

COMMUNAUTÉ DE COMMUNES DE
CHALLANS-GOIS-COMMUNAUTE

PLAN LOCAL D'URBANISME INTERCOMMUNAL

AZI Le Falleron

DOSSIER ARRÊTÉ PAR LE CONSEIL COMMUNAUTAIRE LE : 15/02/2024

Vu pour être annexé à la délibération du conseil communautaire du 15.02.2024

Le Président



Alexandre HUVET



ATLAS DES ZONES INONDABLES DES FLEUVES CÔTIERS



■ ■ ■ Atlas Cartographique



Atlas des zones inondables des cours d'eau côtiers

Maître d'ouvrage : DDE de Loire-Atlantique (44)

Auteur : GINGER Environnement et infrastructures, Les Hauts de la Duranne, 370 rue René Descartes,
CS 90340 13 799 AIX EN PROVENCE Cedex 3
Tel. : 04 42 99 27 69 Fax. : 04 42 99 28 44

Chef de projet : L. Mathieu

Participants : P Scholl, V. Durin, M. Monaco,

Date : Février 2009

N° d'affaire : RNA 08_008

Pièces composant l'étude :

- 1 rapport
- 1 atlas cartographique

Résumé de l'étude :

La méthode hydrogéomorphologique couplée aux recherches historiques permet de déterminer les zones inondables naturelles des cours d'eau côtiers du département de Loire Atlantique.

Zone géographique :

Bassin versant du Falleron, du Canal de Haute Perche, du Boivre et de l'Etier du Pont d'Arm : Loire Atlantique et Vendée, Pays-de-Loire, France.

Rapport : L. Mathieu, P Scholl

Cartographie hydrogéomorphologique : L. Mathieu,

Numérisation et SIG: M. Monaco

SOMMAIRE

1	SYNTHESE DU FONCTIONNEMENT DES BASSINS VERSANTS CONCERNES	5
	1.1 Présentation des bassins versants	5
	1.2 Caractéristiques hydrographiques et hydrologiques	7
	1.3 Géologie et hydrogéologie	8
	1.4 Contexte climatique	10
	1.5 L'occupation du sol	12
	1.6 Synthèse	13
2	SYNTHESE HISTORIQUE	14
	2.1 Aménagement et histoire des paysages	14
	2.2 Données d'archives et d'enquêtes	16
	2.2.1 Chronologie des évènements	17
	2.2.2 Synthèse des crues remarquables	19
3	CARTOGRAPHIE HYDROGEOMORPHOLOGIQUE	21
	3.1 Méthodologie	21
	3.1.1 Les bases de l'hydrogéomorphologie	21
	3.1.2 Cartographie des unités hydrogéomorphologiques	21
	3.1.3 Les principaux outils utilisés	25
	3.1.4 Les outils complémentaires	26
	3.1.5 Atouts et limites de la méthode hydrogéomorphologique	26
	3.1.6 Enrichissement par l'apport de données topographiques	27
	3.2 Commentaire des cartographies	28
	3.2.1 Le Falleron	29
	3.2.2 Le Canal de Haute Perche	36
	3.2.3 Le Boivre	38
	3.2.4 L'Etier du Pont d'Arm	42

INTRODUCTION

Contexte de l'étude

De par leurs caractéristiques physiques (climat, densité du réseau hydrographique), les départements de la région Pays de Loire se trouvent exposés au risque inondation qui s'exprime par des crues fréquentes et répétitives. Conscients de cette problématique, les services de l'Etat ont lancé depuis 2004 de nombreuses études pour acquérir une connaissance plus précise des zones exposées. Les zones inondables des principaux cours d'eau de Loire-Atlantique étant traitées (Loire, Erdre, affluents de la Vilaine, bassin de Grandlieu), la DDE 44 a souhaité poursuivre la cartographie sur les cours d'eau secondaires, soit dans un simple but de connaissance et d'information préventive, soit dans un objectif d'élaboration d'étude préalable à l'élaboration de PPR.

Méthodologie retenue

La méthode de travail retenue pour cette étude est l'**analyse hydrogéomorphologique**, 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 façonnées par les crues passées. L'analyse s'appuie sur l'interprétation géomorphologique d'une couverture stéréoscopique de photos aériennes (mission 44 IFN 96 au 1/17 000^e) validée par des vérifications de terrain. Dans l'élaboration du document, cette analyse géomorphologique appliquée aux espaces alluviaux est associée aux informations relatives aux crues historiques.

