



Direction Régionale de l'Environnement
PAYS-DE-LA-LOIRE

ATLAS DES ZONES INONDABLES DE LA VALLEE DE L'ERDRE.

Maître d'ouvrage : DIREN Pays de la Loire

Assistance à Maîtrise d'ouvrage : S. Gaillard (Université de Nantes, laboratoire Geolittomer)

Comité de pilotage : DDE de Loire-Atlantique, DDAF de Loire-Atlantique, Service Maritime et de Navigation.

Chef de projet : Laurent Mathieu

Chargée d'étude : Véronique Durin

Contrôle qualité interne

- Rapport : Rédigé par Véronique Durin, Laurent Mathieu.
- Cartographie : Effectuée par Véronique Durin, Laurent Mathieu.
- SIG: Réalisé par Marie Boisard

Date de rendu : août 05

N° d'affaire : AE 04 11 24

Pièces composant l'étude :

- 1 rapport d'étude
- 1 atlas
- 1 CD-Rom

Résumé de l'étude :

L'étude applique au linéaire global de l'Erdre la méthode hydrogéomorphologique pour déterminer les zones inondables. Cette approche naturaliste fondée sur l'analyse des formes et formations des fonds de vallées permet d'identifier les différents lits de la rivière. Elle est complétée par des recherches d'archives sur les crues historiques.

Zone géographique :

Bassin versant de l'Erdre, pays nantais, région Pays de la Loire, France



S.I.E.E. – Domaine du petit Arbois – Bâtiment Laennec – Hall B – BP 38
13545 Aix en Provence Cedex 4

Tel : 04 42 90 82 30 – Fax : 04 42 90 82 31 – E-mail : siee.paca@siee.fr

SOMMAIRE

1	SYNTHESE DU FONCTIONNEMENT DU BASSIN VERSANT.....	6
1.1	Présentation générale	6
1.2	Contexte geologique.....	7
1.3	Contexte hydrologique.....	11
1.3.1	Particularités hydrauliques.....	11
1.3.2	Particularités hydrologiques.....	12
1.3.3	Les stations hydrométriques.....	12
1.3.4	Les enseignement des crues historiques.....	13
1.4	L'occupation du sol et l'artificialisation des milieux fluviaux.....	14
1.5	Fonctionnement global des crues dans le bassin	17
2	APPROCHE ET CARTOGRAPHIE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE.....	19
2.1	Méthodologie	19
2.1.1	Les bases de l'hydrogéomorphologie.....	19
2.1.2	Cartographie des unités hydrogéomorphologiques.....	19
2.1.3	Les principaux outils utilisés	25
2.1.4	Les outils complémentaires	26
2.1.5	Atouts et limites de la méthode hydrogéomorphologique	26
2.2	Commentaire des cartographies	27
2.2.1	l'Erdre amont.....	28
2.2.2	l'Erdre aval	36
3	APPROCHE HISTORIQUE.....	43
3.1	Données d'archives et enquêtes	43
3.1.1	Recueil des données et méthode d'analyse.....	43
3.1.2	Résultats.....	44
3.1.3	Analyse des données.....	47
4	SYNTHESE D'INONDABILITE ET CONCLUSION.....	51
4.1	Synthèse de l'inondabilité. Croisement des approches historiques et hydrogéomorphologiques.....	51
4.2	Conclusion.....	52
	BIBLIOGRAPHIE	53

INTRODUCTION

Contexte de l'étude

De par ses caractéristiques physiques (climat, densité du réseau hydrographique, géologie), la région Pays de Loire se trouve soumise au risque inondation avec des crues fréquentes. Conscients de cette problématique, les services de l'Etat ont lancé des études pour acquérir une connaissance plus précise des zones exposées. Dans cette perspective, La DIREN Pays de la Loire a souhaité réaliser un atlas hydrogéomorphologique des zones inondables de la vallée de l'Erdre, dans le but principal de servir de support à l'élaboration future d'un Plan de Prévention des Risques Inondation et de référence dans le cadre du Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE). Dans le même temps, cette étude a pour vocation de vérifier et d'ajuster l'adaptation de la méthode hydrogéomorphologique, mise au point en région méditerranéenne, au domaine morphoclimatique régional.

Méthodologie retenue

La méthode de travail retenue pour cette étude est l'**analyse hydrogéomorphologique**, qui est une approche naturaliste fondée sur la compréhension du fonctionnement naturel de la dynamique des cours d'eau (érosion, transport, sédimentation) au cours de l'histoire. Elle consiste à étudier finement la morphologie des plaines alluviales et à retrouver sur le terrain les limites physiques associées aux différentes gammes de crues qui les ont façonnées. Dans l'élaboration du document, cette analyse géomorphologique appliquée aux espaces alluviaux se prête à être associée aux informations relatives aux crues historiques. L'analyse s'appuie sur l'interprétation géomorphologique d'une couverture stéréoscopique de photos aériennes (missions IGN 2004/FD44-56 au 1/8 000^{ème} et 2002 FD49-79 au 1/25 000^{ème}) validée par des vérifications de terrain.

La présente étude est réalisée en conformité avec les principes retenus par les Ministères de l'Équipement et de l'Écologie et du Développement Durable pour la réalisation des atlas des zones inondables par analyse hydrogéomorphologique, exprimés à travers un guide méthodologique publié en 1996¹, ainsi qu'un cahier des charges national détaillé qui constitue aujourd'hui le document de référence pour ce type d'étude². La fiabilité de cette approche et ses limites ont par ailleurs été vérifiées à l'occasion de crues exceptionnelles récentes (Aude 1999, Gard 2002).

¹ Cartographie des zones inondables : approche hydrogéomorphologique – DAU/DPPR, éditions villes & territoires, 1996,100p

² CCTP relatif à l'élaboration d'Atlas de zones inondables par technique d'analyse hydrogéomorphologique – M.A.T.E / D.P.P.R, mars 2001

Contenu et objectifs du document

L'étude hydrogéomorphologique est constituée de cartes d'inondabilité réalisées aux échelles du 1/25.000^e et du 1/10 000^e, lesquelles sont accompagnées d'un commentaire relatif à chaque grand tronçon homogène de cours d'eau. Ce document est décliné en **deux dossiers** :

- Le présent rapport, qui s'articule autour de trois volets : la synthèse des principales caractéristiques physiques du bassin versant, les approches hydrogéomorphologiques et historiques.
- L'atlas, qui présente les cartographies, en mentionnant les communes concernées.

Conformément au cahier des charges, outre les rapports papier, les données sont également restituées sous format informatique sur CD ROM. Le rapport fait l'objet d'une version numérique, et les éléments cartographiques sont digitalisés et intégrés dans un Système d'Information Géographique (SIG) réalisé sous MAP INFO. La cartographie numérisée sera amenée rapidement à être rendue accessible au grand public sur internet.

L'objectif de cette étude est la **qualification et la cartographie des zones inondables**. Il s'agit de fournir aux services de l'administration et aux collectivités territoriales (communes) des éléments d'information préventive, utilisables dans le cadre des missions :

- d'information du public,
- de porter à connaissance et d'élaboration des documents de planification (PLU, SCOT),
- de programmation et de réalisation de Plans de Prévention des Risques Inondation (PPRI) à portée réglementaire.

La cartographie produite par l'analyse hydrogéomorphologique permet de disposer **d'une vision globale et homogène des champs d'inondation** sur l'ensemble des secteurs traités **en pointant à un premier niveau, les zones les plus vulnérables** au regard du bâti et des équipements existants. L'information fournie reste cependant essentiellement qualitative, même si elle est complétée, là où elles existent, par des données historiques.

Dans la **stratégie de gestion du risque inondation**, le rapport ci-après doit donc être perçu comme **un document amont, d'information et de prévention**, relativement précis mais dont les limites résident clairement dans la quantification de l'aléa (notamment vis-à-vis de la définition de la crue de référence et de la détermination des paramètres hauteur ou vitesse des écoulements).

Périmètre et échelle d'étude

Le **périmètre d'étude** retenu par la DIREN Pays de la Loire couvre le bassin de l'Erdre en entier. Le vallon du Charbonneau fait aussi l'objet d'une cartographie. Dans ce périmètre, l'intégralité des zones inondables est prise en compte, ainsi que les confluences avec les affluents et vallons latéraux.

L'échelle de cartographie retenue est le 1/25.000^e sur la totalité du secteur d'étude, avec des zooms au 1/10 000 sur les secteurs à enjeux, sur un support de fond de plan monochrome constitué par le SCAN 25 de l'I.G.N fourni par le maître d'ouvrage.

1 SYNTHÈSE DU FONCTIONNEMENT DU BASSIN VERSANT

L'objectif de ce chapitre est de réaliser une synthèse des informations caractérisant le fonctionnement du bassin versant. Pour ce faire nous avons consulté de nombreux documents :

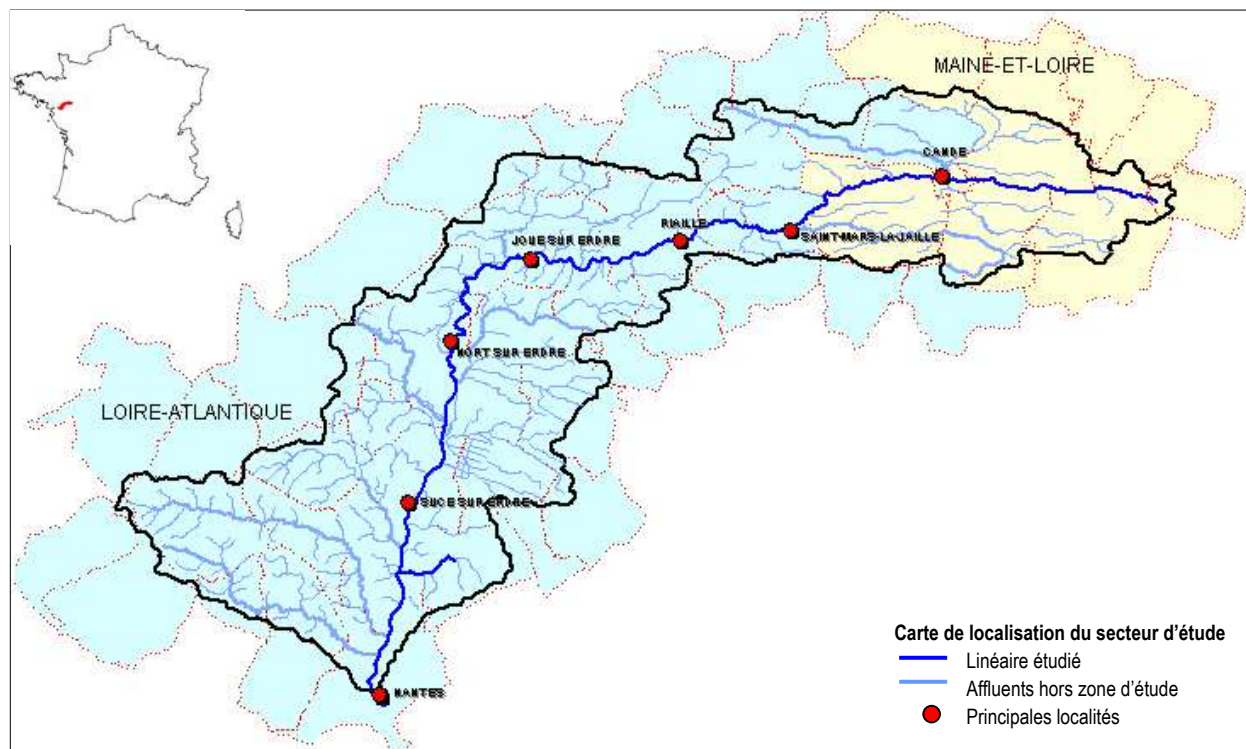
- les études existantes sur le bassin versant
- de la bibliographie générale portant sur le pays nantais

On trouvera en bibliographie la liste exhaustive des études et ouvrages consultés. On voudra bien s'y reporter pour plus de précision sur un aspect ou sur un autre.

1.1 PRESENTATION GENERALE

L'Erdre est le dernier gros affluent rive droite de la Loire avec laquelle elle conflue au niveau de Nantes. Elle draine un bassin versant étroit et allongé, d'environ 1000 km² s'étendant sur 53 communes et deux départements, le Maine et Loire (49) et la Loire-Atlantique (44). Elle prend sa source à 81 m d'altitude, dans un petit bassin situé entre les communes de Segré et Louroux-Béconnais, plus précisément sur la commune de Le Poueze, avant de s'écouler d'est en ouest presque parallèlement à la Loire sur la partie supérieure de son cours. Elle s'encaisse d'une vingtaine de mètres dans une vaste surface de plateaux faiblement ondulés, d'où émergent quelques buttes allongées est-ouest mieux individualisées. En amont de Nort-sur-Erdre, elle infléchit son cours brutalement vers le sud, selon une direction méridienne pour rejoindre la Loire à Nantes. Ce faisant elle traverse successivement deux unités paysagères distinctes : une vaste dépression marécageuse entre Nort-sur-Erdre et Sucé délimitée par des collines, puis sur les derniers kilomètres, un plateau homogène qui délimite le val de Loire.

Avec un dénivelé total inférieur à 80 m, sur une longueur de 100 km environ, elle présente une pente moyenne extrêmement faible (inférieure à 1‰) qui se traduit par des difficultés notoires d'écoulement des eaux. Elle reçoit des affluents répartis en deux catégories de taille : on compte moins d'une dizaine d'affluents principaux (le Cens, le Gesvres, l'Hocmard, le Verdier, la Douve-des-Bonnes-Filles...), atteignant entre 15 et 30 km de long, pour des sous-bassins versants de quelques dizaines à une centaine de km². A côté, de petits affluents secondaires accompagnés de multiples petits ravins et vallons secs découpent les versants et drainent les plateaux dans lesquels l'Erdre s'encaisse.



Sur le plan de la morphologie fluviale, on distingue habituellement l'Erdre amont, au-delà de Nort-sur-Erdre, de l'Erdre aval.

L'Erdre amont, appelée aussi l'Erdre sauvage, se caractérise par un lit mineur bien individualisé aux dimensions modestes et à pente faible (0.7%) qui décrit de nombreux méandres dans un petit lit majeur traversé par d'anciens chenaux formant des axes de crue privilégiés. Le raccordement du fond de vallée avec les versants est rarement net, et se fait le plus souvent par un glacis de raccordement concave. Les versants présentent une dissymétrie caractéristique, avec des versants plus raides, plus boisés ou embroussaillés en rive droite, qui s'oppose à un glacis à pente plus douce en rive gauche (exposés nord), favorisant l'activité agricole.

L'Erdre aval ou Erdre navigable débute à Nort-sur-Erdre. Ce vaste tronçon de 25 km présente une configuration très originale : le lit mineur, démesurément large ennoie tout le fond de la vallée de Sucé-sur-Erdre à Nantes. Le niveau de l'eau est en effet artificiel et contrôlé en aval à Nantes par une écluse, l'écluse St Félix.

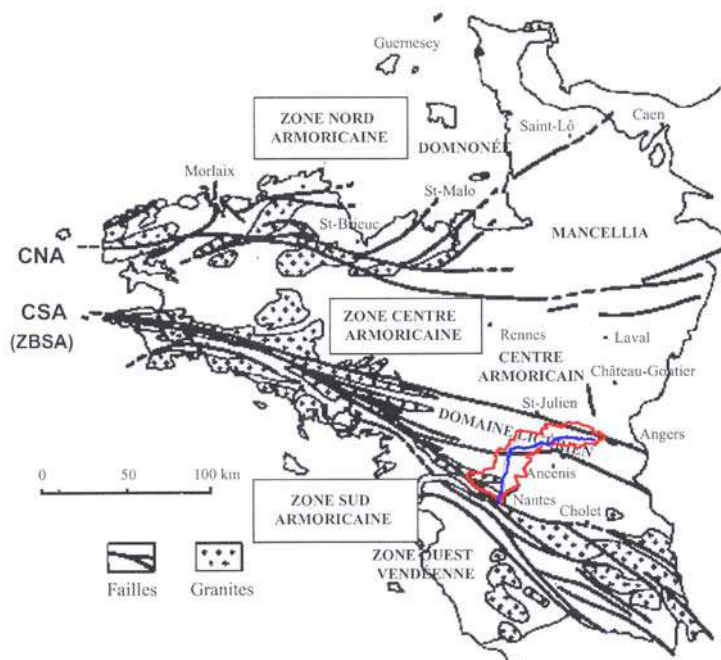
1.2 CONTEXTE GEOLOGIQUE

L'objectif n'est pas ici tant de reconstituer, même de façon synthétique, une histoire géologique complexe et mouvementée, que d'extraire les principales caractéristiques de la composante géologique du secteur étudié, pour apprécier son influence potentielle sur la physiographie et le fonctionnement du

cours d'eau. Le carton géologique simplifié présente les principales ensembles lithologiques traversés par l'Erdre, ainsi que les grandes structures tectoniques jouant un rôle important.

Le bassin versant de l'Erdre appartient au domaine ligérien du Massif armoricain, encadré au nord (à partir de St-Julien) par le domaine centre armoricain et au sud par la zone broyée sud-armoricaine (à partir de Nantes et Cholet).

Il est constitué de formations anciennes datant du précambrien et du paléozoïque, qui peuvent être regroupées en un certain nombre d'unités lithologiques ou structurales, organisées autour de grands accidents linéaires est-ouest. La nature du substrat influence fortement les sols, dont l'essentiel est de type brun, ou brun légèrement lessivé, avec un horizon humifère très réduit.



Localisation du bassin de l'Erdre au sein des ensembles structuraux constituant le massif armoricain.

Source : Jean-Pierre André, Regard sur la géologie du massif armoricain (modifié).

Sur la zone d'étude, il peut être subdivisé en deux sous-domaines, septentrional et méridional.

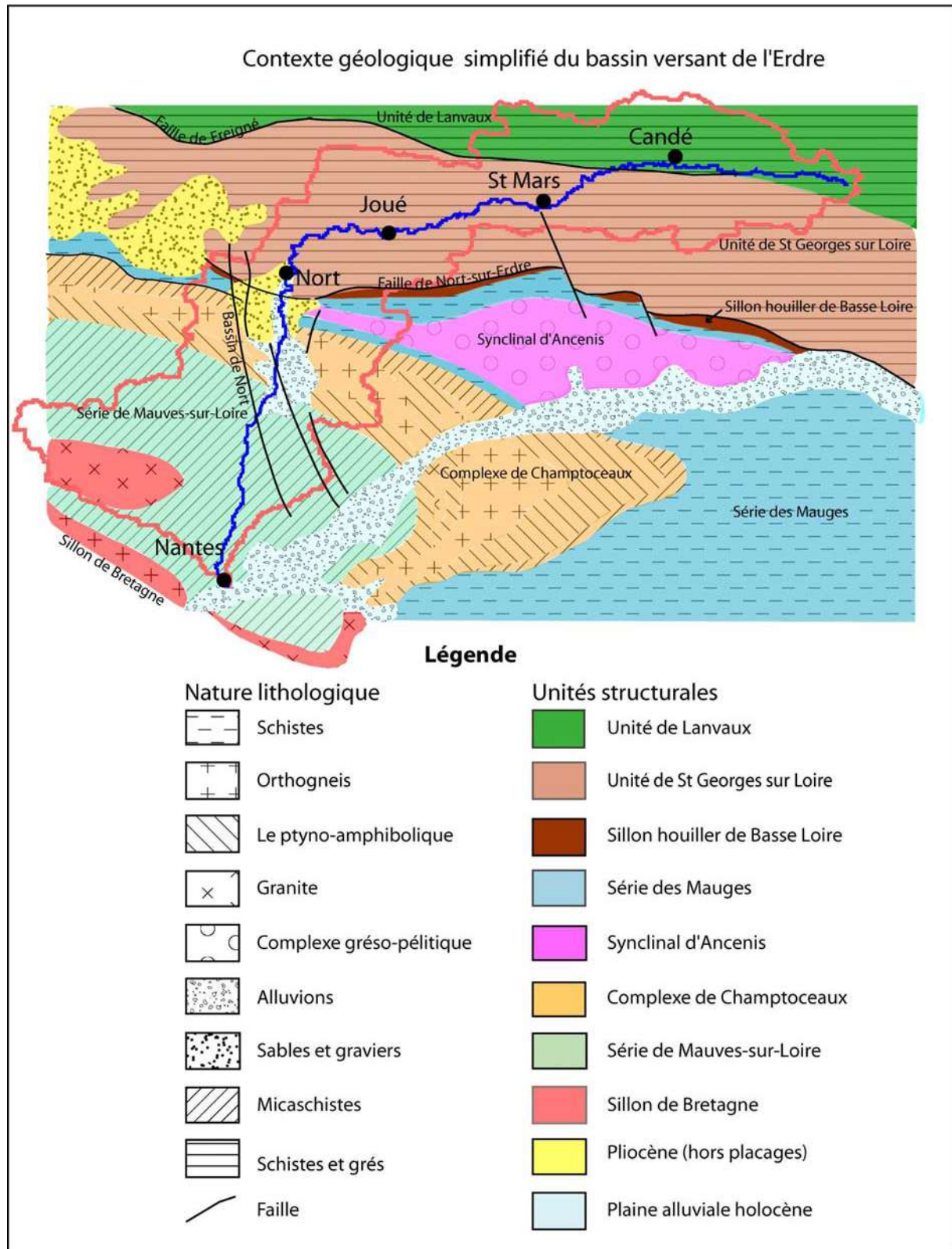
Dans le sous-domaine septentrional, l'Erdre traverse essentiellement l'unité schisto-gréseuse paléozoïque de Saint-Georges-sur-Loire. Au nord, le tronçon amont est situé sur l'anticlinorium de Lanvaux de lithologie schisto-gréseuse, qui constitue la limite amont du domaine ligérien. Le contact avec l'unité de Saint-Georges se fait par l'intermédiaire d'une faille dite faille de Freigné. Ces assises paléozoïques se caractérisent par des strates plus résistantes qui arment les reliefs du bassin amont de l'Erdre, son cours étant très nettement influencé par ces structures d'orientation WNW-ESE typiquement hercynienne, sur lesquelles il semble surimposé (source : notice carte géologique de Nantes).

A Nort-sur-Erdre, un grand accident directionnel, la faille de Nort-sur-Erdre/Layon, de direction classiquement armoricaine WNW-ESE limite brutalement le synclinorium de Saint-Georges et le sépare du domaine ligérien méridional. Schématiquement, on peut rappeler que celui-ci est composé de trois unités structurales principales :

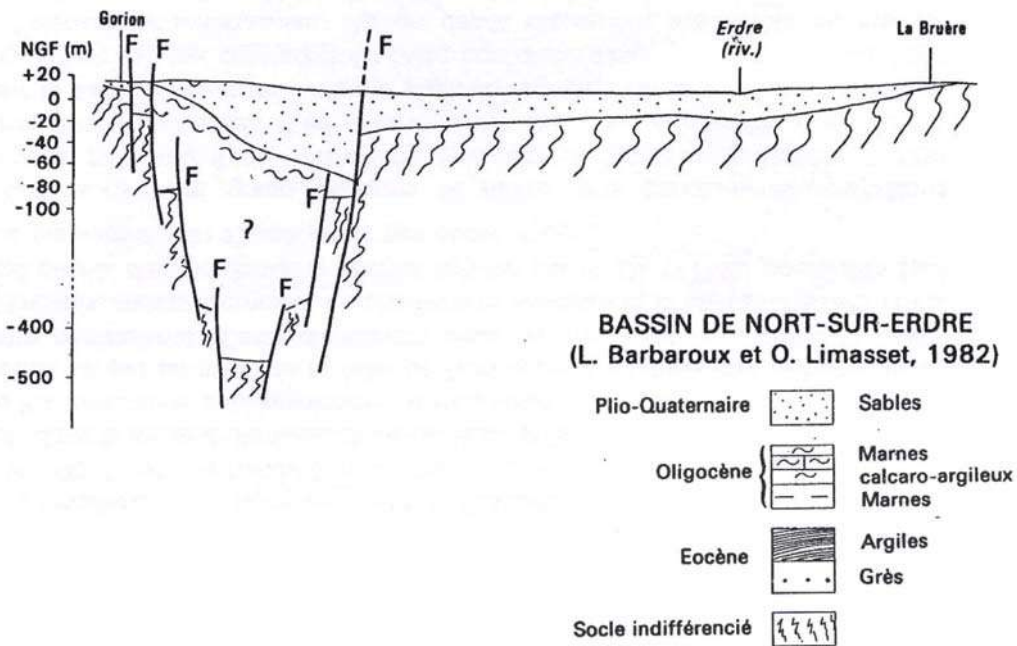
1. Au niveau de Nort-sur-Erdre, les schistes satinés du horst de Pouillé et de la série des Mauges, bordés au nord par le sillon houiller de basse Loire (fossé tectonique comblé par des dépôts continentaux à faciès houiller) ;

2. Au sud-est (marge ouest du bassin versant) le synclinal d'Ancenis, composé de schistes, quartzites et d'un complexe grésopélitique (sédiments détritiques terrigènes) ;

3. Le troisième ensemble comprend du nord au sud le complexe de Champtoceaux (Leptynites blastomylonitiques de Cellier et les orthogneiss de Saint-Mars-du-Désert), puis la série de Mauves-sur-Loire de micaschistes albitiques. Cette dernière constitue la vaste plate-forme dans laquelle l'Erdre s'encaisse à partir de Sucé-sur-Erdre. En aval, elle est dominée à l'ouest par le plateau granitique du Sillon de Bretagne, qui forme la limite occidentale du bassin versant de l'Erdre. Celle-ci conflue d'ailleurs avec la Loire juste en amont d'un rétrécissement du couloir ligérien provoqué par la traversée de ces roches granitiques très résistantes.



On a pu remarquer à travers cette description que la majorité des contacts et des accidents tectoniques qui structurent ces terrains suit une direction WNW-ESE, conformément aux lignes directrices qui organisent le massif armoricain. Pourtant, un accident d'importance diffère : entre Nort-sur-Erdre et Sucé-sur-Erdre, un bassin d'effondrement Cénozoïque à composante nord-sud, s'organise autour de linéaments faillés qui sont légèrement obliques (N.NW-S.SE) par rapport à cette direction générale plus ancienne. D'après la notice géologique de Nort-sur-Erdre, ce bassin, relativement étroit, 5 km de long pour 1,2 km de large, mais particulièrement profond, entre 450 et 500 m et comblé, témoigne d'une tectonique effondrante particulièrement active au Cénozoïque, qui s'est accompagné d'un remplissage essentiellement détritique (Oligocène) puis marin (Pliocène).



Coupe interprétative dans le bassin cénozoïque de Nort-sur-Erdre.

Source : L. Barbaroux, 1983

On notera que des cassures affectant le pliocène dans le bassin de Nort et dans des cailloutis quaternaire à la sortie de Nantes témoignent d'une néotectonique quaternaire active de l'ordre du mètre, qui aurait notamment induit des inflexions à 90° des cours de l'Hocmard et du Gesvres (d'après Barbaroux et Cavet, 1983, Notice géologique Nort-sur-Erdre).

Une fois mis en place ces différentes unités du substratum, il est nécessaire de s'intéresser aux dépôts marins laissés par les transgressions cénozoïques, et essentiellement aux sables du Pliocène, témoin de la dernière transgression marine ayant atteint le nord-ouest de la France (avant la transgression flandrienne qui a conduit aux cotes actuelles). Cette transgression généralisée a laissé des traces jusqu'en amont de l'Erdre, qui tapissent le fond du bassin des sources sur la commune du Pouéze. L'érosion active au Quaternaire a dégagé la plupart des versants, et les sables rouge pliocène occupent surtout les zones basses, nappant parfois les bas de versants. Ils sont mieux conservés dans les régions de Saint-Mars-la-Jaille et Candé où ils empâtent les pieds de versants. Ne subsistant que sous forme de poches isolées entre Candé et Nort, on les retrouve au sud-ouest de Nort, comblant le fossé d'effondrement de Nort et les fonds de vallées attenants. L'ampleur des dépôts atteignant 60 m d'épaisseur montre une tectonique active jouant parallèlement au remplissage.

L'organisation structurale de ces unités géologiques associée à leur nature géologique forme le cadre, le support physique dans lequel s'inscrit l'Erdre. A travers cette rapide synthèse, on a pu percevoir qu'un certain nombre de facteurs conditionnent la configuration du bassin versant et de ces différentes composantes, mais aussi le fonctionnement hydrologique. Le premier aspect sera évoqué plus précisément au cours du commentaire des cartes ; il suffit ici de dire que tant les directions générales du cours de l'Erdre, que la localisation des marais trouvent pour partie leur explication dans ce facteur géologique (bassin d'effondrement). Par ailleurs, il est important de noter que la plupart des terrains du socle, antécambrien et primaire, que l'on trouve sur ce secteur d'étude sont des roches qualifiées de « dures », sans porosité d'interstice, dans lesquelles l'eau ne peut s'infiltrer et circuler qu'à la faveur de fracturation. Le support lithologique du bassin étant peu favorable à l'infiltration, cette relative imperméabilité des sols du bassin amont favorise donc le ruissellement des eaux météoriques dont la majeure partie est évacuée par les cours d'eau.

1.3 CONTEXTE HYDROLOGIQUE

La région est soumise à un climat de type atlantique tempéré, sous influence maritime des masses océaniques d'ouest et de sud ouest qui limitent les amplitudes thermiques et favorisent une relative douceur des températures. Il se caractérise par un régime pluviométrique assez équilibré avec des précipitations bien répartis tout au long de l'année. L'automne et l'hiver sont les saisons les plus pluvieuses, avec deux pics en février et en automne ; à contrario août est le mois le moins arrosé. La station de Nort-sur-Erdre, exploitée sur la période 1983 – 1996, fournit une moyenne annuelle de 721 mm, qui cache des variations inter-annuelles non négligeables.

L'Erdre possède un bassin versant à la forme allongée et de faible pente sur lequel les pluies génèrent donc des crues plutôt **lentes et longues**.

1.3.1 Particularités hydrauliques

Comme nous l'avons déjà dit, le linéaire du cours d'eau peut se scinder en 2 parties, la deuxième pouvant encore être partagée en 2 :

- de la source jusqu'à Nort-sur-Erdre sur Erdre, la rivière est encaissée, sinueuse et étroite. Il existe très peu de zones d'expansion de crue ; par contre de nombreux affluents sont pourvus à leur exutoire d'une retenue collinaire. Sur ce tronçon, l'Erdre a un régime classique de cours d'eau modeste sous climat atlantique.
- de Nort-sur-Erdre à Sucé, elle traverse une vaste zone de marais (plus de 2000 ha) et la rivière peut s'apparenter à un "plan d'eau" de 500 ha sur un linéaire de 25 km.
- à l'aval de Sucé, la rivière subit l'influence du niveau imposé à l'écluse de St Félix à l'amont de la confluence avec la Loire. L'écluse, en place depuis 1934 cale la ligne d'eau à la cote 4,34 m NGF. Elle est pourvue d'un vannage pour l'évacuation des eaux et d'un déversoir mobile pour réguler le niveau de l'eau. La Loire forme un contrôle aval conséquent sur les niveaux de l'Erdre, et lors des crues, elle gêne considérablement l'évacuation des eaux de cette dernière.

