crues du XIX ^{e,} ;
- au XIX^e siècle: seize crues supérieures 4,00 m à Orléans dont sept supérieures à 5,00 m:

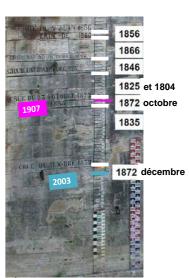
Dates	Hauteur à l'échelle d'Orléans
Août 1804	6,00 m
Décembre 1825	6,00 m
Juin 1835	5,01 m
Septembre-octobre 1846	6,78 m
Mai-juin 1856	7,10 m
Octobre 1866	6,92 m
Octobre 1872	5,68 m

La période de retour admise pour les trois grandes crues du XIX^e siècle est comprise entre 150 ans et 200 ans, avec un débit estimé d'environ 7 000 m³/s au bec d'Allier;

 au XX^e siècle: quatre crues supérieures à 4,00 m à Orléans dont une seule supérieure à 5,00 m, celle d'octobre 1907 qui a atteint 5,25 m.

Dans la continuité de ce décompte, la première décennie du XXI^e siècle n'a enregistré aucune crue du type de celles citées précédemment. Les dernières crues ont eu lieu en décembre 2003 et novembre 2008. Le niveau de la Loire a alors atteint respectivement les cotes de 3,75 m et 2,46 m à Orléans.

L'accalmie constatée dans la fréquence des grandes crue de la Loire depuis le début du XX^e siècle reste un phénomène ponctuel, dû à un enchaînement météorologique d'années particulièrement clémentes. Cette configuration a déjà eu lieu aux XIII^e et XIV^e siècle, faisant naître dans la population un faux sentiment de sécurité.



Échelle de crues d'Orléans

Sur le plan des dommages, à chaque grande crue de la Loire, le secteur d'Orléans a été inondé. En rompant, les digues ouvraient les vals à un flot brutal et dévastateur qui occasionnait des dommages considérables.

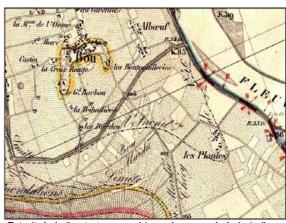


crue du 3 Juin 1856 à Orléans (source : musée de la marine de Loire)

5 - Études antérieures sur les inondations dans le secteur d'Orléans

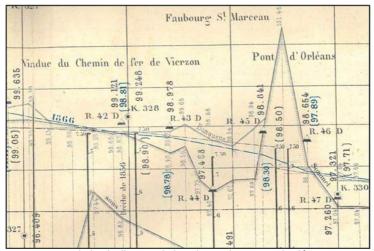
Plusieurs études ont été conduites sur le secteur d'Orléans pour caractériser les crues de la Loire. Les principales études permettant de qualifier le risque d'inondation sont :

la carte topographique du cours de la Loire élaborée de 1848 à 1855 à l'échelle 1/20 000 ème (dite carte de 1850), d'après un programme dressé par une commission d'Inspecteurs des Ponts et Chaussées. Elle renseigne sur le contour de l'inondation résultant de la crue de 1846, recense des brèches de grandes crues (1846 et antérieures). Pour certains exemplaires, elle porte aussi une surcharge avec le contour des inondations résultant des crues de 1856 et 1866, les sites de brèches de 1856 et 1866, les zones de surverse généralisées sur les digues et quelques repères de crue ;



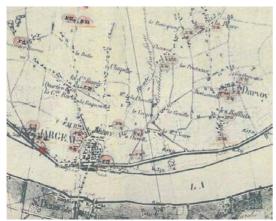
Extrait de la "carte topographique du cours de la Loire" sur le secteur de Bou

◆ le nivellement des deux rives de la Loire entre Briare et Nantes, exécuté de 1854 à 1862 par les services des Ponts et Chaussées. Ce nivellement présente le profil en long des digues ainsi que les profils en long du fil d'eau des crues de 1856 et 1866 ;



Extrait du nivellement de la Loire sur le secteur d'Orléans

♦ le plan du val d'Orléans avec l'indication des repères des inondations, élaboré au 1/20 000 ème en 1891 par le Service Spécial de la Loire des Ponts-et-Chaussées. Ce document est la base de la connaissance des inondations du val d'Orléans (rive gauche) avec 175 sites et près de 250 marques de crue (dont 40 pour la crue de 1846, 48 pour la crue de 1856 et 150 pour la crue de 1866) ;



Extrait du plan du val d'Orléans avec l'indication des
repères des inondations

" Laurherments		ments Caffiliades Des			inomations :		ستباثلن					
Des prints	200 200 100	1733	1200	1855	1535	1546	1856	1866	1872		limin	Observations.
9	Minim Brochest Manusan tela Bibs Common te Josym	- 10	4.	174	1			44.07		1.5		Dans sac fi mer, e' an gath, Atlante à l'e es claving 3º e. Degris le proprière / fellen e'untail per en 1886.
	Reisen, Petabeie Bignes Minneau 20 ta 95are Frances en Jusyan				6.0		ingar.					Clampating and assisten an arraying at more day provides making a part of a see fargures. Seconds, and a making a familian as well as
è	ptisisen Oelahaiepla En Jaurellein Gunner en Jazza			Œ.		30		94.07		683	. 200	To him, a squat que havin de hain tim squ en rapin, que d'ard relatif à Camanatay de Al- r a que trasque ; el sancia, ao rato distributada de major acce le 20 de que amont par disse Height augli acce le 20 de que amont par disse Height
£5 1	92sing VII sudhoum on Paraziro. Vomena si kulka	**				ş.		412.719			asje	Time his him among the my ment my the many groups of his he has always the nature. By the Madde
	Main-Bakelinem Mi Ka Galleriëse Amand de Andla			2		,		oug.			411.71	Some time and a second of the
ij	Ring Pands Gogory Rev Yeosabuseo Kamara Misha		5,0	NZ.		40,000		F			decide	Francisky a region between the greater and translate at a great last the Economic to be begin about a sect of table
28	Kaisen Aptollorettiin Eer Pleserier Lumma on Featha	×				ircaj		-		-	401,64	Lever garfin hands corrected it it intolerance to be me to be an extended with an arrive of some to set that makes not when he brought a large or and the set healths. He managether in 1874 a pt 1100

Catalogue de nivellement des repères d'inondation

- l'étude de la propagation des crues et des risques d'inondation en Loire moyenne conduite par l'équipe pluridisciplinaire du plan Loire Grandeur Nature entre 1999 et 2003. Elle est à l'origine d'un modèle d'écoulement des eaux de la Loire entre Nevers et la confluence de la Maine intégrant la topographie du lit et des vals de 1998. Son architecture repose entre les digues sur un modèle filaire (1D) construit sur des profils en travers relevés environ tous les kilomètres et, dans les vals, sur un modèle à casiers combinant des surfaces d'environ 2 km². Cet outil a été exploité pour des débits de crues de période de retour de 50 ans à 500 ans, en prenant pour hypothèse la résistance des digues jusqu'à leur surverse;
- ◆ le recensement des repères de crue réalisé par la DIREN Centre de 2000 à 2003, à partir des repères physiquement encore présents sur le terrain, ou mentionnés dans divers documents (recensements parfois plus anciens) ;
- ◆ la campagne de photos aériennes réalisée par la DIREN Centre lors de la crue de décembre 2003. Les vues sont des orthophotoplans qui couvrent l'ensemble de la zone inondée lors du passage du maximum de l'onde de crue ;
- ◆ la reconstitution des plus hautes eaux connues sur les vals d'Orléans, Bou, la Bouverie et Ouzouer réalisée par la DREAL Centre en janvier 2012. L'amélioration continue des connaissances conduit la DREAL Centre à actualiser progressivement la cartographie des plus hautes eaux connues (PHEC) en Loire moyenne. Ce travail, qui s'inscrit dans la continuité de la réalisation des atlas des zones inondables de 2003 (eux-mêmes issus d'une mise à jour d'une cartographie de 1995), vient d'être réalisé sur le secteur d'Orléans. Il met à profit les nouvelles données disponibles sur :
 - les niveaux d'eau atteints par les grandes crues : amélioration du recensement des repères de crue encore existants, cité précédemment, recueil de données et témoignages anciens,
 - la topographie locale: un levé topographique haute résolution de l'ensemble du lit majeur de la Loire entre Nevers et Nantes a été réalisé par la DIREN Centre en 2004. (densité de points mesurés minimum de 1 point par 4 m², précision altimétrique de +/- 15 cm. A titre de comparaison, les précédentes cartographies des aléas des atlas

de 2003 se basaient sur un maillage d'un point pour 400 m², avec une précision +/- 50 cm).

Par ailleurs, deux démarches en cours apportent aussi des informations sur le risque d'inondation dans le secteur d'Orléans :

- ◆ l'Étude Concertée face au Risque Inondation dans les VALS de l'Orléanais (Ecrivals). Engagée en 2010, par la DREAL Centre et les collectivités dans le cadre du Plan Loire Grandeur Nature, elle a pour objectif de définir une stratégie locale de gestion du risque inondation (elle anticipe en cela la mise en œuvre de la directive inondation). Le premier volet de l'étude a conduit le bureau d'études « BRL ingénierie » à simuler un ensemble de quatre crues de projets allant de la crue de premiers dommages à la crue exceptionnelle (période de retour 50, 100, 200 et 500 ans). Pour cela, une version améliorée du modèle de « l'étude de propagation des crues et des risques d'inondation en Loire moyenne » est utilisée pour représenter les écoulements simples, et un nouveau modèle bidimensionnel a été construit pour représenter plus finement les inondations dans les vals. Les simulations ont permis d'obtenir un atlas des hauteurs d'eau par scénario de crue en retenant l'hypothèse de la résistance des digues jusqu'à la surverse ;
- ◆ l'étude de dangers de la digue du val d'Orléans. Engagée par la DREAL Centre, elle a pour but d'apprécier les points forts de l'ouvrage, ses faiblesses, les scénarios possibles d'accidents ainsi que les conséquences de ces derniers, et les moyens de les prévenir. Pour réaliser ce diagnostic, le modèle cité précédemment est utilisé en simulant des défaillances de la digue. Les brèches sont localisées aux endroits les plus probables comme le secteur dit « du point bas de Château Lumina », à l'amont immédiat de l'agglomération, ou comme l'amont du système d'endiguement au point bas de « Bouteille » sur la commune de Guilly. Par ailleurs, à l'occasion de cette étude, les niveaux d'eau dans le lit endigué de la Loire ont aussi été modélisés pour une crue millénale. Cette étude montre que le niveau de protection théorique de la digue du val d'Orléans, basé sur la hauteur de sa crête, est de l'ordre d'une crue bi-centennale, alors que son niveau de sûreté actuel, calculé à partir d'une probabilité de rupture de l'ouvrage de 15%, est de l'ordre d 'une crue de période de retour 70 ans. En effet, des faiblesses structurelles significatives ont été détectées dans l'ouvrage, à l'amont du val.

L'évolution de ces connaissances a conduit à prescrire la révision des PPRI du val d'Orléans (prescription par arrêté du 6 février 2012 de la révision des PPRi « Agglomération d'Orléans » et « Val amont d'Orléans »). Le projet retient un aléa de référence basé sur:

- ◆ la reconstitution des plus hautes connues à partir des trois crues du XIX esiècle, figurant dans les secteurs inondés de la « carte topographique du cours de la Loire » ;
- ◆ la modélisation d'une rupture de la digue, lors d'une crue centennale, dans les secteurs préservés des inondations de la « carte topographique du cours de la Loire », à l'amont du val d'Orléans.

6 - Qualification des scénarios d'inondation

La qualification des inondations a été conduite par le service de prévision des crues Loire - Cher - Indre (DREAL Centre/SHPEC).

Le principe retenu pour cartographier l'aléa lié aux différents scénarios d'inondation est d'utiliser :

- les observations de la crue de décembre 2003,
- la reconstitution des plus hautes connues utilisée pour les PPRI du val d'Orléans,
- ♦ le résultat des modélisations de « BRL Ingénierie » pour l'étude de dangers de la digue du val d'Orléans et l'Étude Concertée face au Risque Inondation dans les VALS de l'Orléanais.

Les événements fréquents sont interprétés directement à partir de la crue de décembre 2003.

Les événements moyennement probables sont interprétés avec la connaissance des crues historiques et la modélisation d'une crue centennale.

La crue exceptionnelle est assimilée à un événement de période de retour mille ans, extrapolée à partir du résultat des modélisations de l'étude de dangers de la digue du val d'Orléans pour une crue cinq-centennale et du niveau d'eau dans le lit endigué pour une crue millénale.

Lorsque le résultat utilisé est issu d'un modèle filaire, l'emprise inondée est déterminée en projetant la ligne d'eau fournie par le modèle sur la topographie du fond de la vallée (levé topographique haute résolution de 2004). Seules les surfaces inondées et connectées hydrauliquement au lit mineur ou à des affluents, sont conservées pour définir la zone inondée. Une expertise des résultats est menée afin de corriger les anomalies éventuelles. Lorsque les résultats du modèle sont surfaciques avec une information altimétrique, ils sont exploités directement.

Pour finaliser les cartes d'aléas des différents scénarios d'inondation, les hauteurs d'eau sont différenciées avec les intervalles [0, 1m[, [1m, 2m[, [2m, 3m[, [3m, ∞[. Pour les scénarios fréquents et moyennement probables, une surcharge derrière les digues correspondant à la figuration de la zone de dissipation d'énergie des flots dans l'hypothèse d'une rupture de l'ouvrage est ajoutée. L'échelle de présentation retenue est 1/25 000. Enfin, les emprises inondées dans les 3 scénarios sont reportées sur une carte de synthèse des aléas d'inondation.

Les paragraphes suivants décrivent ces événements, en indiquant pour chacun l'analyse conduite :

<u>Scénario fréquent</u>: La période de retour de ce scénario est comprise 20 ans et 30 ans. Elle correspond au débit de la Loire observé lors de la crue de 2003, soit un débit de 3 400 m³/s au bec d'Allier, écrêté par le barrage de Villerest. Les photos aériennes prises des inondations ont permis d'approcher par itération la ligne d'eau de la crue pour qualifier les hauteurs de submersion.

Les débordements constatés sont localisés à l'intérieur du lit endigué et un remous est observé à la fin des vals ouverts sur le fleuve. Lors de cette inondation, malgré des effondrements karstiques à la décrue, les digues ont été très peu sollicitées et n'ont pas rompu.

<u>Scénario moyen</u>: Il correspond à l'aléa de référence retenu pour réviser les PPRi de l'agglomération d'Orléans. C'est donc un scénario composite qui intègre les inondations liées à la défaillance des digues lors des trois grandes crues du



Défaillance d'une digue lors de la crue de 1866

XIX^e siècle (période de retour 150 à 200 ans et débit de l'ordre de 7 000 m3/s au bec d'Allier) et, pour le secteur amont du val où la levée n'a pas rompu, une inondation théorique basée sur la simulation d'une brèche lors d'une crue centennale (débit de 6 000 m3/s au bec d'Allier, écrêté par le barrage de Villerest).

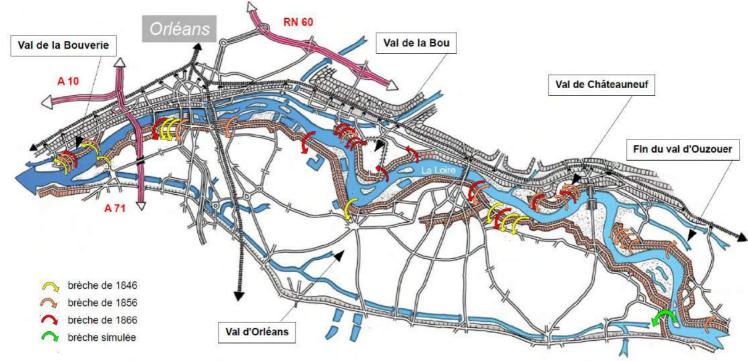


Schéma des défaillances de digues intégrées dans le scénario moyen

Dans ce scénario, l'ensemble du lit alluvionnaire de la Loire est inondé. Des hauteurs très importantes, dépassant les 3 mètres, sont présentes dans des secteurs fortement urbanisés.

<u>Scénario exceptionnel</u>: Ce scénario correspond à un événement de période de retour de l'ordre de 1 000 ans. Le débit retenu à l'entrée du modèle hydraulique au bec d'Allier est de 10 000 m3/s, écrêté par le barrage de Villerest.

L'emprise inondée et les hauteurs d'eau dans le lit endigué et les vals en rive droite sont déduites, en projetant la ligne d'eau de la crue millénale fournie par l'étude de dangers de la digue du val d'Orléans sur la topographie du fond de la vallée. Cette méthode conduit à considérer qu'il n'existe pas de différence de niveau d'eau entre le lit endigué et ces vals. Pour ce type d'événement, cette hypothèse se justifie par le volume réduit de ces vals qui seront saturés et placés dans la même dynamique que les écoulements du lit endigué.

En rive gauche, dans le val d'Orléans, l'étude de dangers identifie pour cette occurrence de crue des surverses de plusieurs kilomètres sur la digue. Cependant, compte tenu de la longueur du val et de son volume, les écoulements resteront influencés par la présence de la digue. Il subsistera une perte de charge entre les écoulements dans le lit endigué et ceux dans le val. Pour reconstituer ce scénario, l'étude de dangers fournit des modélisations d'écoulement de différentes brèches pour une crue cinq-centennale (débit de 8 500 m3/s au bec d'Allier, écrêté par le barrage de Villerest) et la différence de hauteur entre la ligne d'eau

d'une crue cinq-centennale et crue millénale dans le lit endigué. Le long du val d'Orléans cette différence varie entre 17 cm à 87 cm et est en moyenne de 35 cm. Les conditions d'inondation du val d'Orléans lors d'une crue exceptionnelle ont été caractérisées par l'enveloppe et les hauteurs d'eau maximales des 9 scénarios de rupture de digue étudiés pour un débit cinq-centennal, majorées d'une l'élévation de 50 cm.

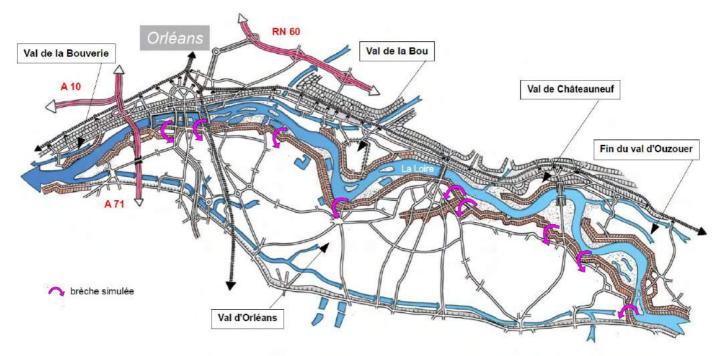


Schéma de défaillance de la digue du val d'Orléans intégrée dans le scénario exceptionnel

Dans ce scénario, malgré l'augmentation des hauteurs d'eau par rapport au scénario moyen, l'enveloppe de la zone inondable évolue très peu.

7 - Limites des résultats obtenus

Différentes incertitudes sont attachées à la méthode utilisée pour définir les zones inondées :

La représentation du fond de la vallée s'appuie sur un Modèle Numérique de Terrain (MNT) qui se présente sous la forme d'un assemblage de pixels de 1m x 1m et dont l'altimétrie est interpolée à partir d'un levé topographique de type « LIDAR » avec une incertitude propre de l'ordre de 15 cm. Par ailleurs, les éléments très fins, comme les murettes, sont mal détectés pour être convenablement représentés.

Des incertitudes de l'ordre de 20 à 30 cm en moyenne sont également présentes sur les données hydrauliques fournies par les modèles hydrauliques. Par ailleurs, pour la crue exceptionnelle dans le val d'Orléans, l'incertitude est d'autant plus importante que la ligne d'eau a été extrapolée.

De ce fait, les incertitudes moyennes sur la ligne d'eau sont :

- de l'ordre de 20 cm pour la crue fréquente,
- ◆ de l'ordre de 30 cm pour la crue moyenne,

• de l'ordre de 50 cm pour la crue exceptionnelle.

Par ailleurs, il faut noter qu'au-delà de ces incertitudes :

- ◆ le résultat des simulations de rupture de digue reste dépendant des hypothèses faites sur la géométrie de la brèche et le moment où elle se forme. L'étude de dangers de la digue du val d'Orléans, utilisée pour la caractérisation des scénarios d'inondation, s'appuie sur les connaissances de la brèche de 1856 à Jargeau (630 m de longueur 18,70 m de profondeur maximale de mesurée à partir de la crête de la digue, dont 10,80 m sous le sol débit détourné de l'ordre de 2 000 m³/s)
- ◆ les conditions de propagation de l'onde de crue en Loire moyenne sont liées à la défaillance ou la résistance des digues. En ouvrant ou non des champs d'expansion des crues, le comportement réel des digues influe sur le débit de crue à Orléans. Toutefois, les hypothèses prises dans les modélisations conduites sont de nature sécuritaire sur le débit attendu à Orléans (cf tableau des débits théoriques utilisés dans le modèle de propagation des ondes de crues de l'étude dangers de la digue du val d'Orléans, joint en annexe). Pour la propagation de l'onde crue, les digues sont considérées résistantes (y compris lorsqu'elles surversent) et l'écrêtement des débits se trouve donc réduit.

8 - Qualification des enjeux et sources de données utilisées

La carte de synthèse des aléas d'inondation est complétée avec différents enjeux présents dans les zones inondables.

Les enjeux reportés sont :

- ♦ la population,
- les emplois,
- les bâtiments,
- le patrimoine naturel,
- les zones d'activités,
- ♦ les installations polluantes et dangereuses (dites IPPC¹ et SEVESO AS²),
- les stations d'épurations,
- les installations et bâtiments sensibles.