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. Ces derniers sont 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 – DDU/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'atlas des zones inondables est constitué de cartes réalisées à l'échelle du 1/25.000^e et du 1/10.000^e accompagnées d'un commentaire relatif à chaque tronçon homogène des cours d'eau concernés. Ce document est décliné en deux dossiers :

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

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) qui ont une 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, et des relevés topographiques ponctuels** qui fournissent localement des éléments de hauteur d'eau.

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 des phénomènes (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 DDEA, couvre les bassins versants du Falleron (y compris sa partie amont située dans le département de Vendée), du Canal de Haute Perche, du Boivre et de l'Etier du Pont d'Arm.

L'intégralité des zones inondables de la vallée principale est prise en compte, ainsi que les confluences avec les principaux affluents et les vallons latéraux.

L'échelle de cartographie retenue est le 1/25.000^e sur la totalité du linéaire de l'étude (280 km) avec des zooms au 1/10.000^e sur les secteurs à enjeux ; l'ensemble étant reporté sur un support de fond de plan monochrome constitué par le SCAN 25 de l'I.G.N ou l'orthophotographie, fourni par le maître d'ouvrage.

1 SYNTHÈSE DU FONCTIONNEMENT DES BASSINS VERSANTS CONCERNÉS

L'objectif de ce chapitre est de réaliser une synthèse des informations physiques (géologie, climat hydrologie, occupation du sol) permettant de caractériser le fonctionnement des cours d'eau des bassins versants concernés. Cette approche a été réalisée sur la base des diverses études, rapports et monographies existantes sur le secteur.

1.1 PRÉSENTATION DES BASSINS VERSANTS

Cet atlas concerne 4 cours d'eau qui drainent la frange côtière du littoral de Loire-Atlantique entre l'estuaire de la Vilaine et la presqu'île de Noirmoutier en Vendée.

La carte présentée ci-contre fait apparaître la localisation des cours d'eau étudiés ainsi que les communes qu'ils traversent.

Les principales caractéristiques physiques et géographiques de ces cours d'eau sont décrites séparément ci-dessous du nord au sud.