1.3.2 Particularités hydrologiques

La taille du bassin versant de l'Erdre n'est pas fixe. En effet, la rivière reçoit les eaux des éclusées du canal de Nantes à Brest et le trop plein (surtout en hiver) des trois réservoirs d'alimentation du canal : étangs de la Poitevine, de la Provostière, de Vioreau. En période de hautes eaux, les écoulements transitent par les trop pleins, en période sèche, l'eau stockée rejoint l'Erdre via la rigole d'alimentation. Ainsi, en fonction des saisons et des conditions météorologiques, le bassin versant global drainé par l'Erdre peut fluctuer. BCEOM a estimé le débit moyen d'apport de ce trop plein à 200 l/s.

La détermination du débit de crue de l'Erdre n'est pas aisée pour au moins trois raisons :

- Les principaux affluents sont également de forme allongée et **leurs crues ne surviennent pas en même temps** (non concomitance).
- Le plan d'eau entre Nort-sur-Erdre et Sucé-sur-Erdre génère un **laminage** important très difficile à évaluer. La zone humide et marécageuse constitue quant à elle un formidable réservoir de stockage des eaux. Sucé est marqué par un goulot d'étranglement important au niveau du pont. Il s'agit de la seule perte de charge notable en aval de Nort-sur-Erdre, qui ne dépasse pas 10 cm pour une crue cinquantennale de type 95.
-
- Le bassin versant est peu instrumenté en terme d'hydrométrie (*cf. infra*).

1.3.3 Les stations hydrométriques

Les affluents ne possèdent pas de station de mesures en fonctionnement et les deux ou trois qui ont existé, sont arrêtés depuis 1980 au mieux et n'ont marché que 5 ans au plus.

L'Erdre possède 4 stations hydrométriques :

- une arrêtée (à St-Mars-la-Jaille).
- trois en fonctionnement : Condé, Nort-sur-Erdre, Bonnoeuvre.

L'ajustement statistique des débits de crue et les valeurs extrêmes mesurées à la station sont rassemblées dans le tableau ci-dessous :

	Q10 (Qj/Qi) (m ³ /s)	Q20 (m ³ /s)	Q50 (m ³ /s)	Hmax	Qimax	Qjmax	BV intercepté (km ²)
CANDE	26/32	30/36	37/44	255 cm le 26/02/1996	41,8 m ³ /s le 26/02/1996	34,9 le 26/02/1996	169
ST-MARS	16/18	18/21	-	180 cm le 05/12/1979	54,6 m ³ /s le 01/12/1979	20 le 14/02/1979	213
NORT	55/58	65/69	78/82	334 cm le 06/01/2001	70,6 le 06/01/2001	68,50 le 06/01/2001	298

Ce tableau appelle plusieurs remarques :

- La station de St-Mars, donne des débits statistiques plus faibles que celle de Candé pourtant située en amont. Cette particularité provient de la faible chronique de mesure de St-Mars (une dizaine d'années) et de son arrêt depuis 1978. Toutes les crues des années 1990 (entre autres) n'ont donc pas été prises en compte pour cette station. On en déduira que **seules les stations Candé et de Nort-sur-Erdre sont représentatives en terme de valeurs statistiques des débits de crue.**
- le rapport du débit instantané (Q_i) sur le débit journalier (Q_j) est proche de 1, ce qui est typique de **crues lentes et longues** mettant en jeu de forts volumes et de faibles débits.

1.3.4 Les enseignement des crues historiques

- En complément de ce paragraphe, cf chapitre 3, sur les données historiques.

1910 et 1936 sont les crues les plus fortes de la première moitié du XX^e siècle.

Les cinq plus fortes crues observées aux deux principales stations hydrométriques sont les suivantes :

Candé	Période de retour	Nort-sur-Erdre	Période de retour
41,8 le 26/02/1996	~ 30 ans	70,6 le 06/01/2001	20 ans
41,2 le 11/01/1993	~ 30 ans	66,9 le 23/01/1995	~ 20 ans
38,6 le 22/01/1996	~ 20 ans	62,0 le 27/12/1999	~ 15 ans
33,7 le 26/02/1997	~ 15 ans	61,9 le 27/12/2002	~ 15 ans
28,9 le 25/12/1991	~ 10 ans	61,3 le 13/01/1993	~ 15 ans

Les cinq plus fortes crues à l'échelle du bassin versant sont :

	Débit de crue mesuré (m ³ /s)		
	Candé	Nort sur Erdre	$Q_{\text{Nort}}/Q_{\text{Candé}}$
janvier 1995	38,6	66,9	1,7
janvier 1993	41,2	61,3	1,5
février 1996	41,8	53,3	1,3
janvier 2001	28,3	70,6	2,5
décembre 1991	28,9	62	2,1

L'analyse du fichier "CRUCAL" (donnant le maximum annuel relevé à chaque station sur 36 ans) montre que :

- Sur les dix crues les plus fortes observées à Nort-sur-Erdre et à Candé, 8 sont communes mais dans un ordre d'importance différent.
- Le rapport des débits instantanés aux deux stations est de 2,2 (à rapprocher du coefficient de Meyer de 2,3 d'après la taille des BV contrôlés) et varie de 1,2 à 3,6 : ce rapport montre

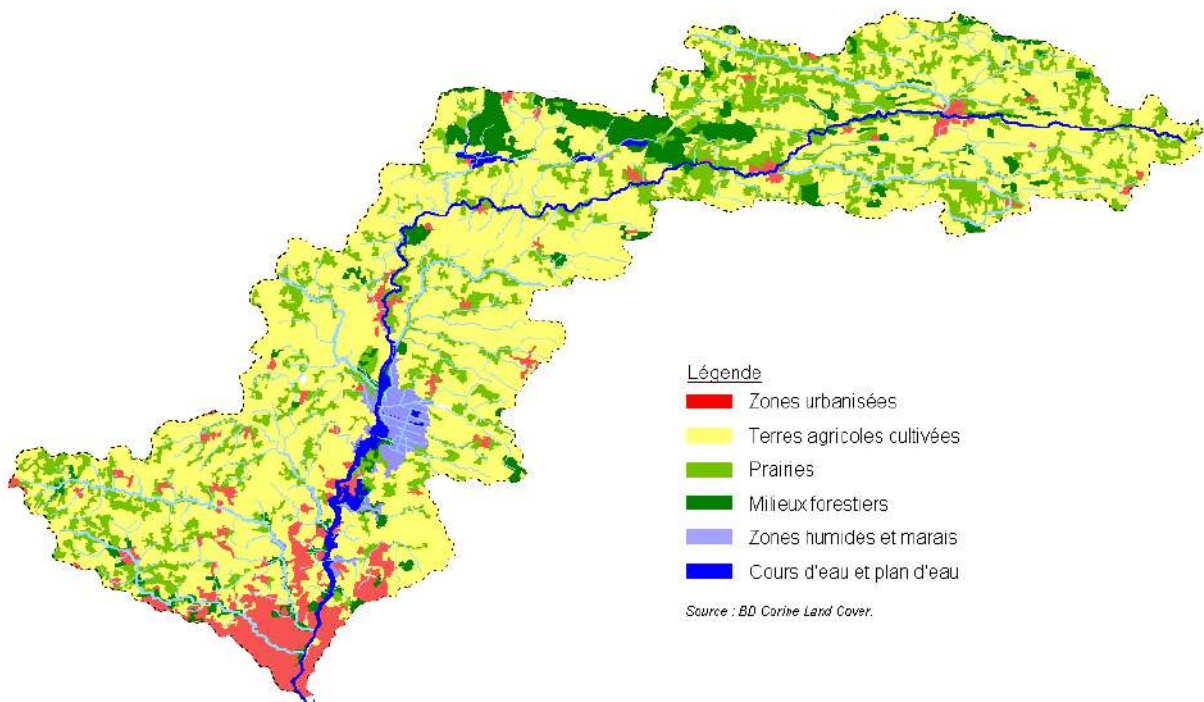
l'importance des apports des affluents qui sont très variables d'une crue à l'autre. Il faudrait une analyse de la pluviométrie à l'échelle du bassin versant pour connaître le fonctionnement hydrologique précis des cours d'eau.

- Sur la période de mesure, il n'y a pas eu de crues exceptionnelles puisque la période de retour la plus élevée est de l'ordre de 30 ans.
- Les plus forts débits sont observés sur les 15 dernières années : SOGREAH₃ a montré que ce phénomène n'est pas lié à une augmentation de la pluviométrie mais est plutôt engendré par les modifications des pratiques agricoles (suppression de haies, remembrement, drainage) qui, en réduisant les zones de stockage, accélèrent l'écoulement vers les cours d'eau et par la même favorisent la hausse des débits (cf paragraphe suivant).

1.4 L'OCCUPATION DU SOL ET L'ARTIFICIALISATION DES MILIEUX FLUVIAUX

L'importance de ce volet pour la compréhension de la configuration actuelle de l'Erdre et de son fonctionnement lui est tout à fait spécifique et nécessite que soient largement abordés les divers aménagements dont elle a fait l'objet au cours des siècles.

L'occupation du sol dans le bassin versant de l'Erdre se caractérise par une forte dichotomie entre un bassin versant resté très agricole et rural, et l'agglomération nantaise qui s'est étalée le long des axes fluviaux, et dont la croissance actuelle se traduit par une expansion spatiale forte des communes voisines, notamment sous la forme de lotissements et de zones résidentielles grandes consommatrices



d'espace. Rapportées à la superficie du bassin versant, les zones urbanisées (7 %) fortement imperméabilisées et susceptibles d'aggraver le ruissellement des précipitations, représentent une surface assez faible (quoique que le ratio soit assez fort comparé à des bassins voisins) ayant peu d'influence sur le fonctionnement général des crues de l'Erdre. Par contre, à une plus grande échelle, l'imperméabilisation quasi-totale de certains quartiers peut influencer le fonctionnement de petits affluents ou aggraver, voire engendrer, un risque d'inondation par ruissellement généralisé. Sont concernées essentiellement l'agglomération nantaise avec les communes limitrophes, Nort-sur-Erdre, Candé, St Mars et Freigné, à plus petite échelle. Le reste du bassin versant est largement cultivé. La part des surfaces en prairies représente 20% du bassin. Elles se cantonnent essentiellement aux fonds de vallée et dans la partie amont du bassin versant. Le lit majeur est ainsi le plus souvent réservé à l'élevage, car favorable à l'installation de prairies naturelles. Les espaces cultivés occupent une place majeure, avec 66 % de la superficie totale. Leur importance dans l'économie locale a guidé l'implantation des constructions, bourgs et villages qui sont localisées en général sur les buttes, où les sols sont moins épais et plus mauvais pour l'agriculture. On rappellera que le paysage a connu ce dernier siècle une profonde mutation liée au remembrement, avec un déclin significatif du nombre de haies, dont il est reconnu par les scientifiques qu'il favorise les phénomènes de ruissellement. D'une manière générale, les pratiques culturelles favorisent le ruissellement plutôt que l'infiltration. Les surfaces boisées sont réduites à l'état de lambeaux avec 6%, soit moins que les surfaces urbaines (7%), et ne jouent aucun rôle. Certains ouvrages de la bibliographie signalent une évolution récente de la couverture du sol ainsi qu'une forte diminution du nombre de haies favorables (remembrement des années 90) à l'accentuation du ruissellement (Sogreah, 2001).

Si le bassin versant présente un forte ruralité, l'Erdre est un cours d'eau largement aménagé et artificialisé : sa configuration morphologique est héritée de deux millénaires d'actions de l'homme et ses niveaux d'eau sont régulés artificiellement. Les premiers aménagements dont on a gardé la mémoire date du VI^{ème} siècle.

Sur le quai de Versailles, une plaque est apposée, qui expose aux passants l'historique des aménagements que subit l'Erdre aval avant l'époque moderne.

Vous êtes ici dans l'une des folies de Barbin. Ces embarcadères ont été édifiés sur chaque rive au débouché d'une ancienne chaussée qui barrait l'Erdre en cet endroit. Cette chaussée de Barbin fut créée dit-on, par Saint Felix au VI^{ème} siècle. C'était un barrage qui servait à la fois à franchir la rivière et de la rendre navigable. L'Erdre devint de la sorte un axe de déplacement précieux entre Nantes et la Bretagne. Au XIX^{ème} siècle, la construction du canal de Nantes à Brest rendra inutile la chaussée de Barbin. C'est une écluse, aujourd'hui ensablée sous le cours des Cinquante Otages qui réglera le niveau de retenu du plan d'eau. Puis le comblement du bras de Loire durant le XX^{ème} siècle amènera à détourner l'Erdre qui emprunte désormais un tunnel pour rejoindre l'écluse Saint Felix. En 1886, le pont du Général de la Motte Rouge est une arche de belle envolée dimensionnée pour le passage des chalands à voile. Cet ouvrage une fois construit, restai à démolir la vieille chaussée de Barbin devenue obstacle à la navigation. Treize siècles durant, l'antique chaussée a noué ici le paysage, reliant la rive gauche de l'Erdre au village de Barbin, quartier des mariners, des tanneurs, des meuniers ou des pêcheurs. Barbin était aussi le haut-lieu des lavandières, par dizaines, les bateaux à laver peuplaient autrefois les quais des environs.



Les recherches aux archives départementales ont permis de trouver un ouvrage datant de 1929, dans lequel l'auteur, Gabory, donne plus de précision sur les premiers aménagements, leurs conséquences et l'état antérieur.

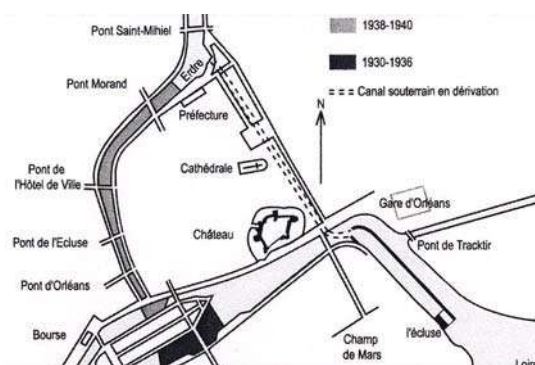
« Aux temps de l'occupation romaine, l'Erdre était un mince cours d'eau filtrant à travers d'épais marécages. Au VI^{ème} siècle, l'évêque Saint Félix entreprit de transformer et aménager l'Erdre. Il construisit à Barbin une chaussée. Immédiatement, le plan d'eau s'éleva, submergea les marais. Une eau claire baigna dès lors les rives. Des monuments placés trop près de l'onde disparurent. (...) Sous la surface liquide de Mazerolles dort un cirque gallo-romain, le cirque de Breil. A Mazerolles, également, une forêt fut engloutie. (...) L'Erdre devint cette rivière unique, si large, bien que née à peine quarante kilomètres plus haut....Cinq siècles, dix siècles passèrent. Le limon refoulé sortit peu à peu des eaux. Un accord fut passé ... en 1727... visant que la moitié des marais serait cédée aux entrepreneurs qui les dessècheraient depuis Nort jusqu'à Nantes. La boue du marais, aux portes de Nantes, déversée au cœur de la rivière, sur un noyau résistant de roc, devint l'îlot artificiel de Versailles. »

Ce texte, complété par les quelques informations issues d'études géomorphologiques sur la vallée, permet de reconstituer certains traits du paysage tel qu'il pouvait se présenter avant le VI^{ème} siècle. En aval de Nort-sur-Erdre, le fond de vallée de l'Erdre devait être constitué essentiellement de marécages à la végétation fournie, parcourus par de petits chenaux d'écoulement divagants. Les eaux s'écoulaient probablement avec difficultés, contribuant à l'insalubrité de la vallée. Il est difficile de dire si à l'époque le plancher alluvial présentait un étagement (lit majeur) ou non.

La mise en place d'une chaussée à la confluence Loire-Erdre au VI^{ème} siècle a initié une longue période d'aménagement et de relèvement du niveau de l'eau dans la vallée.

L'ennoiement du fond de vallée se fait sentir jusqu'en aval de Nort-sur-Erdre. Si la présence de tourbe dans les marais de St-Mars témoigne de la longévité des zones marécageuses dans ce secteur, il est probable que le relèvement du niveau de l'eau ait participé à l'extension des zones ennoyées.

Le XIX^{ème} siècle voit la construction du Canal de Nantes à Brest et par à la suite, la chaussée Barbin est remplacée par une écluse (qui sera détruit au XX^{ème} siècle). Dans la traversée de Nantes, l'Erdre a depuis tous temps constitué une zone d'une grande insalubrité dont les riverains subissaient les effets néfastes (on dispose de textes évoquant le danger que la rivière représente pour l'hygiène publique datant de 1636). Au XIX^{ème}, siècle, des projets de détournement de l'Erdre se font jour, qui se concrétiseront entre 1930 et 1934 par la construction d'un tunnel souterrain depuis le bassin Ceineray jusqu'au canal Saint-Félix en passant sous les cours Saint-André, Saint-Pierre, puis sous la place de la duchesse Anne, et l'aménagement du canal Saint-Félix avec un barrage éclusé (cf plan). De 1938 à 1943, la seconde étape des travaux consiste à remblayer le cours de l'Erdre entre le bassin Ceineray et la confluence pour créer une artère de circulation au cœur de la ville ; l'écluse située à la confluence et les ouvrages de franchissement sont alors détruits.



Par ailleurs, sur une échelle de temps moins longue, des dernières cinquante années, on recense de nombreux aménagements répartis sur tout le bassin versant :

- réalisation d'aménagements portuaires « en dur » en aval de Nort-sur-Erdre,

- dans la partie amont du bassin, creusement de nombreux plans d'eau régulés par un seuil maçonné dans la décennie 1970,
- rectifications du lit mineur, avec suppression des sinuosités décrites par la rivière pour accentuer la pente et accélérer les écoulements. L'étude menée par le bureau Sogreah sur Saint-Mars-la-Jaille en 2001, donne un bel exemple de rectification de tracé, en aval du lieu-dit Les Erdres (en amont de Candé). Ces travaux, qui ont aussi concernés les affluents, ont réduit la longueur totale du linéaire de cours d'eau de 7 km sur la totalité du bassin versant.
- Creusement à la fin des années 90 de bassins de rétention et de stockage des eaux sur les affluents de l'Erdre, notamment dans la partie amont.

D'autre part, de nombreux ponts traversent l'Erdre, dont les ouvertures sont parfois limitantes, comme à Sucé-sur-Erdre, où un remblai transversal d'accès obstrue la majorité de la section de vallée sans ouvrage de décharge latéral.

Ces différents travaux réalisés dans le cadre de l'assainissement agricole et de l'aménagement des cours d'eau sont certainement responsables en majeure partie des modifications du fonctionnement des cours d'eau qui ont pu être observées ces deux dernières décennies sur l'Erdre, notamment dans son bassin amont (St-Mars-la-Jaille, cf Sogreah, 2001). Une partie de ces évolutions tend à favoriser le phénomène du ruissellement (remembrement), d'autres accélèrent les vitesses d'écoulements dans le lit mineur (rectification) et l'évacuation vers l'aval des eaux, d'autres enfin favorisent à contrario la rétention des eaux à l'amont (plans d'eau, bassin de rétention).

1.5 FONCTIONNEMENT GLOBAL DES CRUES DANS LE BASSIN

Le bassin versant de l'Erdre présente un fonctionnement original, qui est en partie influencé par de facteurs anthropiques. La distinction classique entre l'Erdre amont « sauvage » et l'Erdre aval navigable est une réalité bien ancrée, qui se retrouve dans le fonctionnement des crues.

L'analyse effectuée précédemment a rappelé que les crues de l'Erdre sont de type lentes et longues. Les crues se déroulent en général sur plusieurs jours. La montée des eaux est assez lente, sauf lorsque les sols sont saturés par des épisodes pluvieux précédents. Les durées de submersion sont comprises en général entre 8 et 15 jours et plusieurs jours sont aussi nécessaires aux décrues. La forme du bassin versant global et la disposition des affluents concourent à allonger les temps de réponse des bassins. Ce phénomène peut être interprété sous deux angles, positif si l'on considère la durée dont on peut disposer pour réagir à l'inondation, ou négatif si l'on s'attache plutôt aux temps de décrue. Toutefois, il convient de rappeler que les crues peuvent cependant être assez rapides (une à deux journées pour St Mars).

On peut ainsi distinguer :

- les crues d'amont, générées par des précipitations directes sur le bassin versant et caractérisées par une submersion longue en amont du pont de Nort-sur-Erdre. (1839 en est un bon exemple, cf chapitre historique). Dans ce cas, il n'est pas rare que les pointes de

crue ne concernent qu'une partie du bassin ou des affluents en fonction de la localisation des cellules pluvieuses.

- les crues d'aval, occasionnée par le double phénomène du reflux des eaux de la Loire dans l'Erdre et le refoulement par la Loire des eaux de l'Erdre (exemple de 1856). D'après la bibliographie, les plus grandes crues de l'Erdre connues étaient liées à des crues importantes de la Loire, cette concomitance aggravant l'inondation sur cette petite rivière.

L'amplitude moyenne des crues classiques est de 60 cm, tandis que les grandes crues, supérieures à la centennale peuvent s'élever de plus de 2 m. La rivière charrie essentiellement des particules fines, vu sa faible compétence. Quatre éléments jouent un rôle de régulation des crues : les étangs-réservoirs (Vioreau...), les plans d'eau dans la vallée de l'Erdre et bassins de rétention sur les affluents, et en particulier les marais, ainsi que la nappe alluviale.

Les nappes phréatiques jouent un rôle important, tant dans le fonctionnement classique que lors des crues. En temps normal, il existe une liaison constante entre l'Erdre et la nappe, l'une alimentant l'autre l'été et vice versa l'hiver. Lors des crues engendrées par une longue séquence pluvieuse, la saturation et la remontée des nappes phréatiques se combinent avec les débordements du lit mineur pour inonder les fonds de vallées. Cette caractéristique se traduit par un morcellement des zones inondées au sein du plancher alluvial, leur répartition étant fonction de la micro-topographie de celui-ci.

Les principales caractéristiques physiques du bassin versant, énoncées dans le chapitre précédent, tendent à favoriser soit les phénomènes d'infiltration ou de ruissellement à l'échelle de l'ensemble du bassin : l'omniprésence des terres cultivées corrélée avec la disparition progressive des haies, la suppression de méandres sur les tronçons amont et la nature géologique du sous-sol sont autant de facteurs propices au ruissellement des eaux météoriques. A contrario, la multiplication des zones de rétention, les faibles pentes des reliefs, les configurations morphologiques du bassin et des sous-bassins y sont peu favorables. Dans l'ensemble, ces facteurs paraissent s'équilibrer.

2 APPROCHE ET CARTOGRAPHIE HYDROGÉOMORPHOLOGIQUE

2.1 METHODOLOGIE

2.1.1 Les bases de l'hydrogéomorphologie

L'analyse hydrogéomorphologique s'appuie sur la géomorphologie, « science ayant pour objet la description et l'explication du relief terrestre, continental et sous-marin » (R. Coque, 1993). En étudiant à la fois la mise en place des reliefs à l'échelle des temps géologiques, les effets des variations climatiques et les processus morphogéniques actuels (qui façonnent les modelés du relief), la géomorphologie fournit une base sur la connaissance globale de l'évolution des reliefs à différentes échelles de temps et d'espace, qui permet de retracer pour chaque secteur étudié un modèle d'évolution, prenant en compte son histoire géologique et climatique.

La géomorphologie s'intéresse particulièrement (mais pas exclusivement) à la dernière ère géologique, le Quaternaire. C'est en effet pendant cette période que se sont mis en place la plupart des modelés actuels qui constituent le cadre géomorphologique dans lequel s'inscrit la plaine alluviale fonctionnelle.

Au cours de cette période, les nombreuses alternances climatiques ont multiplié les phases d'encaissement et d'alluvionnement entraînant l'étagement et/ou l'emboîtement des dépôts alluviaux. On attribue couramment la terrasse la plus basse située au-dessus du lit majeur au Würm (- 80 000 à - 18 000 ans), qui constitue la dernière grande période froide avant la mise en place des conditions climatiques actuelles. Il y a 10 000 ans commence l'Holocène, période, pendant laquelle se sont façonnées les plaines alluviales étudiées par l'hydrogéomorphologie.

2.1.2 Cartographie des unités hydrogéomorphologiques

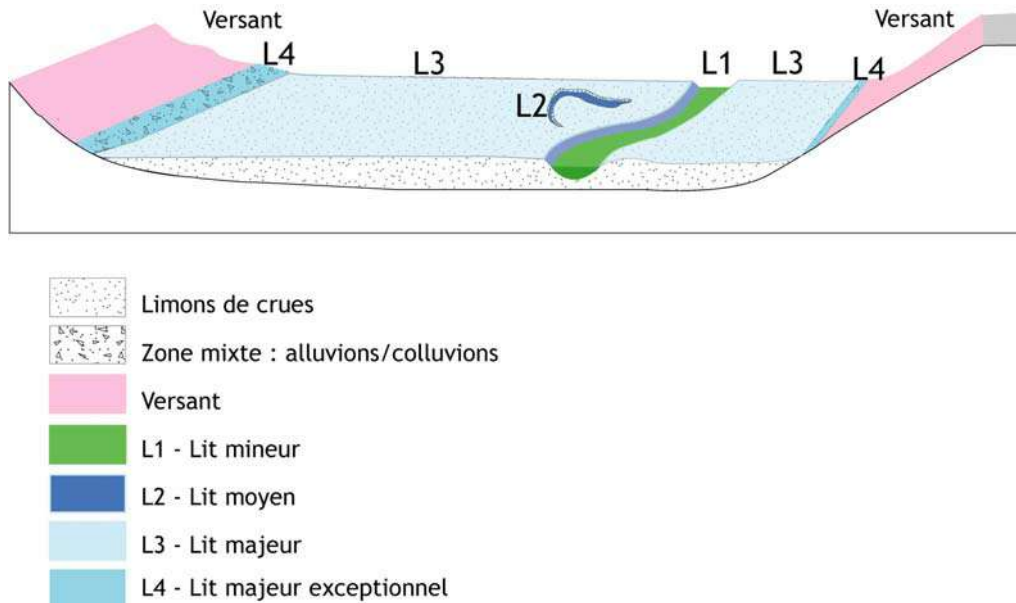
La cartographie hydrogéomorphologique est basée sur l'identification des unités spatiales homogènes modelées par les crues au sein de la plaine alluviale.

Les critères d'identification et de délimitation de ces unités sont normalement la topographie, la morphologie et la sédimentologie, souvent corrélées avec l'occupation du sol (il s'agit là plus d'un indice que d'un critère d'identification en soi). Dans le contexte morphoclimatique de l'Erdre, la morphologie constitue le critère déterminant d'identification des formes.

Dans le détail, elle identifie les **unités hydrogéomorphologiques actives**, les **structures géomorphologiques secondaires** influençant le fonctionnement de la plaine alluviale et les unités sans rôle hydrodynamique particulier, c'est-à-dire **l'encaissant**.

Cette organisation est caractéristique des cours d'eau appartenant aux régions océaniques tempérées. Par rapport aux cours d'eau méditerranéens, la configuration de la plaine est plus simple, avec l'absence notable de lit moyen joutant le lit mineur, et la rareté d'anciens niveaux alluviaux bien identifiés à proximité immédiate du lit majeur. Ces caractéristiques tiennent d'une part à l'histoire de l'incision des vallées, à la moindre intensité des phénomènes hydrodynamiques (absence de lit moyen, de lit d'étiage) et à l'artificialisation générale de ces cours d'eau, remodelés par la main de l'homme depuis plusieurs siècles.

Organisation classique de la plaine alluviale fonctionnelle dans le bassin de l'Erdre



2.1.2.1 Les unités actives constituant la plaine alluviale fonctionnelle

Délimitées par des structures morphologiques (talus ou ruptures de pentes), elles correspondent à la zone inondable.

Le **lit mineur**, est constitué par le chenal d'écoulement, qui contient les eaux en période normale. De dimension modeste en amont de Nort-sur-Erdre, il présente un profil régulier, avec une section rectangulaire à trapézoïdale. Très peu profond, il est débordant pour les crues annuelles. Son fond est formé de matériel fin (sables, limons), et localement on trouve un pavage de cailloutis..



Lit mineur de l'Erdre

Le **lit moyen**, qui est une unité bien individualisée dans les régions méditerranéennes, fait l'objet d'une problématique particulière dans le contexte morfo-climatique tempéré océanique. En effet, on ne retrouve pas ici cette unité associée au lit mineur et caractérisée par des phénomènes hydrodynamiques violents : dans le contexte océanique, la dynamique fluviale moins intense laisse peu

de traces, peu de formes dans la morphologie du plancher alluvial, dont le modelé est plutôt hérité d'une longue histoire de sédimentation à laquelle s'associent des interventions humaines. Le lit moyen, tel qu'il est entendu en région méditerranéenne ne se retrouve donc pas sur l'Erdre. Lors de cette étude, une réflexion a donc été menée sur cette particularité des milieux océaniques tempérés qui nécessite une adaptation de la méthode au contexte local. Cette réflexion menée conjointement avec la DIREN Pays de Loire et l'assistance à maîtrise d'ouvrage (université de Nantes) a apporté les éléments suivants : il est possible au sein de la vallée de l'Erdre de distinguer deux types de formes qui pourraient être classées comme lit moyen :

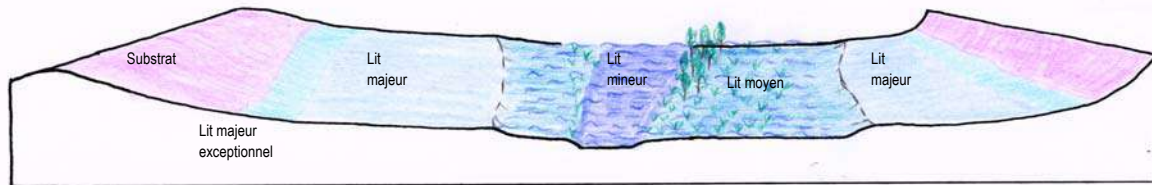
- 1^{er} type : il s'agit de formes déprimées dans le lit majeur de l'Erdre, dans ses tronçons naturels en amont de Nort-sur-Erdre. Ces formes correspondent pour la plupart à des paléochenaux de l'Erdre abandonnés (naturellement ou non) qui ont été comblés (cf photo axe de crue). Récemment ces formes et leur rôle dans l'inondation des fonds de vallées ont été étudiées par des équipes des universités de Nantes et de Rennes⁴), avec pour objectif de travailler sur les conditions de circulation et de propagation des eaux dans la plaine. Ces études proposent ainsi de qualifier de lit moyen les paléochenaux plus ou moins bien marqués dans le lit majeur qui se remplissent en premier lors des inondations par remontée de la nappe, accumulation des précipitations et des eaux de ruissellement venant des versants. Ce lit moyen ainsi défini présente une forte discontinuité géographique, qui est liée à la trame des anciens bras divagants de l'Erdre. Il existe en amont de Nort-sur-Erdre de nombreux chenaux et dépressions dans le lit majeur qui peuvent prendre cette appellation. Toutefois seuls quelques uns d'entre eux ont été représenté (en amont de Nort-sur-Erdre), faute d'échelle suffisamment précise pour pouvoir les cartographier lisiblement (il s'agit le plus souvent de micro-formes). Nous tenons cependant à préciser qu'à chaque symbole d'axe ou de chenal de crue identifié sur les cartographies, le lecteur pourra associer le concept de lit moyen, gardant à l'esprit qu'il s'agit des premières zones inondées dans le lit majeur.
- 2^{ème} type : Au cours de cette étude, il a été convenu de rassembler sous la terminologie de lit moyen un autre type de forme, qu'on ne trouve qu'en aval de Nort-sur-Erdre. Il s'agit d'un niveau alluvial qui se situe entre le lit mineur de l'Erdre et le lit majeur, et qui est la plupart du temps immergé ou à fleur d'eau (cf photo et schéma ci-dessous). Ces espaces correspondent aux marais et zones humides qui bordent la rivière et sont directement connectés et influencés par son niveau d'eau. Leur spécificité dans le cas de l'Erdre est d'être partiellement d'origine anthropique (maintien artificiel du niveau d'eau par l'écluse de Saint-Félix). Partout où



*Exemple d'espace de lit moyen
correspondant à un marais.
Secteur de l'écluse de Quiheix*

⁴ Penven, Dupont et Gaillard, Fonctionnement hydrogéomorphologique et cartographie des fonds alluviaux dans le contexte armoricain

ils sont immergés en permanence, ces espaces de lit moyen sont associés à un figuré de marais.