Les bases de données mobilisées dans ce cadre sont la BD topo de l'IGN pour identifier les bâtiments et les installations sensibles ou utiles à la gestion de crises, S3IC et BDERU du ministère de l'écologie du développement durable et de l'énergie pour les installations polluantes ou dangereuses et les stations de traitement des eaux usées, et les éléments issus du rapportage de la directive cadre sur l'eau pour le patrimoine naturel. (cf annexe). Ces bases ont été complétées par les données locales

¹ Les « IPPC » sont les installations classées pour la protection de l'environnement potentiellement les plus polluantes

² Les « SEVESO AS » sont les installations classées pour la protection de l'environnement potentiellement les plus dangereuses

de l'étude « Ecrivals » sur les champs précédemment cités et des bases de données spécifiques fournies par CETE Méditerranée pour identifier les emplois et la population.

Les installations IPPC, SEVESO AS, les stations d'épuration de plus de 10 000 équivalent habitant, situées à moins de 30 km en amont du TRI ont été identifiées sur la base de l'évaluation préliminaire du risque d'inondation. Sans être représentées sur les cartes, elles sont citées dans le chapitre consacré à l'analyse des enjeux.

9 - Analyse des enjeux

Les analyses conduites mettent en évidence un nombre limité d'enjeux directement exposés aux crues fréquentes. Les seuls enjeux recensés dans ce scénario sont deux campings, une ballastière et, éventuellement, la station d'épuration de Jargeau qui pourrait aussi être impactée.

Pour les scénarios moyennement probable et exceptionnel, les enjeux exposés sont beaucoup plus importants. Les limites de la zone inondable restant globalement identiques pour ces 2 types d'événements, les enjeux touchés sont aussi les mêmes.

Dans ces 2 scénarios :

- Environ 69 000 personnes et 23 500 emplois³ sont susceptibles d'être impactées directement par une inondation exceptionnelle, 67 000 personnes et 23 500 emplois pour un événement de probabilité moyenne.
- Deux installations classées qualifiées d'IPPC pourraient être inondées. L'une d'elles est située immédiatement à l'amont du val d'Orléans, l'autre dans la partie aval, en milieu urbain. Aucune installation IPPC ou installation SEVESO AS, situées à moins de 30 km en amont dans la zone potentiellement inondable de la Loire, n'ont été identifiées.
- Sur le plan des infrastructures :
 - l'ensemble du réseau routier traversant la zone inondable est vulnérable, notamment l'autoroute A 71. Cette situation générale le long de la Loire, pourrait conduire à une coupure physique du réseau routier au niveau national.
 - La voie de chemin de fer est vulnérable. Son ballast positionné transversalement aux écoulements pourrait aussi être endommagé.

³ Une incertitude de l'ordre de 20 % est attachée au calcul des emplois impactés. Les chiffres cités ci-dessus et sur les cartes sont des valeurs moyennes de l'estimation. Les résultats détaillés (fourchettes de valeurs) par commune sont joints en annexe.

- Sur le plan des équipements, on recense dans la zone inondable:
 - Les champs de captage et l'usine de traitement d'eau potable de l'agglomération, dans un secteur où les hauteurs de submersion sont supérieures à deux mètres , ainsi que cinq autres points de captage répartis dans l'ensemble du val d'Orléans.



Usine de traitement d'eau potable de l'agglomération d'Orléans (source : Google Earth)

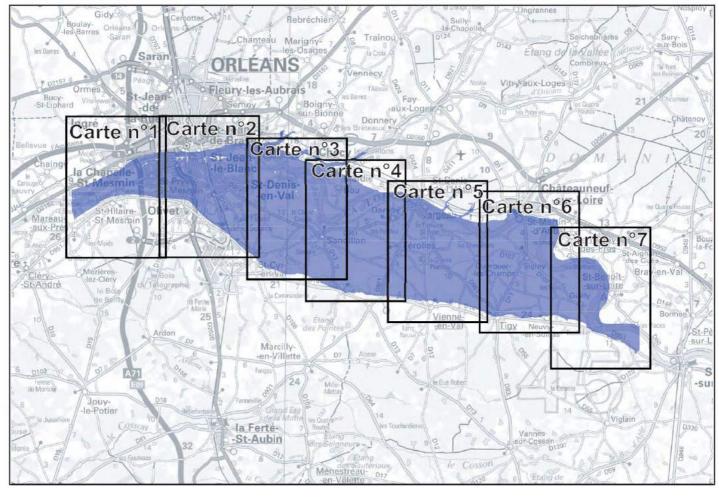
- Huit stations de traitement des eaux usées de plus de 2 000 équivalent habitant dont celles d' « Orléans la Chapelle St Mesmin » d'une capacité de 350 000 équivalent habitant, d' « Orléans l'Ile d'Arrault » d'une capacité de 100 000 équivalent habitant, et d' « Orléans La Source » d'une capacité de 94 000 équivalent (NB :lors de sa construction, cette installation a été mise hors d'eau). Par ailleurs, la station de Gien d'une capacité 35 000 équivalent habitant, situé à moins de 30 km en amont des limites du TRI, est dans la zone potentiellement inondable de la Loire.
- 3 transformateurs électriques
- 7 établissements de santé,
- 50 établissements d'enseignements
- 19 centres utiles à la gestion de crise (13 mairies, 4 casernes de pompiers, une gendarmerie et un poste de police),
- Une salle de spectacle type « Zenith ».

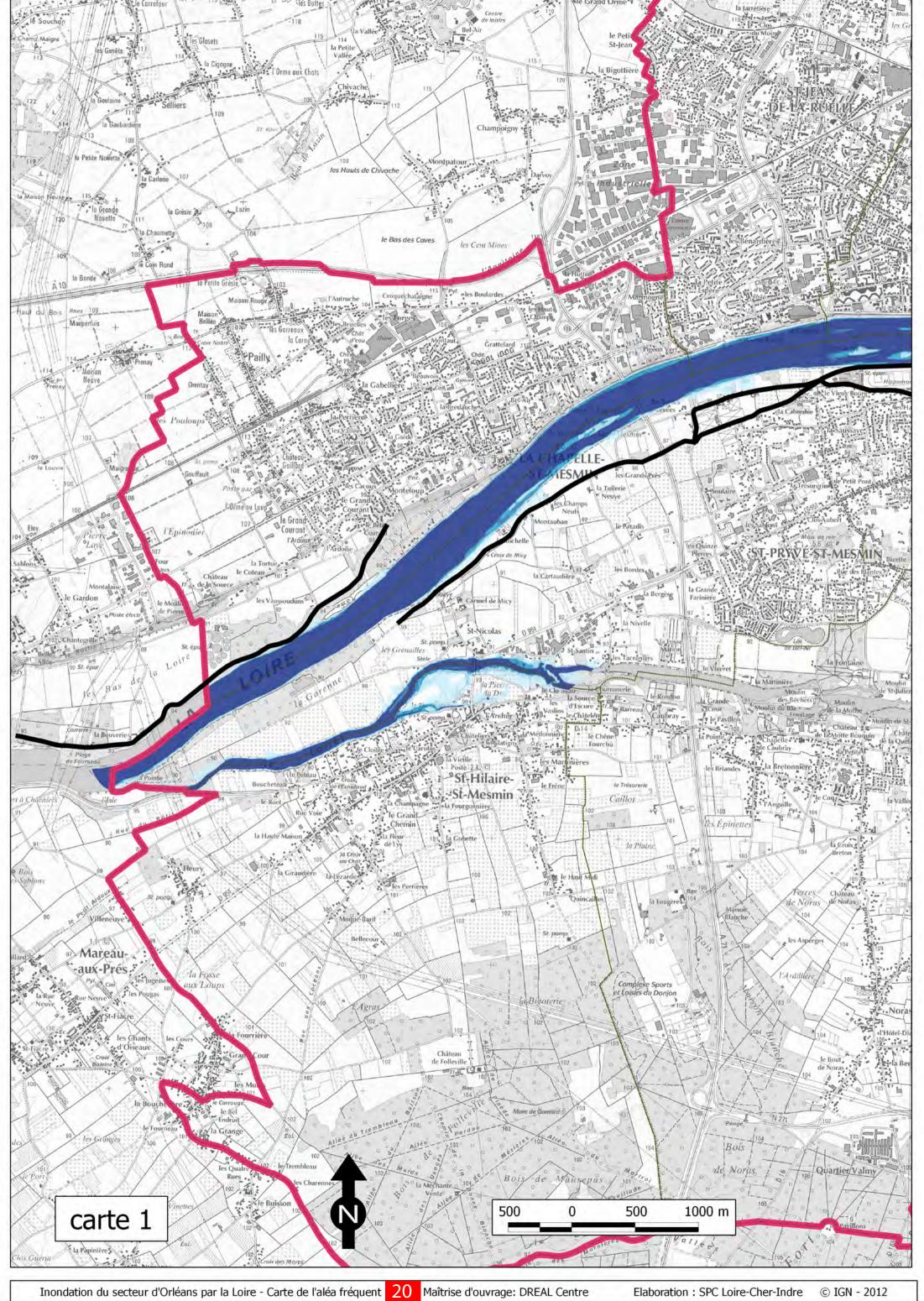
Enfin, sur les 27 communes que compte le TRI du secteur d'Orléans, 9 ont leur territoire intégralement situé dans la zone inondable. Cette singularité met en évidence un enjeu fort en termes d'aménagement du territoire.

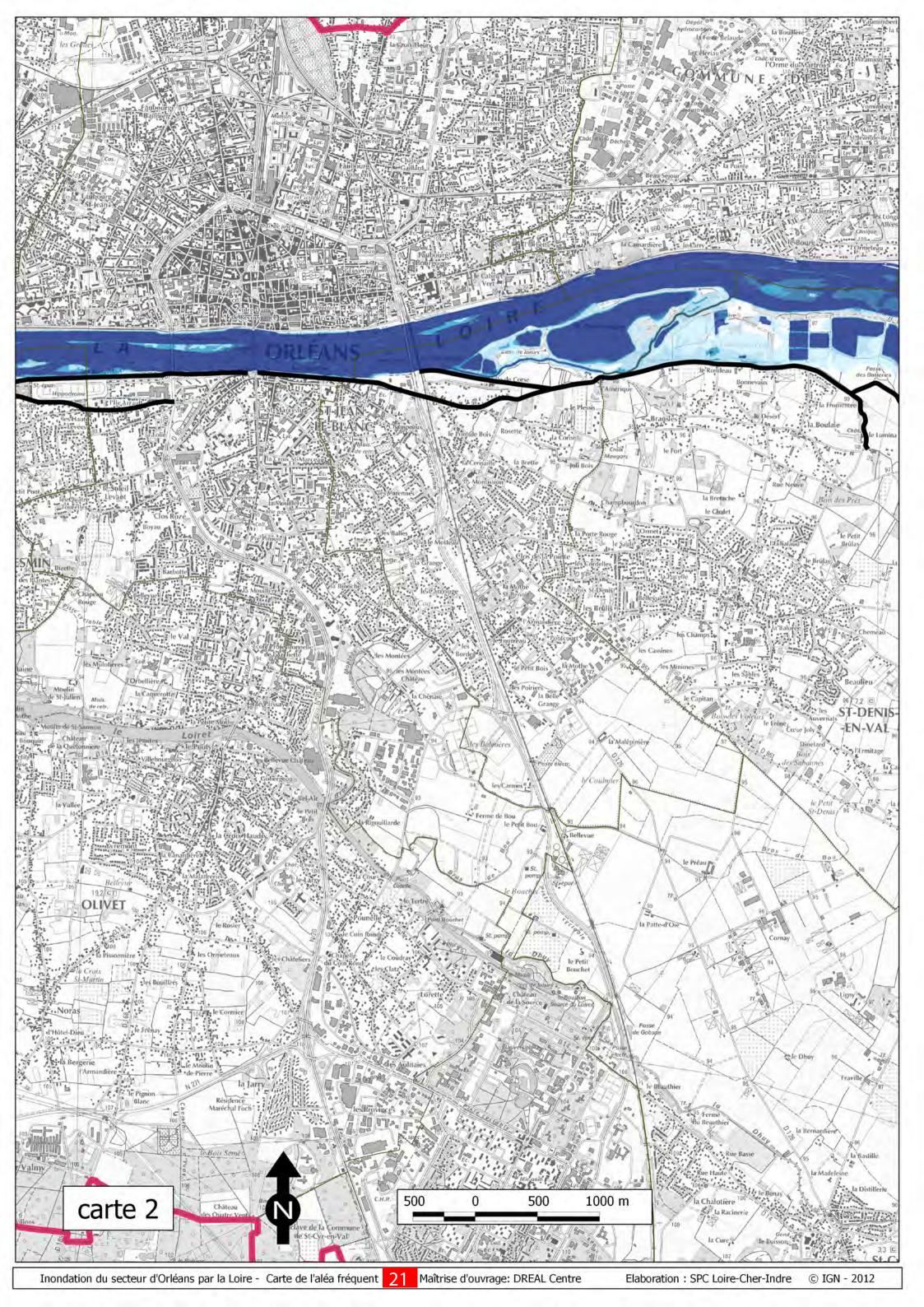
10 - Cartas dos ssá	narios d'inandat	ion ot doc onious	v ovnosás
10 - Cartes des scé	narios d'inondat	ion et des enjeux	x exposés
10 - Cartes des scé	narios d'inondat	ion et des enjeux	x exposés
10 - Cartes des scé	narios d'inondat	ion et des enjeux	x exposés
10 - Cartes des scé	narios d'inondat	ion et des enjeux	x exposés
10 - Cartes des scé	narios d'inondat	ion et des enjeux	x exposés
10 - Cartes des scé	narios d'inondat	ion et des enjeux	x exposés

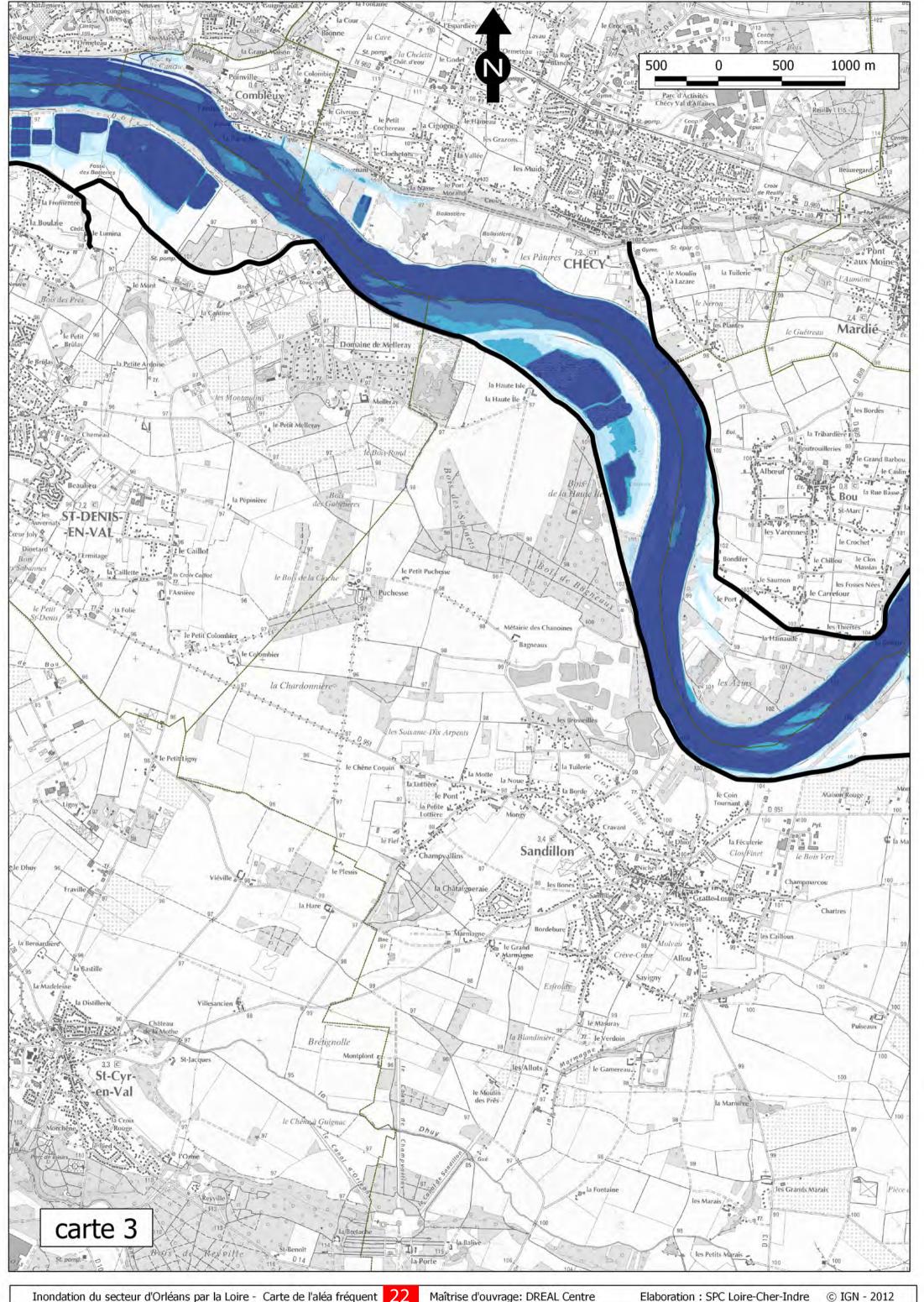
Carte d'inondation du secteur d'Orléans par les crues de la Loire Scénario d'un phénomène fréquent