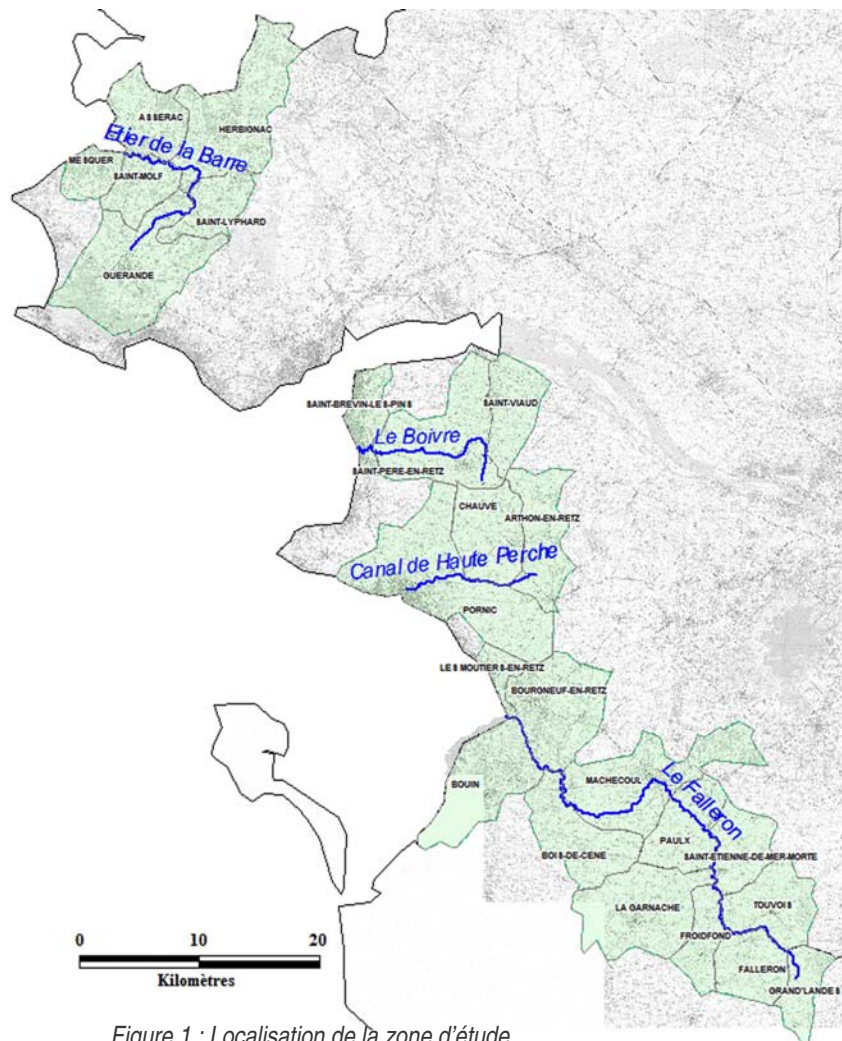
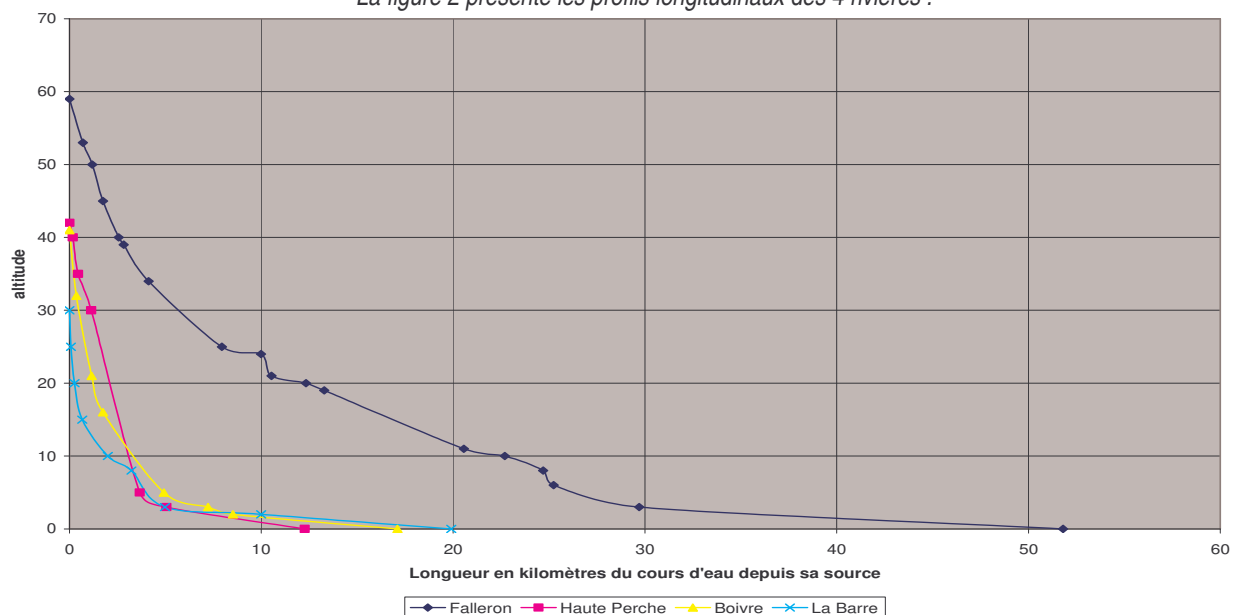


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude

- **L'Etier de la Barre ou Etier de Pont d'Arm**, prend sa source à proximité de l'Étang du Cabinet, situé au nord de Guérande, à 39 mètres d'altitude. Le long de ses premiers kilomètres, encaissé dans un relief collinaire il suit une direction rectiligne Nord-Est jusqu'à atteindre une altitude de l'ordre de 3 mètres à Kérozan. A ce niveau sa pente est très faible, son lit devient marécageux et son cours s'infléchit vers l'ouest sur une dizaine de kilomètres jusqu'à son estuaire constitué de marais salants sur la commune de Mesquer. L'essentiel de son bassin versant à l'exception de la partie aval est incluse dans le périmètre du Parc Naturel Régional de Brière avec lequel il entretient par la nappe des connexions hydrauliques.