Bloc diagramme illustrant l'organisation du lit moyen type 2 en aval de Nort-sur-Erdre

Le **lit majeur** représenté en bleu clair, constitue le fond de la plaine alluviale, et se situe en contrebas de l'encaissant. D'un modelé très plat, il se présente sous la forme d'un grand plan faiblement incliné vers l'aval, modelé par des matériaux fins correspondant à des limons de crue. La dynamique des inondations dans ces secteurs privilégie en général les phénomènes de sédimentation par décantation.

Dans des régions morphoclimatiques différentes, il existe parfois deux niveaux alluviaux couverts de limons holocènes, dont le plus haut est alors cartographié en **lit majeur exceptionnel**, puisque sa position dominante le protège des inondations moyennes. Dans le contexte de l'Erdre, on ne retrouve pas ce deuxième niveau, mais la notion de lit majeur exceptionnel peut être utilisée pour caractériser une autre forme, qui correspond aux parties inférieures des glacis de raccordements avec les versants. En effet, à la marge du lit majeur, qu'aucun talus net ne vient marquer, on trouve une zone de transition, de raccordement avec l'encaissant, constituée de matériaux d'origine mixte alluvions/colluvions. Il s'agit du pied de pente de l'encaissant, qui, avec les variations en z des niveaux d'eau dans le lit majeur, peut être inondé pour des crues importantes.

La délimitation lit mineur / majeur et les différentes structures morphologiques identifiées au sein de la plaine sont matérialisées par des figurés de talus. Les **talus peu nets**, cartographiés en discontinu, peuvent correspondre soit à des talus convexo-concaves à pente très douce et donc peu marquée, ou bien à des ruptures de pente faiblement marquées dans le profil transversal des vallées.



Ancien chenal inondé par les crues (lit moyen)

La **limite extérieure de la plaine alluviale fonctionnelle**, située au contact de l'encaissant, est soulignée par une ligne orange (uniquement dans le SIG ; elle n'est pas indiquée sur les cartes par souci de lisibilité). Elle correspond à l'**enveloppe maximale des crues** et donc de la **zone inondable au sens géomorphologique** (c'est-à-dire sans tenir compte des aménagements et des impacts positifs

ou négatifs qu'ils peuvent avoir sur les crues). Cette limite peut être selon les cas très nette et placée avec précision (présence d'un talus net plus ou moins haut, bas de versant franc) ou imprécise (talus peu nets, fonds de vallons en berceau). Dans le cas de l'Erdre, la plupart des limites externes sont imprécises, du fait des raccords en pente douce avec les terrains encaissants.

2.1.2.2 Structures secondaires géomorphologiques

Bras secondaire de décharge et axe d'écoulement en crue : Les axes d'écoulement parcourant la plaine alluviale sont représentés par une flèche localisant la ligne de courant. Ils se traduisent lors des inondations par des vitesses probablement plus élevées que dans le reste du lit majeur, indiquant ainsi un risque plus fort. Les bras secondaires identifiés dans la plaine alluviale de l'Erdre correspondent à d'anciens lits du cours d'eau encore très bien marqués et fonctionnels pendant les crues.

Points de débordement : Ils correspondent à des secteurs privilégiés de débordement. Ils sont souvent à l'origine d'un bras de décharge ou d'un axe d'écoulement.

Cônes alluviaux : Certains affluents sont couronnés à leur exutoire par une accumulation de sédiments qui forment des petits cônes alluviaux. Si on est loin des dynamiques torrentielles qui caractérisent les cônes des torrents de montagne, ils marquent un apport latéral important.

Erosion de berge : Il s'agit de talus présentant des traces d'érosion, comme des sous-cavages, indiquant par-là, la tendance du cours d'eau à venir saper ce talus. Certaines érosions relevées sur le terrain sont liées au piétinement des bovins.



Erosion de berge dans le lit mineur de l'Erdre

Dépressions de lit majeur : Ce sont des points bas dans le lit majeur. Après la décrue, elles restent inondées plus longtemps que le reste du lit majeur. On utilise aussi ce figuré pour indiquer la présence d'un lit en toit (configuration où les bords du lit majeur se situent en contrebas du cours d'eau).

Talweg secondaire et ruissellement sur versant

Les apports latéraux peuvent être soit concentrés dans un talweg existant (taxon « talweg secondaire ») soit emprunter des vallons en berceau, sans chenal d'écoulement d'existant.

2.1.2.3 Les formations constituant l'encaissant de la plaine alluviale fonctionnelle

Elles comprennent normalement les terrasses alluviales, les formations colluviales, ainsi que les versants encadrant directement la plaine alluviale. Le report partiel de la **structure du relief** facilite la lecture de la carte.

Lors de la réalisation de ce travail, une discussion avec la maîtrise d'ouvrage a porté sur la représentation des encaissants, et particulièrement sur l'intérêt de rajouter un taxon pour représenter les grands affleurements de substrat pliocène (sables rouge et cailloutis), dont la nature influence grandement les paysages et la morphologie de la plaine alluviale. Cette formation tendre se traduit dans le paysage par des formes très molles, avec des raccords en pente douce entre les versants et le fond de vallée, qui rendent difficiles la matérialisation d'une limite de la zone inondable. Il a été convenu que les limites entre les encaissants (versants, pliocène, colluvions, terrasses) devaient être positionnées d'après les cartes géologiques en premier lieu, et suivant l'interprétation qui peut être faite d'après les photographies aériennes. Il est rappelé que ces données sont indicatives et ne cherchent pas l'exhaustivité et la précision qui seraient de mise pour une étude détaillée de la géologie et des formations superficielles. Toutefois elles donnent une première information, et dans la plupart des cas, permettent de comprendre les modifications morphologiques que présentent la vallée d'un secteur à l'autre.



Exemple type de limite imprécise de la plaine alluviale

2.1.2.4 Les éléments de l'occupation du sol susceptibles d'influencer le fonctionnement hydraulique de la plaine alluviale fonctionnelle

Les aménagements anthropiques, l'urbanisation, ainsi que certains éléments du milieu naturel ont des incidences directes multiples et variées sur la dynamique des écoulements au sein du champ d'inondation. Il ne s'agit pas ici de faire un relevé exhaustif de l'occupation des sols en zones inondables mais de faire apparaître les **facteurs déterminants de l'occupation du sol sur la dynamique des crues**.

De nombreux éléments anthropiques ont été



L'Erdre dans la traversée de Nantes

cartographiés :

- dans et aux abords du lit mineur : recalibrages des lits, seuils, barrages, digues, protections de berge, autant d'ouvrages faisant obstacle aux écoulements ou favorisant l'évacuation des crues vers l'aval ,
- les ouvrages de franchissement de la plaine alluviale (ponts, remblais des infrastructures routières, des voies ferrées, des canaux),
- les aménagements divers (gravières, remblais),
- les campings,
- les bâtiments isolés non indiqués sur le scan 25 IGN,
- les stations d'épuration.

Notons que l'utilisation du figuré de lit recalibré a été restreinte volontairement aux secteurs où le recalibrage fait appel à des maçonneries, et donc concerne en particulier les zones urbanisées. Il n'a pas été appliqué à l'ensemble des secteurs où l'Erdre et ses affluents ont fait l'objet de rectification des berges au cours des dernières décennies ou des siècles passés, sur certaines parties du linéaire étudié.

2.1.3 Les principaux outils utilisés

L'analyse hydrogéomorphologique s'appuie sur les deux outils d'investigation complémentaires que sont la photo-interprétation stéréoscopique et l'observation du terrain. Elle se pratique en deux séquences successives dans le temps, : la photo-interprétation est utilisée pour réaliser les cartographies en ayant à partir des vues aériennes une vision homogène et exhaustive des formes et formations à l'échelle de l'ensemble du bassin versant. La phase terrain intervient à posteriori pour vérifier cette analyse, et préciser la cartographie sur les secteurs peu favorables à l'interprétation en raison de la densité de la végétation (ripisylve, zones boisées) ou de l'urbanisation. Ces deux approches complémentaires sont indissociables l'une de l'autre.

La photo-interprétation permet d'avoir une vision d'ensemble du secteur étudié, ce qui est souvent nécessaire pour comprendre son fonctionnement. Les observations de terrain apportent par contre de nombreuses informations sur la nature des formations qui constituent une surface topographique, élément essentiel de décision dans les secteurs complexes. Sur le terrain, on s'intéresse aux indices suivants :

- micro-topographie des contacts entre les différentes unités morphologiques, notamment des limites quand elles sont masquées par des dépôts à pente faible,
- nature des formations superficielles,
- indices hydriques liés à la présence d'eau à la surface du sol ou à faible profondeur,
- végétation, dépendante de la nature des sols et de leurs caractéristiques hydrologiques,
- traces d'inondation : laisses de crue, érosions, sédimentation dans le lit majeur.

L'analyse hydrogéomorphologique s'appuie aussi sur une connaissance générale du secteur étudié et de son évolution passée, d'où le recours à un fond documentaire constitué par la littérature universitaire, les études thématiques sur le secteur étudié et les cartes géologiques.

2.1.4 Les outils complémentaires

2.1.4.1 Etude des crues historiques

La connaissance des crues historiques constitue le deuxième volet fondamental du diagnostic de l'aléa inondation. En essayant de reconstituer une chronologie partielle des crues dont on a gardé la mémoire ou la trace écrite, en fournissant (dans le meilleur des cas) des récits relatant le déroulement d'une inondation, ainsi que des informations sur le fonctionnement et la dynamique des crues, **l'approche historique** est directement **complémentaire** de la cartographie hydrogéomorphologique. Les données trouvées sont systématiquement confrontées (cf chapitre 5) aux résultats de la cartographie hydrogéomorphologique et la comparaison permet très souvent de les valider.

2.1.4.2 Numérisation sous SIG

La cartographie hydrogéomorphologique réalisée sous la forme de cartes minutes papier a été entièrement numérisée sous SIG MAP INFO. On trouvera dans la notice du SIG la description des objets géographiques numérisés ainsi que leurs attributs graphiques. La mise sous SIG des données produites permet de les intégrer dans une base de donnée générale. Elle facilite aussi leur consultation et leur diffusion, préparant notamment une mise à disposition des données sur INTERNET.

2.1.5 Atouts et limites de la méthode hydrogéomorphologique

La cartographie hydrogéomorphologique constitue donc un des outils disponibles pour diagnostiquer le risque inondation, complémentaire des autres méthodes hydrologiques et hydrauliques. En tant que telle, elle est différente, et possède ses propres atouts et limites qui sont aujourd'hui bien connus.

Analyse naturaliste fondée sur une science d'observation, elle fournit des informations strictement **qualitatives**. En ce sens, elle ne donne pas d'indication directe sur les hauteurs d'eau et les vitesses d'écoulement, qui peuvent être obtenues par des observations in situ (relevées de stations hydrométriques) ou par des études hydrauliques (modélisation des écoulements).

Elle permet par contre de disposer rapidement d'une cartographie précise en plan et homogène sur l'ensemble du secteur traité, qui prend en compte la dynamique naturelle des écoulements et l'histoire du secteur. Ceci permet notamment de pallier les insuffisances des séries statistiques hydrologiques et de mettre en évidence les tendances évolutives des cours d'eau (par exemple sur-sédimentation exhausant le niveau du plancher alluvial et entraînant par conséquent une tendance à l'extension de la zone inondable, ou au contraire tendance à l'encaissement du cours d'eau).

On notera que les limites fournies ne prennent en compte que les inondations de type fluvial par débordement, et excluent les inondations par remontée de nappe ou par ruissellement pluvial.

2.2 COMMENTAIRE DES CARTOGRAPHIES

On trouvera dans l'atlas les cartes effectuées avec la méthode décrite précédemment, présentées sur fond de plan SCAN 25 de l'I.G.N. au 1/25 000^{ème} et au 1/10 000^{ème} pour les zones à enjeux. Leur précision maximum correspond à ces échelles et à ce support uniquement.

Pour faciliter la compréhension, le commentaire est divisé en plusieurs parties, correspondant aux principaux tronçons homogènes de rivière qui se détachent à une échelle d'observation du 25 000^{ème}.

L'analyse générale du bassin versant réalisée en introduction à ce rapport a rappelé qu'à très grande échelle, l'Erdre se décompose en deux grandes parties, caractérisées par des morphologies, un contexte géologique et un fonctionnement hydrologique très différent.

- L'Erdre amont, entre la source et Nort-sur-Erdre, se présente comme une petite rivière calme, coulant au fond d'une vallée faiblement encaissée et étroite.
- L'Erdre aval, de Nort-sur-Erdre à Nantes, peut faire figure de plan d'eau avec son niveau régulé par l'écluse de St Félix.

Ces deux grands tronçons peuvent eux-mêmes être subdivisé en plusieurs sous-secteurs homogènes :

- l'Erdre amont peut être découpée en 4 unités :
 - le bassin amont, de la source à la Varenne,
 - de la Varenne à Freigné, la vallée étroite en encaissée présente une configuration simple et homogène. Ce secteur peut aussi être séparé en deux, au niveau de Candé, l'Erdre s'élargissant, grossie par les apports d'affluents,
 - de Freigné à Bonnœuvre, un tronçon s'individualise par l'ouverture de la vallée liée à l'omniprésence des terrains pliocènes sur les versants,
 - de Bonnœuvre à Nort-sur-Erdre, un tronçon de nouveau plus étroit et de configuration assez simple regroupe 4 sous-unités (de Bonnœuvre à Riailé, de Riailé à la Guinaudière en aval de Joué, de la Guinaudière à Quiquengrogne, puis jusqu'à Nort-sur-Erdre).
- l'Erdre aval est composé de :
 - de Nort-sur-Erdre à la Poupinière, un tronçon constitue la limite amont de l'Erdre navigable ; il assure la transition avec les marais
 - de la Poupinière à la Guillonnière, l'Erdre traverse un large bassin occupé par des marais couvrant 2500 ha
 - de la Guillonnière à la Beaujoire, la vallée se resserre et s'encaisse dans le plateau du pays nantais
 - de la Beaujoire à la confluence, l'Erdre traverse l'agglomération nantaise et ses abords deviennent très artificialisés. Sa confluence totalement remodelée avec la Loire peut être considérée comme un sous-secteur.

Le commentaire se structure autour de ces huit tronçons homogènes.

2.2.1 **l'Erdre amont**

2.2.1.1 **Le bassin amont, de la source à la Varenne**

L'Erdre prend sa source sur la commune de La Poueze, au nord-ouest de Louroux-Béconnais, dans un petit bassin à fond plat et faiblement incliné vers l'ouest. Cette dépression d'une dizaine de mètres de commandement s'inscrit dans des terrains primaires plus ou moins résistants à l'érosion différentielle et formant une unité géologique, l'unité de Lanvaux. Le fond du bassin est dégagé dans des argiles schisteuses, tandis que les versants qui structurent le paysage sont formés de grès et quartzites plus résistants (cf feuille géologique de Segré). Ce bassin a été partiellement colmaté au pliocène par des dépôts de sables rouges et de cailloutis, qui seraient les témoins de la dernière transgression marine ayant atteint le nord-ouest de la France (avant la transgression flandrienne) qui a donné le dessin de nos côtes actuelles. Aujourd'hui l'Erdre s'écoule sur ces dépôts qui tapissent la dépression mais aussi les bas de versants. Six mares sont disséminées dans le fond de cette dépression au contact de la nappe, certaines étant reliées entre elles et connectées à l'Erdre. Le cours d'eau se présente dans ce secteur comme un simple fossé agricole dont la section régulière en V n'a rien de naturel. Il est vraisemblable que des difficultés récurrentes de drainage dans ce bassin aient nécessité la création d'un réseau de fossés pour faciliter l'évacuation des eaux.



L'Erdre à la source

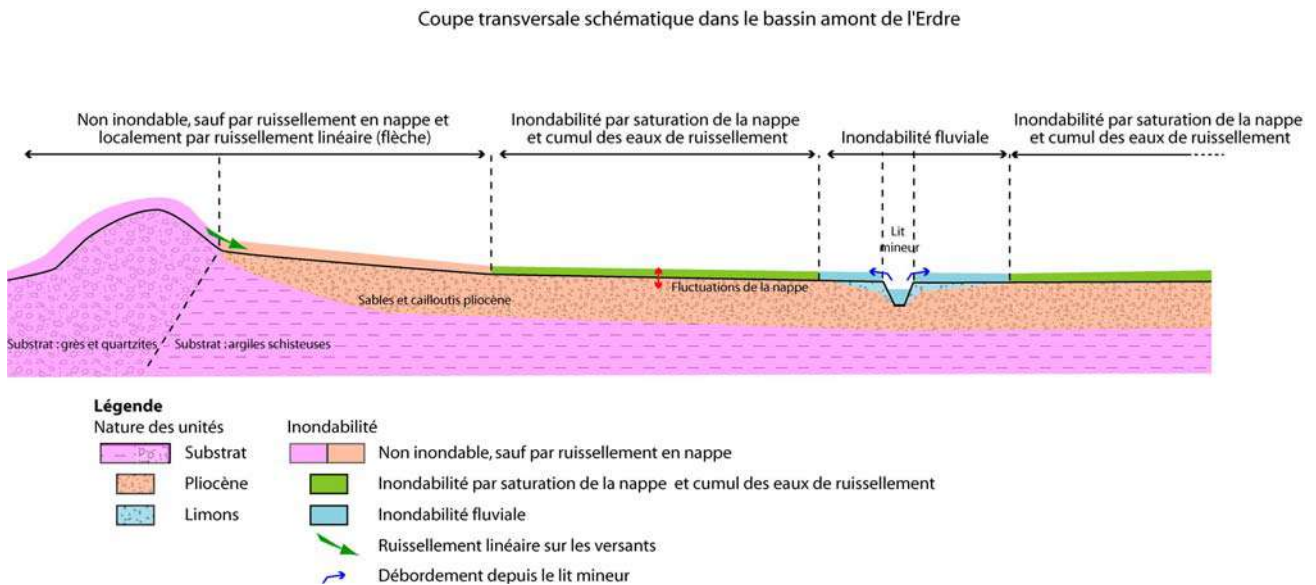
La faiblesse de la pente (1‰) conjuguée à la nature sablo-argileuse des sols favorise en effet deux phénomènes qui s'ajoutent à l'inondation par débordement des drains parcourant le fond de la dépression :

- l'inondation par accumulation des eaux ruisselées acheminées essentiellement par les vallons affluents qui débouchent sur ce bassin, mais aussi par le moindre talweg qui dissèque les versants. Ce phénomène spatialement généralisé est représenté par des flèches vertes qui indiquent la présence d'un risque de ruissellement.
- l'inondation par cumul in situ des précipitations bloquées par les niveaux argileux, qui viennent gonfler les nappes superficielles et saturer les sols en eau (remontée de nappe). Des témoignages recueillis sur le terrain font mention d'une période de ressuyage de quelques jours.

Pour essayer d'identifier les différents types d'inondabilité (fluviale, ruissellement, fluctuation de nappe), un taxon spécifique a été créé après discussion avec le maître d'ouvrage pour représenter les secteurs du fond de bassin inondables par saturation de la nappe et cumul des précipitations (aplats verts). A noter que des micro-talwegs structurent la surface de cette plaine, dans lesquels se concentrent les eaux

(figuré de chevrons bleus). La plupart d'entre eux font office de liaison entre les mares ou les vallons affluents et le réseau de fossés de drainage.

Le schéma ci-dessous tente d'illustrer ce propos par une coupe représentant le substrat géologique dans lequel la dépression s'est façonnée, les phénomènes en causes et d'autre part, le principe de cartographie retenu.



A partir de la Varenne, le bassin se ferme progressivement pour laisser place à une vallée de configuration plus classique. Bien qu'en aval de ce lieu-dit des sables pliocènes nappent encore le fond de vallée et le raccordement avec les versants, le caractère fluvial de l'inondabilité s'affirme, d'où une cartographie plus classique associant lit majeur et lit majeur exceptionnel.

2.2.1.2 De la Varenne à Freigné

De la Varenne à Freigné, l'Erdre se dirige vers l'ouest, suivant l'anticlinorium de Lanvaux dans lequel elle s'encaisse. Elle s'écoule de préférence sur les argiles schisteuses en longeant au sud une barre de collines formées de grès, quartzites et conglomérats. A partir du lieu-dit les Erdres, elle traverse ce relief plusieurs fois, décrivant alternativement des décrochements vers le sud ou le nord (Les Erdres, la Biettière, puis lieu-dit la Rivière en amont de Candé).

La rivière coule dans une vallée étroite s'élargissant localement jusqu'à 500 m. Elle est encaissée en moyenne d'une dizaine de mètres en amont de Candé et d'une trentaine en aval. Le lit mineur, d'une faible section est peu profond (parfois 50 cm seulement), s'élargit progressivement à mesure des apports latéraux, et notamment du ruisseau du Mandit qui le rejoint à Candé. D'un ou deux mètres à la Merdachère, il double sa largeur à Freigné. Très rapidement



L'Erdre au Gué d'Avallé

débordant, il est bordé par un petit lit majeur peu étendu, occupé la plupart du temps par de la prairie. Dans cette région, l'habitat s'est essentiellement développé sous une forme diffuse sur les interfluves, limitant le nombre d'enjeux en zone inondable. Toutefois on pourra noter quelques enjeux isolés avec quelques bâtiments susceptibles d'être inondés à la marge à la Pinardière, la Merdachère (par un affluent), la Gâchetière, la Faucillonnaie la Canterie en amont de Candé, et Bennefraye en aval de Candé.

Candé (planche 1 au 10 000) constitue avec près de 3000 habitants le premier bourg important que l'Erdre traverse. De taille encore très modeste à l'amont, elle reçoit dans la traversée urbaine deux affluents importants, le ruisseau de Mandit en rive droite, et le ruisseau de Moiron en rive gauche. Corrélativement à ces apports, le fond de vallée s'élargit rapidement, passant de 80 m à 120 m en moyenne. Avec une présence humaine ancienne, les aménagements se multiplient sur la rivière :

- en amont de Villegontier, l'Erdre est partiellement recalibrée et un étang a été creusé,
- entre Villegontier et la propriété La Rivière, un mur longeant une route barre complètement le fond de vallée. L'Erdre traverse cet obstacle par une buse. L'absence d'ouvrage de décharge secondaire (visible) peut provoquer en cas d'obstruction une surcote en amont, et l'inondation des habitations situées en rive gauche,
- En aval et en face de l'école, le remblai d'accès au pont constitue un obstacle à l'écoulement des eaux, et en rive droite, un remblai empiète sur la marge de la plaine alluviale. Il en est de même pour le pont suivant
- Au droit de la confluence avec le Moiron, la vallée est coupée par un remblai maçonné de plusieurs mètres de haut, sur lequel passe une des principales voies d'accès au bourg. De part et d'autre de cette rue, de nombreuses maisons ont été construites, mais avec des pièces d'habitation aux étages ; par contre, quelques bâtiments (dont l'ancien moulin, cf photo) au droit du pont sur l'Erdre sont de plein pied, ce qui peut exposer leurs occupants à des dégâts plus importants. Dans ce secteur, le lit majeur, notamment en rive droite, apparaît fortement cloisonné, ce qui crée des « casiers » artificiels et a tendance à freiner les écoulements.
- A l'aval du bourg, deux remblais d'infrastructure linéaire obstruent le lit majeur (ouvrage SNCF et déviation de la RD 963). Au niveau de la confluence du Mandit, la station d'épuration est construite sur un remblai dans l'emprise du lit majeur rive droite, tandis qu'en face deux autres réduisent sa section.
- La section aval du ruisseau de Mandit est largement perturbée par le passage de la déviation au centre du vallon.



L'Erdre dans la traversée de Candé

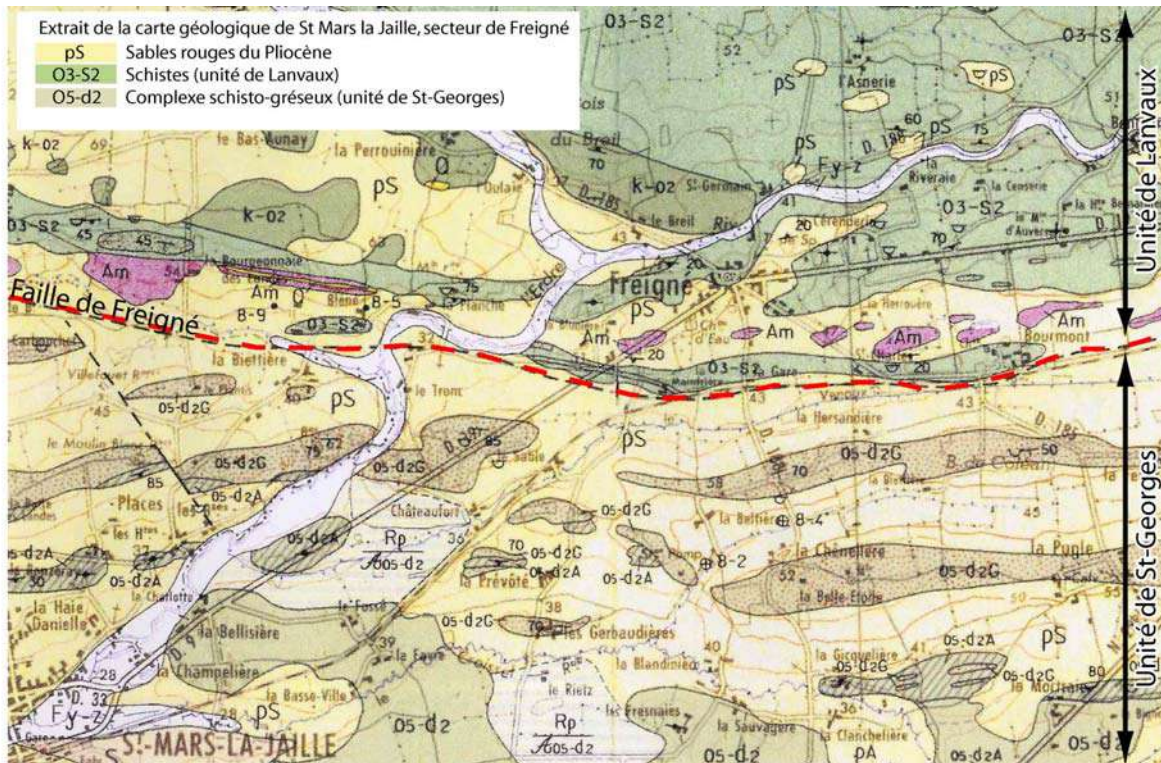
Les principaux enjeux identifiés par la cartographie sont la station d'épuration, des habitations construites en rive gauche à la marge, en profil mixte, la partie basse d'écoles privées (néanmoins protégées par des remblais et des murs).

Quelques talwegs faiblement marqués dans la topographie des versants ont été identifiés. Ils représentent des lieux de risque de ruissellement important en cas de précipitations exceptionnelles. L'un d'eux concerne directement la propriété La Rivière, deux autres traversent le centre ville du bourg. On notera qu'une incertitude subsiste sur la limite de la zone inondable au niveau de l'église de Candé, cartographié en lit majeur exceptionnel. Les investigations terrain ont permis de poser l'hypothèse de gros travaux de remblaiement dans ce secteur, que des enquêtes auprès de la mairie ou des archives communales pourraient confirmer ou infirmer. Il apparaît que c'est un secteur largement perturbé par l'urbanisation ancienne, au niveau duquel il est difficile à cette échelle de travail de lire les structures naturelles. Il pourrait par contre faire l'objet d'une étude ultérieure plus approfondie, comprenant des volets enquêtes et éventuellement quelques levés topographiques.

Le village de **Freigné** est construit sur le sommet du versant dominant l'Erdre. Seule la station d'épuration et le Moulin de Foulon sont implantés dans le lit majeur. La plaine alluviale, bien délimitée par des versants pentus, est barrée en amont et en aval du plan d'eau par des remblais d'infrastructures routières.

2.2.1.3 De Freigné à Bonnœuvre

Dans le secteur de Freigné, l'Erdre quitte l'unité géologique de Lanvaux sur laquelle elle s'écoulait jusque là, pour pénétrer dans l'unité de St-Georges-sur-Loire qu'elle ne laissera qu'à Nort-sur-Erdre. La transition entre ces deux unités géologiques, de nature tectonique, se fait par l'intermédiaire de la faille chevauchante de Freigné. D'après la carte géologique (feuille St-Mars-la-Jaille), cet accident passerait au sud de Freigné, au droit de la confluence de l'Erdre avec son affluent le Carbouchet. On remarque qu'à ce niveau justement la vallée décrit un large méandre vers le nord-est, tandis que le Carbouchet semble avoir fixé son cours le long de cette faille. Une relation de cause à effet pourrait ainsi être envisagée, la transition lithologique brutale induite par cet axe structurant influençant le dessin de la vallée. Non seulement l'Erdre pénètre dans un nouveau domaine lithologique (schisto-gréseux et volcanique), mais de plus, il s'avère que ce secteur constitue la limite amont d'une vaste zone courant de Freigné à Bonnœuvre, où les dépôts de sables rouge pliocène colmatent les fonds de vallée et nappent largement les versants jusque sous leurs sommets, masquant largement ce substrat schisto-gréseux de l'unité de St-Georges. L'omniprésence de ces dépôts se traduit par une transformation très nette du paysage : les versants empâtés sont moins raides et façonnés en longs glacis qui se raccordent très progressivement avec la plaine alluviale dont les limites externes sont peu marquées. C'est en raison de cette forte influence qu'un taxon supplémentaire a été rajouté aux unités cartographiées en encaissant, pour représenter ces terrains pliocènes. Les reliefs structurant le paysage sont formés par des affleurements de schistes ou de grès plus durs.



Dans ce contexte, la vallée de l'Erdre s'élargit, pour atteindre 250 m en moyenne. Les raccords en pente douce avec les terrains pliocènes nous ont amené à identifier de nombreuses zones de transition entre le lit majeur et le versant, cartographiées en lit majeur exceptionnel. Lors des crues annuelles, seules les parties basses du lit majeur sont inondées : il peut s'agir des espaces proches du lit mineur, mais aussi des dépressions ou talwegs correspondant à d'anciens lits, qui peuvent être très éloignés du lit vif. La totalité du lit majeur est vraisemblablement fonctionnelle pour des crues de moyenne importance, tandis que le lit majeur exceptionnel assurant le raccord avec le versant n'est inondé que pour les crues les plus importantes quand la hauteur d'eau augmente dans le lit majeur au fur et à mesure de son remplissage.