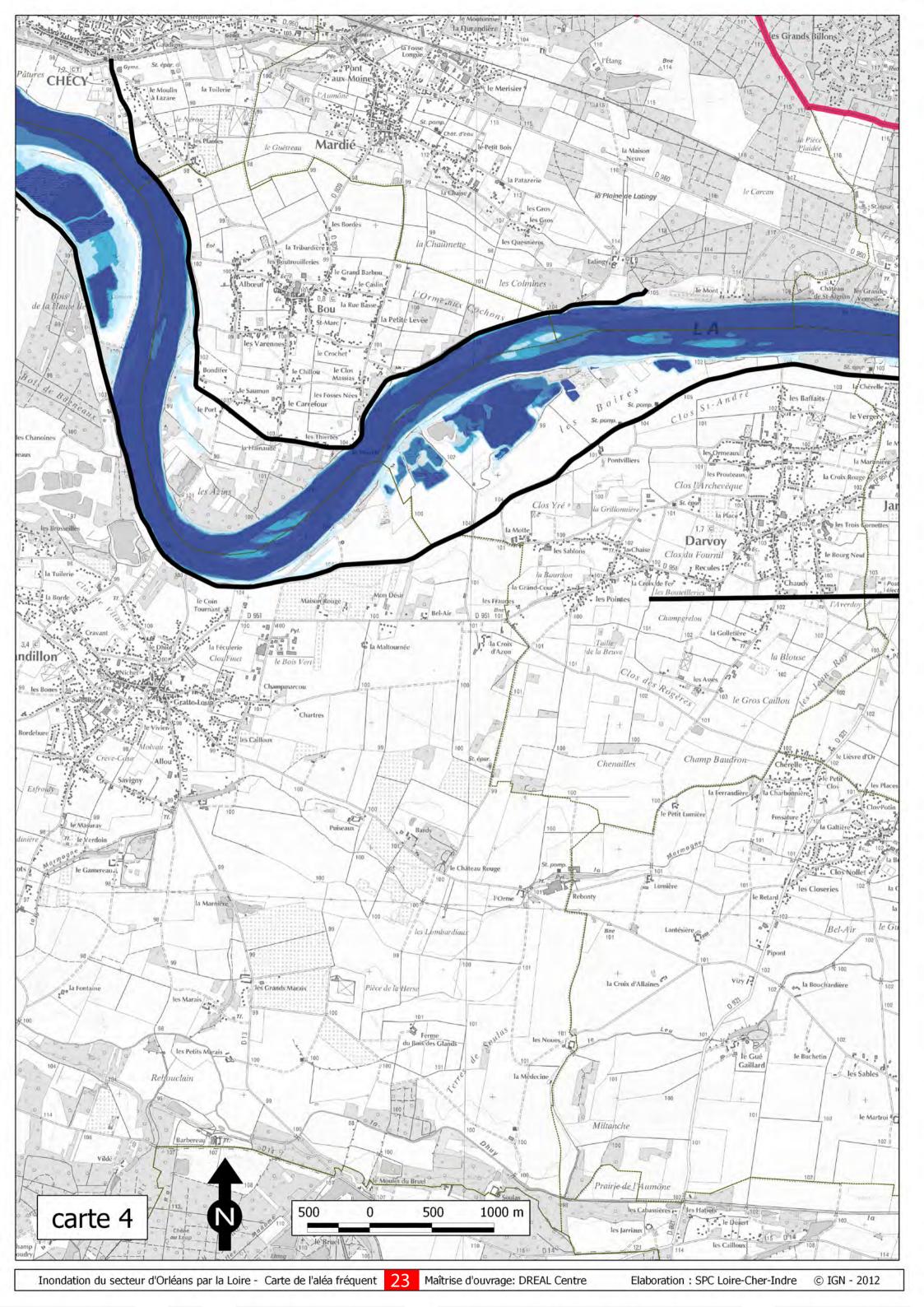


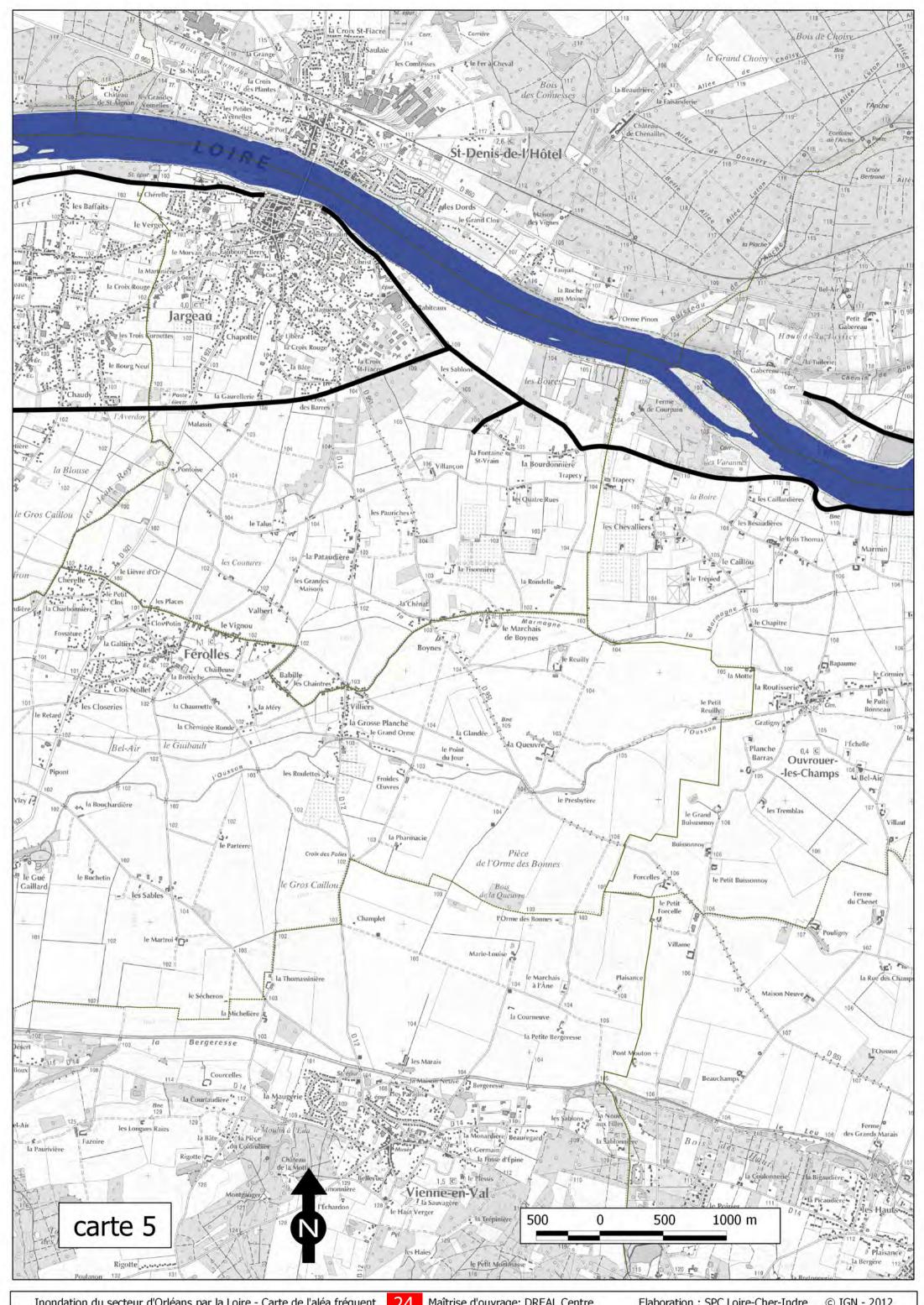


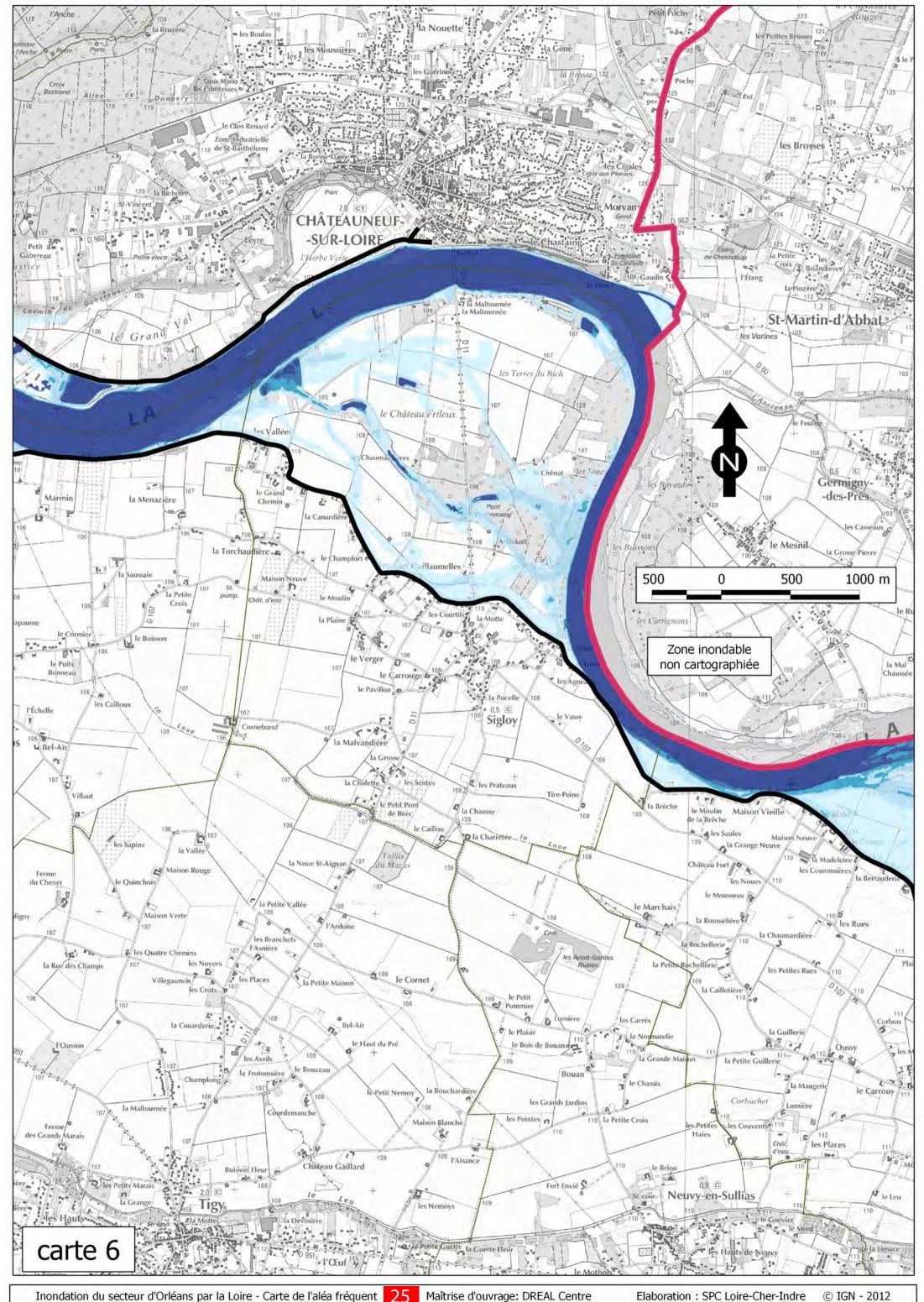


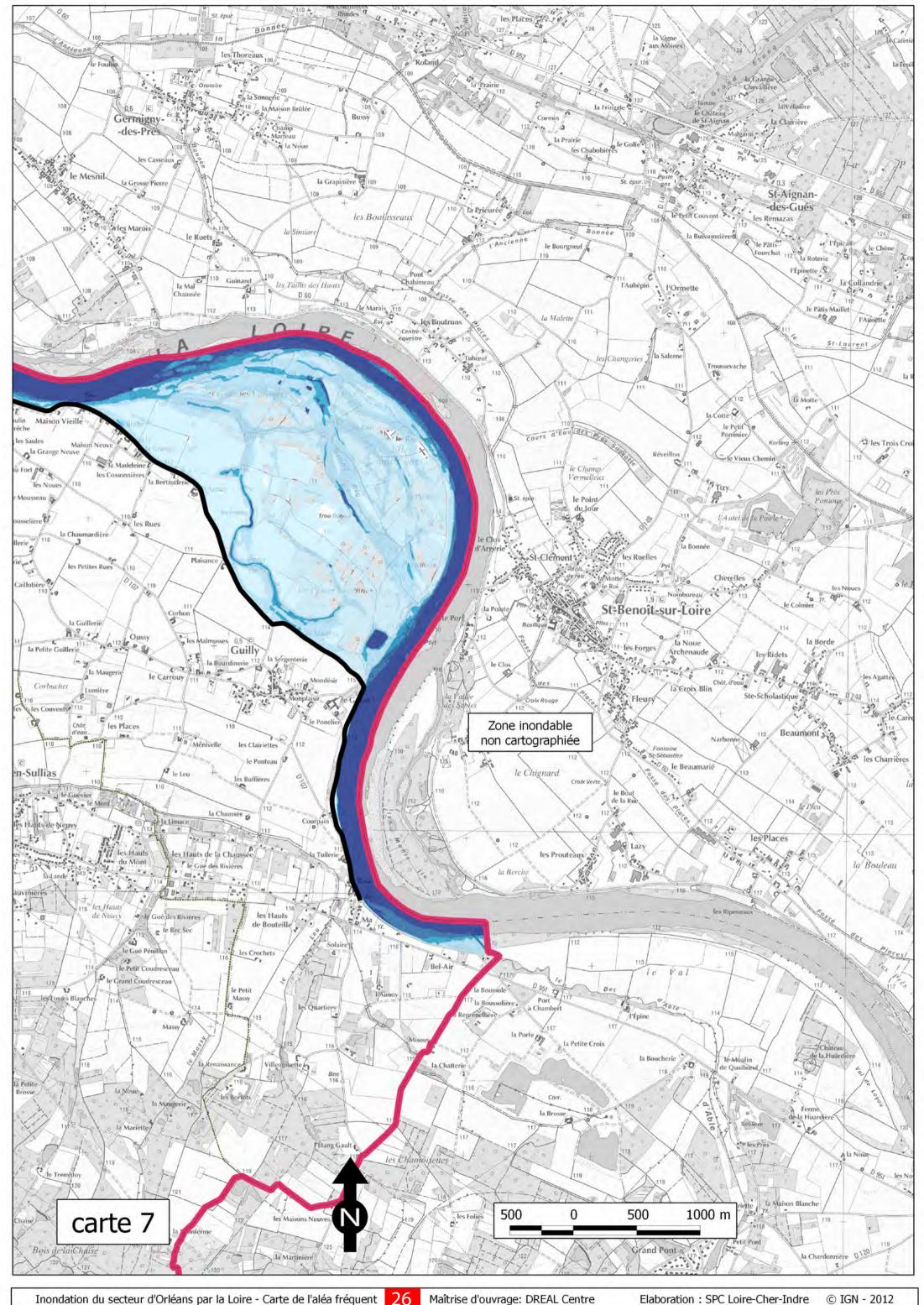






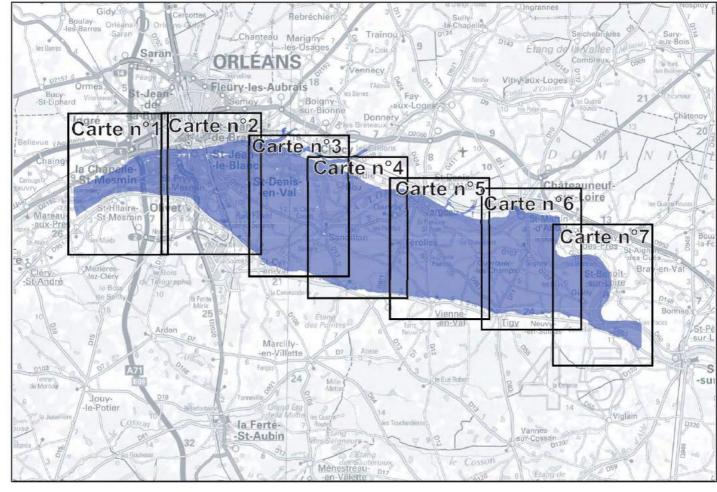


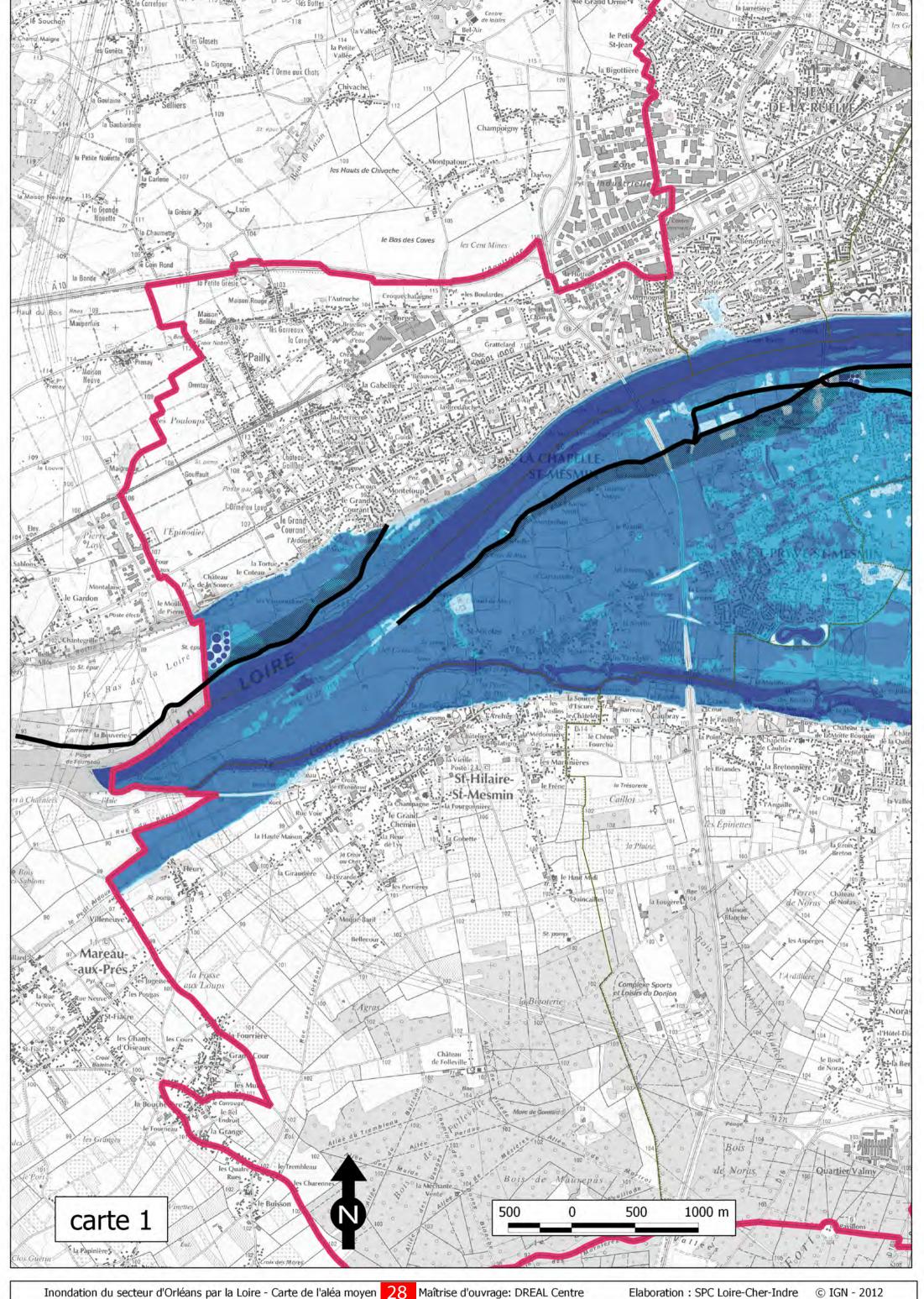


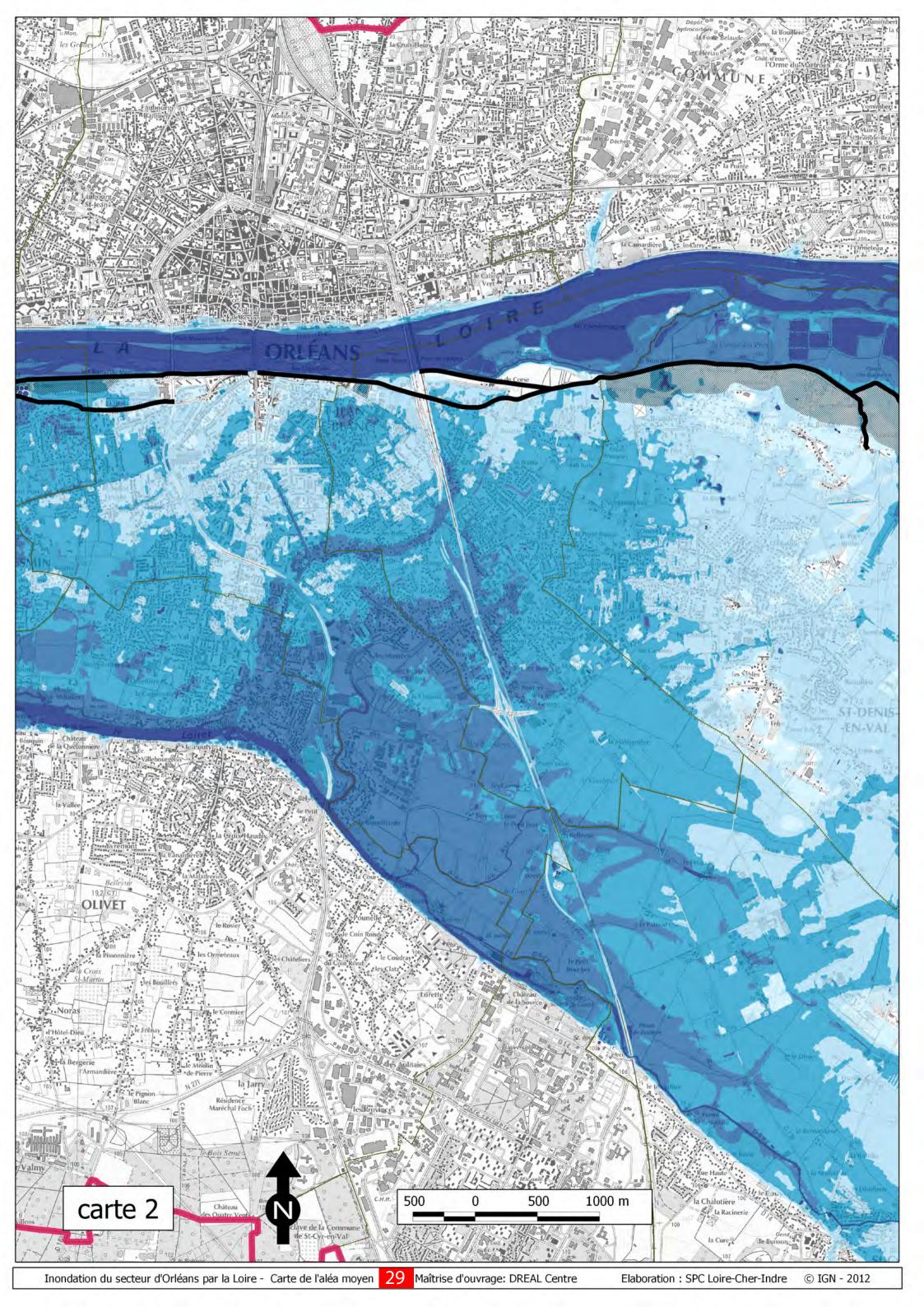


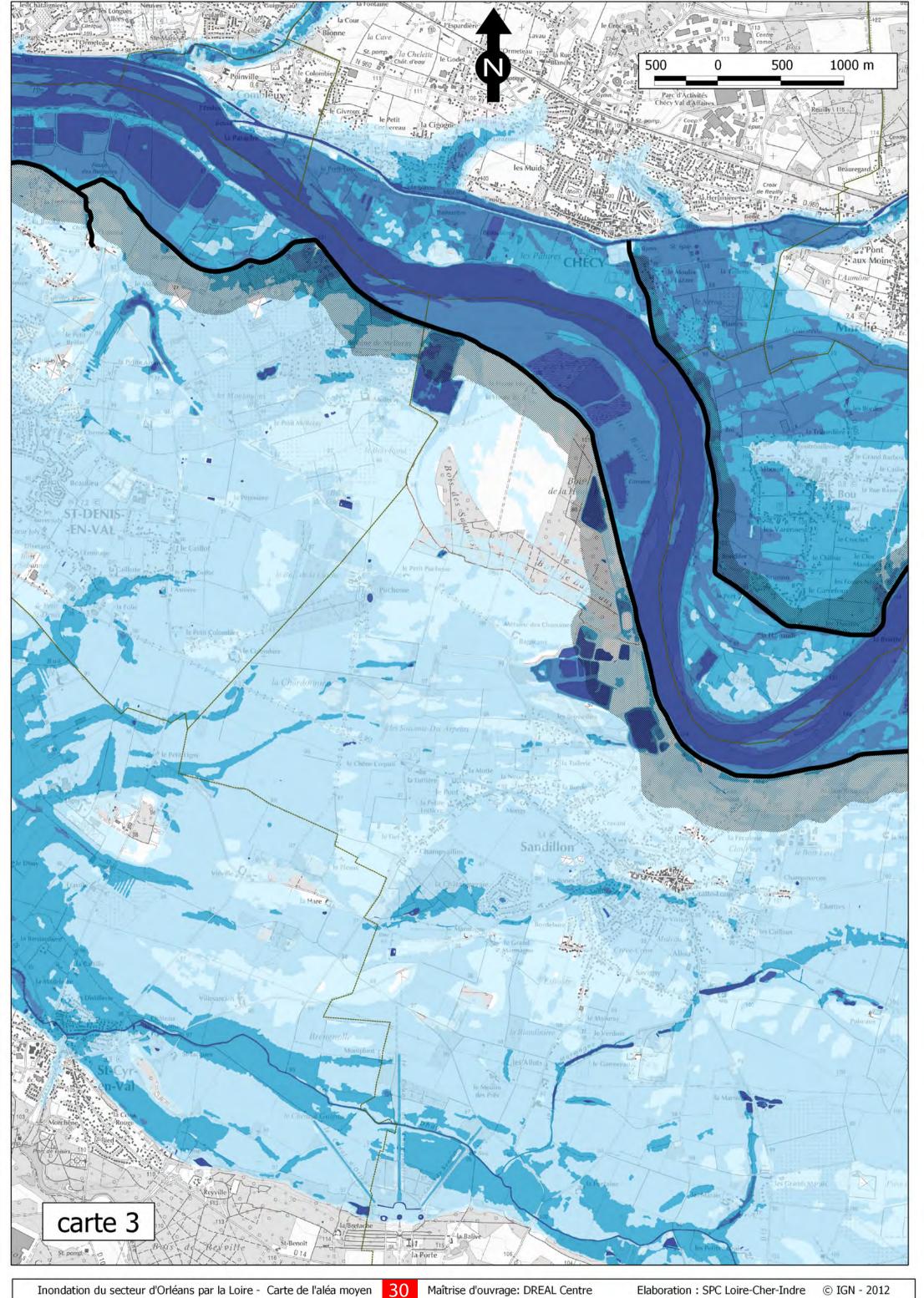
Carte d'inondation du secteur d'Orléans par les crues de la Loire Scénario d'un phénomène moyen