A l'exception de St-Mars-la-Jaille, les enjeux situés en zone inondables, se réduisent à quelques habitations au Villouet, au Tronc et à la Talonnière, implantées au contact avec le versant, et donc uniquement concernées par des événements importants.

Le bourg de **St-Mars-la-Jaille** (planche 2 au 10 000) représente l'un des enjeux les plus importants de l'Erdre amont. La problématique inondation est bien connue des élus et des riverains qui ont eu maintes inondations durant les dernières décennies. Ainsi de nombreuses informations sur les crues passées de l'Erdre ont pu être recueillies soit lors de l'enquête auprès de la mairie et des riverains, soit dans les archives ou les études existants (cf chapitre crues historiques). Une étude hydraulique a été réalisée par le bureau Sogreah en 2001 pour le syndicat intercommunal pour l'aménagement du bassin versant de l'Erdre.

Le site de Saint-Mars est relativement complexe à analyser : l'absence de talus délimitant nettement la plaine alluviale, pour les raisons évoquées précédemment, se conjugue avec la densité de l'urbanisation (tant au niveau des habitations du centre ville que des entreprises de la zone industrielle)

et la multiplicité des aménagements qui l'accompagne : façonnement des jardins du château, construction de la voie ferrée, creusement de l'étang, remblaiements divers... Tous ces facteurs compliquent l'analyse hydrogéomorphologique en masquant les formes naturelles, qui sont déjà peu marquées dans ce secteur.

En amont du bourg, le hameau des Basses Places est construit sur un replat potentiellement inondable par l'Erdre, au débouché d'un vallon sec. Plus en aval, la Bellisière et la partie haute de la Champelière sont à l'abri des inondations. Dans ce quartier, un vallon alimenté par une mare vient étendre la zone inondable vers l'est (derrière la station service). En amont du nouveau pont de la RD 878, l'Erdre se partage en deux bras, dont l'un, probablement aménagé voir creusé, alimentait le moulin au lieu-dit la Charlotte. Entre deux remblais d'infrastructures (RD 878 et rue des Dureaux) qui barrent la plaine, un camping s'est implanté, qui informe ces usagers des précautions à prendre en cas d'inondation. Plus en aval, le lotissement construit autour de la rue des Aulnays est entouré de terrains remblayés et un merlon en terre le protège aujourd'hui pour la majorité des crues. L'étang, créé de toute pièce dans les années 1980 constitue une zone d'écrêtement qui sert aussi d'exutoire au ruisseau de Croissel qui rejoint l'Erdre à ce niveau. Ce petit cours d'eau drainant un bassin versant de 50 km² possède une zone inondable dont les limites externes sont floues et qui est barrée par le remblai de l'ancienne voie ferrée et des remblais surfaciques à proximité du pont de la RD 9.

Dans la traversée du village, deux unités à pente très faible assurent la transition entre le lit majeur occupant le fond de vallée et les versants. La corrélation avec les formes en aval et en amont de la zone urbaine a permis de conclure à leur inondabilité, et à leur cartographie en lit majeur exceptionnel. La plus grande difficulté a été de positionner la limite en rive droite, au cœur du bourg. Malgré l'urbanisation, l'identification de ruptures de pente a été possible, permettant de placer cette limite. Celle-ci doit tout de même être considérée avec prudence, d'autant plus que l'architecture du réseau des rues, en cloisonnant les écoulements, pourrait peut être engendrer artificiellement des débordements sur des secteurs cartographiés en encaissant. Sont inondables la place nationale, la rue neuve, la rue de l'industrie et du Clos, la rue du lavoir, la rue de la Gare, la rue des Dureaux, la rue d'Anjou, la place du Commerce. Parmi les enjeux, on recense la caserne des pompiers, la piscine (en remblai), la station d'épuration (en remblai), ainsi que de nombreuses habitations et commerces. Cette analyse est corroborée dans sa majeure partie par les données historiques recueillies (cf chapitre et carte correspondante).



Caserne des pompiers à St-Mars-la-Jaille

2.2.1.4 De Bonnœuvre à Nort-sur-Erdre

De Bonnœuvre à Nort-sur-Erdre, l'Erdre s'écoule au cœur de l'unité géologique de Saint-Georges-sur-



L'Erdre en aval de Bonnœuvre : illustration d'un ancien bras de l'Erdre réactivé pendant les crues

Loire, mais à la différence du tronçon précédent, le substrat schisto-gréseux n'est pas recouvert par les dépôts pliocènes qui se limitent sur ce secteur à des petites poches localisées. La vallée se rétrécit à partir de Bonnœuvre, ne laissant que quelques espaces où elle s'ouvre ponctuellement. Jusqu'à Vaux, en amont de Nort, l'Erdre présente dans ce tronçon, une physionomie vraiment homogène. Le lit mineur de l'Erdre, enrichi des apports du Croissel, atteint plus de 6 m de large, et divague au sein du lit majeur qui occupe le plus souvent la totalité du fond de vallée. Celui-ci est parcouru par des axes de crue et des bras de décharge qui sont souvent d'anciens cours de l'Erdre abandonnés naturellement ou à cause de recalibrage. Ces zones en creux dans la surface du lit majeur sont prioritairement en eau lors des inondations, notamment lorsque la nappe remonte. Une réflexion est menée actuellement par les scientifiques des Universités de Rennes et Nantes sur la pertinence d'utiliser le concept de lit moyen pour caractériser le fonctionnement de ces formes. Compte-tenu de l'échelle de travail, on notera qu'il n'a pas été possible de cartographier la totalité de ces micro-formes décelées sur le terrain.

Le village de **Bonnœuvre** est judicieusement implanté sur l'interfluve dominant l'Erdre. Seul un ancien moulin aujourd'hui transformé en habitation et une grange sont concernés par les inondations. Dans la partie amont du village, un étang a été aménagé en amont d'un pont (franchissement RD 21) dont les rampes d'accès obstruent le lit majeur. Sur la rampe de gauche, côté amont, un repère de crue indique la hauteur d'eau atteinte en 1910 en ce lieu. A noter que plus en aval un second pont au niveau du moulin tient compte de la problématique inondation, avec 3 arches pour le lit mineur, et au moins un ouvrage de décharge latéral.



Un ancien moulin sur l'Erdre à Bonnœuvre

Le village de **Riaillé** (planche 3 au 10 000) est peu concerné par le risque d'inondation. On recense dans la zone inondable des moulins (moulin Pelé...), et quelques habitations concernées à la marge. A

la faveur d'une légère ouverture de la vallée et d'un adoucissement de la pente des versants, la plaine alluviale s'élargit, pour atteindre pratiquement 300 m à la confluence avec les cours d'eau en rive droite. La douceur des raccords entre les reliefs et la plaine alluviale se traduit par l'extension des secteurs cartographiés en lit majeur exceptionnel, fonctionnels uniquement pour les plus grandes inondations.

Entre Riaillé et Joué-sur-Erdre, la vallée suit une direction homogène vers l'ouest-sud-ouest, en décrivant de petits méandres. Elle présente un fond plat, large d'à peine 150 m au sein duquel serpente le lit mineur. Le raccord progressif avec les versants, se fait par des pentes douces, concaves, dont seules les parties basses peuvent être inondées. On notera entre le Clos et le pont du Theuil, l'aménagement d'un plan d'eau.

Dernier village de l'Erdre amont avant Nort, **Joué-sur-Erdre** (planche 4 au 10 000) s'est installé au droit d'un léger resserrement de la vallée. Majoritairement construit sur le versant, il possède toutefois quelques habitations (anciens moulins) situées dans le lit majeur, en rive gauche du double pont. Deux petits vallons affluents, peuvent inonder leur fond de vallon dans lequel sont implantées quelques constructions.



Vue de l'Erdre dans Joué vers l'amont

Entre Joué-sur-Erdre et Nort-sur-Erdre, l'Erdre oblique brutalement son cours vers le sud, au droit de la Marchanderie, comme « attirée » par le bassin d'effondrement de Nort. De ce fait, elle quitte l'unité de Saint-Georges-sur-Loire pour aborder un secteur plus complexe. Entre Vaux et Nort, on distingue une zone de transition avec « l'Erdre aval ». La vallée, très sauvage, dans ce tronçon s'élargit doucement, pour atteindre une largeur de 400 m à Nort et les zones humides dans le lit majeur apparaissent.

Avant Nort-sur-Erdre les hameaux de **Vaux** et de la **Métairie** constituent les derniers enjeux sur la partie amont du cours d'eau. Construits sur le raccord qui assure la transition entre une mince bande de lit majeur étroit et un versant en pente douce, ils voient plusieurs de leurs maisons soumises au risque d'inondation. A cet endroit, la topographie de la plaine alluviale a été fortement modifiée par le creusement d'un plan d'eau accompagné de remblaiements qui perturbent l'identification des unités hydrogéomorphologiques, d'autant plus que la vallée est étroite. C'est uniquement la continuité amont-aval des formes qui permet de proposer une interprétation de la morphologie du terrain. Bien que cartographiées en lit majeur exceptionnel car situées sur une unité dominant l'espace lit majeur, ces habitations nous semblent potentiellement exposées dès les crues moyennes en raison de la configuration étroite de la vallée et des perturbations anthropiques. Toutefois on doit signaler qu'il s'agit d'un secteur où subsistent des incertitudes quant au positionnement de la limite externe du lit majeur, et sur lequel une étude complémentaire pourrait préciser utilement le risque. Il convient de signaler que de nombreuses informations historiques



Hameau de Vaux, vu depuis l'Erdre

confirment l'inondabilité du hameau de Vaux (cf chapitre historique).

2.2.2 l'Erdre aval

Nort-sur-Erdre est fréquemment présenté comme une limite séparant la rivière en deux grands tronçons homogènes. Ceci se justifie parfaitement, à double titre :

- des points de vue géologique et géomorphologique (cf contexte géologique, chapitre 1). Rappelons que Nort-sur-Erdre est situé sur un nœud structural où se croisent deux systèmes de faille de directions différentes : la faille de Nort-sur-Erdre/Layon d'orientation armoricaine W.NW-E.SE, et le système de faille structurant le bassin d'effondrement de Nort, de direction N.NE-S.SW. Cette configuration géologique se manifeste en surface par un changement radical de la morphologie des reliefs et du cours d'eau. Entre Nort et Sucé, l'Erdre calque son cours sur le bassin d'effondrement cénozoïque comblé dans sa partie supérieure de sédiments pliocènes et holocènes (tourbes). Le paysage s'ouvre alors largement sur une vaste plaine marécageuse structurée par des lambeaux de terrasses alluviales, des pointements de substrat (Quiheix, la Grée, la Boissière...) ou une plate-forme pliocène en rive droite.
- du point de vue du régime hydrologique et de la navigabilité. Nort constitue la limite amont de l'Erdre navigable ; en aval, le régime et les niveaux d'eau sont contrôlés par l'écluse de St-Félix à Nantes, dont l'influence se fait sentir jusqu'au pont de Nort et ce tronçon fonctionne comme un plan d'eau. Les inondations dans ce secteur sont liées étroitement aux niveaux maximaux gérées par l'écluse St-Félix, ainsi qu'à la concomitance avec les crues de la Loire. Les inondations dites d'aval, car provoquées par la remontée de la Loire dans l'Erdre font sentir leurs effets jusqu'à Nort. Ces afflux d'eau provoquent eux-même la remontée des eaux de l'Erdre dans ses affluents.

2.2.2.1 De Nort-sur-Erdre à la Poupinière

Avec Nantes et Saint-Mars-la-Jaille, **Nort-sur-Erdre** (planche 5 au 10 000) constitue l'une des principales zones à enjeux forts de la vallée de l'Erdre. Si les noyaux anciens se sont protégés des inondations en se plaçant sur les versants, les constructions qui longent de part et d'autre la RD 164 dans sa traversée de la plaine sont implantées dans le lit majeur. Pour expliquer cette situation, on peut entre autres évoquer l'attractivité qu'exerce et a dû exercer cette voie de communication principale pour Nort,. Le site présente des similitudes avec Candé : un long remblai linéaire portant la route barre la plaine alluviale, flanqué sur ses côtés de bâtiments aux multiples étages, construit en profil mixte (déblais/remblais). L'analyse de terrain, en identifiant des points bas correspondants certainement au terrain naturel, a permis de dessiner grossièrement les contours des zones remblayées de part et d'autre de la RD 164. Le risque d'inondation est de fait moins fréquent



Le pont St Georges de Nort-sur-Erdre

pour tous les bâtiments surélevés, mais en contre-partie ces aménagements forment un verrou artificiel, les eaux venant de l'amont ne pouvant s'écouler que par le pont. Dans la zone inondable, on recense principalement des commerces (centre commercial et petits commerces), des activités et infrastructures de loisirs, des habitations, et des équipements scolaires. Malgré l'urbanisation, la limite de la zone inondable se lit relativement bien dans le paysage, notamment depuis le remblai du centre commercial, en regardant vers l'église, ou en remontant la D16 vers l'ouest (cf photo).



Vue de la RD 16 vers l'ouest. On remarque nettement le talus en arrière plan, qui limite la plaine alluviale fonctionnelle.

L'analyse de la cartographie au 1/25 000 au sud de Nort-sur-Erdre fait bien ressortir un tronçon homogène courant de Nort-sur-Erdre à la Poupinière. Il présente deux caractéristiques essentielles :

- situé juste en amont des marais de l'Erdre, il offre déjà un aspect franchement humide, avec une nappe affleurante au niveau des espaces caractérisés en lit moyen.
- Mais malgré cette proximité, il s'en distingue nettement, avec une plaine alluviale qui se présente encore comme un couloir encadré par des interfluves structurant le paysage de la vallée.

Large d'un kilomètre en aval de Nort-sur-Erdre et à la Poupinière, la plaine se resserre nettement au droit de la Noë-Guy (moins de 500 m). S'étant dégagée dans le côté est du bassin d'effondrement, elle est délimitée sur sa rive droite par les affleurements de pliocène (talus net, d'une hauteur moyenne de 3 m). Parmi les quatre hameaux implantés sur cette surface, seul celui de la Gâtine est à l'abri des inondations. La Tomblehoux et la Poupinière sont situés dans le lit majeur, à proximité immédiate de l'Erdre ; à contrario, la Noë-Guy est construit sur la surface pliocène, quelques mètres plus hauts. Pourtant ce village est concerné par les inondations, comme le confirment les données historiques (cf chapitre suivant). Son inondabilité se caractérise de la manière suivante : le hameau est situé dans l'axe un talweg qui concentre les eaux ruisselant alentours, et dans lequel les eaux de l'Erdre remontent.



Talus délimitant la plaine alluviale fonctionnelle en rive droite, en amont de la Noë-Guy

La conjonction de ces phénomènes semble l'exposer à un risque non négligeable.

Sur la rive opposée, un lambeau allongé de terrasse alluviale orienté N.NE-S.SW, sépare l'Erdre de son affluent le Verdier. Lors des inondations généralisées, cet interfluve cerné par les eaux sur trois côtés justifie son toponyme d'Ile. Plus en aval, le Château de Pont-Hus est judicieusement situé sur la terrasse ancienne, contrairement à la partie basse du hameau de la Rivière. Le village du Breuil est quant à lui situé juste en limite et peut être concerné par un débordement à la marge.

2.2.2.2 De la Poupinière à la Guillonnière

L'arrivée du Canal de Nantes à Brest marque l'ouverture brutale de la plaine, sur 3 km de large. Le lit mineur prend alors véritablement l'aspect d'un plan d'eau, de plus d'1 km de large dans la plaine de Mazerolles, dont le niveau est contrôlé par l'ouverture réduite du pont de Sucé en aval. Il s'écoule au sein d'une immense surface marécageuse dont le fond est composé d'alluvions grises-argileuses ou argilo-sableuses sur moins d'un mètre, surmontant une épaisseur de tourbe de 2 à 4 m. Cette tourbe datant de 4000 ans est exploitée par plusieurs entreprises, et le paysage du marais est marqué par les grands bassins creusés pour l'exploiter. Ils constituent aujourd'hui de véritables plans d'eau qui jouent le rôle de zone de stockage. Ce marais est composé d'une surface plane à pente pratiquement nulle, dont la régularité est interrompue dans sa partie sud par des pointements de substrat résistant isolant des dépressions fermées. Il est aussi parcouru de nombreux drains artificiels ou naturels, les douves. Cet espace a été entièrement façonné par la main de l'homme depuis des siècles et de ce fait est difficile à caractériser du point de vue de l'hydrogéomorphologie. La construction d'une chaussée obturant l'Erdre à Nantes au VI^{ème} siècle a probablement entraîné l'expansion du lit mineur et des zones marécageuses en eau par un plus grand ennoisement que ce qui existait naturellement (cf chapitre 1). Les dynamiques naturelles de sédimentation ont comblé progressivement ces milieux. Parallèlement, les riverains du marais le façonnaient au gré de l'utilisation qu'ils en avaient. A Sicart en 1999 distinguait 3 types de marais:



Le marais de St Mars

- Les marais directement influencés par le régime fluvial de l'Erdre : marais sauvage de Mazerolle, Longle, Pinaudière, la Grande Bodinière, la Noë-Guy, Longlette, Sud-Onglette, Les Dureaux, les Belles, la confluence du Verdier, la Poupinière ; en hiver, ils sont largement inondés par les crues annuelles de la rivière.
- Les marais influencés mais avec un affluent comme intermédiaire : marais de la Blanche Noë, relié à l'Erdre par la grande douve, qui répercute les variations de l'Erdre sur le marais avec un léger décalage temporel
- Le marais endigué de Mazerolles (ou marais de St Mars et Petit Mars), dont l'aménagement actuel date de 1949 en vue d'une mise en valeur agricole (réalisation de douves, digues, station de pompage), et dont le fonctionnement hydrologique le distingue du marais sauvage. Il est ceinturé d'une douve principale et d'un petit merlon, et quadrillé de douves secondaires.

Les marais possèdent une capacité de stockage importante et constituent une réserve d'eau hivernale qui est restituée progressivement au cours de l'année au milieu environnant.

Ces zones marécageuses sont cartographiées en lit moyen, étant en connexion directe avec le lit mineur et la nappe de l'Erdre. Elles sont relayées sur les marges par un glacis en pente douce, qui a été « scindé » en deux niveaux (lit majeur, majeur exceptionnel) en fonction de sa hauteur par rapport au plan d'eau. Dans ce secteur, les collines sont découpées par de nombreux petits vallons en berceau, souvent mal drainés, qui concentrent les eaux de ruissellement fournies par le bassin. Lors des

inondations, les eaux de l'Erdre pénètrent dans ces vallons et bloquent l'évacuation de leurs écoulement, pouvant générer ainsi des débordements importants. Vaste zone d'expansion de crue et de stockage, ces marais jouent un rôle fondamental dans le déroulement des inondations en faisant office d'espace tampon. A la marge de la plaine, quelques constructions peuvent être soit isolés par les eaux, soit ennoyés. L'absence de vitesses et le temps de montée des eaux assez long les préservent toutefois d'un aléa fort.

Dans tout ce secteur, il convient de noter que les limites du lit majeur exceptionnel (correspondant nous le rappelons à une zone de transition) sont floues et ont plus vocation à situer dans l'espace une zone de raccord au-delà de laquelle il est très peu probable que les eaux s'étende. On ne s'étonnera donc pas des légères différences qui pourraient exister avec les limites d'extension des crues historiques (ce qu'on trouve effectivement, cf chapitre 3 et cartographies).

2.2.2.3 De la Guillonnière à la Beaujoire

Quittant le bassin d'effondrement tertiaire, l'Erdre pénètre dans la série de Mauves-sur-Loire, formant un vaste plateau de micaschiste. Encaissée d'une vingtaine de mètres dans cette plate-forme, la vallée présente des versants tantôt assez raides (surtout lorsque le substratum affleure comme à Sucé), tantôt moins pentus aux confluences. Le plancher alluvial est comblé d'alluvions fines argileuses très compressibles.

Ce tronçon se caractérise par la prédominance du lit mineur sur les autres unités hydrogéomorphologiques. Le niveau d'eau artificiel créé par l'écluse de St Félix engendre en amont un plan d'eau uniforme, qui occupe en permanence tout le fond de vallée (250 à 500 m). Les unités naturelles façonnées pendant des millénaires sont ici complètement masquées, et à l'exception des replats bordant le lit en eau ou des fonds de vallons affluents, la caractérisation des unités hydrogéomorphologiques atteint ici ses limites. On prendra donc en considération qu'il s'agit plutôt ici de définir le caractère d'inondabilité des abords de la rivière (au moyen d'une évaluation qualitative basée à la fois sur la recherche des formes laissées par 1500 ans de fonctionnement plus ou moins artificiel, et sur l'expertise), que d'identifier avec certitude la nature (et la genèse) des unités alluviales. N'oublions pas en effet, qu'avant les aménagements attribués au VI^{ème} siècle à St Felix, l'Erdre devait n'être qu'un petit cours d'eau aux multiples bras méandrant dans un fond de vallée très marécageux.

Au niveau de **Sucé-sur-Erdre** (planche 6 au 10 000), le substratum de micaschiste est entaillé sur une hauteur de 15 m environ et le village, implanté sur le versant qui domine la rivière n'est concerné par les inondations que dans sa partie basse. Le quai est inondable rapidement, tandis que la première rangée de maisons qui le longe, située sur la partie basse du raccordement, peut être touchée par les plus grandes crues. Quelques maisons construites à la marge du fond de vallon de l'affluent rive droite (qui prend sa source à la Haie Roux) sont



Sucé-sur-Erdre

également exposées aux inondations, notamment si les eaux de l'Erdre refluent partiellement dans le vallon, empêche son écoulement. A côté des quais qui sont sans grande conséquence sur le fonctionnement de la rivière, cette zone urbanisée se caractérise par la présence d'un pont-remblai qui barre les 4/5 du lit mineur. L'arche du pont constitue l'unique passage, et aucun ouvrage de décharge n'existe pour évacuer les eaux pendant les crues. Cet aménagement constitue donc un contrôle aval fort pour l'Erdre comprise entre Nort et Sucé.

Dans la traversée du territoire communal de la Chapelle-sur-Erdre, la rivière reçoit de nombreux affluents qui sont bien encaissés dans le plateau : ruisseau des Hupières, l'Hocmard, le Charbonneau (ruisseau de l'Etang Hervé). Leurs confluences avec l'Erdre forment des « boires » selon la toponymie locale. Du fait de la faible pente, les vallées affluentes sont connectées au lit mineur de l'Erdre dans leurs parties basses (sur un linéaire plus ou moins long), formant des zones humides, aux bas fonds marécageux. Lors des inondations, les eaux de l'Erdre remontent plus ou moins largement dans ces vallées affluentes et s'accumulent dans les boires. Les Boires de Launay et Ligné se caractérisent par une morphologie particulière, constituée de dépressions fermées plus ou moins circulaires connectées les unes aux autres par des drains et occupées par des tourbières à sphaignes typiques du Massif armoricain (qui font l'objet d'un arrêté de biotope étant parmi les dernières préservées). On suppose que cette configuration spécifique est liée à la nature tendre du substrat dans lequel elles s'inscrivent, c'est-à-dire des sables et graviers pliocènes masqués par des dépôts de pente. Entre les cuvettes et les pentes douces façonnées dans le pliocène, un replat assimilé à du lit majeur assure le raccord. Le pied de pente de faible déclivité peut être inondé en cas d'événement de longue durée (lit exceptionnel).

Sur ce tronçon, une attention particulière a été portée au vallon du Charbonneau, dégagé dans la plate-forme de micaschistes, laquelle est tapissée sur le flanc sud de dépôts pliocènes. Entre les franchissements des RD 178 et RD 37, le ruisseau du Charbonneau s'écoule du N.NW vers le S.SE dans un vallon aux versants largement urbanisé (lotissements de maisons individuels récents). Son a été complètement perturbé par l'aménagement de plans d'eau. En rive droite, la limite de la zone inondable se cantonne au pied de versant, en raison de sa pente. En rive gauche, elle est plus floue et difficile à positionner. Elle passe selon toute probabilité au pied des lotissements du Charbonneau, au niveau de la piscine, construite en profil mixte (colluvion-remblai dans la zone inondable).

En aval de la RD 37 et de la déviation de Carquefou, le fond de vallon, mieux préservé des aménagements, est encadré par un versant, où affleurent les sables et cailloutis pliocènes. Dans ce secteur (de l'Erdreau au port Bregeon), une pente très douce raccorde l'encaissement à la zone inondable. Aucun talus ne venant délimiter nettement la plaine alluviale, on parlera plutôt de zone de transition (lit majeur exceptionnel) que de limite nette.



Le vallon du Charbonneau

L'encaissement de la vallée limite considérablement dans ce secteur le nombre d'enjeux menacés par les inondations. Le plus souvent, les maisons sont implantés suffisamment au-dessus de la rivière pour ne pas être menacées, et dans le cas contraire, elles ne sont concernées que d'une manière marginale.

Port la Blanche représente une exception notoire, avec plus de la moitié du petit port construit à peine 1 m au-dessus du niveau normal de l'Erdre. Enfin, on notera que le bâtiment le plus bas de la Beaujoire se situe lui aussi en zone inondable.

2.2.2.4 De la Beaujoire à la confluence

En aval de la Beaujoire et du double pont périphérique/SNCF, on peut identifier un dernier tronçon homogène. Sa particularité réside notamment dans son anthropisation accentuée liée à la traversée du centre ville nantais. La vallée présente la même régularité que plus en amont et, infléchissant légèrement son cours vers le S.S-E, elle s'encaisse d'une dizaine de mètres dans la plate-forme micascisteuse de la série de Mauves-sur-Loire. Entre la Beaujoire et le pont de la Tortière, le lit mineur se rétrécit progressivement. Il est bordé de petites zones humides (Port Boyer, les Salles) occupant les fonds de vallons affluents, dans lesquels les eaux de l'Erdre remontent lors des crues. Les notions devenues classiques de « coulée verte » ou de « corridor écologique » pour caractériser les effets structurants d'une vallée dans un tissu urbain s'appliquent parfaitement à l'Erdre, dont les bords bien aménagés procurent aux citadins nantais un cadre de détente et de loisirs apprécié (sentiers, aviron...). Ces activités siègent sur les replats plus ou moins élevés qui surplombent la rivière. Sous le Rocher d'Enfer, c'est le lycée maritime qui s'est installé sur un niveau inondable par l'Erdre.



L'Erdre à la Beaujoire

En aval du pont de la Tortière, le visage de la rivière se modifie une dernière fois. En serré entre deux murs maçonnés, le lit mineur ressemble à un large canal navigable bordé par des quais inondés par les crues moyennes. En arrière, on trouve un niveau dont la topographie est largement perturbée, voire cachée par l'urbanisation dense. De multiples remblais difficiles à identifier peuvent donner l'illusion de niveaux topographiques surplombant la rivière de plusieurs mètres. C'est notamment le cas de part et d'autre du pont St Mihiel (photo). L'analyse fine des photographies aériennes et du terrain révèlent qu'il n'en est rien, mais qu'un replat en pente douce se raccorde au lit mineur actuel. Dans une telle étude, sans travail plus approfondi sur ce secteur, il est difficile de démêler l'écheveau des modifications anthropiques permettant d'identifier nettement les unités géomorphologiques. Néanmoins, il est certain que ce niveau est d'origine alluviale et qu'il appartient à la plaine alluviale de l'Erdre. Compte-tenu des aménagements, il ne peut plus être inondé qu'exceptionnellement. Sur ses 700 derniers mètres, l'Erdre a fait l'objet d'un remodelage en profondeur, son lit naturel ayant été comblé, et remplacé par un canal souterrain dans le substratum rocheux sous le cours st-Pierre et la place de la Duchesse Anne qui rejoint le bassin de l'écluse de St



Remblai dans le lit majeur au pont St Mihiel

Félix avant de se jeter dans la Loire (cf chapitre historique et concernant l'anthropisation du bassin versant). Ces travaux colossaux ont masqué totalement le lit principal, situé aujourd'hui sous le cours des Cinquantes Otages. Mais la structure de la vallée est bien conservée en rive droite, grâce à un talus de plusieurs mètres de haut. En rive gauche le limite est moins nette et s'efface progressivement à mesure qu'on approche de l'ancienne confluence avec un ancien bras de la Loire (comblé lui aussi).



Le cours des Cinquantes Otages... ou le lit de l'Erdre comblé

3 APPROCHE HISTORIQUE.

3.1 DONNEES D'ARCHIVES ET ENQUETES

3.1.1 Recueil des données et méthode d'analyse

La connaissance des crues historiques constitue l'un des deux volets fondamentaux du diagnostic de l'aléa inondation. Elle est directement complémentaire de la cartographie hydrogéomorphologique. La fiabilité des données historiques étant très variable, l'exhaustivité de l'information a été recherchée. De nombreuses sources documentaires ont été consultées pour cela :

- Les études fournies par le comité de pilotage, lesquelles contiennent parfois des analyses historiques et des limites des grandes crues connues du XX^{ème} siècle,
- Le recueil photographique de la crue de 1995,
- Les archives départementales de Loire-Atlantique,
- Les enquêtes auprès des mairies.

3.1.1.1 Nature des archives consultées

Les recherches aux archives départementales ont porté sur deux séries en particulier :

- la série S qui rassemble toute la documentation du service hydraulique de la Préfecture
- la série M qui rassemble toutes les données relatives à la population.

Ces séries sont constituées de documents de tous types : rapports et compte-rendu des ingénieurs ordinaires et ingénieurs en chef, documents administratifs, correspondance officielle des ingénieurs, préfets, sous-préfets, maires et particuliers, avis de notaires ou avocats, délibérations des communautés et des syndics, plans...

La troisième source d'informations importante est constituée d'extraits des délibérations communales et de nombreuses lettres écrites par les Maires au Préfet. Ces lettres peuvent décrire des inondations : les dommages causés, le déroulement de l'événement et ses caractéristiques, les zones atteintes. Enfin d'autres pièces telles que des télégrammes, des documents administratifs (Tableau général des Pertes et dommages occasionnés par les inondations par exemple) dans la série M, les avis et correspondances de notaires dans les archives notariales apportent des données intéressantes.

3.1.1.2 Considérations pratiques et précautions d'usage

Face aux informations livrées par les archives, il est d'usage d'émettre certaines réserves. La première concerne la qualité des renseignements, la perception des événements ayant évolué au cours de l'histoire, et des exagérations étant toujours possibles (surtout dans les courriers de propriétaires sinistrés) lorsque des subventions sont en jeu. Cependant d'une manière générale, la précision des rapports des services publics permet d'accréditer la plupart des informations retenues.

3.1.2 Résultats

3.1.2.1 Synthèse chronologique des informations recueillies sur l'Erdre

Nota bene : Les hauteurs d'eau fournies dans ce tableau proviennent de sources multiples qui ne mentionnent jamais (sauf dans les études récentes) le référentiel géographique dans lequel elles sont exprimées (système Lallemand, Système IGN 69 ...). On les considérera donc avec précaution.

Mention	Source
1828	
« entre Nort et NantesLa rivière est très sinueuse et son lit se rétrécit chaque année au profit des marais riverains qui s'accroissent rapidement par l'effet d'une végétation paludéenne très active »	Archives départementales (586 S 3)
1835	
Rectification du lit de l'Erdre	Archives départementales
29 décembre 1839	
« crue du 29 décembre 1839.... La plus grande connue du bassin de l'Erdre, laquelle s'est élevée à 2m 68 à Nort au dessus du niveau de l'étiage » Il s'agit d'une crue d'amont, accompagnée d'une « submersion longue en amont du pont de Nort »	Archives départementales (672 S 1)
1845	
« la plus forte crue qui ait remonté dans l'Erdre est celle du mois de Février 1845 qui s'est élevée à la cote 19.40 m, elle a recouvert les marais d'une tranche d'eau de 2.68 m laquelle s'est écoulée en 17 jours »	Archives départementales (rapport sur le dessèchement des marais)
1853	
Crue	Archives départementales (672 S 1)
1856	
Elle est occasionnée par le refoulement par la Loire des eaux de l'Erdre « malgré les quatre arches du pont de Nort, en 1856, que les eaux refoulées pouvaient franchir, elles inondèrent les jardins, maisons et magasins de Nort, ainsi que les villages de la Poupinière, de Tomblehoux, et de la Noë-Guy. L'Erdre s'élève à 6m60 en amont de l'Ecluse. Au bout de deux jours, elle atteint 6m25 à Quiheix. Du 9 au 11 juin, le régime est désorganisé, le niveau de ses eaux étant supérieurs de 35 cm en aval à celui d'amont. Les terrains inondés sont considérables : les marais de St Mars, et Petit-Mars, les villages de la Poupinière, du Tomblehoux sont submergés. Le hameau de l'Isle est ceint de 3 côtés par les eaux. Seules les crues de la Loire supérieure à 3m55 influencent l'Erdre. Schémas disponibles dans l'ouvrage de Baron.	Archives départementales (672 S 1) Baron, 1970
1858	
Crue	Archives départementales (672 S 1)
Mars 1897	
Mention du problème du niveau d'eau maintenu par l'écluse aval pour la navigation, qui gêne les paysans riverains à Nort. Des documents révèlent l'incompatibilité d'usage et d'intérêt entre les agriculteurs riverains à Nort d'une part et la navigation et les riverains de l'Erdre dans la traversée de Nantes d'autre part.	Archives départementales

Mention	Source
1910	
<p>Crue de 1910 à Nantes et sur l'Erdre</p> <ul style="list-style-type: none"> début le 13 novembre la crue de l'Erdre est décalée par rapport à celle de la Loire 18/12/1910 / la commune de Sucé a été en partie envahie par les eaux de l'Erdre 20/12/1910 : la cours dite de Versailles et celle de la rue des Carmes et de la rue de l'Erdre sont immergées (3° arrondissement) 24/12/1910 : le niveau de l'Erdre a baissé dans la nuit. Le quai des Tanneurs est maintenant dégagé mais l'île de Versailles et le Boulevard Wan-Iseghem sont encore submergés ainsi que l'île Legal. <p>Lettre du Sous-Préfet du 8 décembre 1910 : « Le village de la Poupinière est le plus atteint. Les habitants qui ont du évacuer leurs logements...les champs ont subi des dommages considérables, il y a quelques pertes d'objets mobiliers...une partie du territoire de Petit Mars est inondée, mais le bourg ... n'est pas en danger »</p> <p>Lettre du Sous-Préfet du 9 décembre 1910 : « Les communes de Nort, Petit Mars et de Mars ... ont subi du fait de la crue de l'Erdre des dégâts considérables : mais ce sont surtout des récoltes qui ont souffert. Si quelques dommages mobiliers se sont produits, ...sur la commune de Nort-sur-Erdre. L'Erdre passe en pleine ville ; la minoterie a du cesser de fonctionner. De nombreuses maisons sont inondées.</p> <p>Le niveau atteint par la rivière a été de 2 m 40 à l'échelle du pont St Georges (son zéro étant situé approximativement à la cote de l'étiage du plan d'eau de l'Erdre en aval de Nort), soit une cote de 6.75 m NGF (système de nivellement IGN 69).</p>	<p>Archives départementales (1 M 918)</p> <p>SCE, 1998</p>
1936	
<p>Les précipitations n'ont pas atteint des intensités très importantes mais les pluies ont été soutenues pendant plusieurs semaines.</p> <p>Le niveau atteint par la rivière a été de 2 m 60 à l'échelle du pont St Georges (son zéro étant situé approximativement à la cote de l'étiage du plan d'eau de l'Erdre en aval de Nort), soit une cote de 6.95 m NGF. Les riverains ont confirmé que les maximas de 1936 étaient environ 60 cm supérieurs à ceux atteints en 1995. L'Erdre a atteint le 11 janvier 6m84 environ à l'échelle de St Felix. La période de retour de cette crue est estimée à environ 100 ans.</p> <p>Une cartographie est disponible, qui semble comporter quelques imprécisions avec :</p> <ul style="list-style-type: none"> entre l'écluse et la Chapelle sur Erdre, sur la base d'un plan dressé par les services techniques de Nantes au delà , en suivant la ligne de cote 6m70. <p>Le débit de pointe de la crue de la Loire a été très important, avec une période de retour de 50 ans.</p>	<p>DDE</p> <p>SCE, 1998</p>
10 avril 1983	
<p>Inondation à St-Mars-La-Jaille de la place nationale, de la rue de l'industrie, de la rue Neuve, de la rue du Clos.</p> <p>Cotes repérées (IGN 69) : 27.77m au pont des Dureaux, 27.72 m Place Nationale, 27.72 m au pont de l'Erdre, 27.38 à la station d'épuration</p>	<p>Sogreah, 2001</p>
4 décembre 1992	
<p>Crue</p>	<p>Sogreah, 2001</p>
10 et 13 janvier 1993	
<p>Dégâts aux équipements, habitations et activités à St-Mars-la-Jaille. Inondation de la place nationale, de la rue de l'industrie, de la rue Neuve, de la rue du Clos</p> <p>Cotes repérées (IGN 69) : 27.63m au pont des Dureaux, 27.52 m Place Nationale, 27.17 à la station d'épuration</p>	<p>Mairie</p> <p>Sogreah, 2001</p>
22 Janvier 1995	
<p>Les précipitations n'ont pas atteint des intensités très importantes (la pluie journalière maximale est inférieure à la pluie décennale).</p> <p>Inondation de quelques maisons à Sucé-sur-Erdre. Crue du ruisseau de l'Hocmard, inondation du port aux Cerises à La Chapelle-sur-Erdre. Dégâts aux équipements, habitations et activités à St-Mars-la-Jaille. Photographies disponibles à la DDE (SMN).</p> <p>Période de retour estimée : 50 ans.</p> <p>Le niveau atteint par la rivière a été de 2 m 10 à l'échelle du pont St Georges (son zéro étant situé approximativement à la cote de l'étiage du plan d'eau de l'Erdre en aval de Nort), soit une cote de 6.45 m NGF.</p> <p>Le niveau de la Loire a été inférieur à celui de l'Erdre pendant toute la durée de la crue (crue décennale sur la Loire).</p>	<p>Mairies, DIREN, DDE</p> <p>SCE, 1998</p>
25 et 26 février 1996	
<p>Dégâts aux équipements, habitations et activités à St-Mars-la-Jaille.</p>	<p>Mairie</p>
25 et 26 février 1997	
<p>Dégâts aux équipements, habitations et activités à St-Mars-la-Jaille. Inondation de la place nationale, de la rue de l'industrie, du milieu de la rue Neuve dans na partie nord-sud</p> <p>Cotes repérées (IGN 69) : 27.33 ou 27.62m au pont des Dureaux, 27.47 m Place Nationale, 27.22 m au pont de l'Erdre, 27.38 à la station d'épuration</p>	<p>Mairie</p> <p>Sogreah, 2001</p>
25 et 26 décembre 1999	
<p>Dégâts aux équipements, habitations et activités à St-Mars-la-Jaille. Inondation de la place nationale, de la rue Neuve, du milieu de la rue du Lavoir</p>	<p>Mairie</p> <p>Sogreah, 2001</p>

Mention	Source
5, 6 et 7 janvier 2001	
Dégâts aux équipements, habitations et activités à St-Mars-la-Jaille. Inondation de la place nationale, de la rue de l'industrie, de la rue Neuve	Mairie Sogreah, 2001
Ø	
« Aux temps de l'occupation romaine, l'Erdre était un mince cours d'eau filtrant à travers d'épais marécages. Au VI ^{ème} siècle, l'évêque Saint Félix entreprit de transformer et aménager l'Erdre. Il construisit à Barbin une chaussée. Immédiatement, le plan d'eau s'éleva, submergea les marais. Une eau claire baigna dès lors les rives. Des monuments placés trop près de l'onde disparurent. (...) Sous la surface liquide de Mazerolles dort un cirque gallo-romain, le cirque de Breil. A Mazerolles, également, une forêt fut engloutie. (...) L'Erdre devint cette rivière unique, si large, bien que née à peine quarante kilomètres plus haut...Cinq siècles, dix siècles passèrent. Le limon refoulé sortit peu à peu des eaux. Un accord fut passé ... en 1727... visant que la moitié des marais serait cédée aux entrepreneurs qui les dessècheraient depuis Nort jusqu'à Nantes. ... De son embouchure jusqu'au confluent de l'Erdre avec la Loire, la rivière fut creusée. La boue du marais, aux portes de Nantes, déversée au cœur de la rivière, sur un noyau résistant de roc, devint l'îlot artificiel de Versailles. »	Gabory, 1929

3.1.2.2 Données historiques recueillies par enquêtes auprès des communes

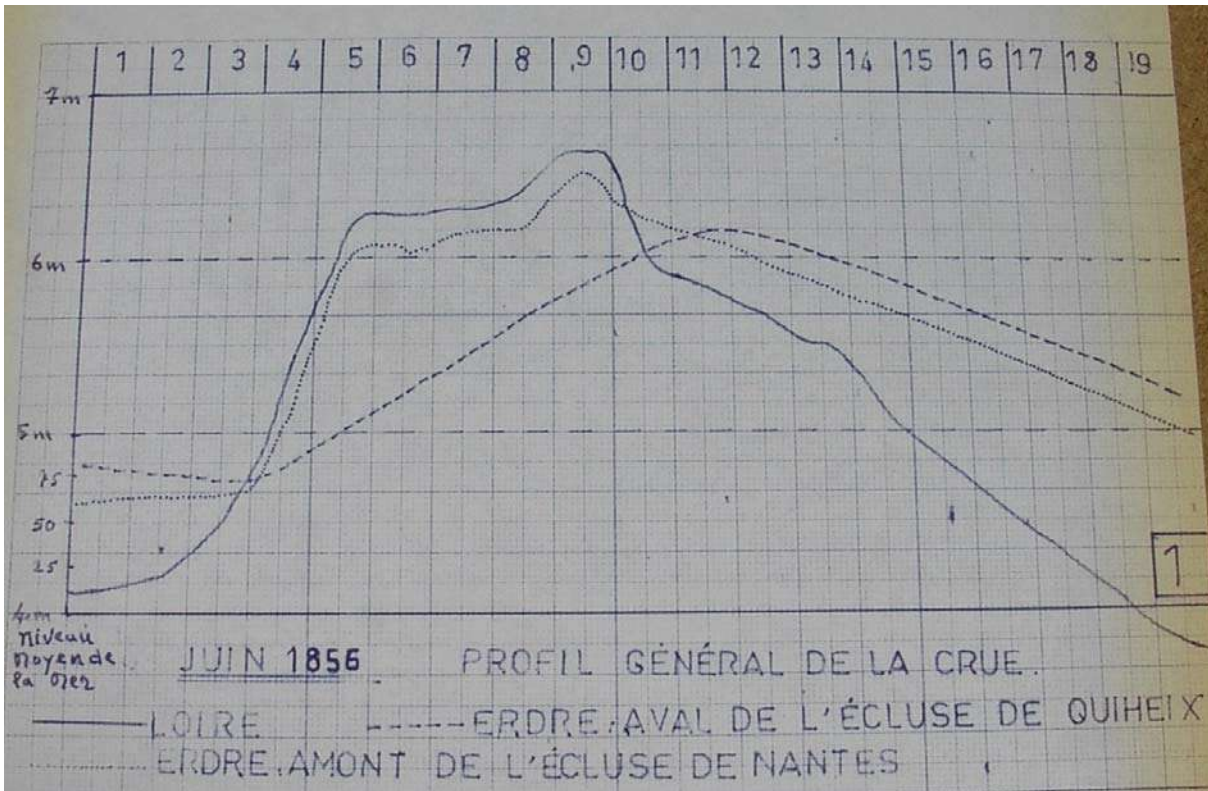
Date	Mention	Source
Commune de d'Angrie		
Ø	La sensibilité de la commune aux inondations est faible. Les prés sont inondés une fois tous les 10 ans.	Mairie
Commune de Bonnoeuvre		
Ø	Les prés en bordure du cours d'eau sont inondés plusieurs fois par an. La sensibilité de la commune aux inondations est faible. Il y a deux habitations directement concernés par les crues de l'Erdre.	Mairie
Commune de La Chapelle-sur-Erdre		
Ø	La sensibilité de la commune aux inondations est moyenne. Le périphérique nantais est inondé une fois par an en moyenne (Porte de la Chapelle) par le Gesvre.	Mairie
1995	Crue du ruisseau de l'Hocmard, inondation du port aux Cerises. Il y a un repère de cette crue qui a causé des dégâts aux habitations.	Mairie
2002	Repère Porte de la Chapelle, dégâts aux infrastructures routières.	Mairie
Commune de Louroux-Béconnais		
Ø	La sensibilité de la commune aux inondations est faible. Lors des pluies continues et abondantes, les ouvrages retiennent l'eau et l'Erdre déborde sur les champs. Il n'y a pas de maison construite dans ces lieux. Aucun dégât connu.	Mairie
Commune de Joué-sur-Erdre		
Ø	Dégâts aux équipements et aux habitations	Mairie
Commune de Saint-Mars-la-Jaille		
Ø	La sensibilité de la commune aux inondations est moyenne. Il y a des inondations environ une fois par an. Des repères existent dans les rues suivantes : boulevard de la Ferronnays - place de l'Eglise ; rue Neuve-rue du lavoir, rue de l'industrie - rue du Clos, place du commerce - rue d'Anjou, rue des Dureaux - rue de la Charlotte, rue de la gare, boulevard de la gare, rue des Aulnays, boulevard de la Haie Danielle.	Mairie
10 et 13 janvier 1993	Dégâts aux équipements, habitations et activités	Mairie
Janvier 1995	Dégâts aux équipements, habitations et activités	Mairie
25 et 26 février 1996	Dégâts aux équipements, habitations et activités	Mairie
25 et 26 février 1997	Dégâts aux équipements, habitations et activités	Mairie
25 et 26 décembre 1999	Dégâts aux équipements, habitations et activités	Mairie
5, 6 et 7 janvier 2001	Dégâts aux équipements, habitations et activités : 29 maisons inondées, plusieurs commerces, ainsi que des artisans et professions libérales.	Mairie
Commune de Sucé-sur-Erdre		
1936	Crue	Mairie
1995	Crue. Quelques habitations ont été concernées	Mairie
Ø	La sensibilité de la commune aux inondations est moyenne.	
Commune de Trans-sur-Erdre		
Ø	Les prés en bordure du cours d'eau sont inondés plusieurs fois par an. La sensibilité de la commune aux inondations est faible.	Mairie
Commune de Vern d'Anjou		
Date	Mention	Source
Ø	La sensibilité de la commune aux inondations est faible. Il y a eu des crues importantes sur le territoire il y a un siècle environ. De mémoire, ces crues sont venues jusqu'au bâtiment de la Pinardière.	Mairie

3.1.3 Analyse des données

Relativement peu d'informations sur l'Erdre ont été trouvées aux archives départementales de Loire-Atlantique, qui recèle par contre nombre de documents sur la Loire. C'est classiquement le cas lorsqu'on s'intéresse à un cours d'eau d'ordre moyen qui côtoie un grand fleuve aux crues importantes. Le dépouillement des archives apporte quelques informations sur des crues évoquées dans les études existantes, de nouvelles dates de crues, ainsi qu'une connaissance du fonctionnement du cours d'eau et des aménagements qu'il a subi au cours des siècles.

Les données recueillies permettent de réaliser une chronologie succincte, couvrant une période de 1839 à nos jours. Les crues majeures, qui ont laissé le plus de traces dans les archives et la bibliographie sont au nombre de 5 : 1839, 1856, 1910, 1936, 1995. Pour ces crues on dispose soit d'informations très générales, soit de données plus pointues, qui précisent des noms de rues par exemple, ou encore plus intéressant, d'une reconstitution plus ou moins fiable des limites d'extension de l'inondation.

- **L'inondation de 1839** ; elle est mentionnée dans plusieurs liasses contenues dans le dossier 672 S 1. Des rapports des Ponts et Chaussées datant de 1871 indiquent une élévation de 2 m 68 au-dessus du niveau de l'étiage à Nort. Etrangement, on retrouve exactement cette mesure dans la description de la crue suivante, datée de 1845. Ce doublon incite à considérer cette précision avec prudence. Toutefois cette crue semble avoir laissé un souvenir marquant, et peut certainement être considérée comme une crue majeure. Si aucune limite d'extension ne nous est parvenue, un document nous apprend qu'il s'agit d'une crue d'amont, provoquée par des précipitations abondantes sur la partie supérieure du bassin et caractérisée par un temps de submersion de la plaine assez long (sans précision de durée) en amont du pont de Nort.
- **L'inondation de 1845** ; mentionnée dans un unique document, cette crue se serait elle aussi élevée à 2 m 68 au-dessus du niveau d'étiage. On considère cette donnée avec la même circonspection que pour la crue précédente. Par contre, le rapport indique qu'il aura fallu 17 jours pour évacuer les eaux accumulées dans le marais, information importante qui évoque la lenteur des périodes de ressuyage sur le cours d'eau.



Profils des niveaux d'eau de la Loire, de l'Erdre à Nantes et à Quiheix. (Source : G. Baron, 1970)

- **En juin 1856**, une grande inondation se produit, largement étudiée par G. Baron dans son mémoire sur l'Erdre (1970). Dans celui-ci, il a reconstitué un profil général des niveaux d'eau durant la crue, présenté ci-dessous. Celle-ci fut une crue d'aval, provoquée par le refoulement des eaux de l'Erdre par la Loire, qui se fit sentir jusqu'à Nort-sur-Erdre. Le graphique montre bien les différences d'évolution entre les niveaux de l'Erdre à Nantes et à Quiheix. A Nantes, la courbe du niveau de l'Erdre suit parfaitement celle de la Loire. Le temps de montée dure 6 jours, suivi d'un temps de décrue équivalent pour la Loire, mais plus long pour l'Erdre. A Quiheix, la montée du niveau de l'Erdre se fait sentir plus tard et moins rapidement, avec un temps de montée de 8 jours. La forme de la courbe des niveaux d'eau et le *lag time* (ou décalage temporel entre les deux signaux) sont liés d'une part à la distance séparant les deux points (21 km) qui écrête les niveaux, au rôle du marais qui constitue une grande zone de stockage, et à l'influence probable du pont de Sucé qui régule notamment la décrue, mais aussi la montée des eaux (propagation de l'élévation du niveau d'eau vers l'amont). Si on ne possède pas de plans délimitant l'emprise de cette inondation, on sait par G. Baron qu'elle atteignit à minima la cote 6 m (IGN 69) dans le marais (la cote précise fournie est de 6m25) et qu'elle inonda de vastes surfaces. Les documents évoquent les marais de St Mars et Petit Mars, ainsi que les hameaux de la Poupinière, de Tomblehoux et de la Noë-Guy. Ce dernier présente la particularité de ne pas être inondé directement par l'Erdre, puisqu'il se situe sur un niveau pliocène dominant la plaine alluviale fonctionnelle de quelques mètres, mais par deux phénomènes conjugués : la remontée de l'Erdre dans un talweg qui incise la surface pliocène et l'accumulation des eaux de ruissellement dans ce même talweg.
- **L'hiver 1910** est marqué par une inondation généralisée de la Loire et de l'Erdre, la crue de cette dernière présentant un certain retard. Plus proche de nous, cette inondation nous a laissé

plus de traces. On sait qu'elle a atteint à Nort-sur-Erdre un niveau de 2m40 à l'échelle du pont St Georges, soit une cote de 6 m 75 (NGF IGN 69). Localement une limite, extrapolée a pu être reconstituée. Elle est à prendre avec précaution, notamment dans la partie aval où elle suit le tracé actuel du lit, alors qu'à cette époque la configuration était toute autre. Quelques documents précis rapportent l'inondation de plusieurs zones habitées (ou non) et des dégâts corrélatifs : la Poupinière, Nort-sur-Erdre, Sucé-sur-Erdre, Nantes. Cette inondation est la dernière d'importance qui se soit produite avant les travaux de comblement de l'aval de l'Erdre dans la traversée de Nantes.

- **En 1936**, des précipitations soutenues sur plusieurs semaines provoquent l'inondation généralisée de la vallée, d'autant que la Loire est elle aussi en crue. La rivière atteint 2 m 60 au pont St-Georges de Nort, soit pratiquement la cote 7m (NGF IGN 69) et 6 m 84 à l'écluse St Félix. La période de retour estimée est de 100 ans. Une cartographie est disponible, qui semble comporter quelques imprécisions, entre l'écluse et la Chapelle sur Erdre, sur la base d'un plan dressé par les services techniques de Nantes (et corrigé lors de la transposition sur les fonds de plans actuels) et vers l'amont en suivant la ligne de cote 6 m 70. Plus forte crue du XX^{ème} siècle sur la partie aval, elle a largement débordé du lit mineur dans la traversée du centre nantais. Elle est considérée comme la crue de référence sur l'Erdre.
- **En 1995**, une crue d'importance moyenne ennoie partiellement l'Erdre en aval de Sucé-sur-Erdre, rappelant la présence du risque. Elle atteint 2 m 10 au pont St Georges à Nort, soit une cote bien inférieure aux inondations de 1910 et 1936 ou même plus anciennes. Faiblement accompagnée par la Loire (qui ne connut qu'une petite crue, décennale), elle fut d'une période de retour estimée à 50 ans. Des photographies aériennes prises lors de la décrue sont disponibles à la DDE, ainsi qu'une limite d'extension de la crue, qui est représentée sur les cartes. Elle ne déborda pas dans le centre ville de Nantes mais essentiellement entre Sucé et Joué-sur-Erdre.

Enfin, on dispose d'une limite de crue sur la commune de St Mars-la-Jaille, datant de 2001. Ce bourg a en effet été fréquemment affecté par des inondations durant la décennie 1990 (1994, 1995, 1996, 1997, 1999, 2001...), sans qu'il nous paraisse que ce fait corresponde forcément à une situation extraordinaire. Il est sûr que la disparition des haies sur l'amont du bassin semble avoir accentué le problème des inondations, qui fut ensuite partiellement réduit, ou plutôt déplacé, par des aménagements de la traversée du bourg. Mais quoiqu'il en soit, la partie basse du centre urbain est implantée dans la plaine inondable, et à ce titre, les données historiques recueillies confirment l'interprétation hydrogéomorphologique.

D'une manière générale, la superposition des informations historiques avec la cartographie hydrogéomorphologique tend à confirmer cette dernière. On remarquera l'absence de superposition nette des limites, que ce soit entre limites historiques ou avec les limites hydrogéomorphologiques. Ce phénomène s'explique par la faible pente des versants qui encadrent la plaine inondable, qui rend difficile le positionnement précis d'une limite, tant sur le plan de l'interprétation hydrogéomorphologique que pour la cartographie post-crue (relevé de laisses de crue). Dans ce dernier cas, l'absence de vitesses et de traces d'érosion sur ces raccords introduit une certaine imprécision dans le dessin de l'extension d'une inondation. Enfin il faut garder en remarque que la plupart de ces limites ont été reconstituées bien après la crue, sur la base d'une méthodologie qui ne nous est pas toujours connue ;

lorsque la limite a été calée sur une courbe de niveau d'un fond de plan (type Scan 25...) à partir d'une cote d'inondation, elle doit être considérée comme un élément d'information dont la précision est relative.

Par ailleurs, les documents d'archives recèlent d'informations sur :

- le fonctionnement de l'Erdre, de ses crues (cf chapitre 1) : crue d'aval, crue d'amont
- le problème récurrent d'écoulement des eaux, notamment dans la traversée de la ville de Nantes,
- les configurations antérieures de l'Erdre dans la traversée de Nantes, avec les différents aménagements réalisés, mais aussi dans les secteurs plus en amont où elle décrivait de nombreux méandres et se divisait en nombreux bras.

4 SYNTHÈSE D'INONDABILITÉ ET CONCLUSION

4.1 SYNTHÈSE DE L'INONDABILITÉ. CROISEMENT DES APPROCHES HISTORIQUES ET HYDROGÉOMORPHOLOGIQUES

Le croisement des données hydrogéomorphologiques et historiques, la synthèse des différentes connaissances disponibles sur le fonctionnement du bassin et l'analyse du terrain permettent d'établir une certaine correspondance entre les différentes unités hydrogéomorphologiques et les types de crues.

Dans la majeure partie du bassin, on peut estimer que le lit mineur contient les crues annuelles (période de retour 1 à 5 ans) à quelques exceptions très localisées, et qu'au-delà, il est débordant très rapidement. Le lit majeur quant à lui paraît fonctionnel dès les crues fréquentes (5 à 10 ans), en totalité ou en partie, selon les tronçons. Pour ce qui concerne le lit majeur exceptionnel, il est plus difficile de se prononcer, mais on peut l'associer aux crues rares, voire exceptionnelles, correspondant à une période de retour de 100 ans et plus. Quant au lit moyen, il faut différencier l'Erdre amont et l'Erdre aval : dans le bassin amont, il est mis en charge principalement par la remontée progressive de la nappe alluviale; dans le tronçon aval, il est continuellement en eau, (ou à fleur d'eau) et inondé annuellement.

Dans la traversée de Nantes, les aménagements perturbent ces correspondances, et le lit mineur peut contenir des crues de fréquence plus rare. Le lit majeur n'est donc plus fonctionnel que pour des crues exceptionnelles, tandis qu'il est très difficile de dire dans quelle mesure le lit majeur exceptionnel au droit de l'ancien lit de l'Erdre peut réellement encore être inondé à l'heure actuelle.

Pendant les crues exceptionnelles, des modifications de l'écoulement peuvent survenir, telles que des recouvrements de méandres plus ou moins marqués, ou la remontée des eaux du cours d'eau principal dans les vallons et vallées affluentes, s'ils ne sont pas eux-mêmes en crue.

Lors des crues, les écoulements principaux sont susceptibles localement d'emprunter d'anciens lits quand ceux-ci subsistent (bras de décharge). L'exhaussement de la ligne d'eau entre la crue rare et la crue exceptionnelle se traduit par l'inondation des parties inférieures des glacis de raccordement, cartographiées en lit majeur exceptionnel.

Il est difficile d'apprécier l'incidence des différents travaux et ouvrages sur la dynamique des crues. On peut distinguer qualitativement les remblais linéaires et parallèles à l'écoulement, dont l'effet sera peu conséquent si le remblai n'est pas situé à proximité immédiate du lit mineur, des remblais transversaux qui, en barrant la totalité ou presque de la plaine créent un effet de barrage et de rétention. La multiplication des remblais transversaux sur un faible linéaire est susceptible de perturber les écoulements et d'engendrer un fonctionnement « à casiers ».

4.2 CONCLUSION

La cartographie hydrogéomorphologique telle qu'elle a été appliquée sur l'Erdre définit l'emprise des zones inondables pour les crues exceptionnelles. A cet égard, une fois les principes méthodologiques agréés, elle offre une information objective de l'emprise des zones inondables, indépendante des aléas des méthodes historiques et hydrauliques, et qui représente fidèlement la réalité du terrain. A ce titre, l'atlas des zones inondables constitue un outil de base d'aide à la décision et à l'élaboration d'un PPR à laquelle il apporte une connaissance du fonctionnement globale du bassin versant.

La méthode employée est principalement basée sur :

- la reconnaissance objective des limites morphologiques, résultant du fonctionnement en crue ;
- la prise en compte des crues historiques, souvent connues par les riverains et les gestionnaires des cours d'eau ;
- l'évolution dans le temps du cours d'eau dont les traces, souvent visibles dans le paysage alluvial, permettent de justifier l'éventualité d'une crue exceptionnelle.

Par expérience, ces éléments de méthode sont, en comparaison des méthodes relevant de l'hydraulique, plus compréhensibles par les gestionnaires et les riverains : l'appropriation puis l'acceptation de la cartographie et des risques définis sur cette base n'en sont que plus aisées. De plus l'analyse historique exhaustive qui lui est associée permet de constituer une base de données commune aux différents acteurs favorisant la mémoire du risque.

L'étude et les résultats obtenus à travers l'exemple de l'Erdre ont permis :

- de mieux connaître l'emprise des zones inondables sur l'ensemble de la vallée pour les crues fréquentes et pour une crue exceptionnelle, et d'approcher la dynamique s'exerçant sur les différents lits d'inondation reconnus ;
- de vérifier l'applicabilité de la méthode sur des cours d'eau situés en domaine morphoclimatique tempéré, et de proposer des adaptations de la méthode, qui pourraient être mûries à travers d'autres travaux de ce type sur des bassins voisins.

Les résultats obtenus satisfont aux démarches préalables de connaissances nécessaires à acquérir dans le cadre de la mise en œuvre des PPR. On retiendra la nécessité de quelques adaptations, voire de compléments d'investigation (historique ou approche hydraulique intégrée), dans les secteurs à enjeux et sensiblement artificialisés.

La connaissance fournie par ce document constitue un premier outil visant à aider les services dans leur mission d'identification des zones à préserver pour la gestion des écoulements à l'échelle du bassin versant (zone d'expansion), et des secteurs plus réduits où un contrôle strict de l'urbanisation doit être opéré par le croisement des enjeux et les aléas. Cette méthode permet déjà, à l'amont des PPR, de guider les aménageurs dans leurs réflexions sur le développement et l'aménagement du territoire en favorisant l'appropriation du risque d'inondation.

BIBLIOGRAPHIE

Abdelouahed Ouguerram, Histoire de la vallée de l'Erdre (affluent de la Loire, massif armoricain, France) de la fin du Tardiglaciaire aux époques actuelles, 2001.

André J.-P., Regard sur la géologie du massif armoricain.

B.C.E.O.M., L'Erdre, Etude hydraulique, 1996.

C.E.T.E. de l'Ouest, Erdre et Sèvre, Vues du ciel , Inondations Janvier 1995.

Cornet C., Le comblement de la Venise de l'Ouest, 1996.

Fonda Concept, Evacuation des crues exceptionnelles, Etude de stabilité des ouvrages et des berges, Avant projet sommaire de confortement,.

Gabory E., « L'Erdre, son histoire et ses sites » in Loire Atlantique bull, bimensuel d'action régionale, 1^{ère} année, n° 12, Juin 1929.