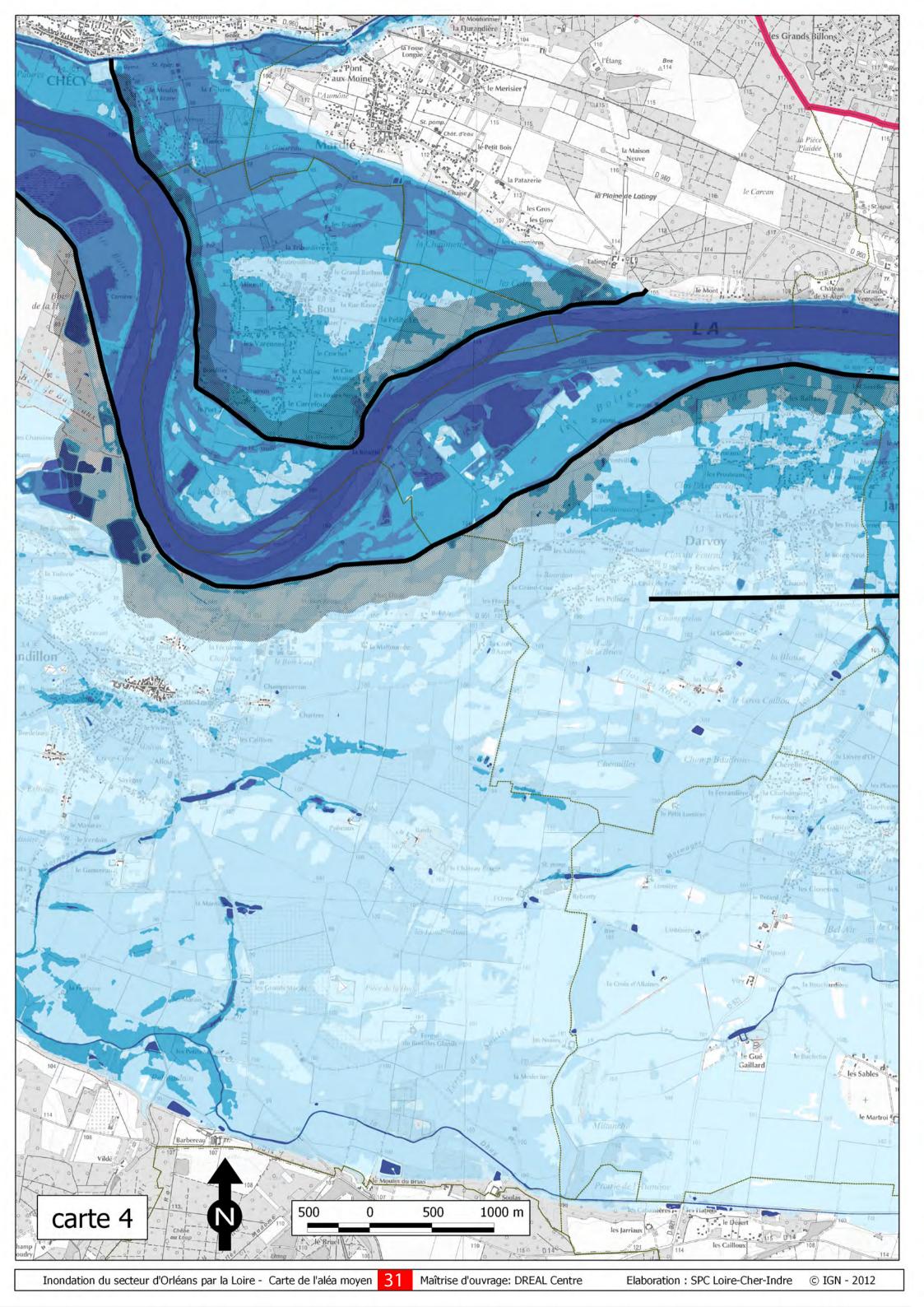


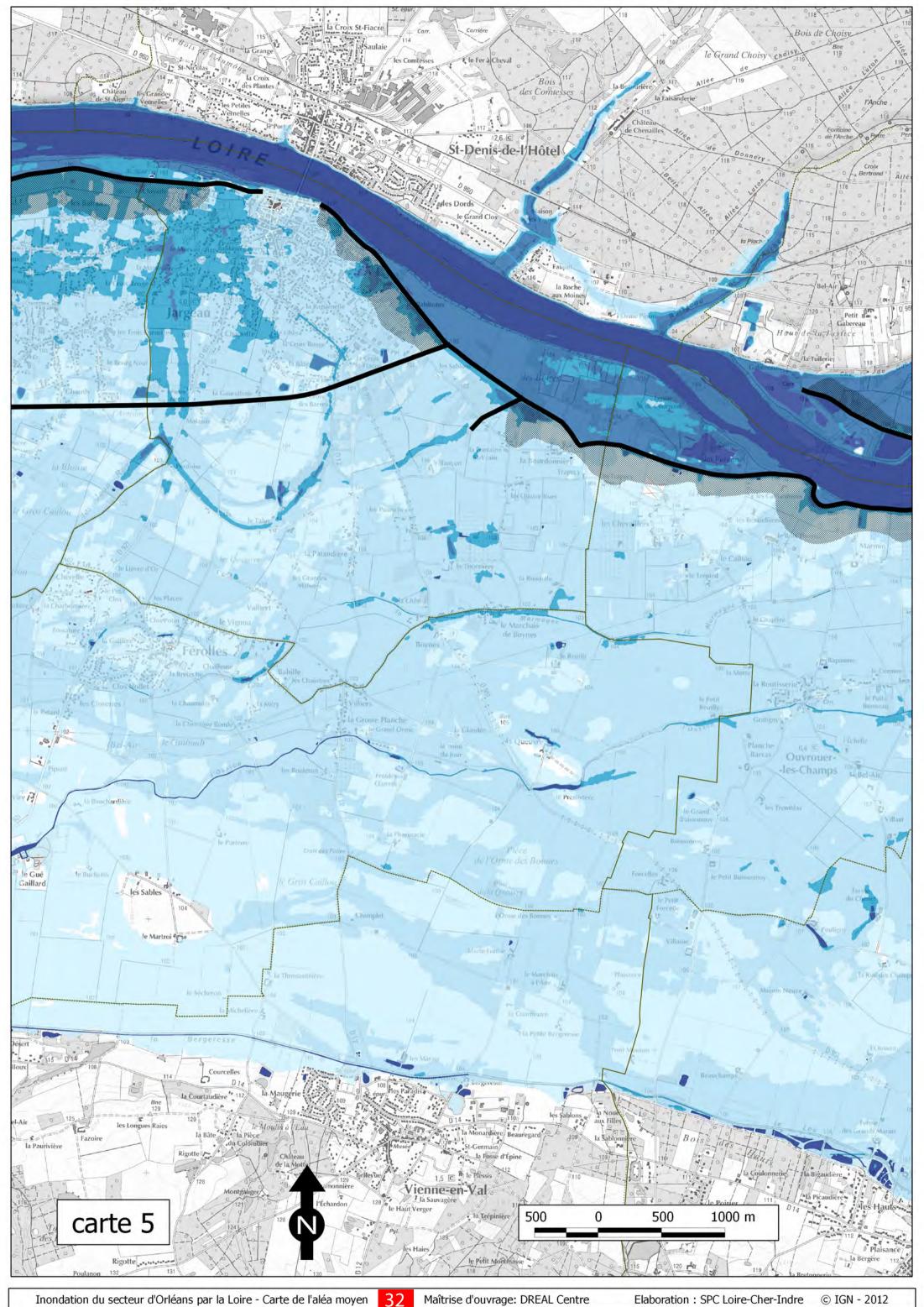


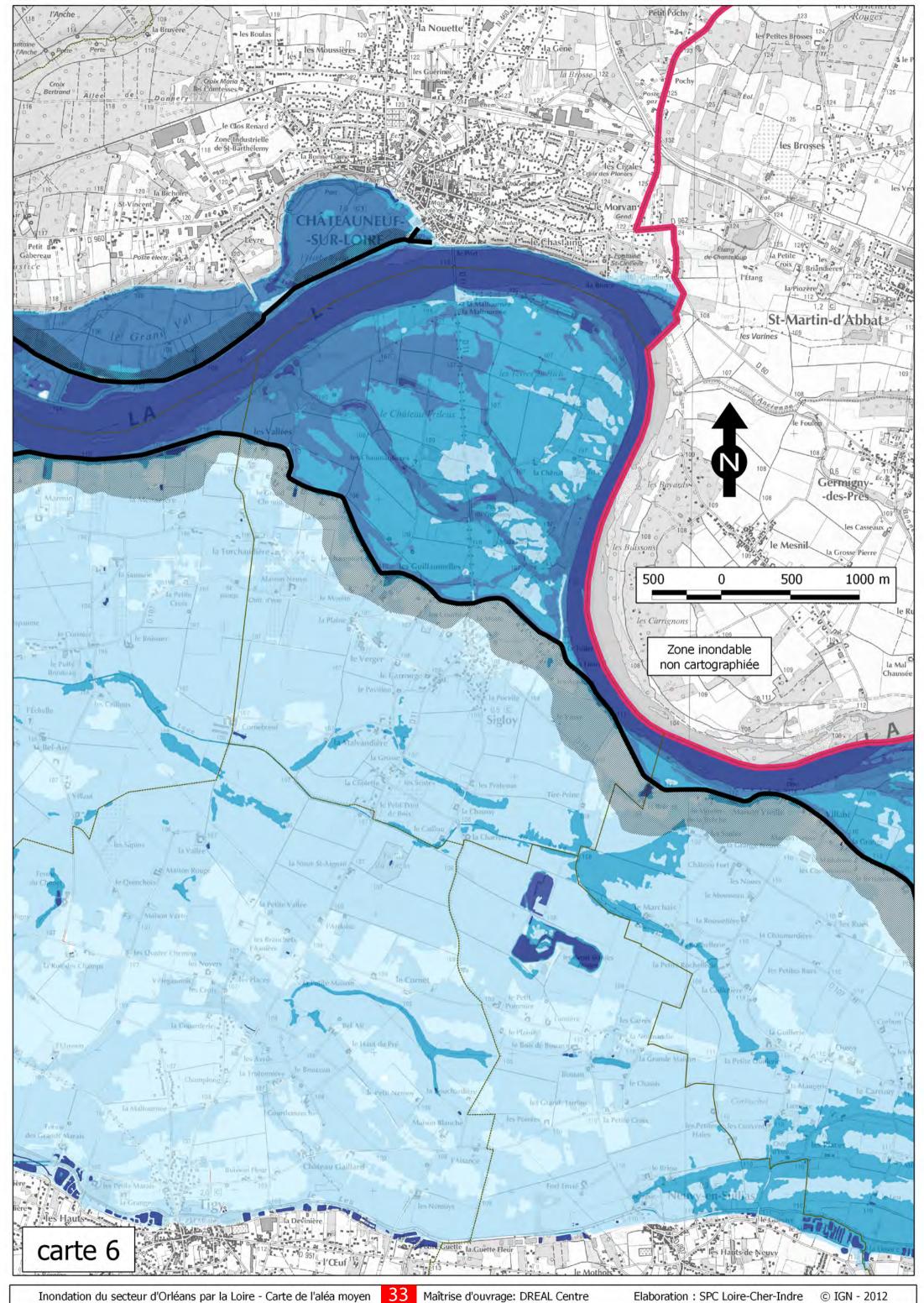


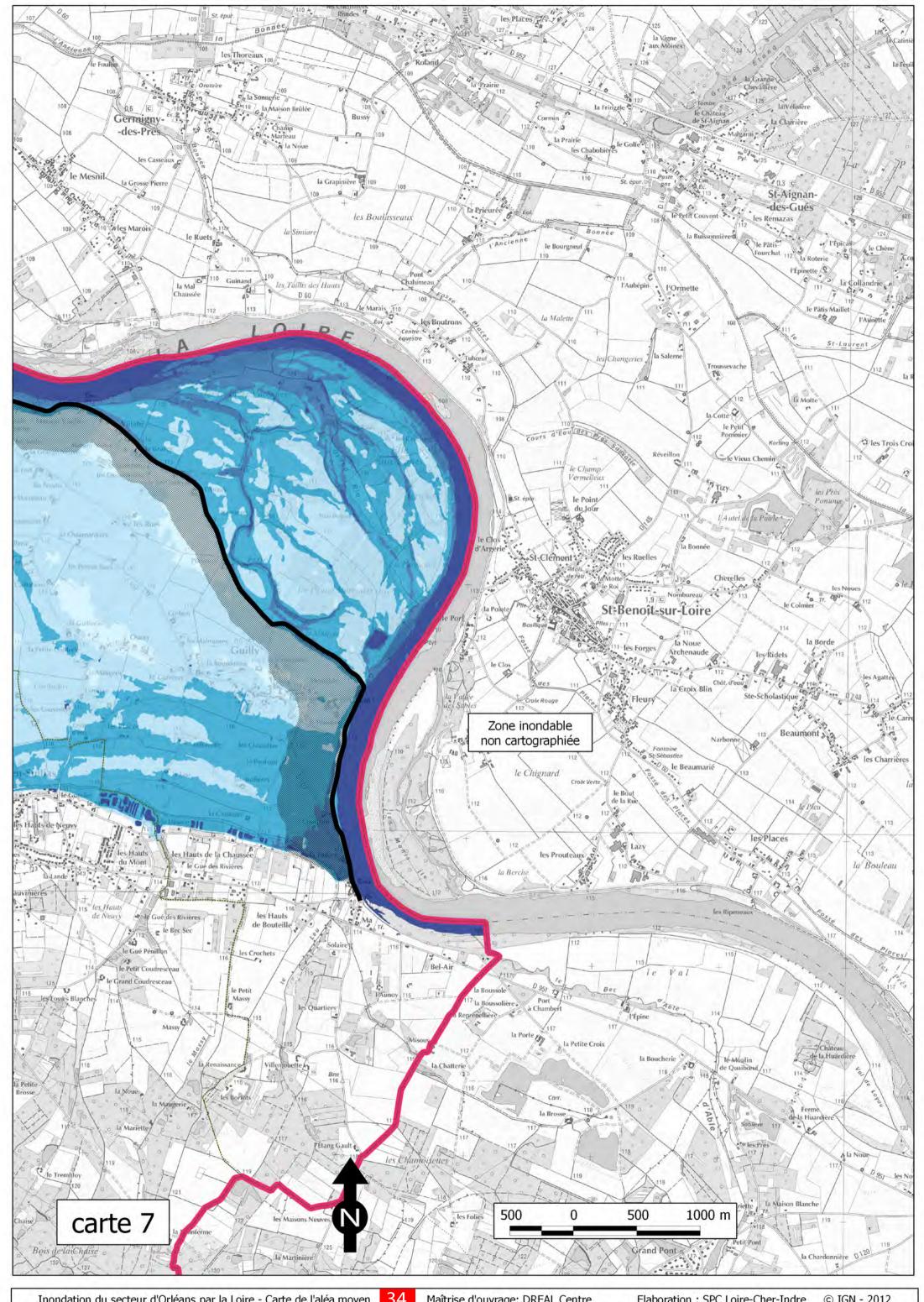






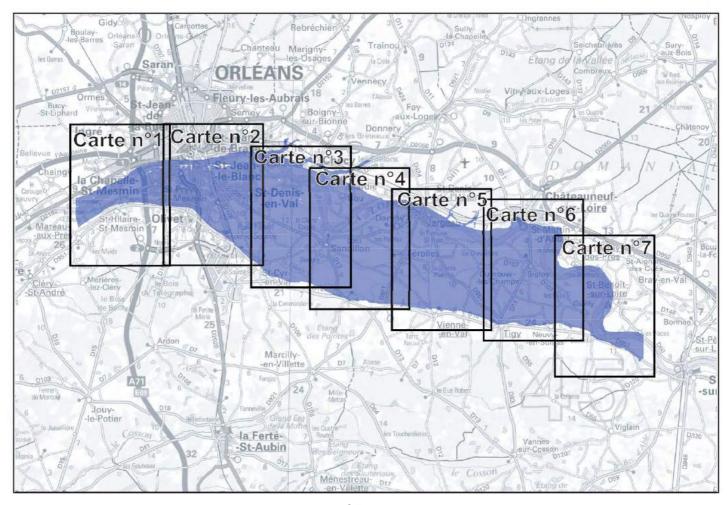


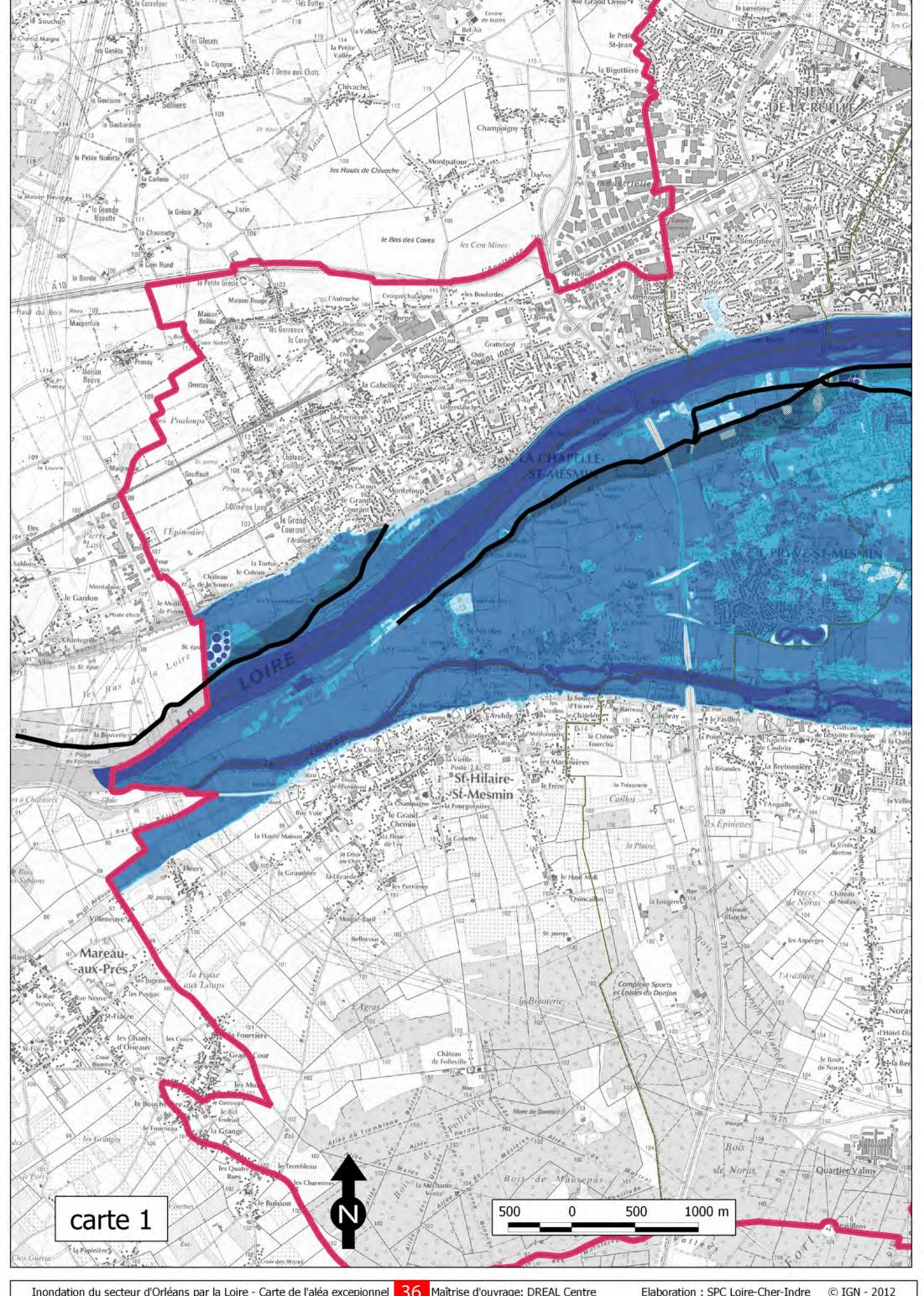


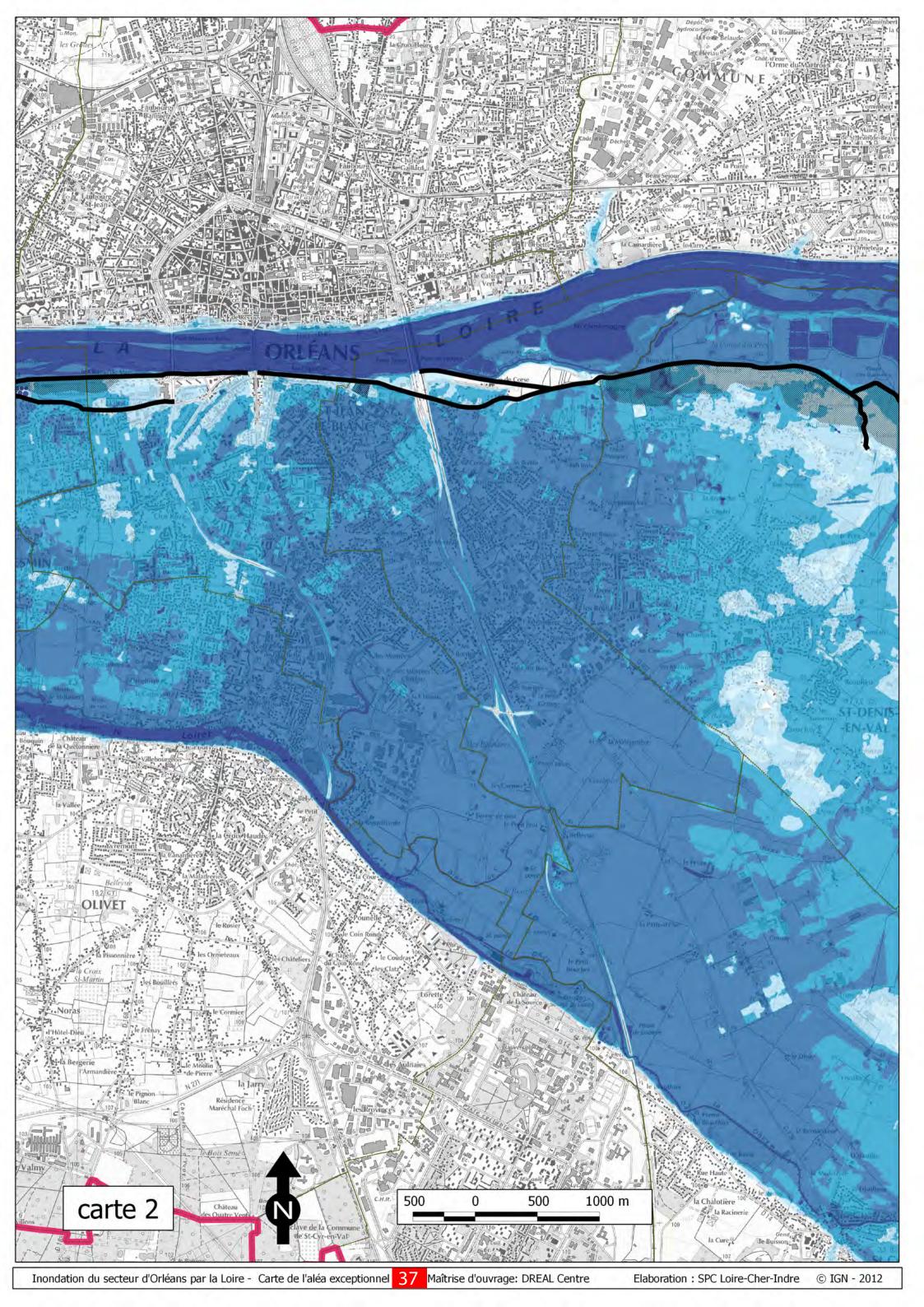


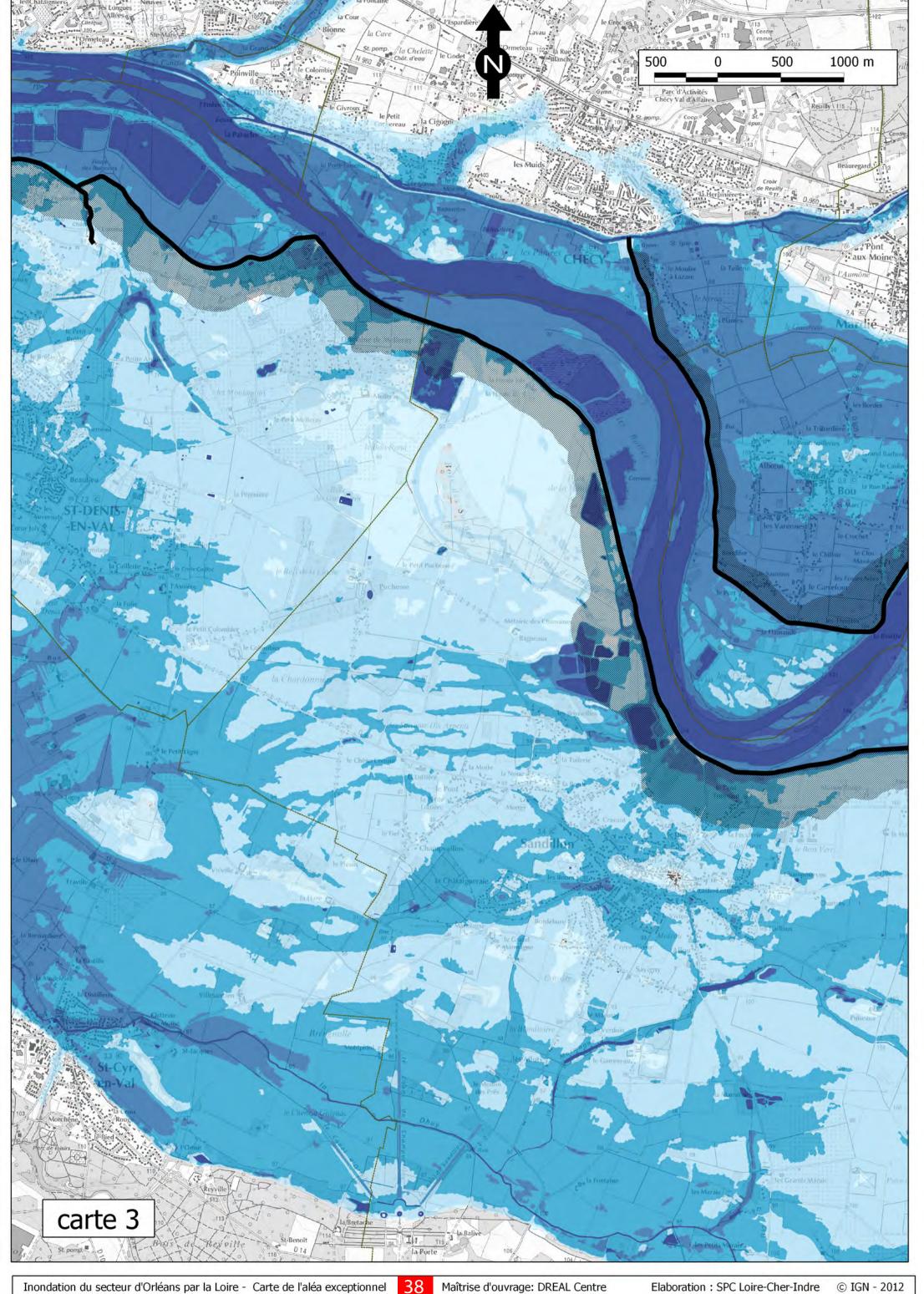