Monti M., « L'Erdre ou l'histoire de la plus belle rivière de France », Les Sables d'Olonne « Le Cercle d'or » 1985, 123 p.

Penven M.J., Dupont N., Gaillard S., Etude préalable à la connaissance et au suivi de la propagation des crues en temps réel.

Penven M.J., Dupont N., Gaillard S., Fonctionnement hydrogéomorphologique et cartographie des fonds alluviaux dans le contexte armoricain.

Sellier D., Les Versants du Pays Nantais, Etude géomorphologique, 1985, 508 p.

SETUDE, EDEN, Etude globale des cyanobactéries dans l'Erdre, Synthèse sur le fonctionnement de l'Erdre, Ingénieur Conseil, 2004.

Sicart A, EDEN, Hydrologie et état des lieux de zones humides sur le site des marais de l'Erdre, 1999.

S.C.E., Etude hydraulique des incidences de la gestion écologique du niveau de l'eau de l'Erdre, 1998.

Erdre et Loire : Les travaux de comblement-les dossiers de la Mémoire, 1999

Cartes géologiques

Feuille Saint Mars la Jaille, M. Dubreuil, P. Cavet, 1989.

Feuille Ancenis, par P. Cavet, avec la collaboration de A. Arnaud, J. Blaise, M. Gruet, H. Lardeux, G. Lucas, J. Marchand et L.M. Rivière, 1978.

Feuille Nort-sur-Erdre (1983), par L. Barbaroux, avec la collaboration de B. Bousquet, P. Cavet, J. Marchand, 1983.

Feuille Segré, D. Janjou, 1998.

Feuille Nantes, M. Ters, *et al*, 1969.



1 - Limites morphologiques

- Versant
- Talus peu marqué
- Talus net

2 - Plaine alluviale fonctionnelle

2.1 - Inondabilité de type fluviale : Unités hydrogéomorphologiques actives

- Cours d'eau artificiel
- Cours d'eau souterrain

- Lit mineur
- Lit moyen
- Lit majeur
- Lit majeur exceptionnel
- Plan d'eau

2.2 - Inondabilité de type pluviale

- Zone inondable par saturation de la nappe
- Ruissellement

2.3 - Structures secondaires

- Rocher affleurant
- Zone marécageuse
- Bras de décharge annexe
- Dépression de lit majeur
- Axe d'écoulement en crue
- Talweg secondaire
- Cône alluvial
- Erosion de berge

3 - Terrains encaissants

- Versant
- Terrasse alluviale
- Colluvion
- Sables et cailloutis du Pliocène

4 - Éléments d'occupation du sol à rôle hydrodynamique

4.1 - Structures linéaires

- Carrière
- Digue
- Front d'urbanisation
- Lit rectifié, recalibré
- Protection de berge
- Remblai d'infrastructure

4.2 - Éléments isolés

- Bâtiment
- Camping
- Captage, prise d'eau
- Station d'épuration
- Ouvrage d'art
- Seuil
- Remblai
- Cas particulier (Nantes)

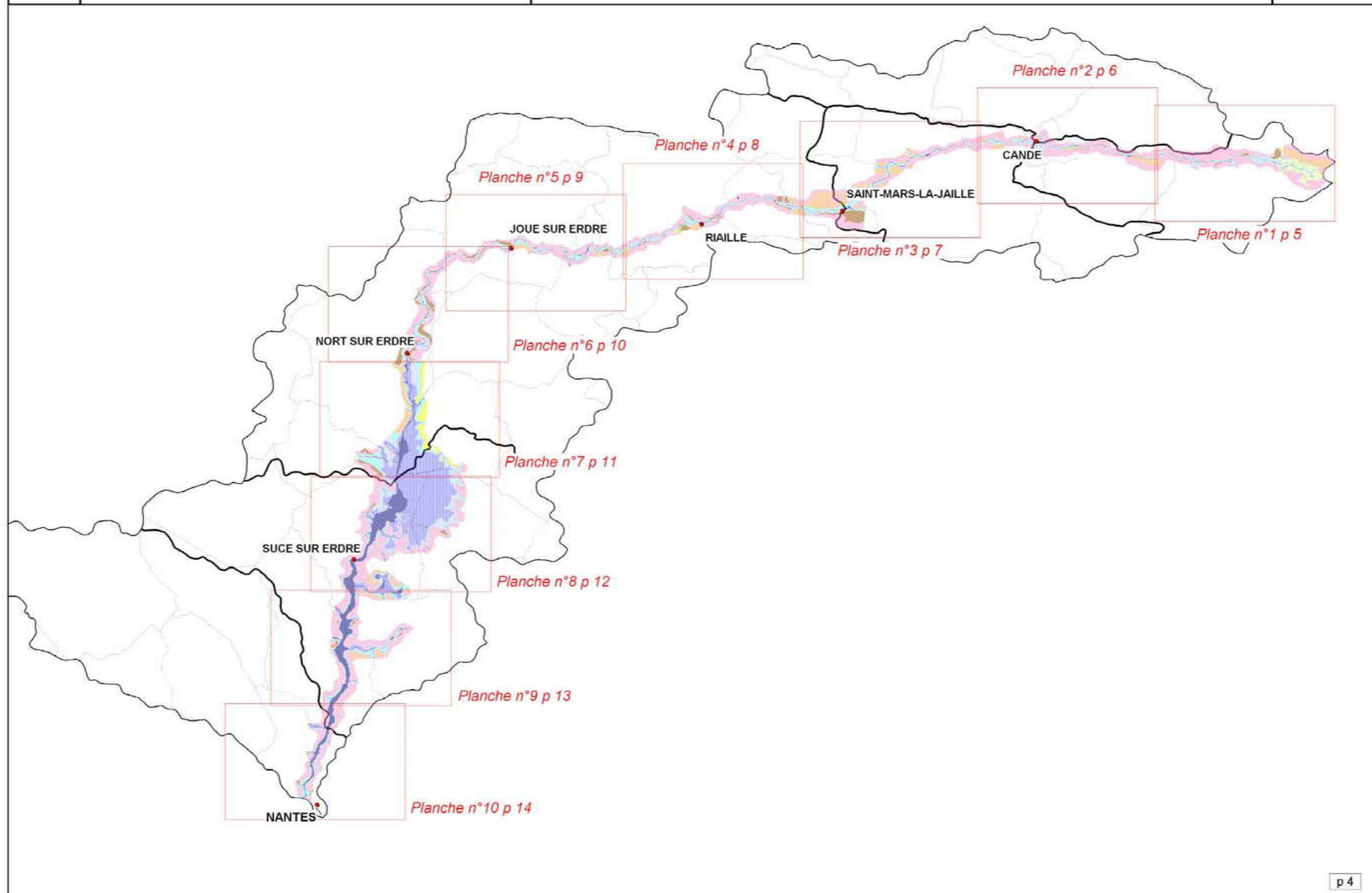
5- Informations historiques

5.1- Points d'information historique

- Repère de crue
- Information issue des archives

5.2 - Limite d'extension de crue historique

- Limite d'extension de la crue de 1910. (source DDE)
- Limite d'extension de la crue de 1936 extrapolée (Archives départementales, plans...). (source SCE)
- Limite d'extension de la crue de 1995 établie à partir de photos et vidéos aériennes. (source SCE)
- Limite d'extension de la crue de 1995 extrapolée à partir des plans IGN au 1/25 000. (source SCE)
- Zones inondées lors de la crue de 2001 sur la commune de St-Mars-La-Jaille. (source mairie)





Cartes d'inondabilité.
Analyse hydrogéomorphologique.

Communes
 Angrie La Cornuaille
 Le Louroux-Béconnais
 La Pouéze Vern-d'Anjou

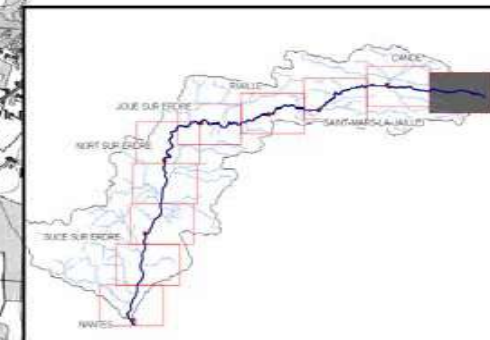
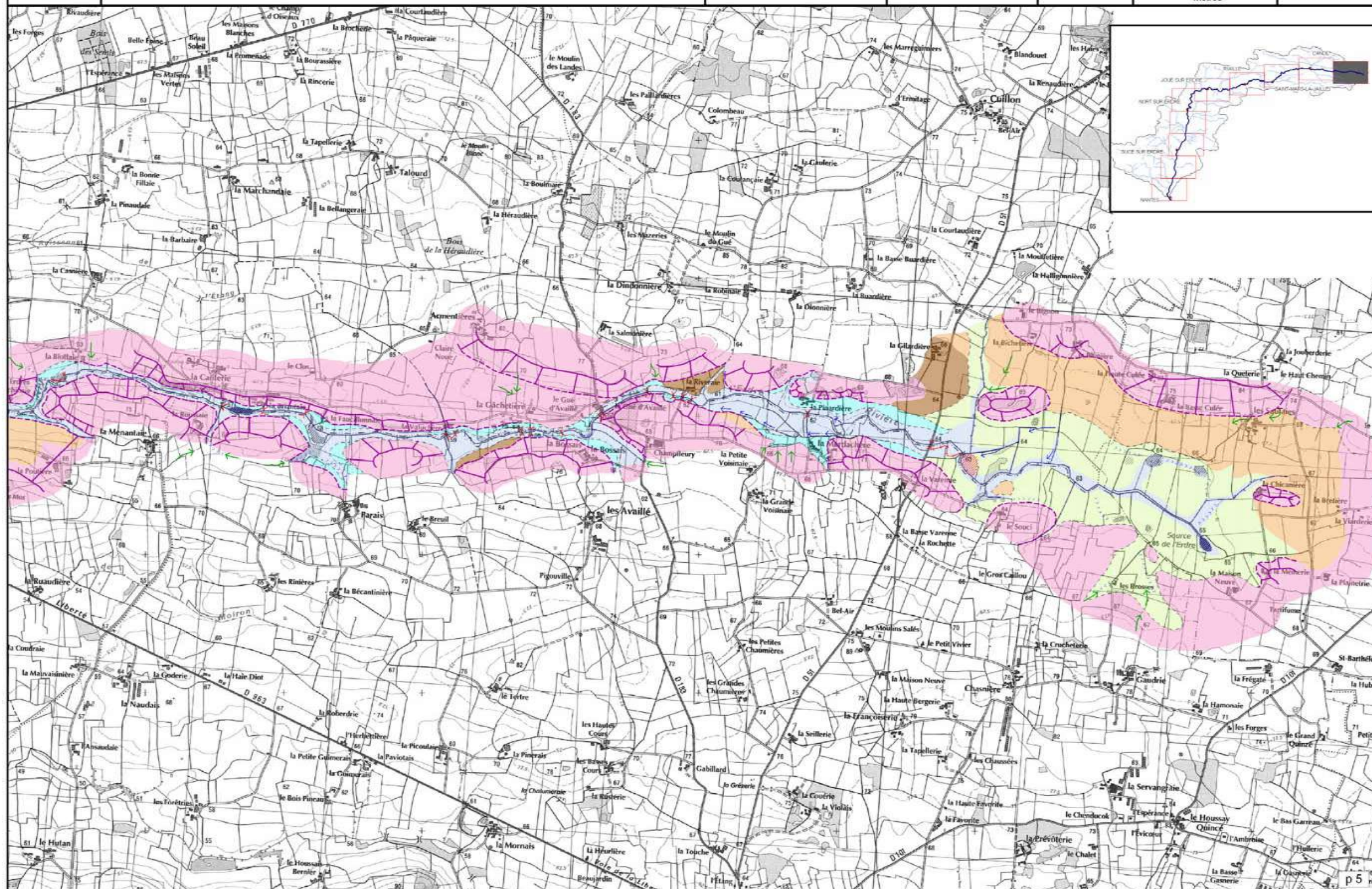
Cours d'eau
 L'Erdre

Planche
 1/10

Echelle : 1:25 000
 0 250 500 750
 Mètres



AE 04 11 24 / Août 2005





Cartes d'inondabilité. Analyse hydrogéomorphologique.

Ville
Candé

Communes
Angrie Candé
Freigné La Cornuaille

Cours d'eau
L'Erdre

Planche
2/10

Echelle : 1:25 000
0 250 500 750
Mètres

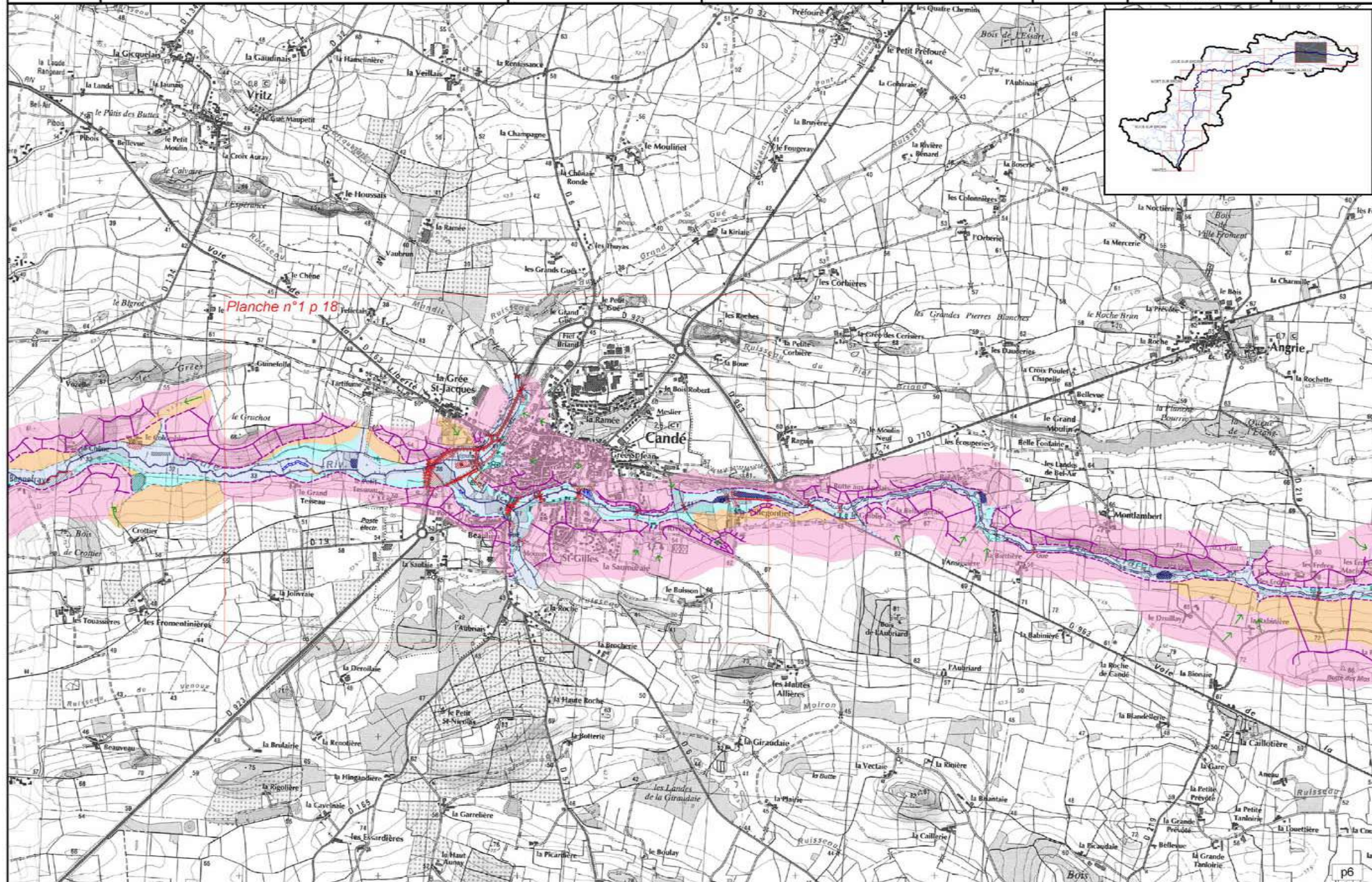


Planche n°1 p 18



Cartes d'inondabilité.
Analyse hydrogéomorphologique.

Ville
Saint-Mars-la-Jaille

Communes
Freigné
Saint-Mars-la-Jaille

Cours d'eau
L'Erdre

Planche
3/10

Echelle : 1:25 000
0 250 500 750
Mètres

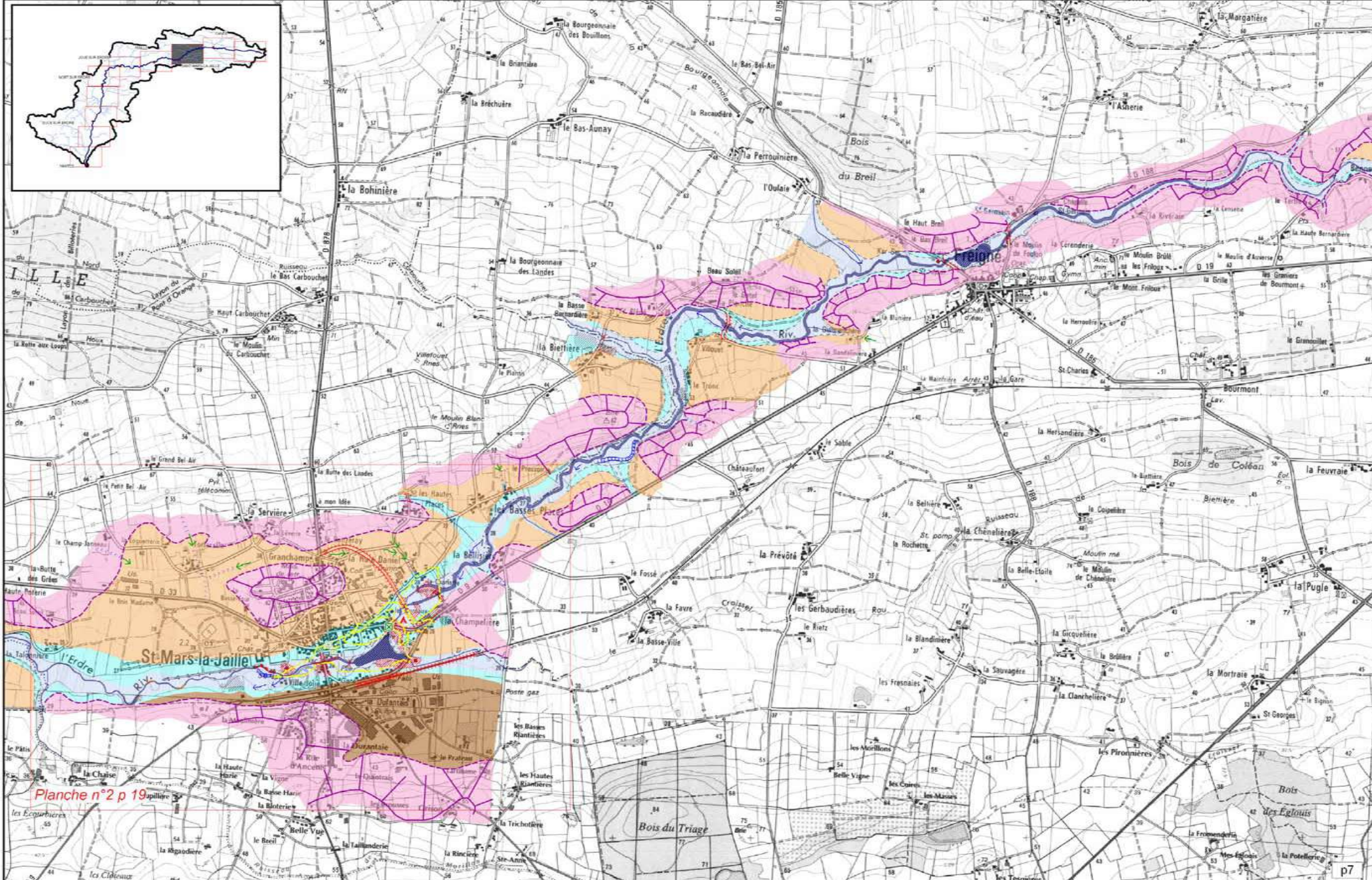


Planche n°2 p 19



Cartes d'inondabilité.
Analyse hydrogéomorphologique.

Ville
Riaillé

Communes
Bonneuvre
Riaillé
Saint-Mars-la-Jaille

Cours d'eau
L'Erdre

Planche
4/10

Echelle : 1:25 000
0 250 500 750
Mètres

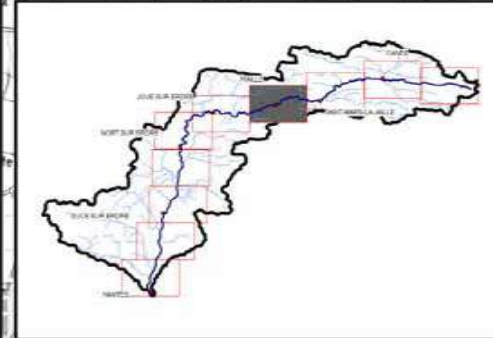
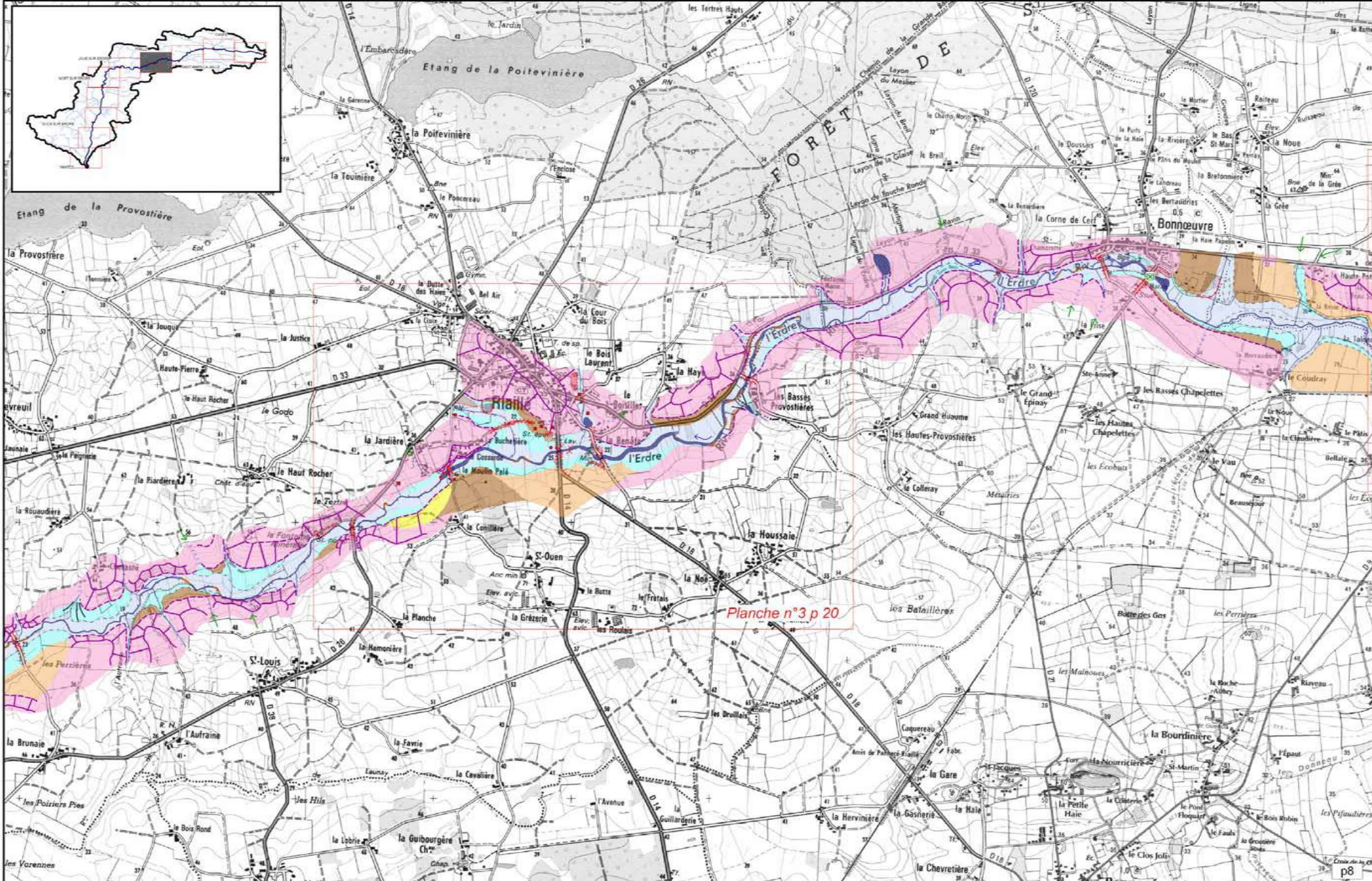


Planche n°3 p 20



Cartes d'inondabilité.
Analyse hydrogéomorphologique.

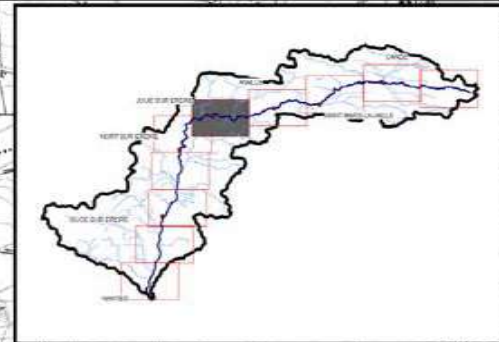
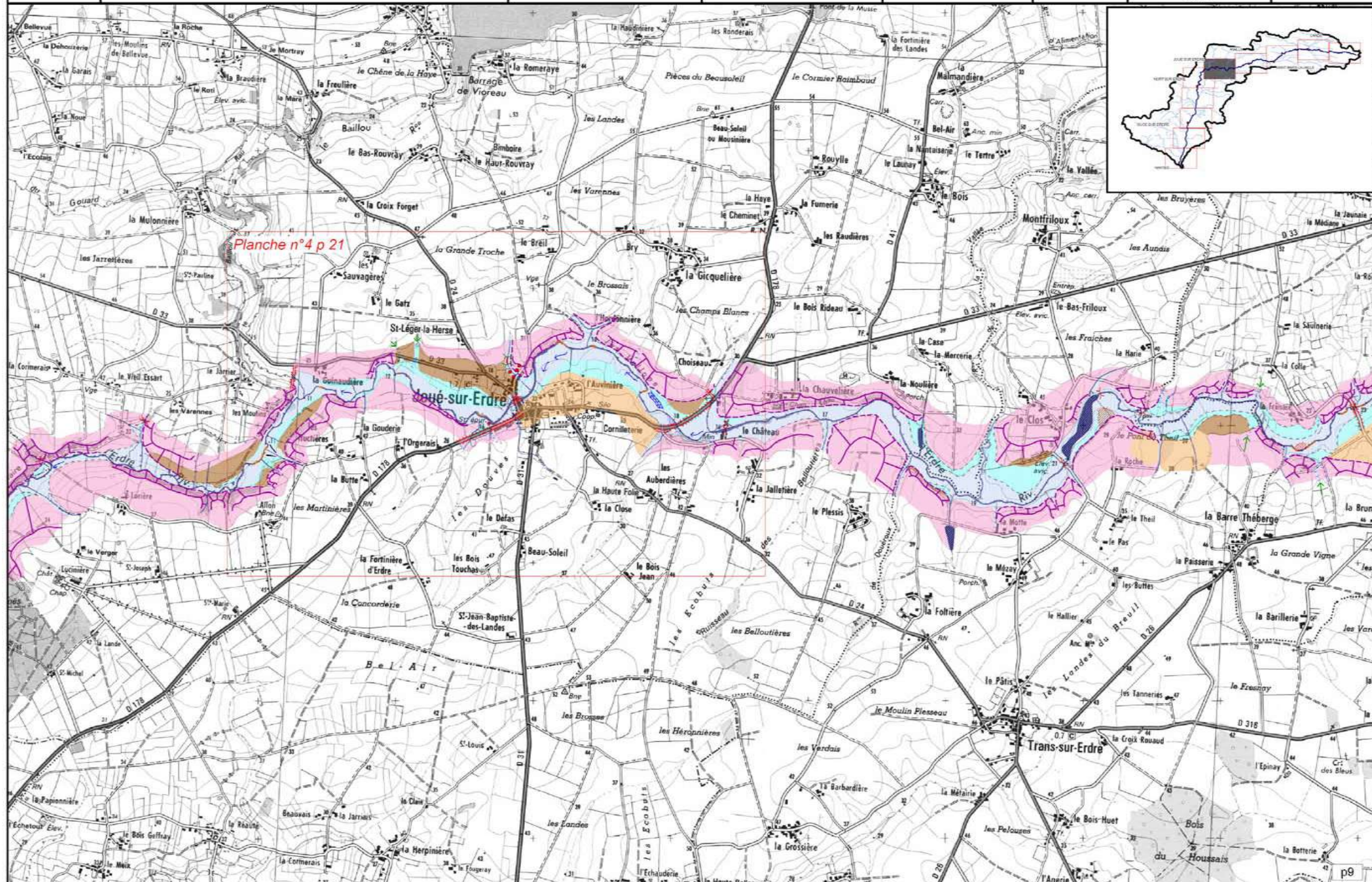
Ville
Joué-sur-Erdre

Communes
Joué-sur-Erdre
Riaillé
Trans-sur-Erdre

Cours d'eau
L'Erdre

Planche
5/10

Echelle : 1:25 000
0 250 500 750
Mètres





Cartes d'inondabilité.
Analyse hydrogéomorphologique.

Ville
Nort-sur-Erdre

Communes
Joué-sur-Erdre
Nort-sur-Erdre

Cours d'eau
L'Erdre

Planche
6/10

Echelle : 1:25 000
0 250 500 750
Mètres

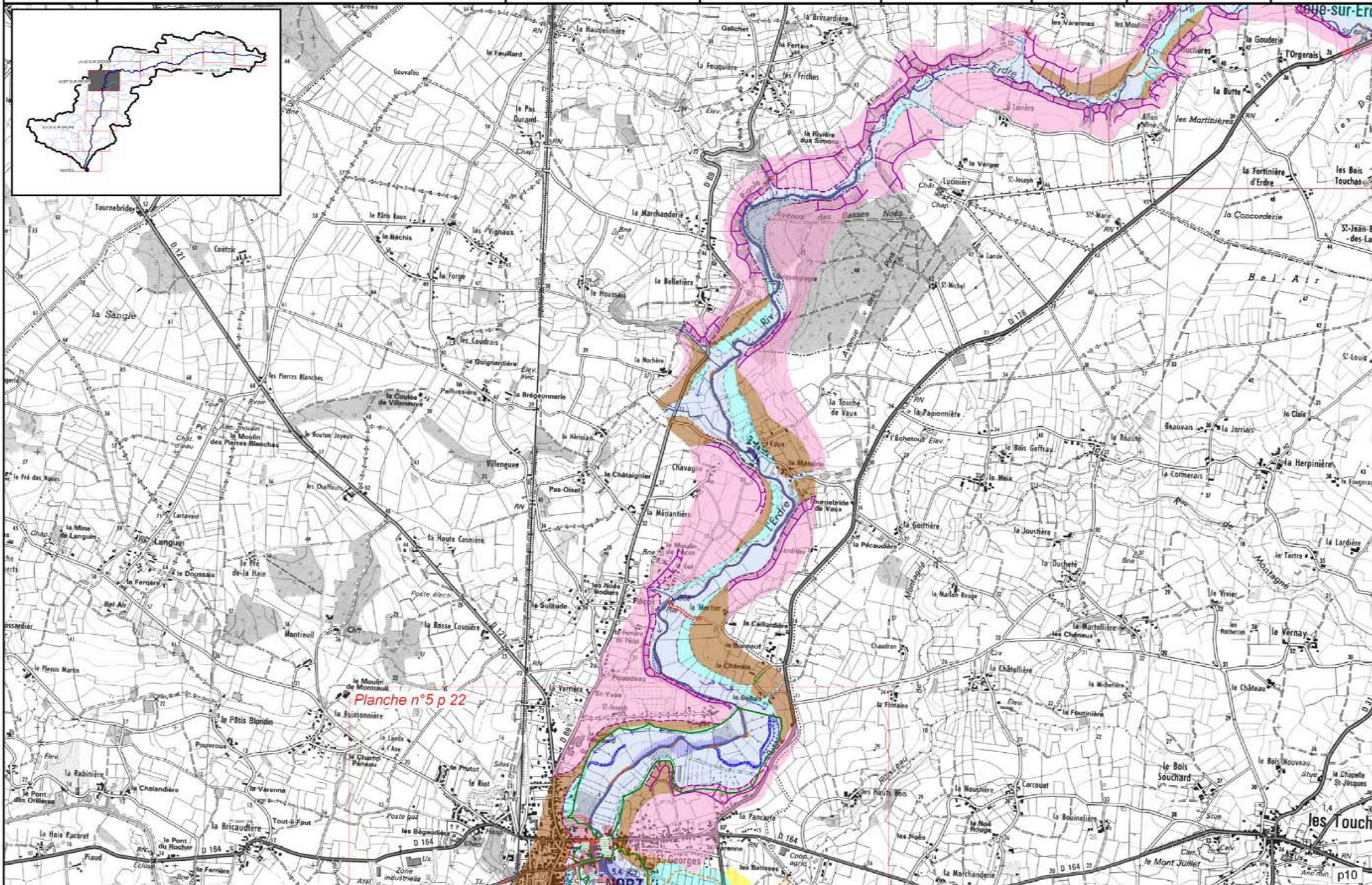


Planche n°5 p 22

les Touches
p10



Cartes d'inondabilité.
Analyse hydrogéomorphologique.

Ville
Nort-sur-Erdre

Communes
Casson Joué-sur-Erdre
Nort-sur-Erdre Petit-Mars
Saint-Mars-du-Désert
Sucé-sur-Erdre

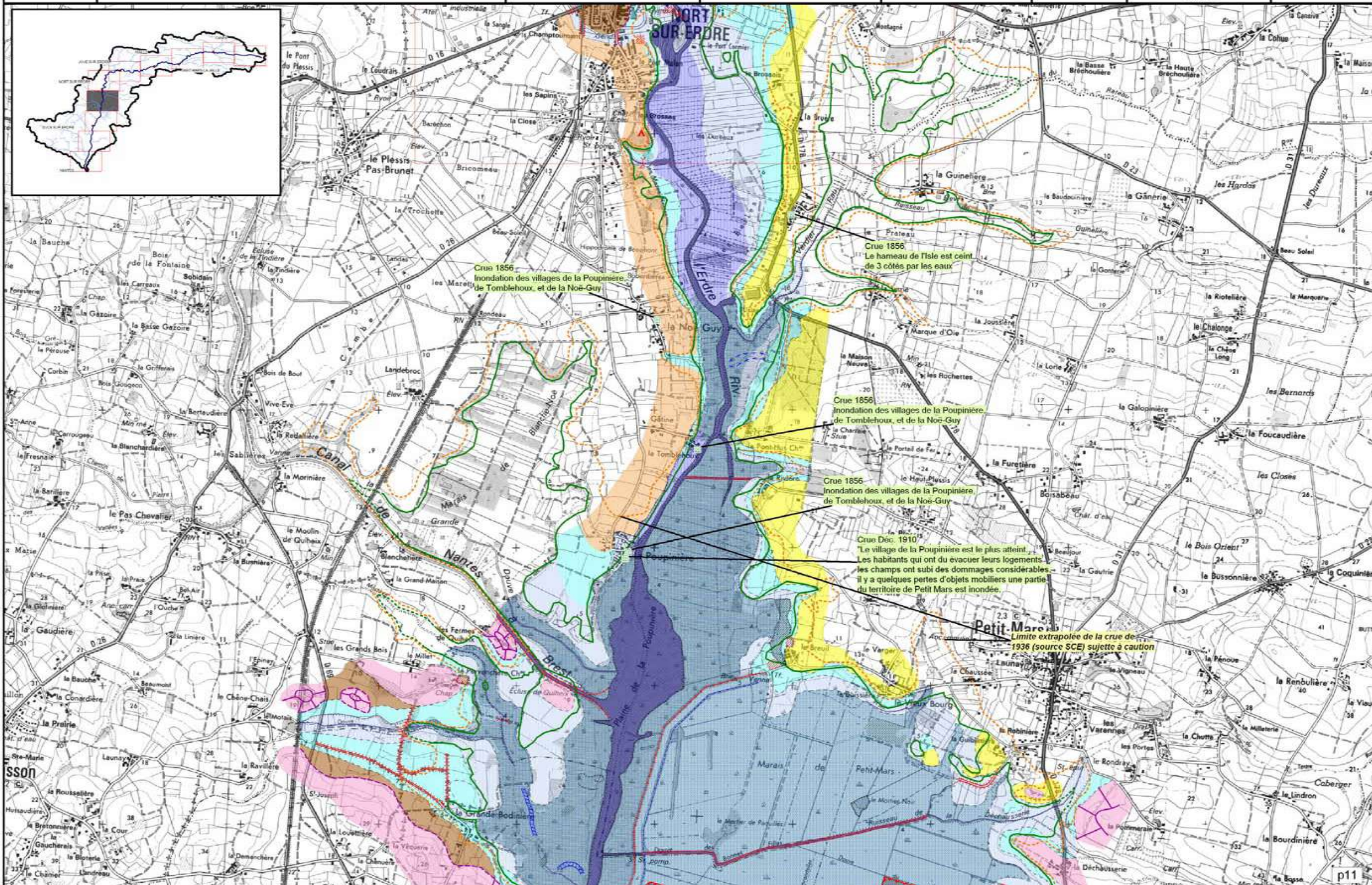
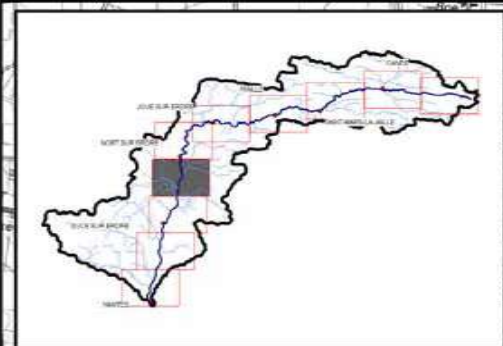
Cours d'eau
L'Erdre

Planche
7/10

Echelle : 1:25 000
0 250 500 750
Mètres



AE 04 11 24 / Août 2005





Cartes d'inondabilité.
Analyse hydrogéomorphologique.

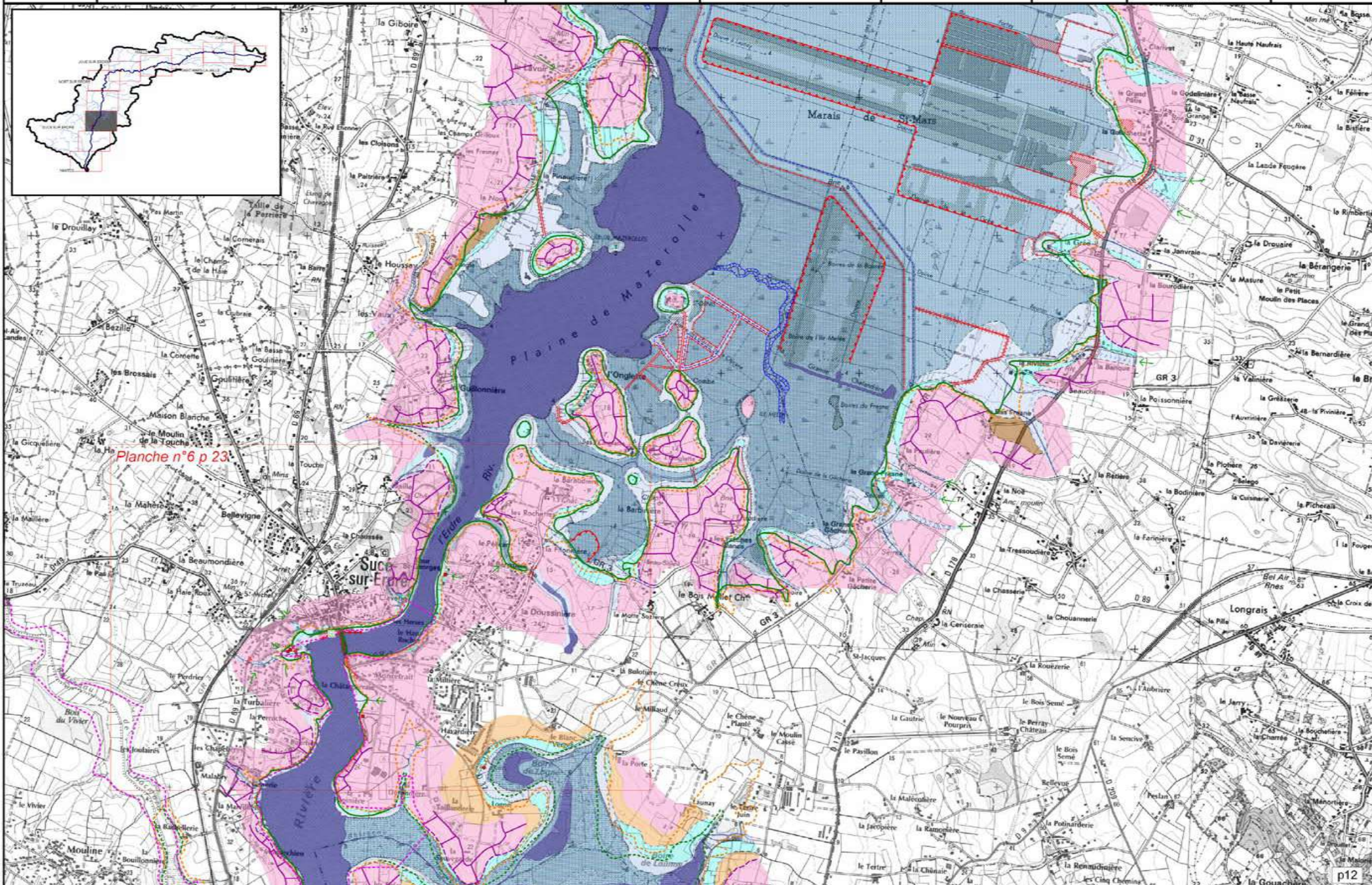
Ville
Sucé-sur-Erdre

Communes
Carquefou
Saint-Mars-du-Désert
Sucé-sur-Erdre

Cours d'eau
L'Erdre

Planche
8/10

Echelle : 1:25 000
0 250 500 750
Mètres





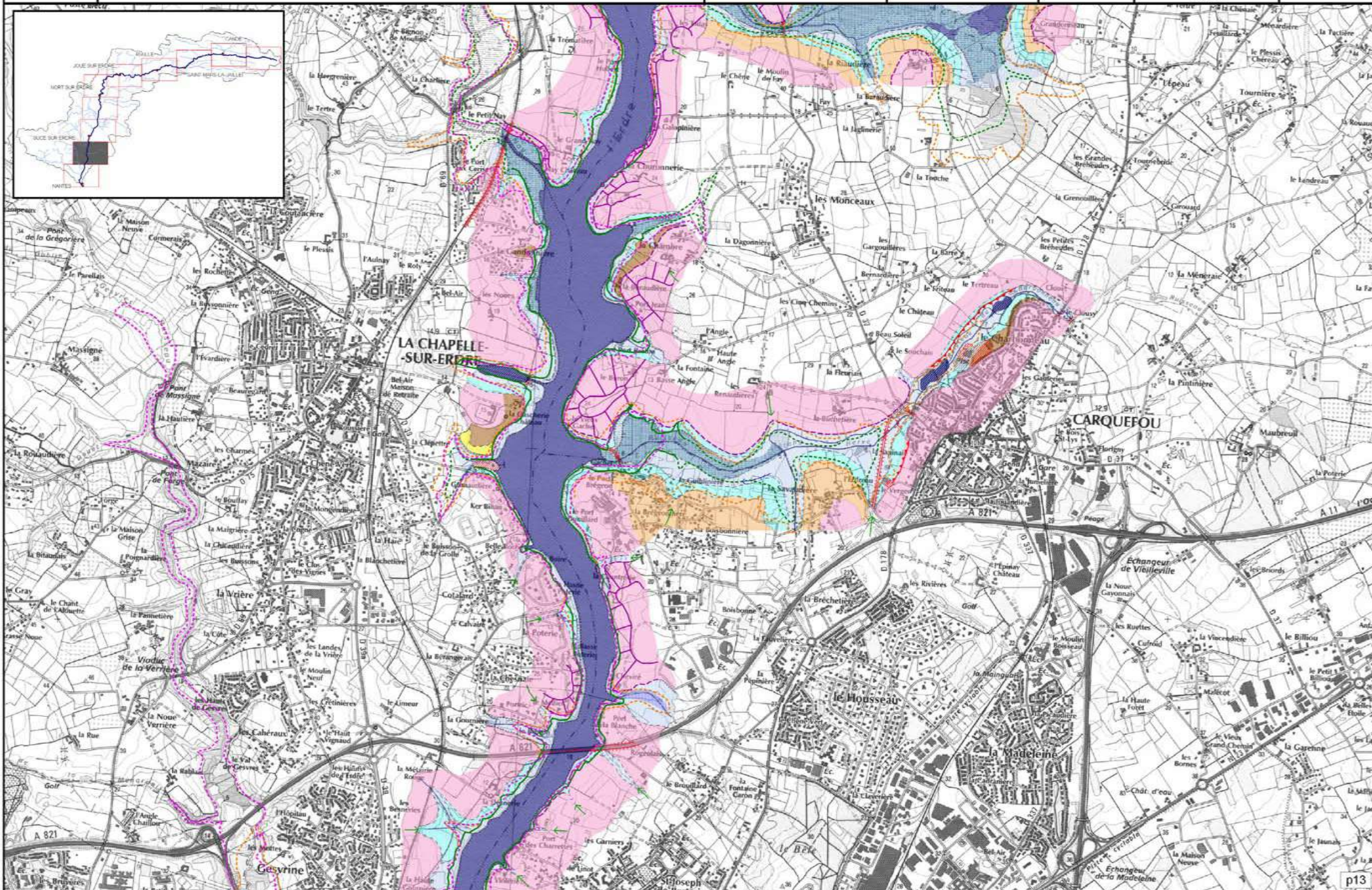
Cartes d'inondabilité. Analyse hydrogéomorphologique.

Communes
Carquefou
Chapelle-sur-Erdre
Nantes

Cours d'eau
L'Erdre

Planche
9/10

Echelle : 1:25 000
0 250 500 750
Mètres





Cartes d'inondabilité.
Analyse hydrogéomorphologique.

Ville
Nantes

Communes
Chapelle-sur-Erdre
Nantes

Cours d'eau
L'Erdre

Planche
10/10

Echelle : 1:25 000
0 250 500 750
Mètres



AE 04 11 24 / Août 2005

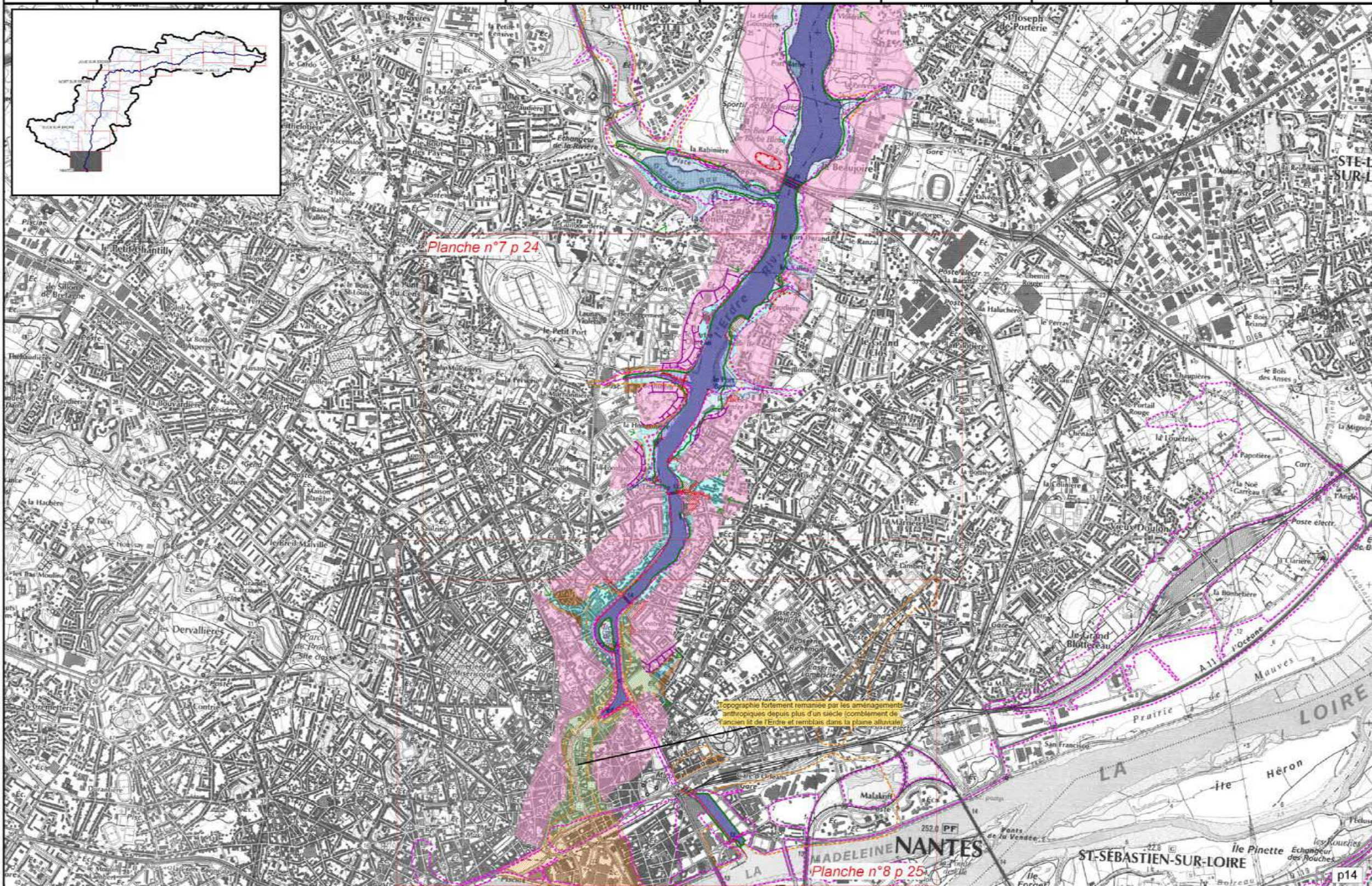
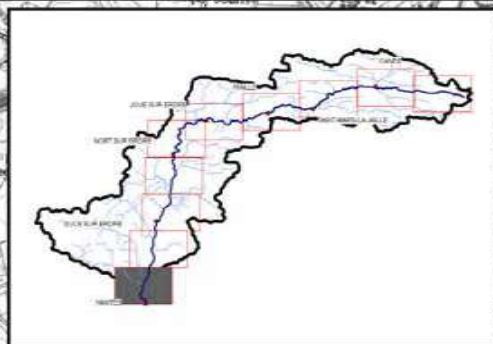


Planche n°7 p 24

Topographie fortement remaniée par les aménagements anthropiques depuis plus d'un siècle (combblement de l'ancien lit de l'Erdre et remblais dans la plaine alluviale)

Planche n°8 p 25

p14

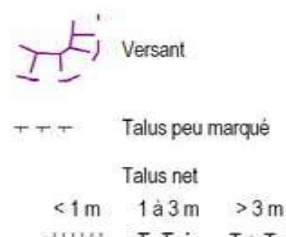


Carte d'inondabilité
Analyse hydrogéomorphologique

LEGENDE
Cartographie au 1/10 000

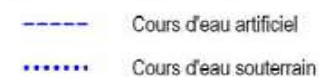


1 - Limites morphologiques

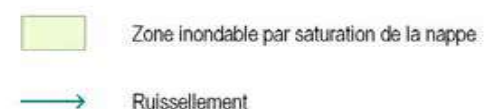


2 - Plaine alluviale fonctionnelle

2.1 - Inondabilité de type fluviale : Unités hydrogéomorphologiques actives



2.2 - Inondabilité de type pluviale



2.3 - Structures secondaires



3 - Terrains encaissants



4 - Eléments d'occupation du sol à rôle hydrodynamique

4.1 - Structures linéaires

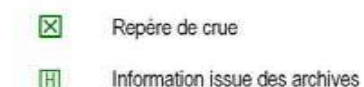


4.2 - Eléments isolés

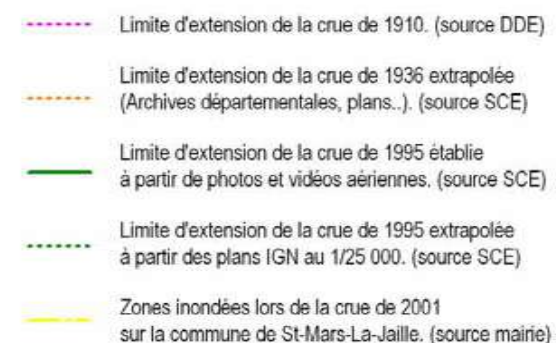


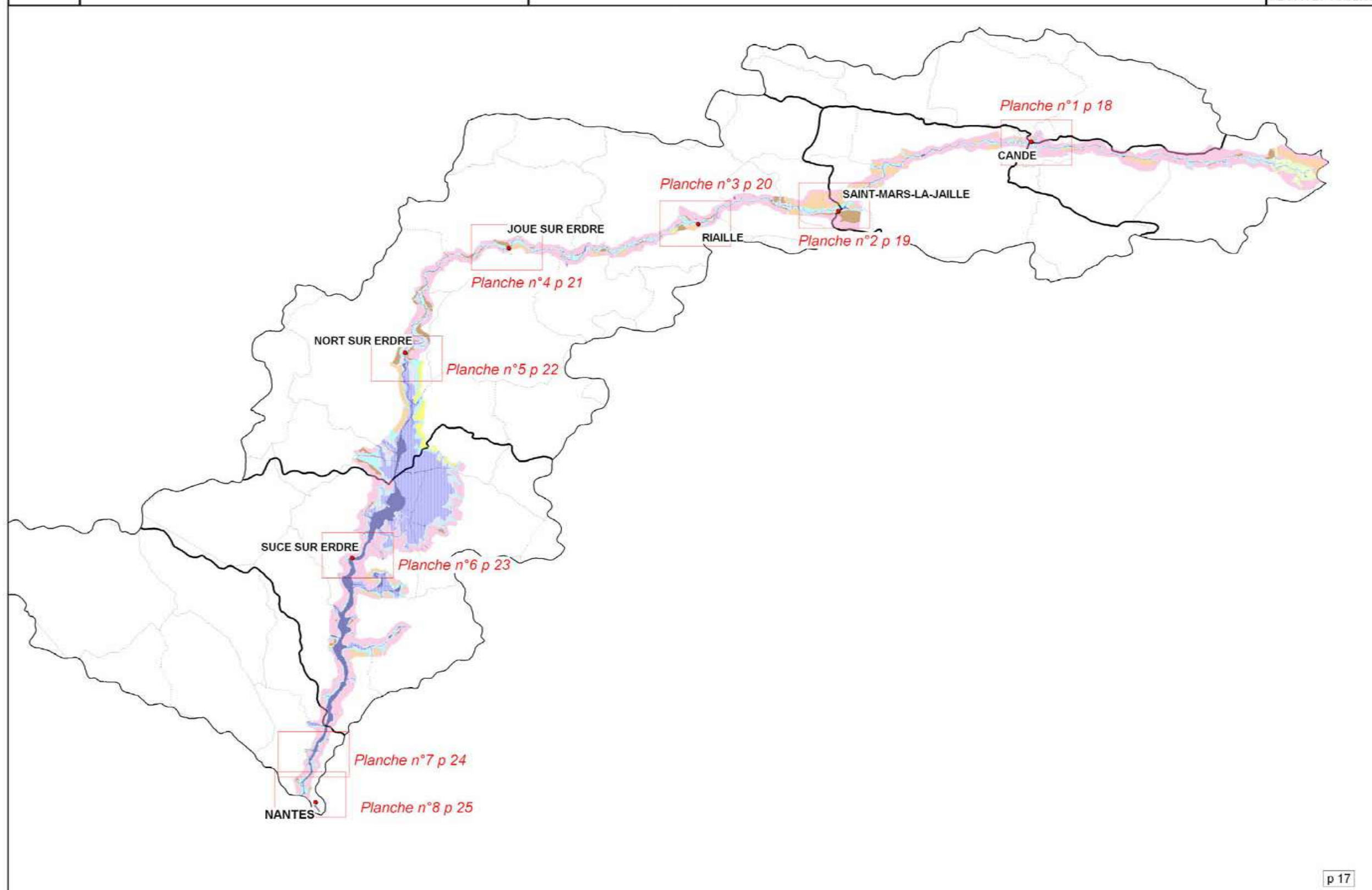
5- Informations historiques

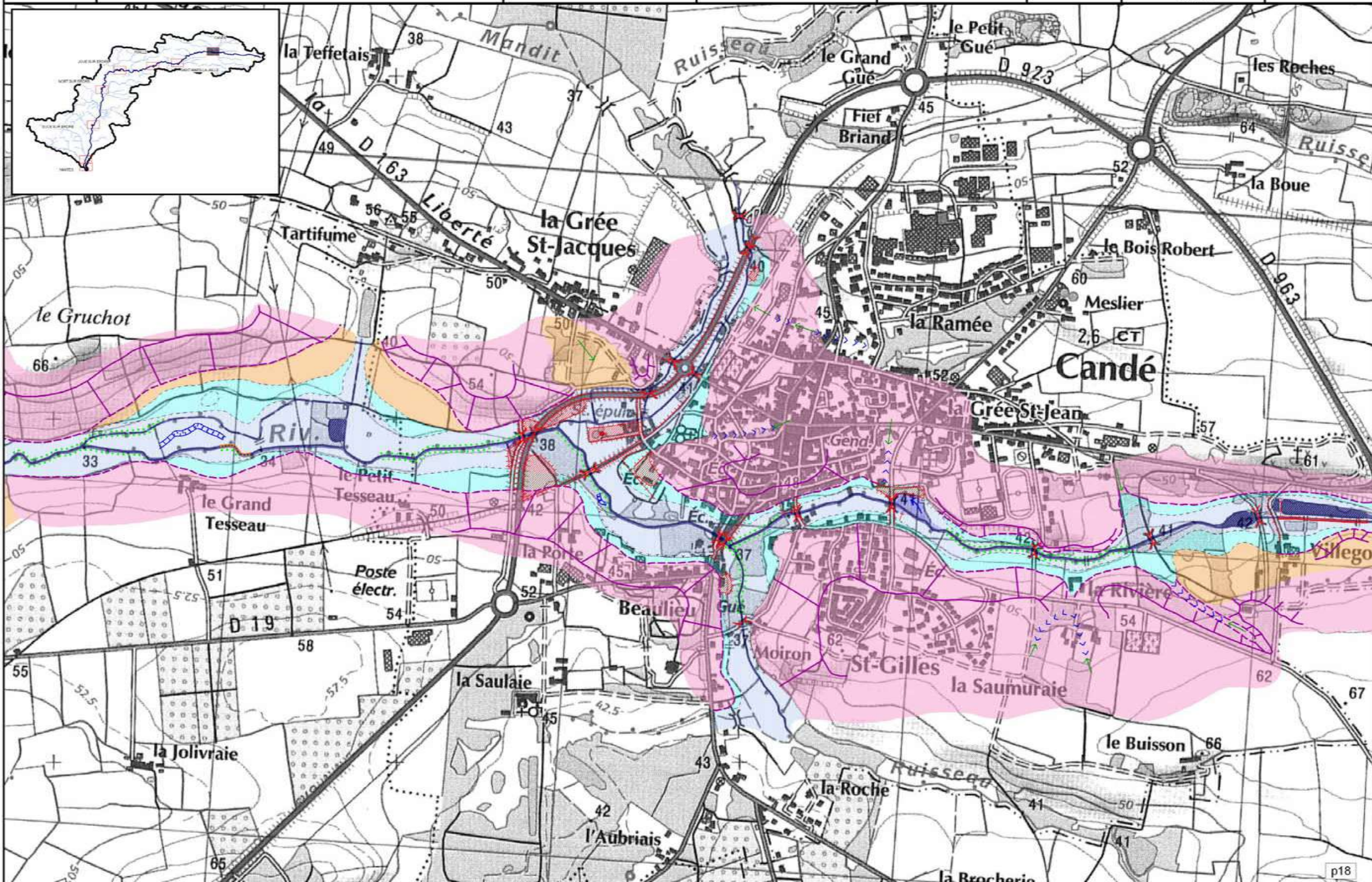
5.1- Points d'information historique



5.2 - Limite d'extension de crue historique









Cartes d'inondabilité.
Analyse hydrogéomorphologique.