Carte d'inondation du secteur d'Orléans par les crues de la Loire Scénario d'un phénomène exceptionnel

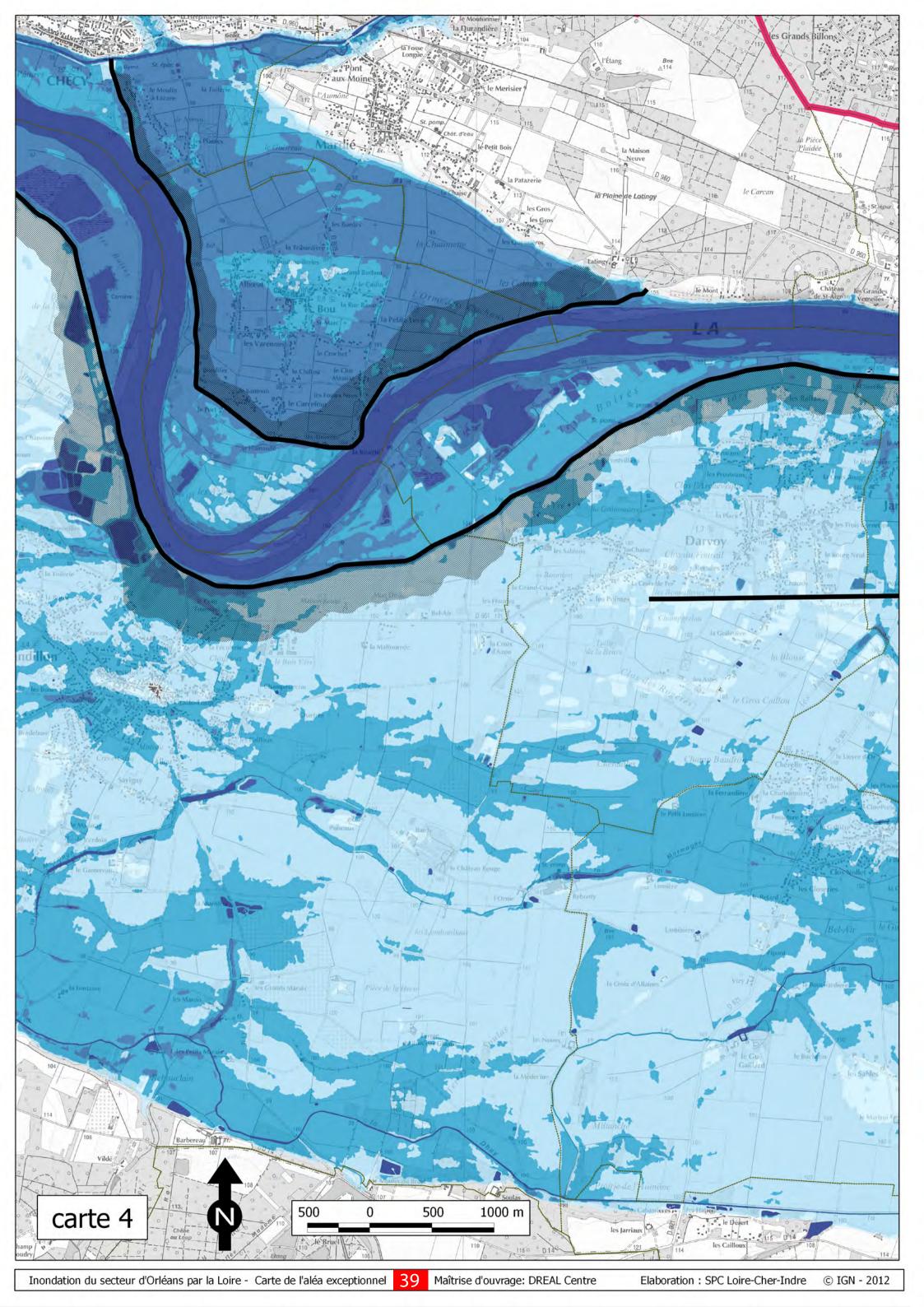


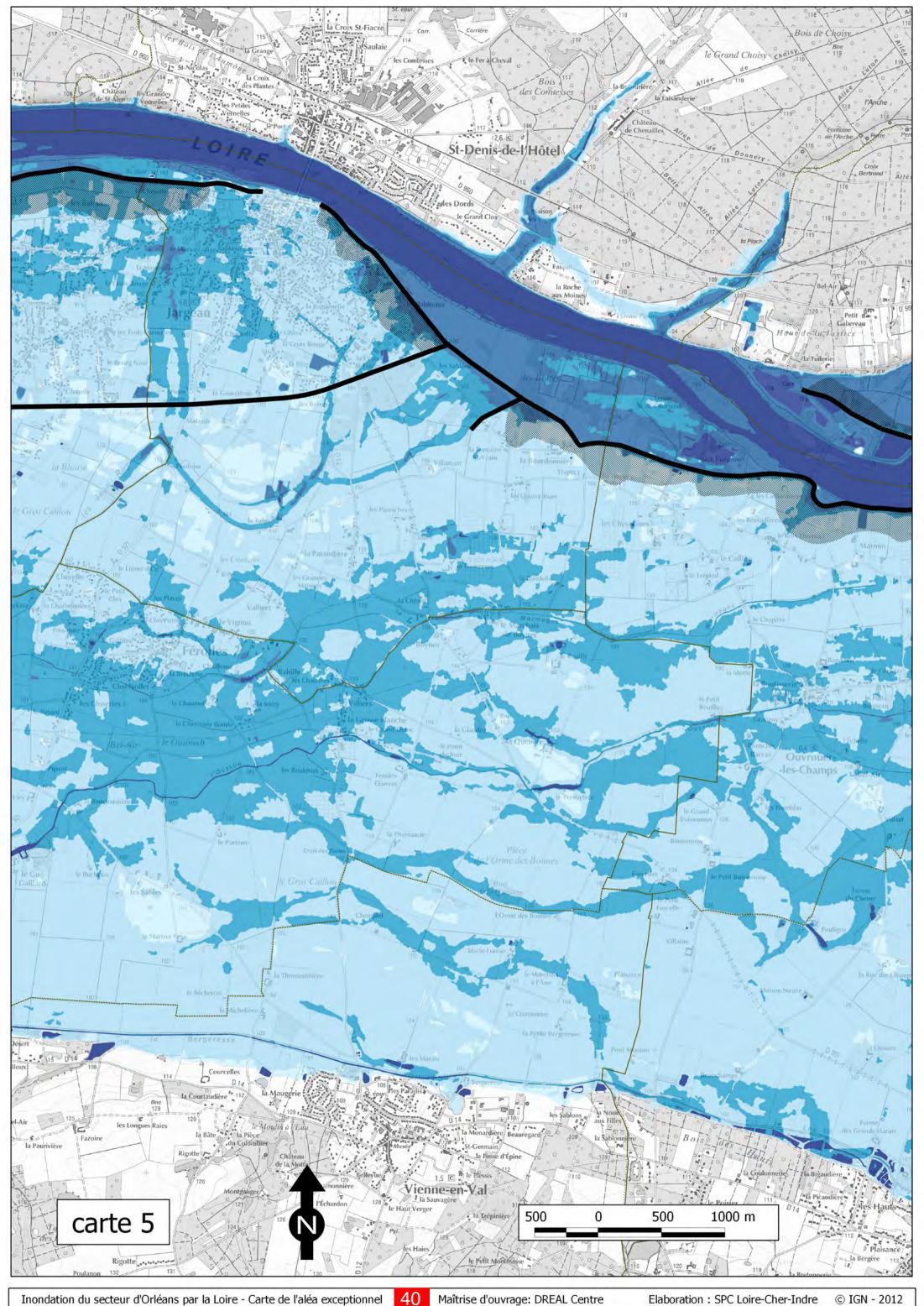


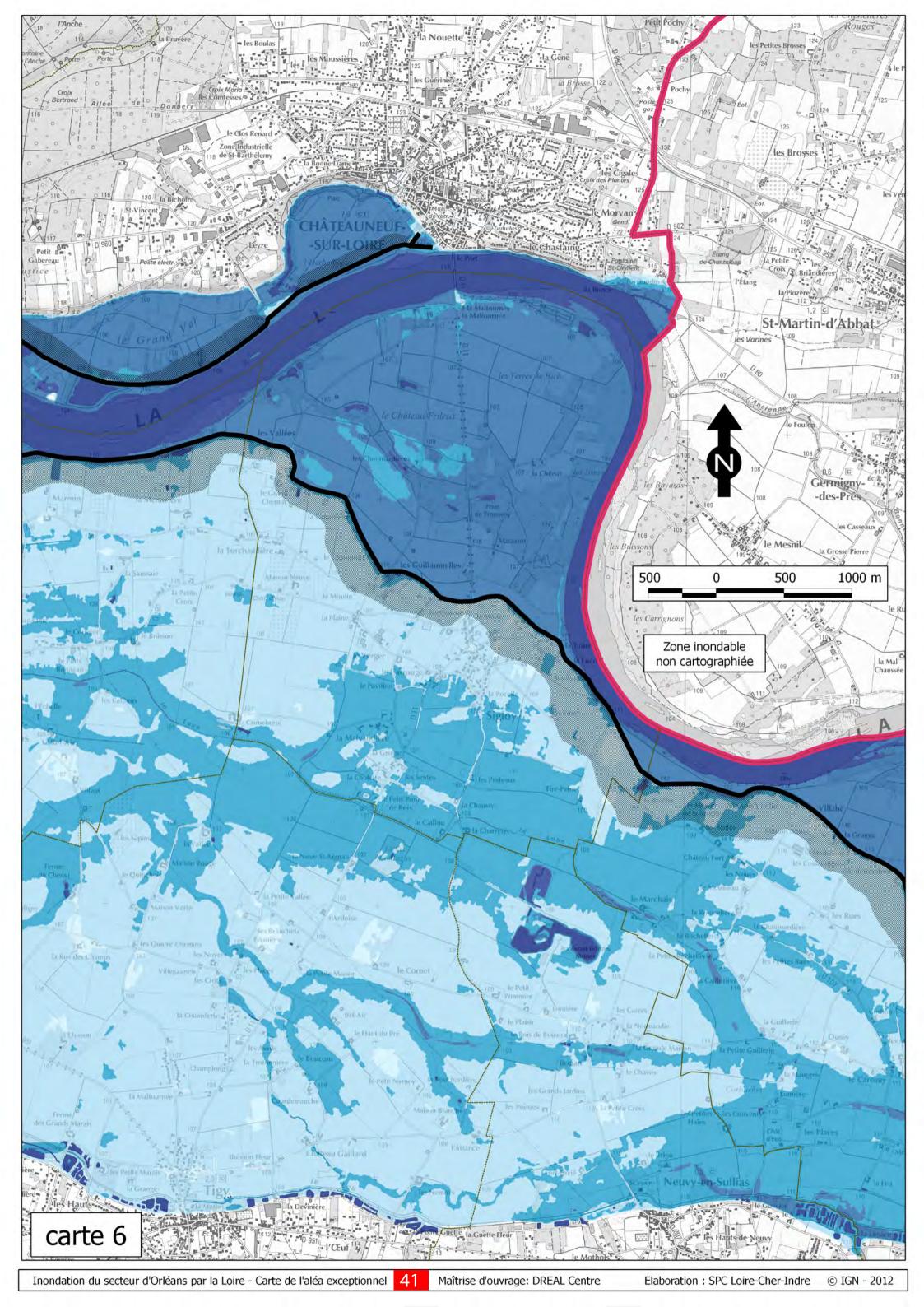


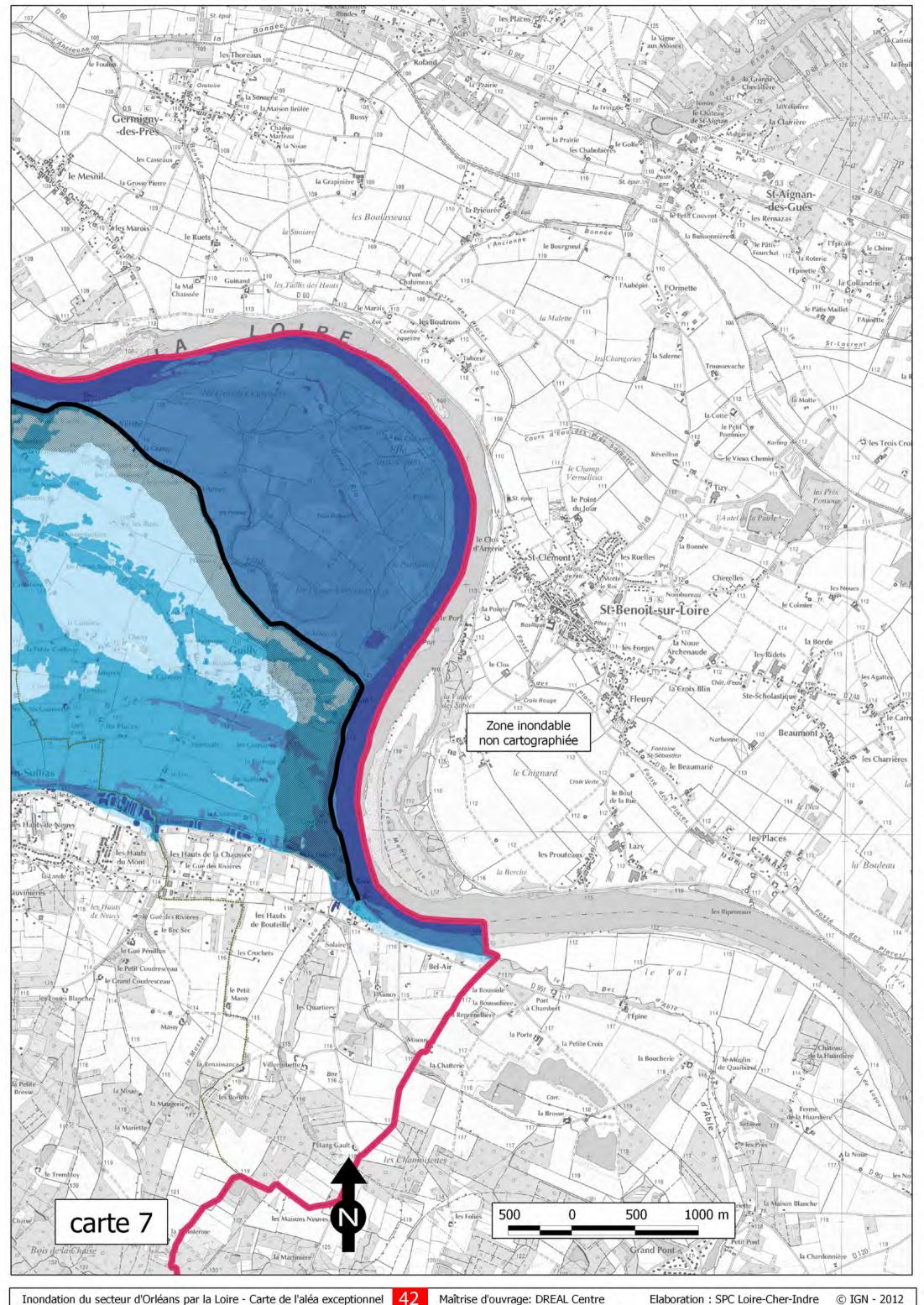








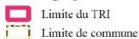




Carte de synthèse des scénarios d'inondation du secteur d'Orléans par les crues de la Loire