Ville
Saint-Mars-la-Jaille

Communes
Candé
Saint-Mars-la-Jaille

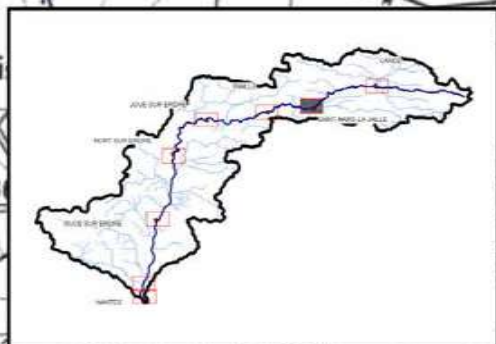
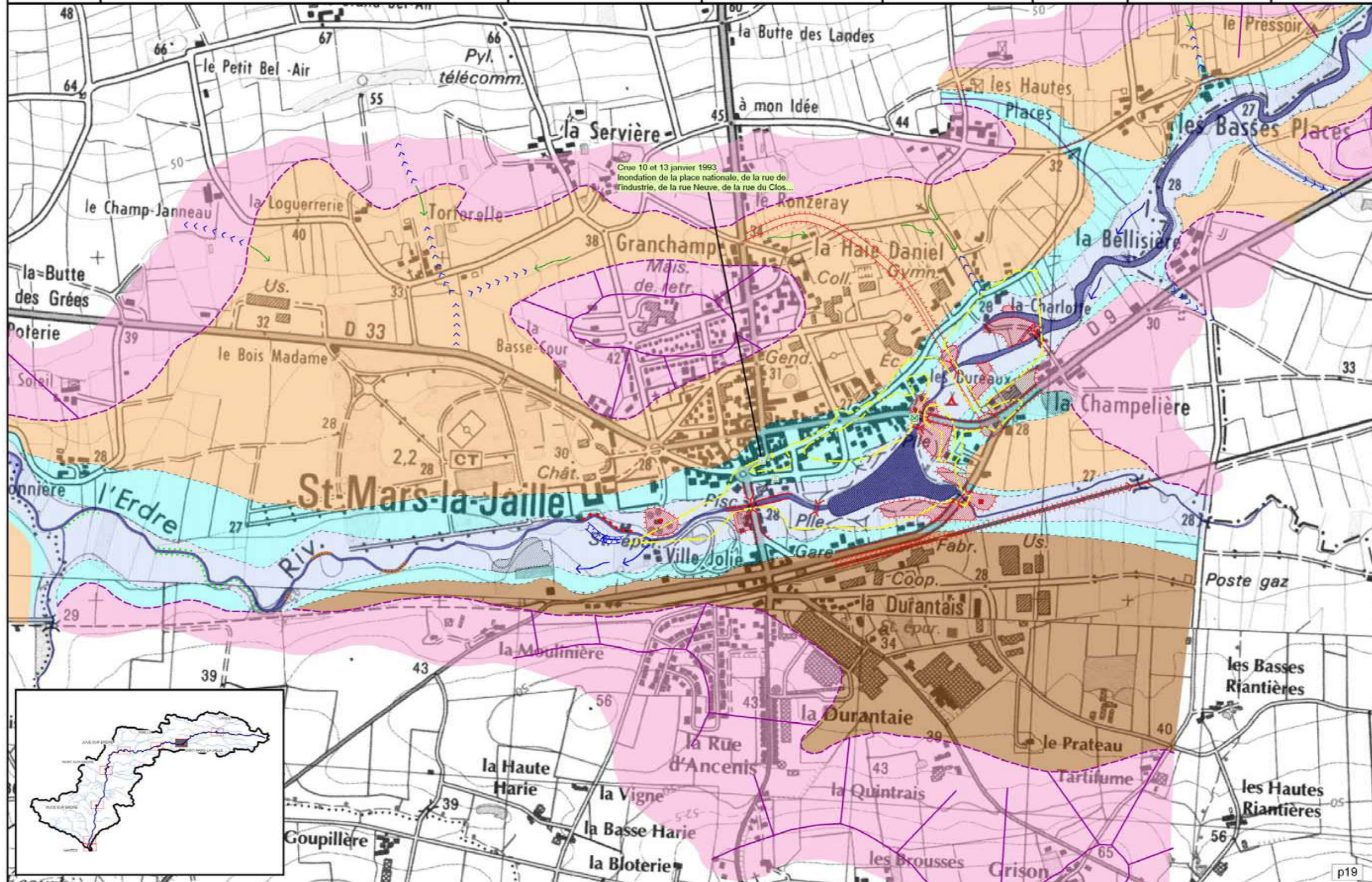
Cours d'eau
L'Erdre

Planche
2/8

Echelle : 1:10 000
0 100 200 300
Mètres



AE 04 11 24 / Août 2005





Cartes d'inondabilité.
Analyse hydrogéomorphologique.

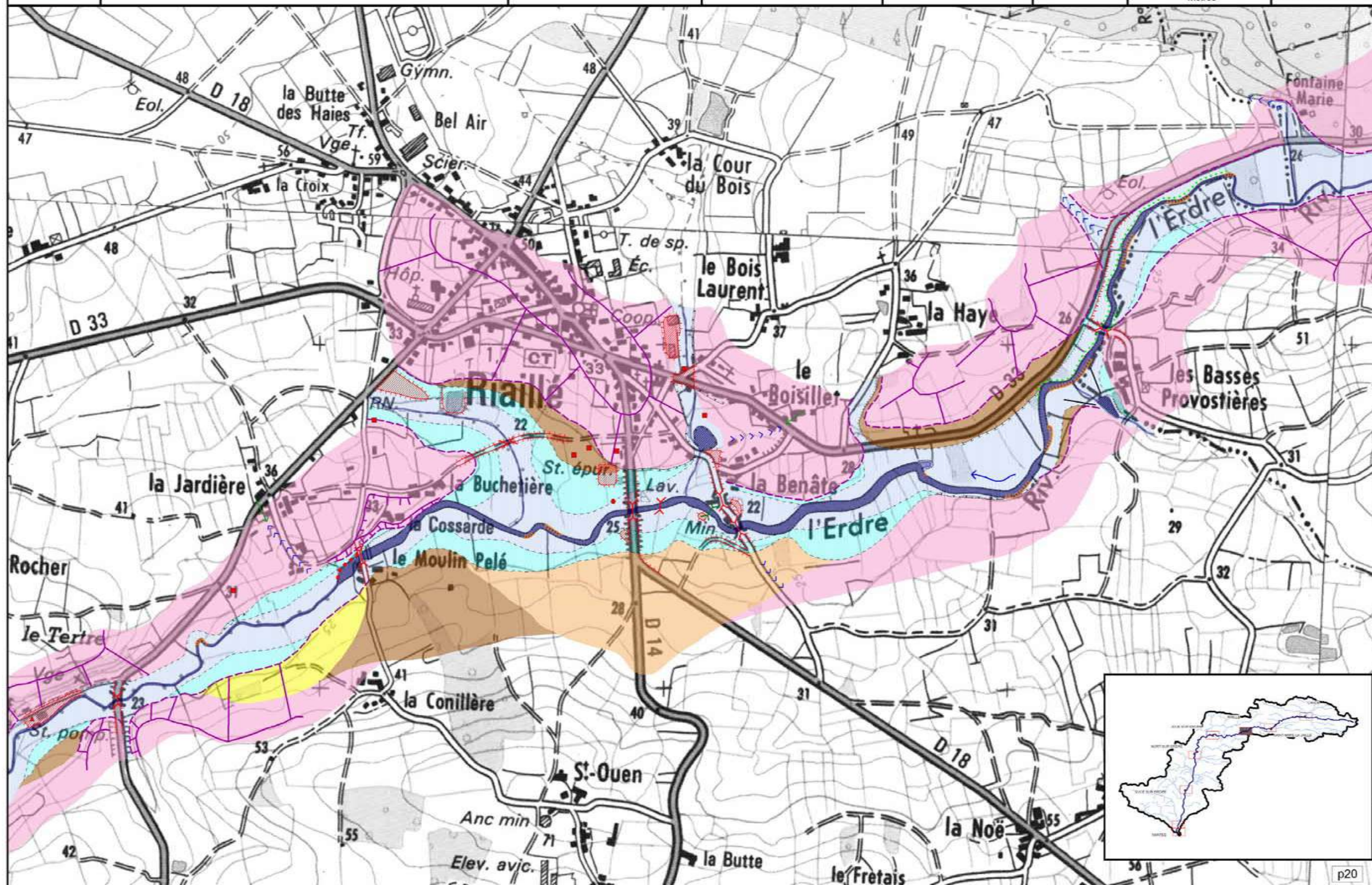
Ville
Riaillé

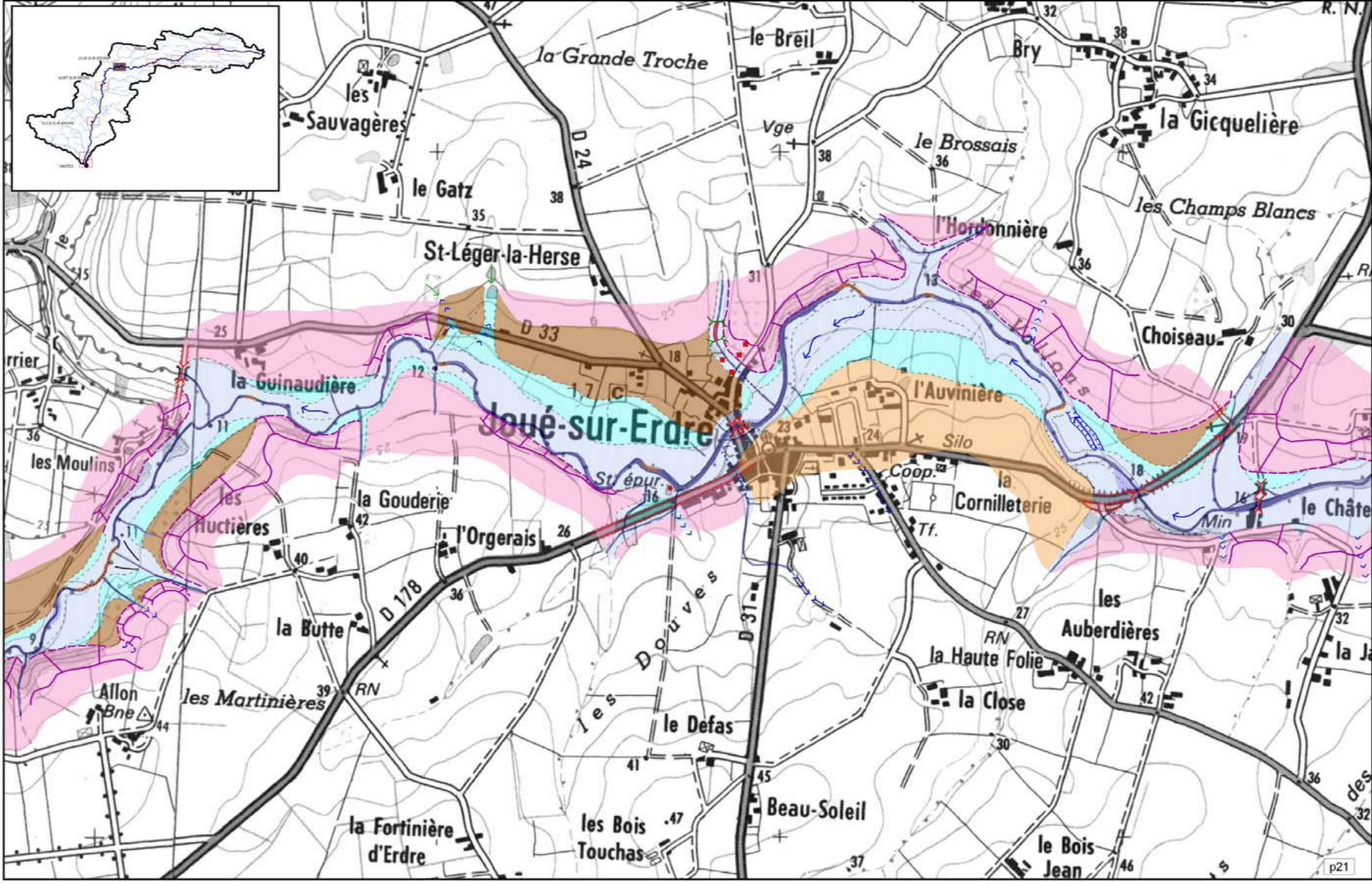
Communes
Bonneuvre
Riaillé

Cours d'eau
L'Erdre

Planche
3/8

Echelle : 1:10 000
0 100 200 300
Mètres







Cartes d'inondabilité.
Analyse hydrogéomorphologique.

Ville
Nort-sur-Erdre

Communes
Nort-sur-Erdre

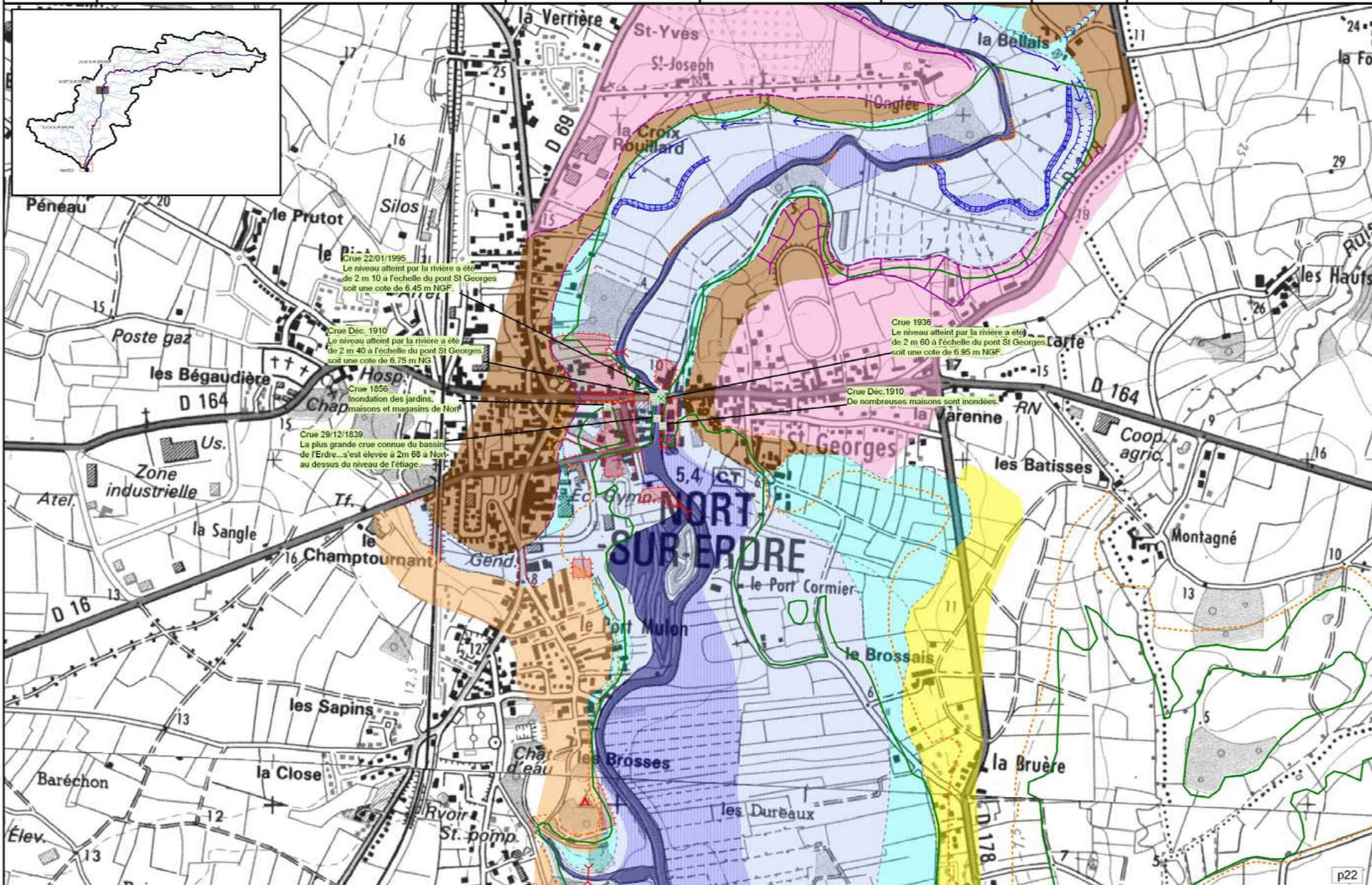
Cours d'eau
L'Erdre

Planche
5/8

Echelle : 1:10 000
0 100 200 300
Mètres



AE 04 11 24 / Août 2005



Crue 22/01/1995
Le niveau atteint par la rivière a été de 2 m 10 à l'échelle du pont St Georges soit une cote de 6.45 m NGF.

Crue Déc. 1910
Le niveau atteint par la rivière a été de 2 m 40 à l'échelle du pont St Georges soit une cote de 6.75 m NGF.

Crue 1856
Inondation des jardins, maisons et magasins de Nort.

Crue 29/12/1839
La plus grande crue connue du bassin de l'Erdre... s'est élevée à 2m 68 à Nort, au dessus du niveau de l'écluse.

Crue 1936
Le niveau atteint par la rivière a été de 2 m 60 à l'échelle du pont St Georges soit une cote de 6.95 m NGF.

Crue Déc. 1910
De nombreuses maisons sont inondées.



**Cartes d'inondabilité.
Analyse hydrogéomorphologique.**

Ville
Sucé-sur-Erdre

Communes
Sucé-sur-Erdre

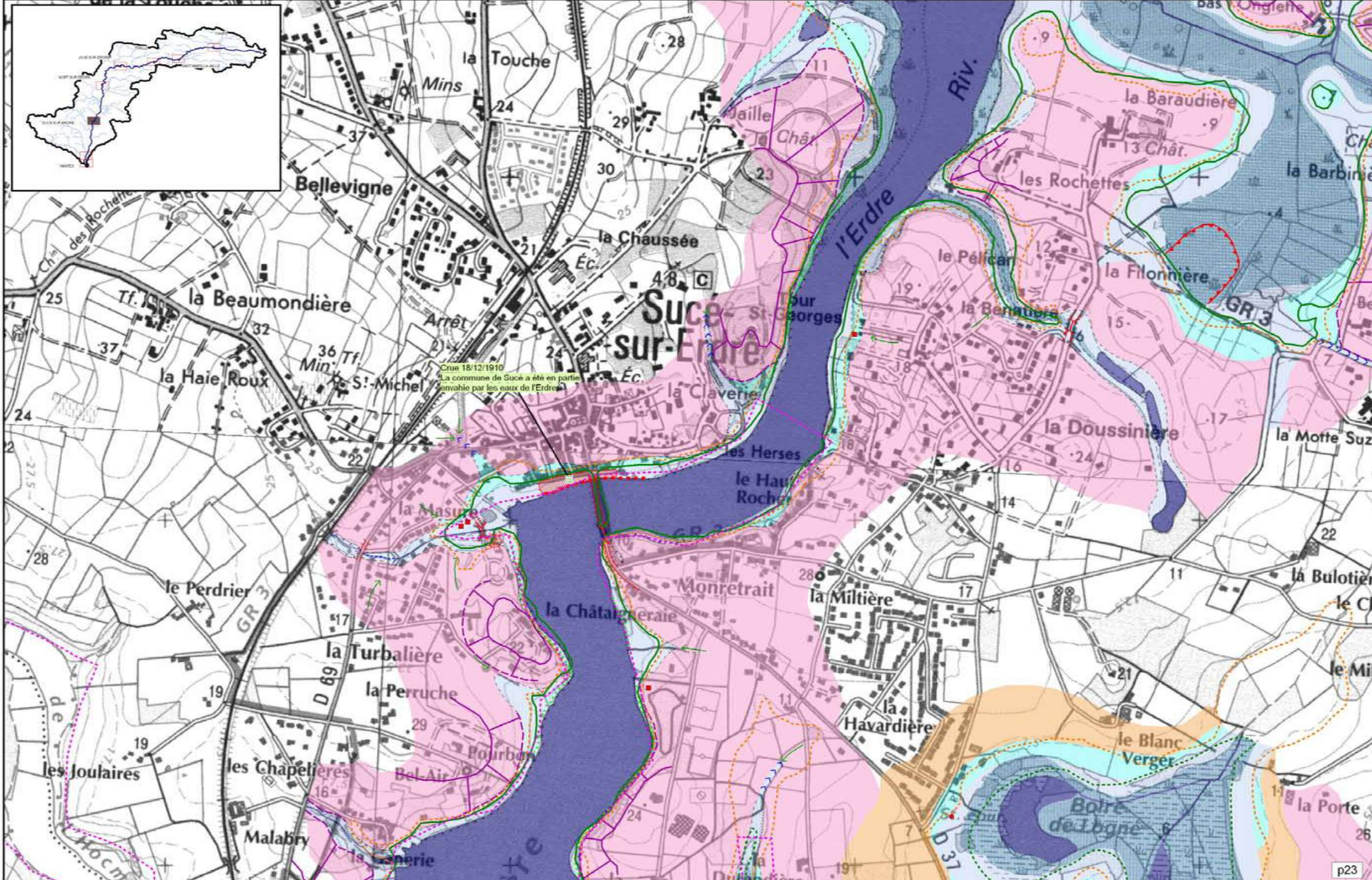
Cours d'eau
L'Erdre

Planche
6/8

Echelle : 1:10 000
0 100 200 300
Mètres



AE 04 11 24 / Août 2005





Cartes d'inondabilité.
Analyse hydrogéomorphologique.

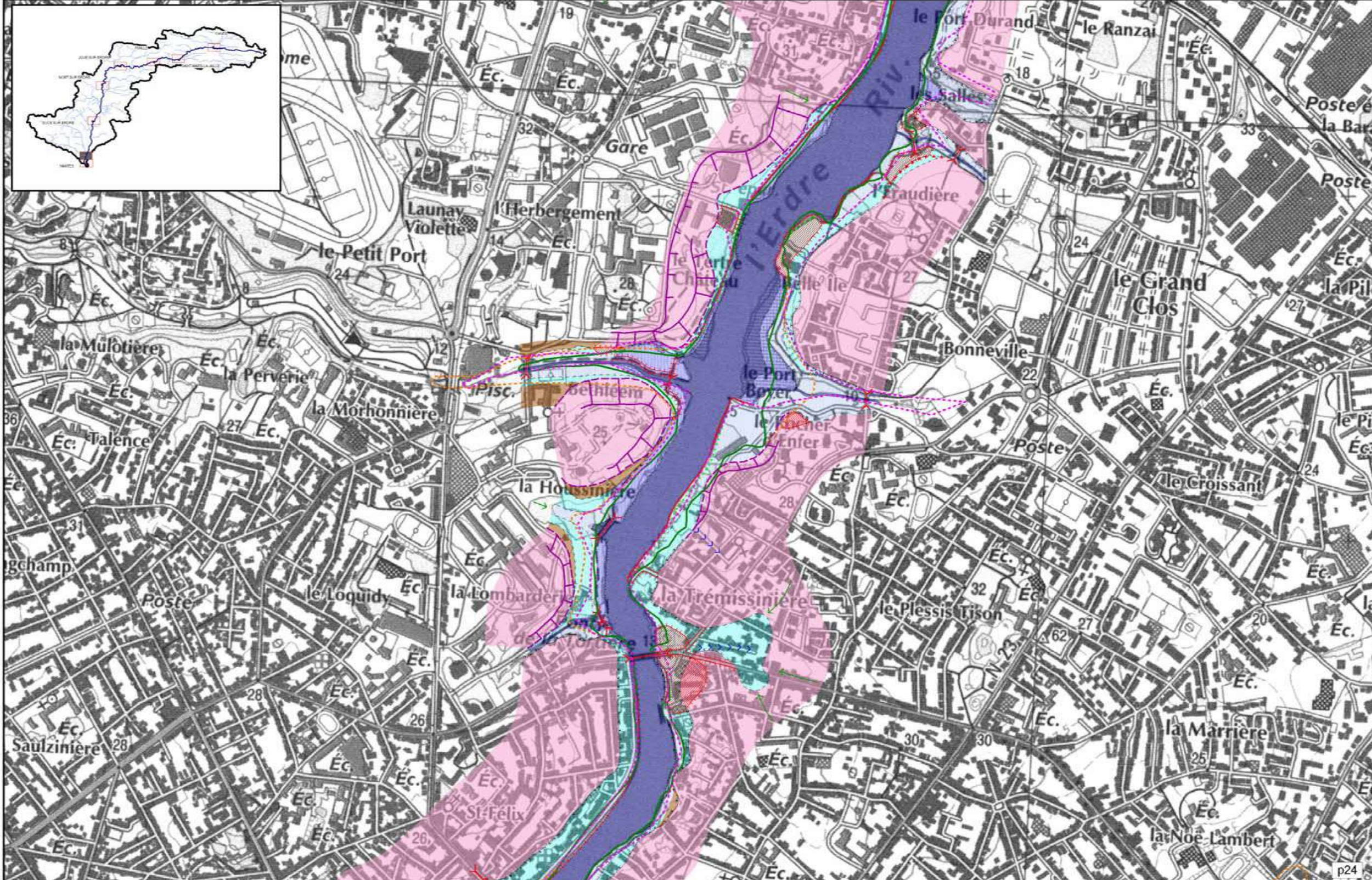
Ville
Nantes

Communes
Nantes

Cours d'eau
L'Erdre

Planche
7/8

Echelle : 1:10 000
0 100 200 300
Mètres





**Cartes d'inondabilité.
Analyse hydrogéomorphologique.**

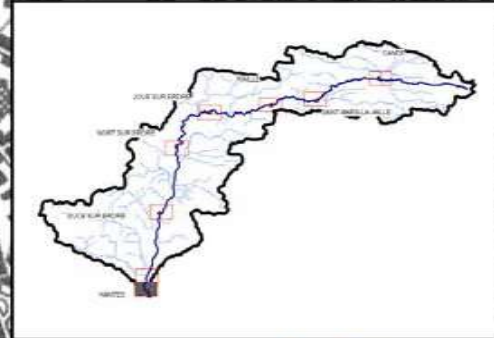
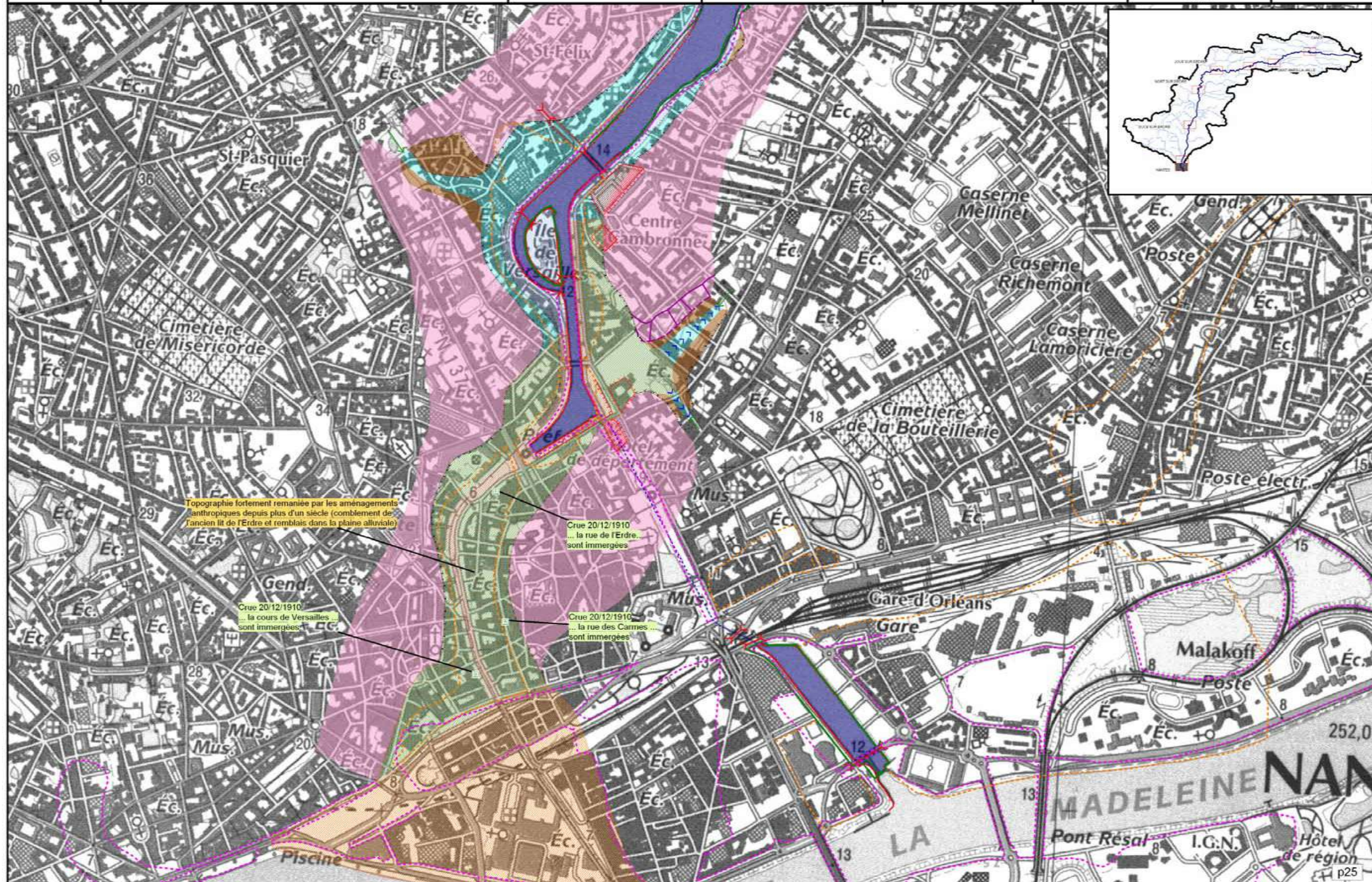
Ville
Nantes

Communes
Nantes

Cours d'eau
L'Erdre

Planche
8/8

Echelle : 1:10 000
0 100 200 300
Mètres



Topographie fortement remaniée par les aménagements anthropiques depuis plus d'un siècle (comblement de l'ancien lit de l'Erdre et remblais dans la plaine alluviale)

Crue 20/12/1910
... la cours de Versailles
sont immergées

Crue 20/12/1910
... la rue de l'Erdre
sont immergées

Crue 20/12/1910
... la rue des Carmes
sont immergées

252,0

MADELEINE NAN

Pont Résal I.G.N. Hôtel de région p25



1 - Limites morphologiques

- Versant
- Talus peu marqué
- Talus net
- < 1 m
- 1 à 3 m
- > 3 m

2 - Plaine alluviale fonctionnelle

2.1 - Inondabilité de type fluviale : Unités hydrogéomorphologiques actives

- Cours d'eau artificiel
- Cours d'eau souterrain
- Lit mineur
- Lit moyen
- Lit majeur
- Lit majeur exceptionnel
- Plan d'eau

2.2 - Inondabilité de type pluviale

- Zone inondable par saturation de la nappe
- Ruissellement

2.3- Structures secondaires

- Rocher affleurant
- Zone marécageuse
- Bras de décharge annexe
- Axe d'écoulement en crue
- Talweg secondaire
- Cône alluvial
- Erosion de berge
- Dépression de lit majeur

3 - Terrains encaissants

- Versant
- Terrasse alluviale
- Colluvion
- Sables et cailloutis du Pliocène

4 - Eléments d'occupation du sol à rôle hydrodynamique

4.1 - Structures linéaires

- Digue
- Remblai d'infrastructure
- Lit rectifié, recalibré
- Front d'urbanisation
- Carrière
- Protection de berge

4.2 - Eléments isolés

- Bâtiment
- Station d'épuration
- Captage, prise d'eau
- Camping
- Ouvrage d'art
- Seuil
- Remblai

- Cas particulier (Nantes)
- Ripisylve de berge

5- Informations historiques

5.1- Points d'information historique

- Repère de crue
- Information issue des archives

5.2 - Limite d'extension de crue historique

- Limite d'extension de la crue de 1910. (source DDE)
- Limite d'extension de la crue de 1936 extrapolée (Archives départementales, plans..). (source SCE)
- Limite d'extension de la crue de 1995 établie à partir de photos et vidéos aériennes. (source SCE)
- Limite d'extension de la crue de 1995 extrapolée à partir des plans IGN au 1/25 000. (source SCE)
- Zones inondées lors de la crue de 2001 sur la commune de St-Mars-La-Jaille. (source mairie)