Légende

Découpage



Probabilité de la crue

Crue de faible probabilité

Crue de moyenne probabilité

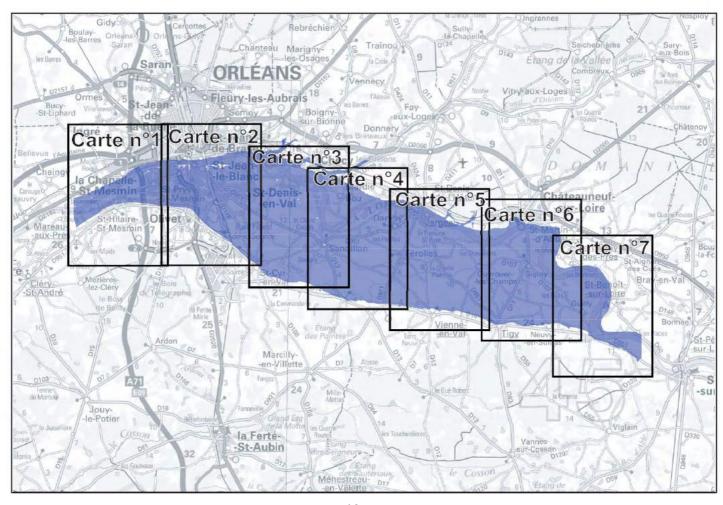
Crue de forte probabilité

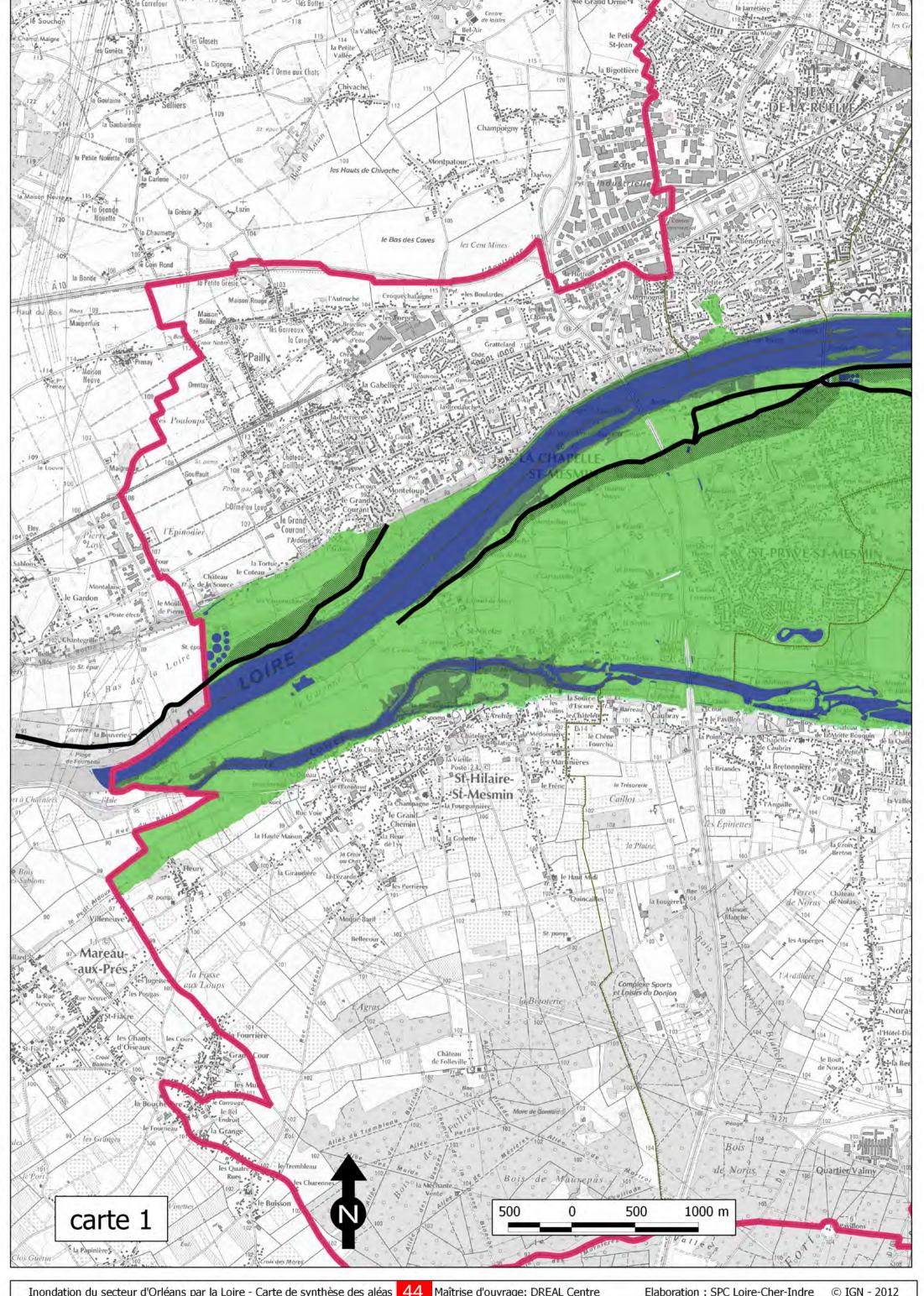
Lit mineur et zone en eau permanente

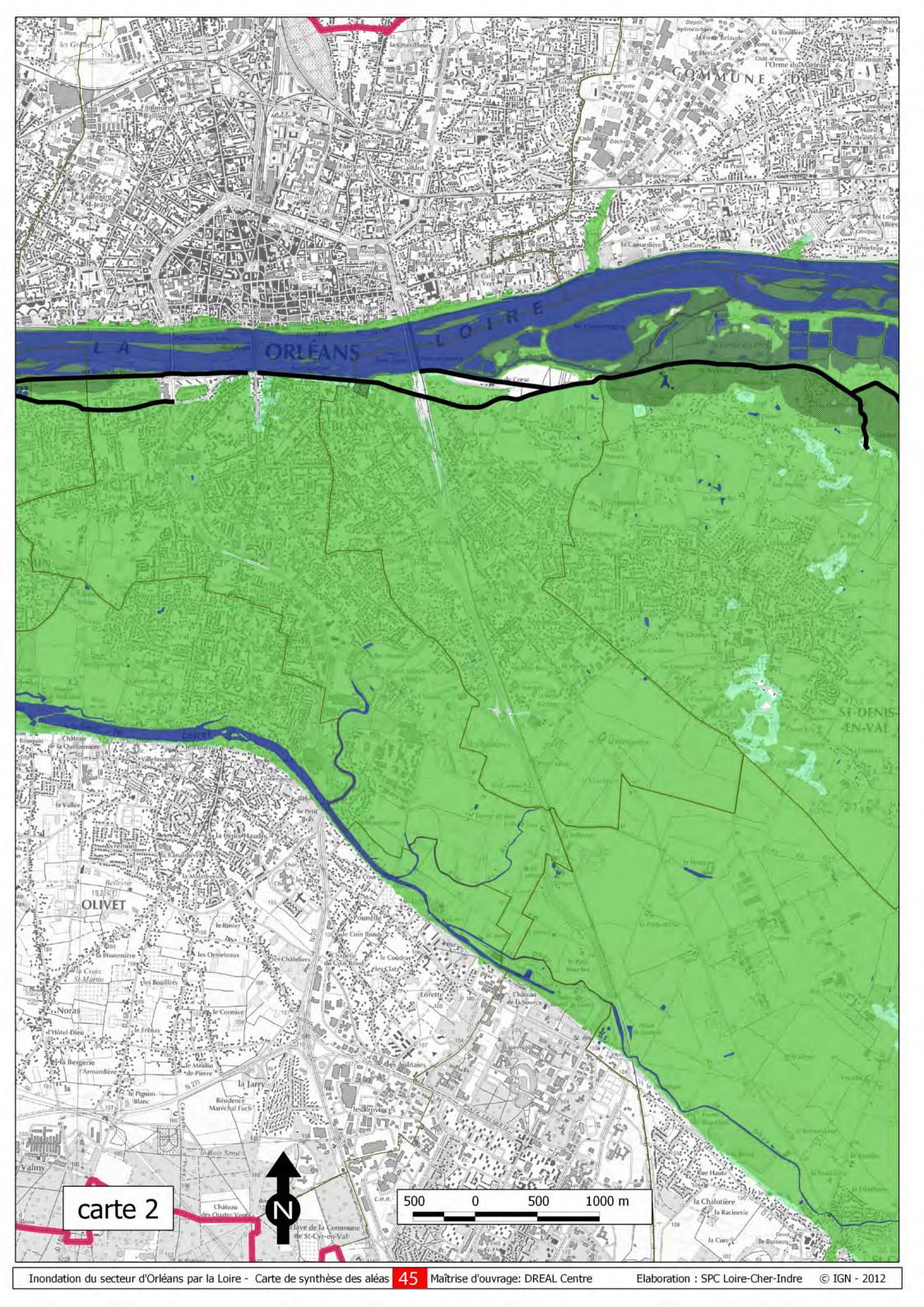
Ouvrage de protection

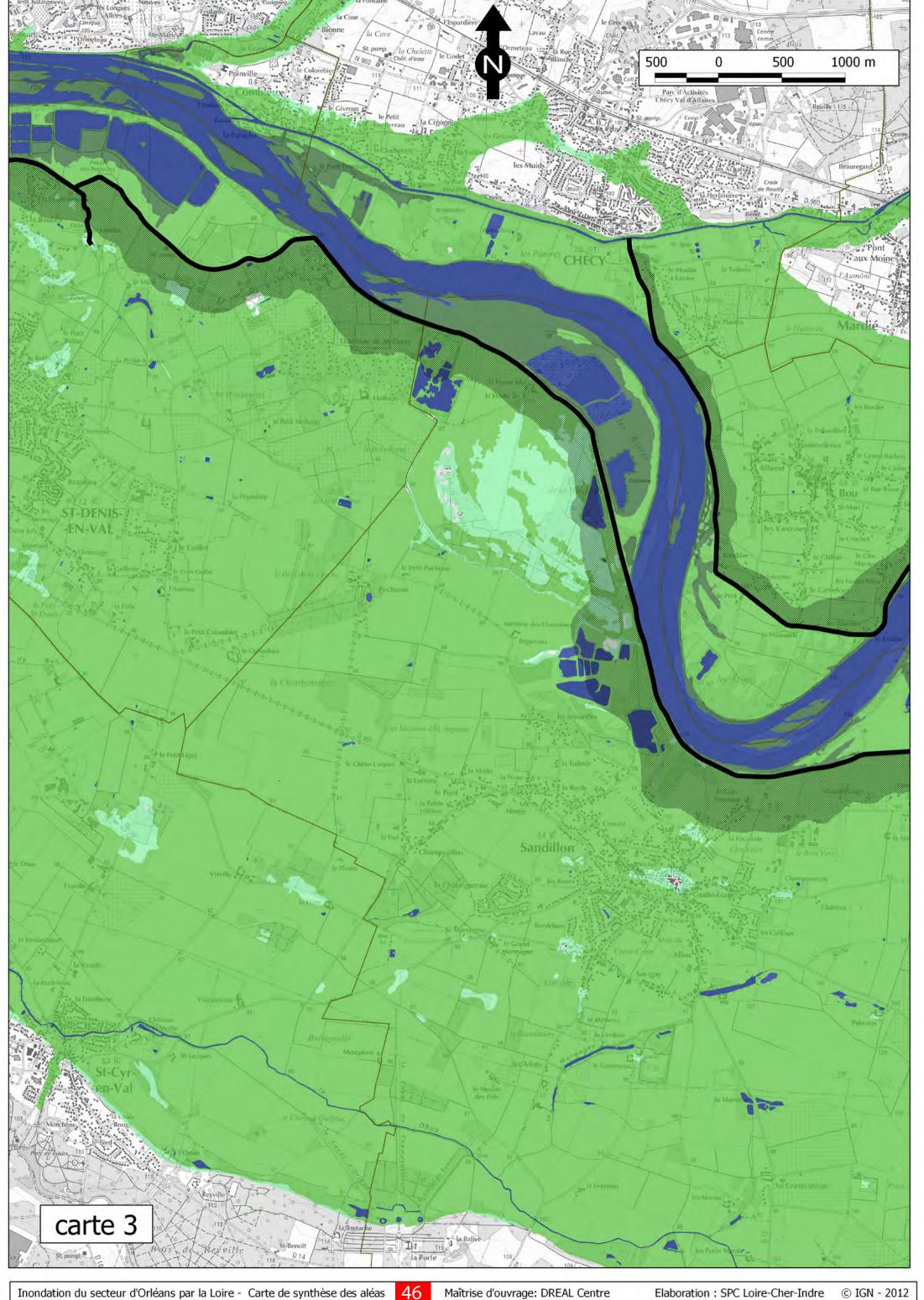
Digue

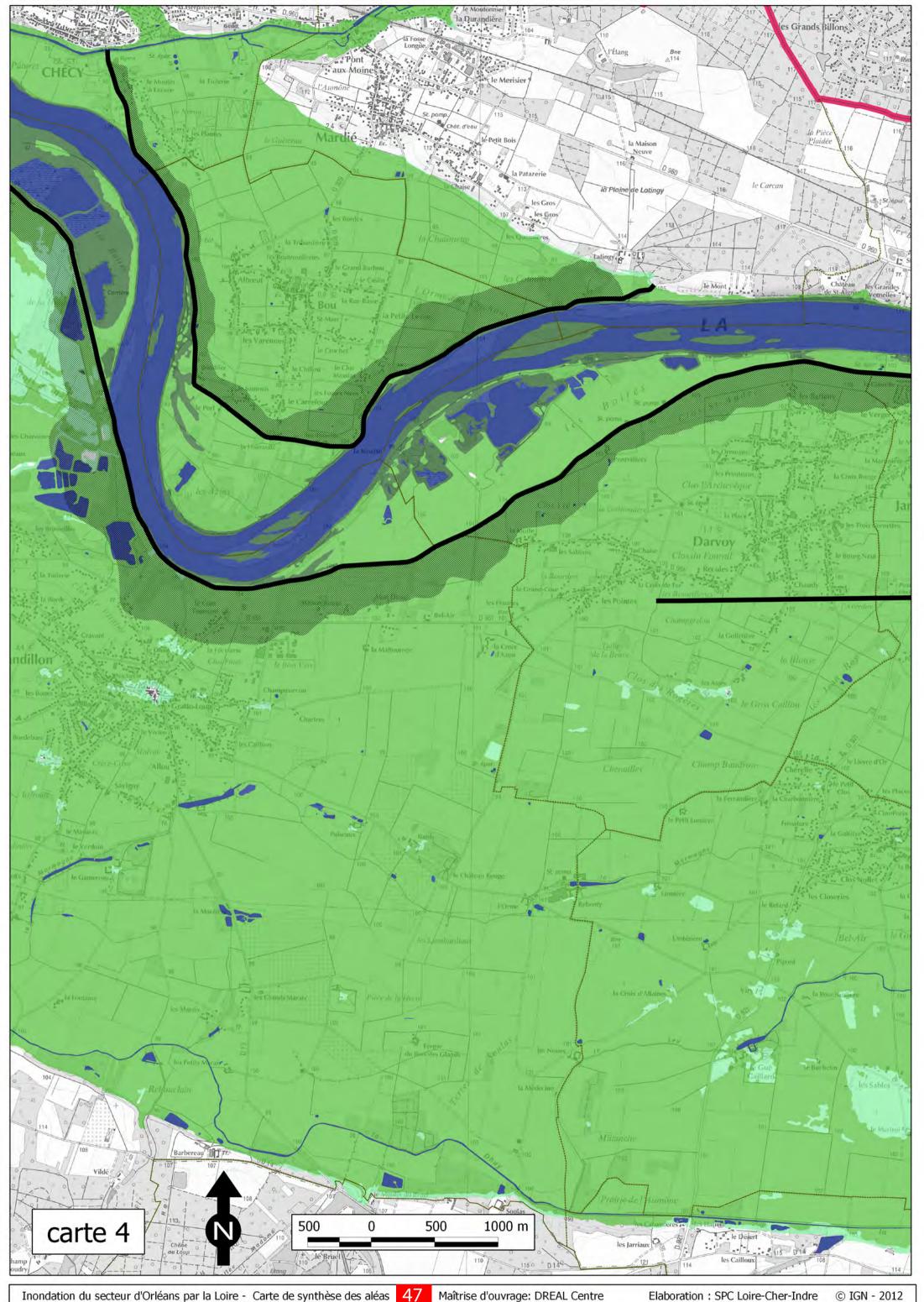
Zone de dissipation d'énergie dans l'hypothèse d'une rupture de la digue

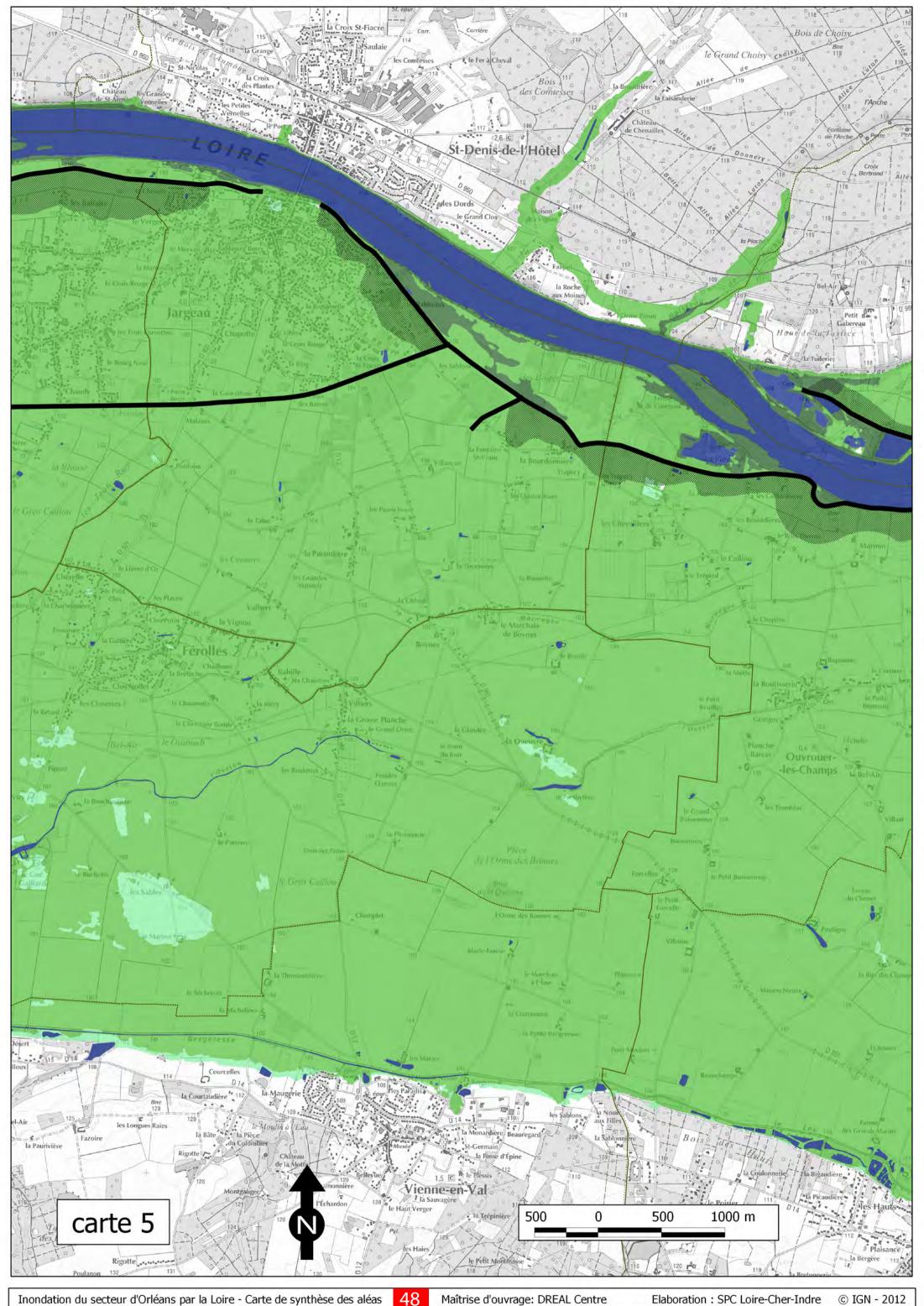


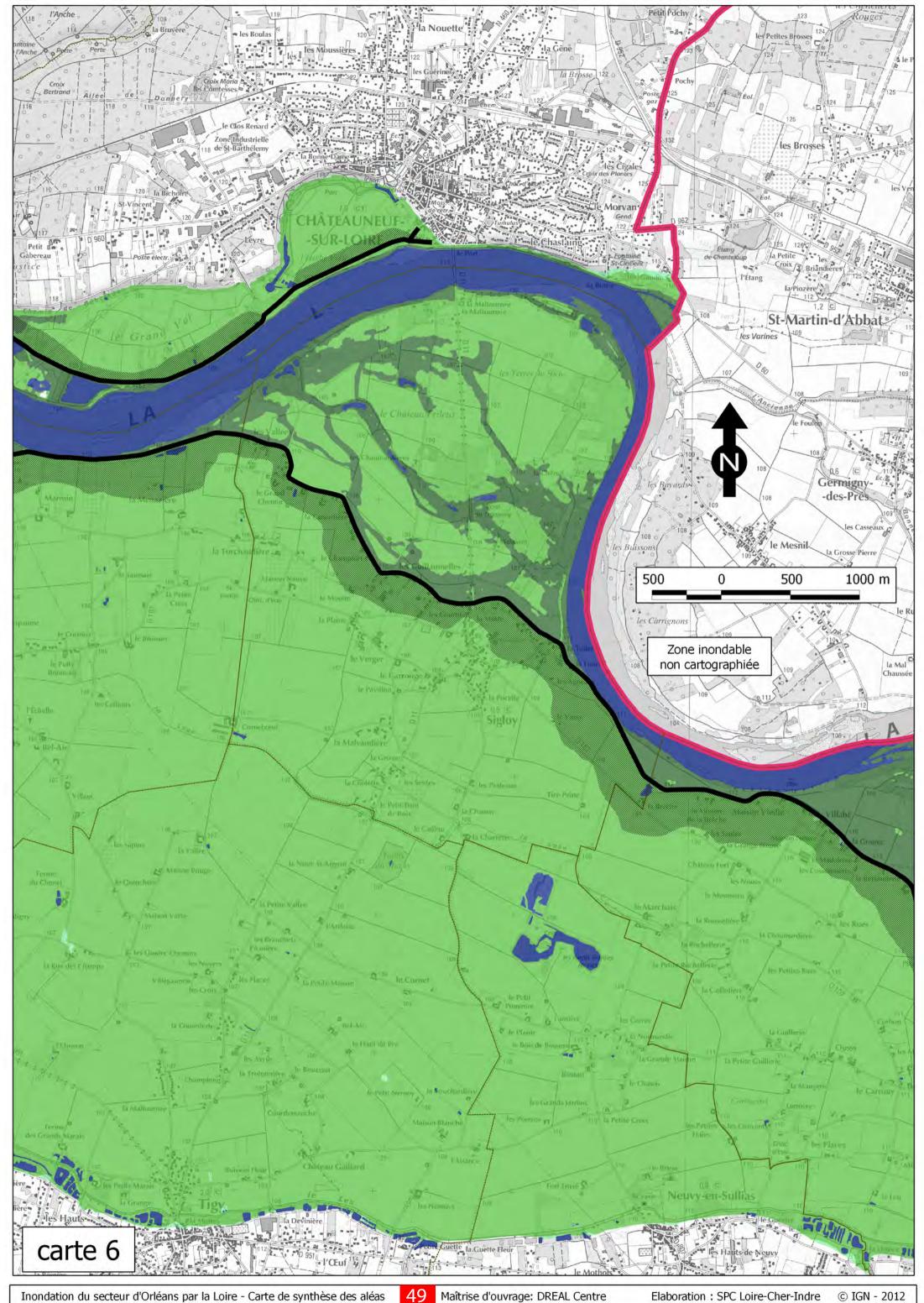


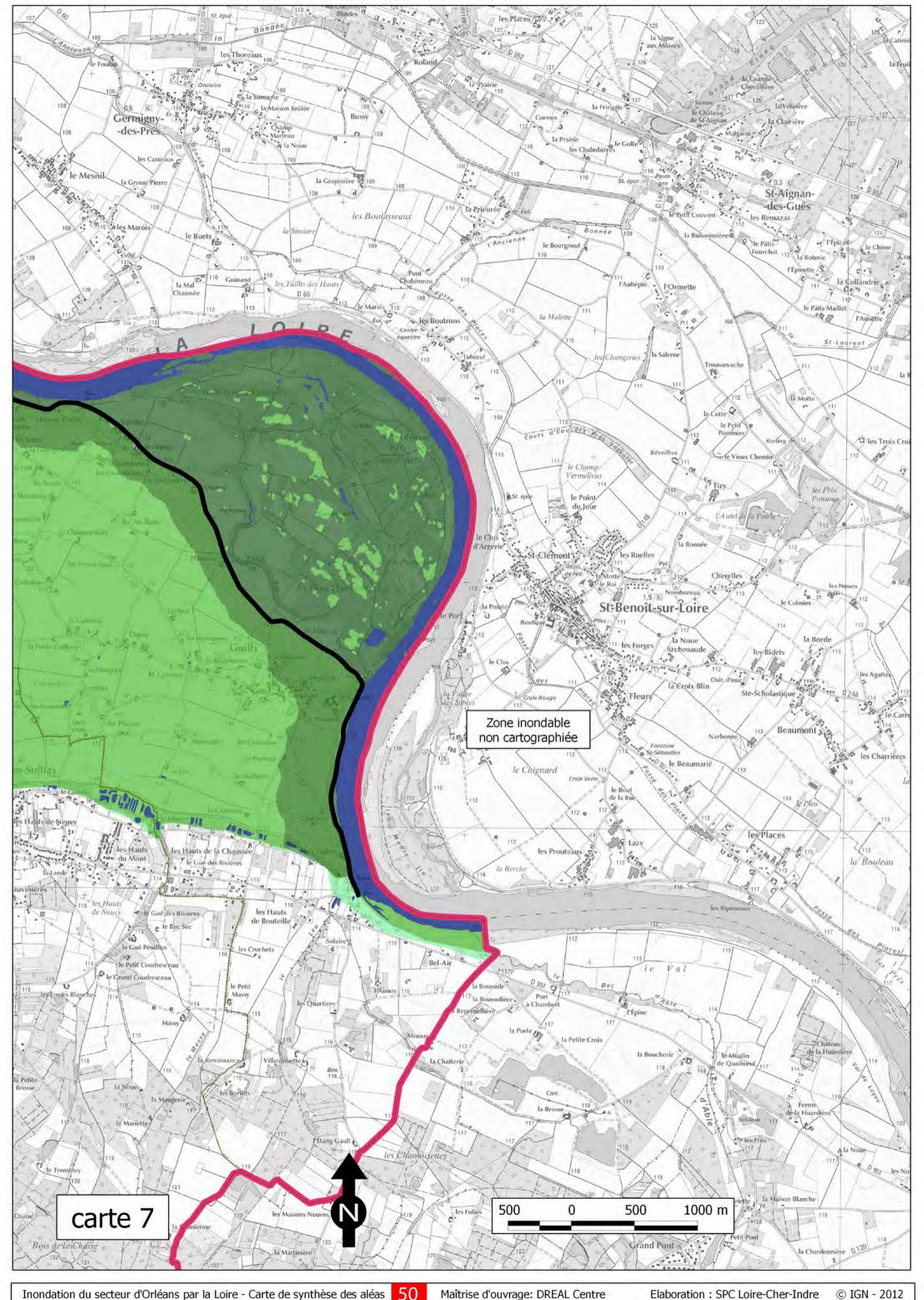








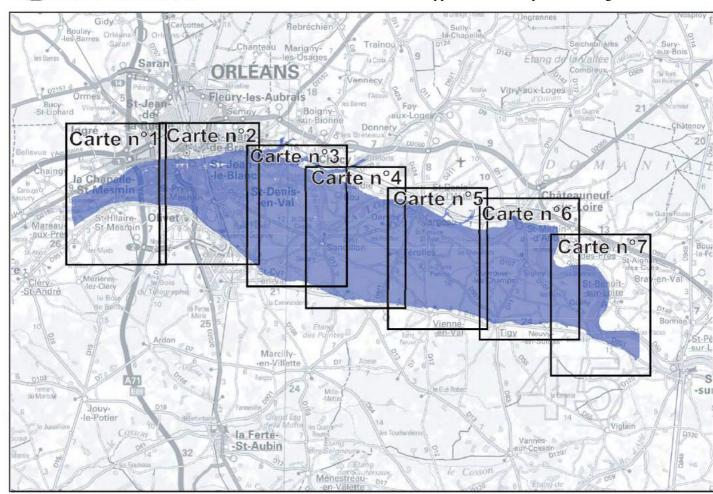


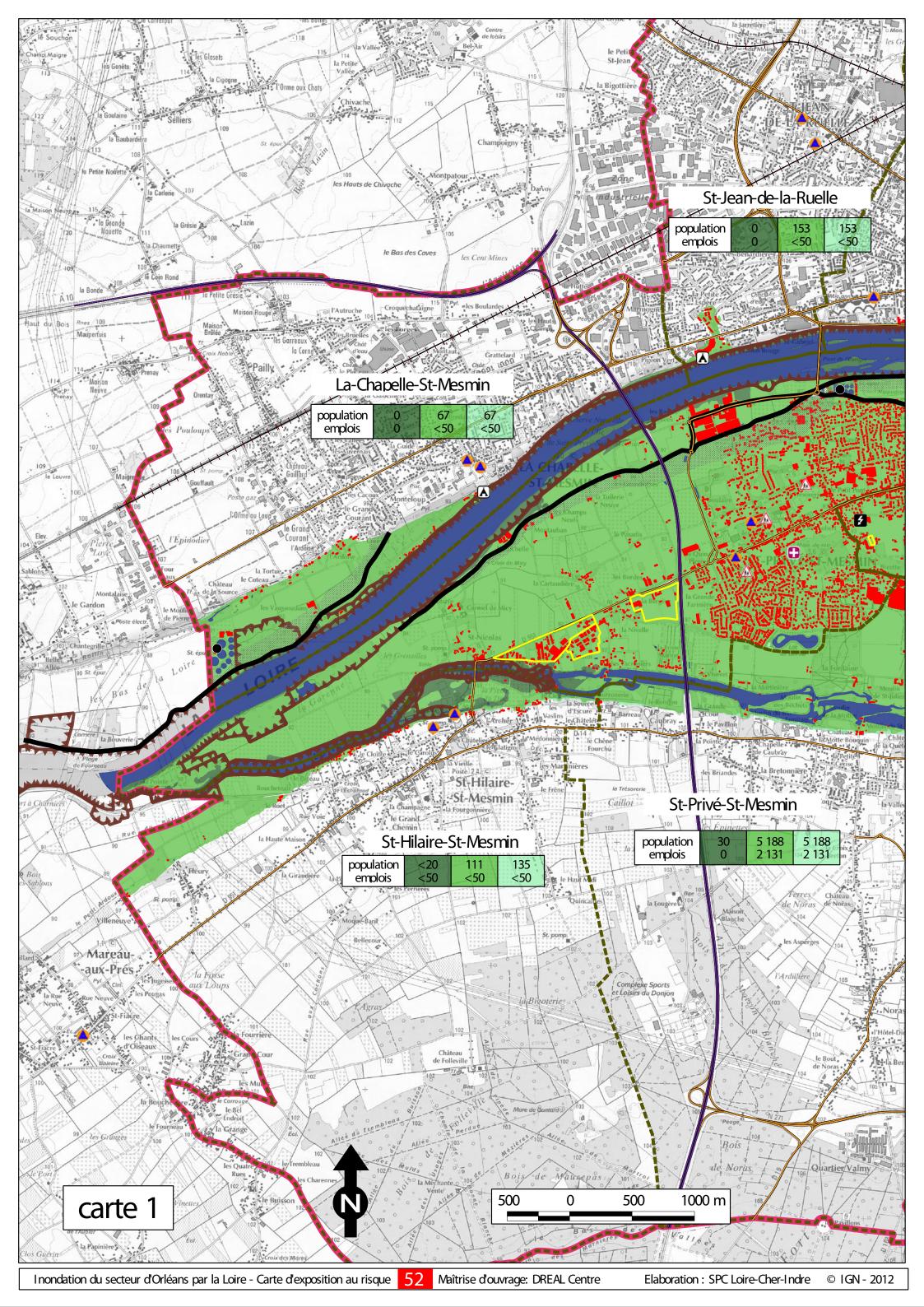


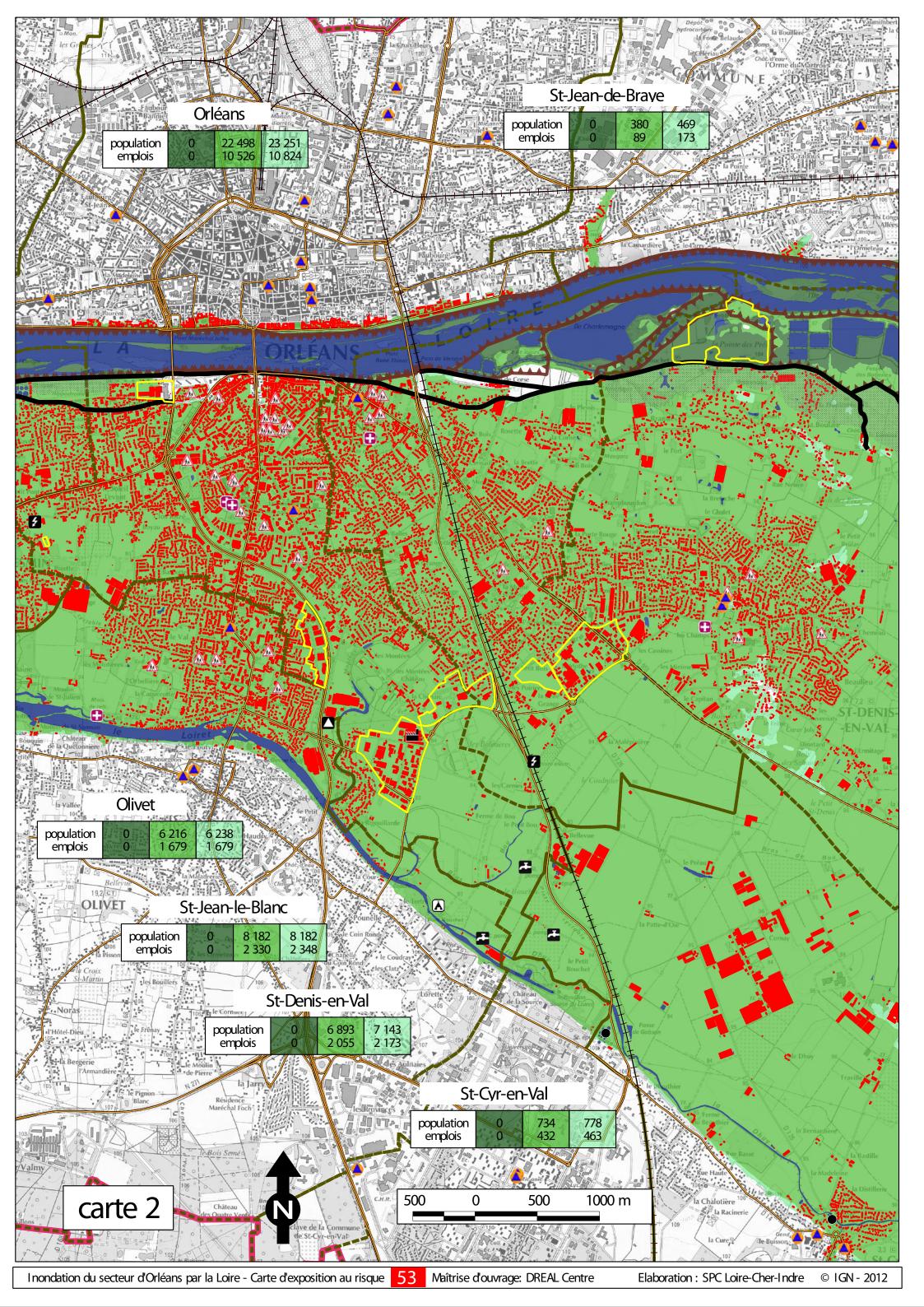
Carte d'exposition au risque d'inondation du secteur d'Orléans par les crues de la Loire

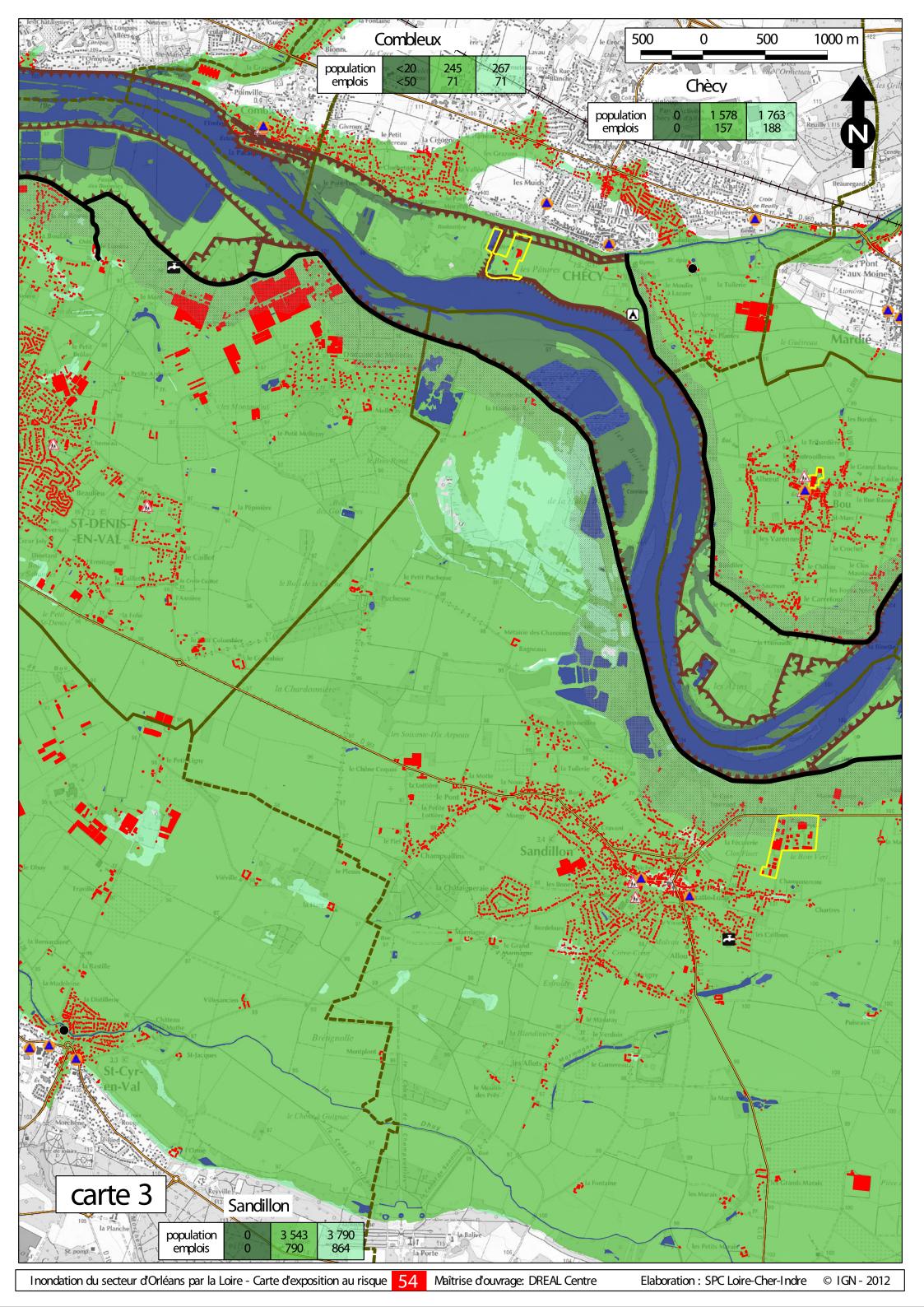
Légende

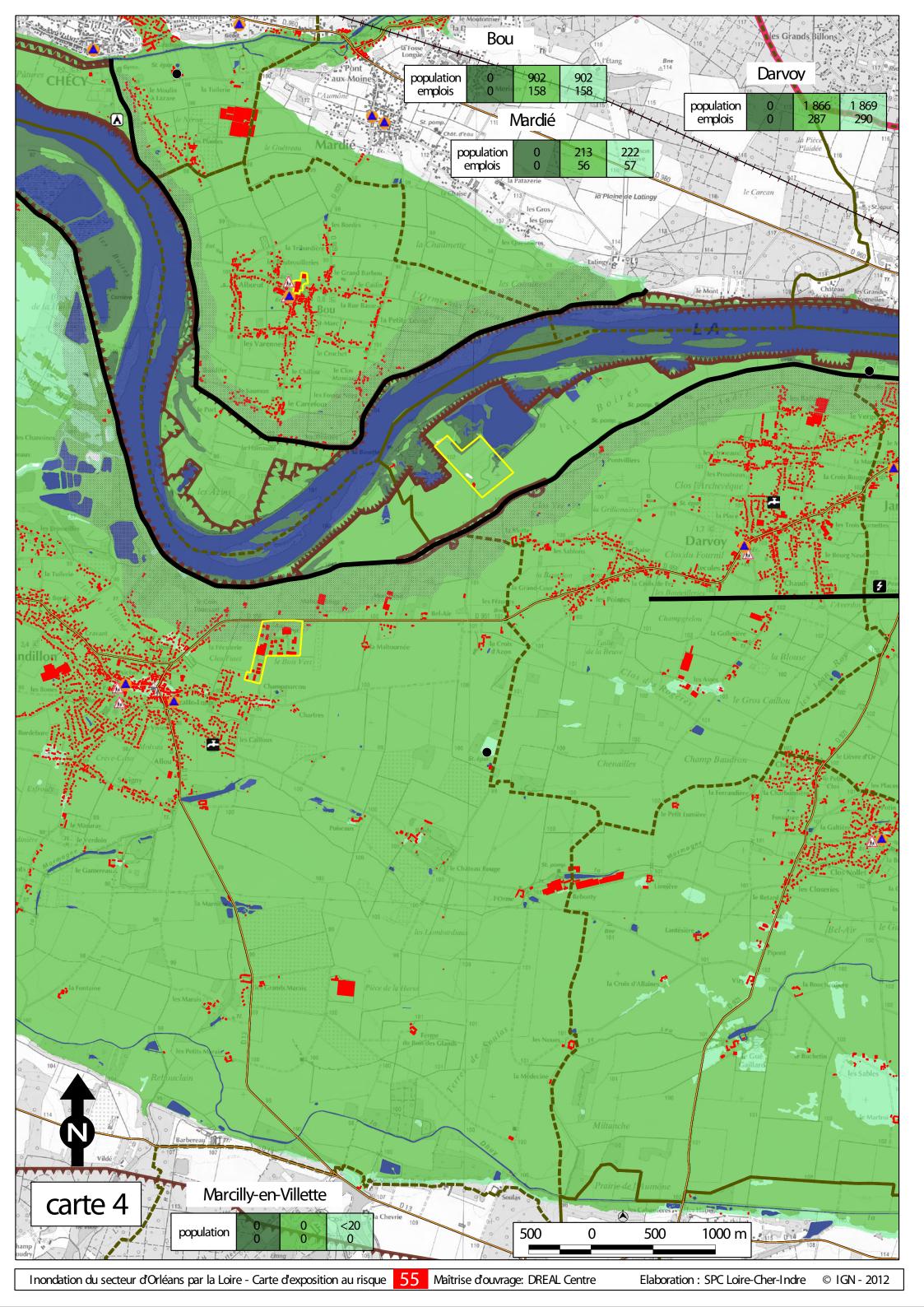
Enjeux Probabilité de la crue Crue de faible probabilité Bâti Zone Activité Crue de moyenne probabilité Crue de forte probabilité Limite de zone de protection naturelle Lit mineur et zone en eau permanente Etablissement hospitalier A Etablissement d'enseignement Réseaux A Camping **→** Voie ferrée principale # Etablissement pénitentiaire Autoroute, quasi autoroute Etablissement utile à la gestion de crise Route, liaison principale Installation classée SEVESO AS Découpage Installation classée IPPC Limite du TRI Station d'épuration > 2000 EH Limite de commune æ Installation d'eau potable 4 Transformateur électrique Ouvrage de protection Q. Gare Digue 3 Aéroport et aérodrome Zone de dissipation d'énergie dans Autre établissement l'hypothèse d'une rupture de la digue

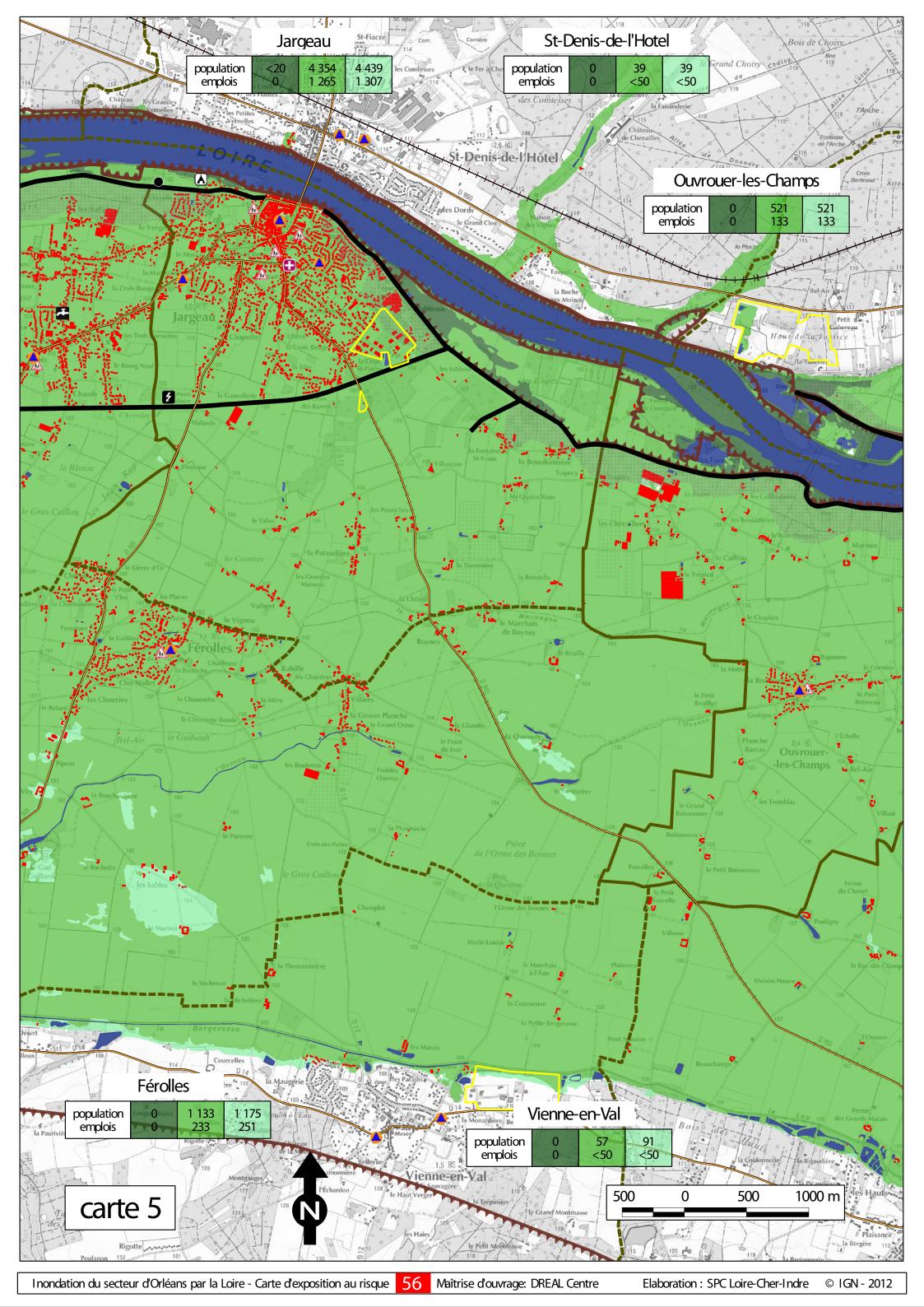


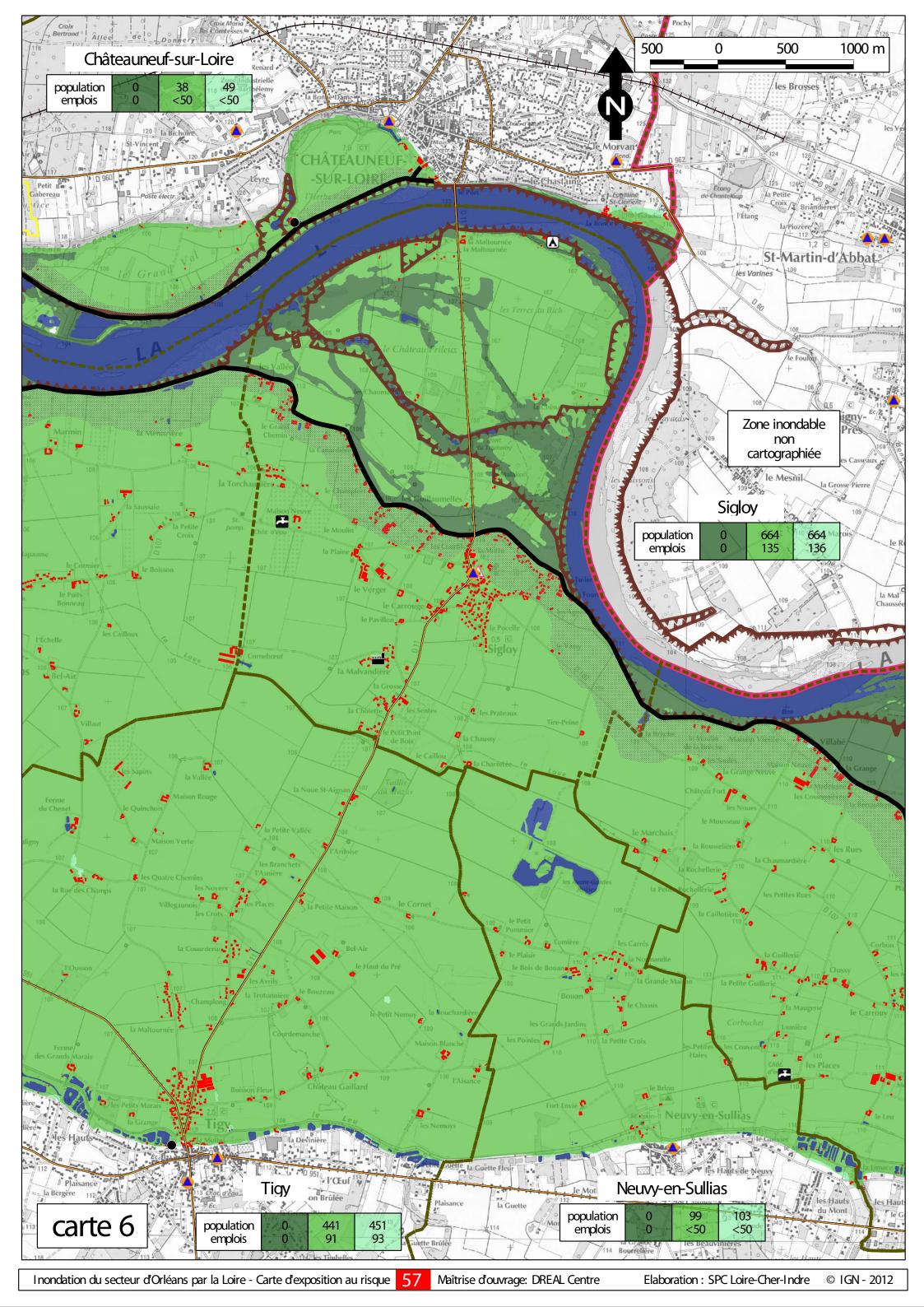


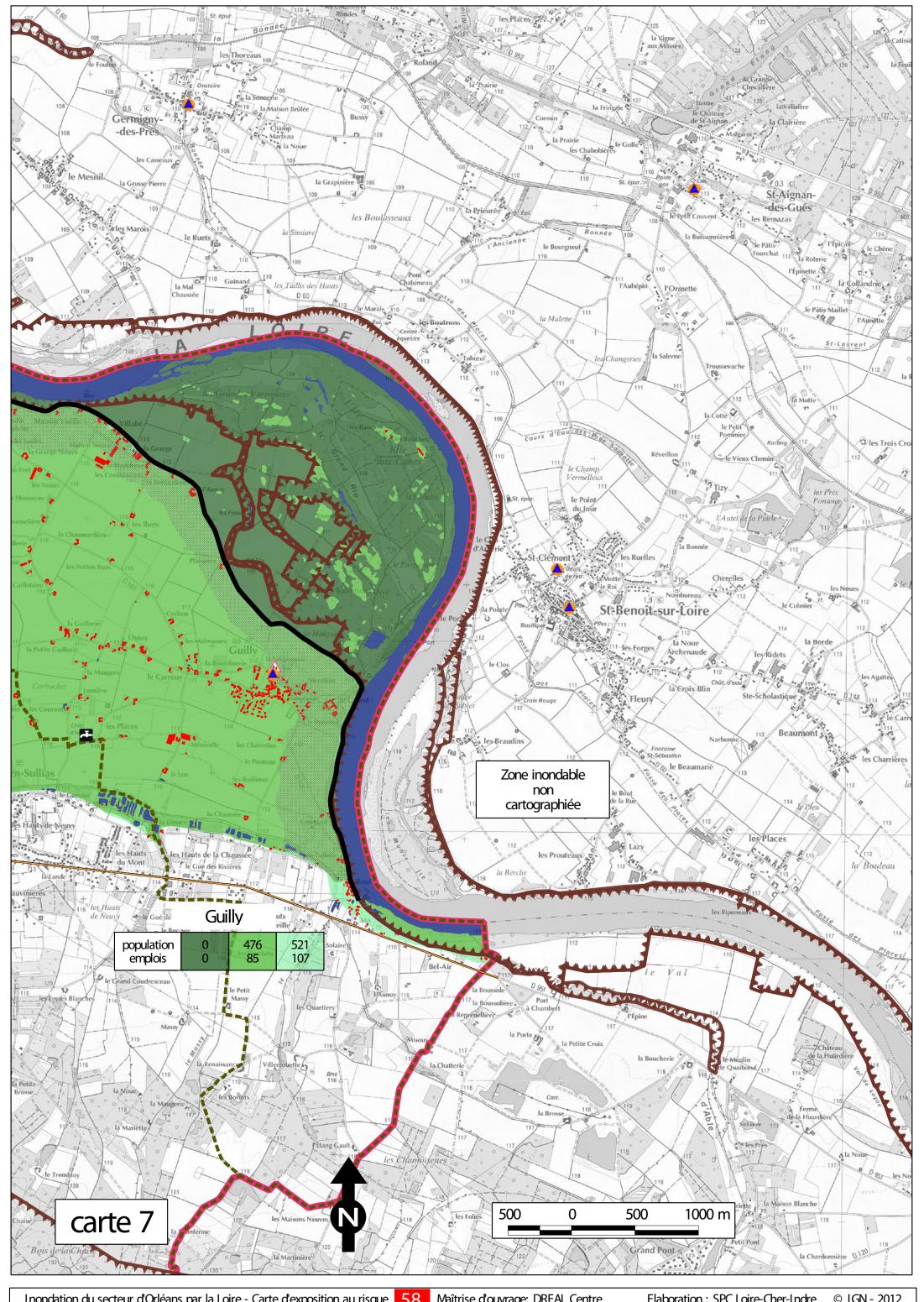












11- Annexes nécessaires à une compréhension approfondie des cartes

Bases de données nationales utilisées dans l'analyse des enjeux

Avant d'être complétée par les connaissances locales, l'analyse des enjeux s'appuie sur les bases de données nationales suivantes :

- Un maillage du territoire élaboré par le réseau scientifique et technique du ministère de l'écologie du développement durable et de l'énergie, à partir des informations de l'INSEE, représentant un nombre d'habitants,
- ➤ La BD topo v2 de l'IGN.

Les zones d'activité sont identifiées par l'intermédiaire de la classe « SURFACE_ACTIVITE », dont l'attribut « CATEGORIE » vaut :

 « Industriel ou commercial » (la classe PAI_INDUSTRIEL_COMMERCIAL permet ensuite de distinguer industriel et commercial),

Les établissements, infrastructures ou installations sensibles sont identifiés par l'intermédiaire des classes suivantes :

Thème	Classe	Valeur de l'attribut « Nature »
Réseau routier	ROUTE	Attribut « Importance » valant 1, 2 ou 3
Voies ferrées	PAI_TRANSPORT	Gare voyageur, Gare voyageurs et fret
	TRONCON_VOIE_FERREE	Principale
Transport aérien	PAI_TRANSPORT	Aérodrome non militaire, Aéroport international, Aéroport quelconque
École	PAI_SCIENCE_ENSEIGNEMENT	Enseignement primaire, secondaire, supérieur
Énergie	POSTE_TRANSFORMATION	Transformateur électrique
Eau	PAI_GESTION_EAUX	Usine de traitement (en excluant les eaux usées), Station de pompage
Population saisonnière	PAI_CULTURE_LOISIRS	Camping, Village de vacances
Établissements	PAI_ADMINISTRATIF_MILITAIRE	Établissement pénitentiaire
difficilement évacuables	PAI_SANTE	Établissement hospitalier, Hôpital, Maison de retraite médicalisée
Établissements utiles à la gestion de crise	PAI_ADMINISTRATIF_MILITAIRE	Caserne de pompiers, Gendarmerie, Poste ou hôtel de police, Préfecture, Préfecture de région, Mairie

- La base S3IC (Gestion Informatique des Données des Installations Classées), renseignée par les services de l'État comporte les coordonnées X,Y des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE). permet d'identifier les installations dites « IPPC » et « SEVESO AS ».
- La Base de Données sur les Eaux Résiduaires Urbaines (BDERU) des services de police des eaux du Ministère de l'écologie du développement durable et de l'énergie permet d'identifier les stations de traitement des eaux usées.
- Les données issues du rapportage de la directive eau à l'union européenne permettent d'identifier les zones naturelles sensibles (périmètres de captage d'eau potable, zone de baignade...)

Tableau des débits théoriques utilisés dans le modèle de propagation des ondes de crues de l'étude dangers de la digue du val d'Orléans

1856	0,2	032	0422	0432	0722	0,22	04222
Débit naturel au bec d'Allier (m³/s)	5 200	6 000	7 000	7 500	8 000	9 500	11 000
Débit écrêté par le barrage de Villerest au bec d'Allier (m³/s)	4 200	5 000	6 000	6 500	7 000	8 500	10 000
Débit à Orléans – (m³/s)	4 040	4 660	5 520	5 900	6 100	6 790	6 990
Cote lue à l'échelle d'Orléans- (m)	4.16	4.67	5.34	5.61	5.77	6.25	6.43

NB : la propagation de l'onde de crue entre le Bec d'Allier et Orléans est obtenue en considérant que les digues sont résistantes à la surverse.

Données détaillées sur les emplois

Les tableaux suivants donnent les valeurs basses et hautes de l'estimation du nombre d'emplois impactés par des crues de probabilité faible, moyenne et forte par commune.

Données analysées par commune

Commune	scénario	emploi_min	emploi_max
BOU	fréquent	0	0
BOU	moyen	141	175
BOU	exceptionnel	141	175
LA CHAPELLE SAINT MESMIN	fréquent	0	0
LA CHAPELLE SAINT MESMIN	moyen	5	5
LA CHAPELLE SAINT MESMIN	exceptionnel	5	5
CHATEAUNEUF SUR LOIRE	fréquent	0	0
CHATEAUNEUF SUR LOIRE	moyen	2	2
CHATEAUNEUF SUR LOIRE	exceptionnel	7	7
CHECY	fréquent	0	0
CHECY	moyen	148	167
CHECY	exceptionnel	173	203
COMBLEUX	fréquent	7	7
COMBLEUX	moyen	63	80
COMBLEUX	exceptionnel	63	80
DARVOY	fréquent	0	0
DARVOY	moyen	244	330
DARVOY	exceptionnel	247	333
FEROLLES	fréquent	0	0
FEROLLES	moyen	197	269
FEROLLES	exceptionnel	213	289
GUILLY	fréquent	0	0
GUILLY	moyen	76	95
GUILLY	exceptionnel	95	120
JARGEAU	fréquent	0	0
JARGEAU	moyen	993	1537
JARGEAU	exceptionnel	1031	1584
MARDIE	fréquent	0	0
MARDIE	moyen	50	63
MARDIE	exceptionnel	51	64
NEUVY EN SULLIAS	fréquent	0	0
NEUVY EN SULLIAS	moyen	14	16
NEUVY EN SULLIAS	exceptionnel	14	16
OLIVET	fréquent	0	0
OLIVET	moyen	1383	1976
OLIVET	exceptionnel	1383	1976
ORLEANS	fréquent	0	0
ORLEANS	moyen	7971	13081
ORLEANS	exceptionnel	8191	13458

Commune	scénario	emploi_min	emploi_max
OUVROUER LES CHAMPS	fréquent	0	0
OUVROUER LES CHAMPS	moyen	116	151
OUVROUER LES CHAMPS	exceptionnel	116	151
SAINT CYR EN VAL	fréquent	0	0
SAINT CYR EN VAL	moyen	327	537
SAINT CYR EN VAL	exceptionnel	354	573
SAINT DENIS DE L'HOTEL	fréquent	0	0
SAINT DENIS DE L'HOTEL	moyen	2	2
SAINT DENIS DE L'HOTEL	exceptionnel	2	2
SAINT DENIS EN VAL	fréquent	0	0
SAINT DENIS EN VAL	moyen	1711	2399
SAINT DENIS EN VAL	exceptionnel	1810	2537
SAINT HILAIRE SAINT MESMIN	fréquent	3	3
SAINT HILAIRE SAINT MESMIN	moyen	8	8
SAINT HILAIRE SAINT MESMIN	exceptionnel	17	17
SAINT JEAN DE BRAYE	fréquent	1	1
SAINT JEAN DE BRAYE	moyen	76	102
SAINT JEAN DE BRAYE	exceptionnel	138	209
SAINT JEAN DE LA RUELLE	fréquent	0	0
SAINT JEAN DE LA RUELLE	moyen	4	4
SAINT JEAN DE LA RUELLE	exceptionnel	4	4
SAINT JEAN LE BLANC	fréquent	0	0
SAINT JEAN LE BLANC	moyen	1859	2802
SAINT JEAN LE BLANC	exceptionnel	1874	2822
SAINT PRYVE SAINT MESMIN	fréquent	0	0
SAINT PRYVE SAINT MESMIN	moyen	1687	2576
SAINT PRYVE SAINT MESMIN	exceptionnel	1687	2576
SANDILLON	fréquent	0	0
SANDILLON	moyen	652	928
SANDILLON	exceptionnel	719	1010
SIGLOY	fréquent	0	0
SIGLOY	moyen	123	147
SIGLOY	exceptionnel	124	148
TIGY	fréquent	0	0
TIGY	moyen	79	103
TIGY	exceptionnel	81	105
VIENNE EN VAL	fréquent	0	0
VIENNE EN VAL	moyen	12	13
VIENNE EN VAL	exceptionnel	12	13

Les communes non renseignées ne font pas apparaître d'emplois impactés.

Données agrégées sur le TRI

SCENARIO	Données	Somme
Fréquent	Somme emploi_min	11
	Somme emploi_max	11
Moyen	Somme emploi_min	17 943
	Somme emploi_max	27 568
Exceptionnel	Somme emploi_min	18 552
	Somme emploi_max	28 477

Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Energie www.developpement-durable.gouv.fr

Mise en œuvre de la directive inondations dans le bassin Loire Bretagne

Coordination:



DREAL Centre – bassin Loire-Bretagne 5 avenue Buffon . BP 6407 45064 ORLEANS CEDEX 2

Tél: 02 36 17 41 41 Fax: 02 36 17 41 01

WWW.centre.developpement-durable.gouv.fr