- Le **Boivre** se développe à 42 mètres d'altitude, à proximité du lieu dit l'Ennerie, au Sud Est du village de Saint-Père-en-Retz. Son profil en long est similaire à celui de l'Etier du Pont d'Arm puisqu'il atteint également rapidement (au bout de 7 kilomètres), des zones marécageuses à pente très faible situées entre 2 et 3 mètres NGF qui représentent l'essentiel de son linéaire. Sur la commune de Saint-Brevin-l'Océan son exutoire est barré par un cordon littoral sableux que le cours d'eau franchit par un drain artificiel pour rejoindre l'océan.
- Le **Canal de Haute Perche** est un cours d'eau artificiel qui relie les dépressions marécageuses d'Arthon-en-Retz et de Chauvé au littoral. D'une longueur de près de 10 kilomètres il suit une direction générale Est-Ouest depuis le lieu dit Haute Perche jusqu'à son débouché dans l'océan au cœur de la ville de Pornic. Creusé à partir d'une altitude d'environ 2,5 m, il s'écoule très lentement vers l'atlantique le long d'une zone de marais assez large à l'amont (1,2 kilomètres), qui se resserre à l'aval laissant place à une vallée bien encaissée correspondant à la ria de Pornic. Ce canal récolte les eaux de nombreux affluents perpendiculaires organisés en étiers drainant les flancs des reliefs encaissant dont la colline St-Père-en-Retz constitue le point culminant à 61 mètres d'altitude.
- Le **Falleron**, qui est le cours d'eau le plus important de la zone d'étude, prend sa source à la Bregeonnerie, en Vendée au nord de Grand'Landes, à 59 mètres d'altitude. D'orientation générale Sud-Est / Nord-Ouest, il parcourt 52 kilomètres avant de se jeter dans l'océan, sur la commune de Bourgneuf-en-Retz, au lieu dit Port du Collet. Sur sa partie amont il présente le profil d'une vallée étroite et encaissée alternant avec des petits bassins secondaires où méandre le cours d'eau. A l'aval de la commune de Machecoul, il pénètre dans le Marais Breton vaste zone humide de 45 000 hectares constituée de polders, marécages et salines qui assurent une transition entre l'espace littoral et l'intérieur des terres. L'ensemble de cette zone située entre la cote 1 et 4 m NGF est protégée de la mer par un cordon littoral sableux, des digues qui barrent la partie estuarienne à l'aval, ainsi que par un système de vannes et d'écluses qui limitent les remontées marines. Le réseau dense d'étiers qui quadrillent l'espace est régi par un fonctionnement hydraulique assez complexe car il est connecté avec la Loire via le canal d'amenée de Machecoul et le Tenu. Ce système d'échange permet d'évacuer le trop-plein d'eau en période hivernale et irriguer la basse plaine pendant les périodes sèches.

La figure 2 présente les profils longitudinaux des 4 rivières :



Au vu de ce graphique, on constate que les caractéristiques topographiques des ruisseaux du Boivre, de l'Etier du Pont d'Arm et du Canal de Haute Perche sont comparables. Ces cours d'eau côtiers de faible linéaire (une dizaine, une vingtaine de kilomètres tout au plus) offrent un profil séparé en deux parties bien marquées guidées par la géologie et la morphologie :

- une section amont de quelques kilomètres où les cours d'eau alimentés par des sources issues de la fracturation interne du substratum primaire (micaschistes, granites, gneiss) recourent un ensemble de petites collines vallonnées qui constituent l'ossature des petits reliefs de l'arrière pays (coteaux du Guérandais et du Pays de Retz). Dans cette zone, ils présentent une plaine alluviale relativement réduite et une pente modérée du profil en long (1 à 2%),
- une section aval, très déprimée à pente très faible (inférieure à 0,5%) correspondant à des zones de sédimentation et d'engorgement marécageuses, qui à partir de la cote + 3 NGF sont marquées par la présence et l'influence des dynamiques littorales (surcotes marines lors des tempêtes d'ouest).

Le Falleron se distingue car, sur un linéaire plus important, il présente une section intermédiaire de pente moyenne avec des ressauts correspondant à des discontinuités géologiques liées à la présence de petits bassins sédimentaires intermédiaires.

⇒ D'une manière générale l'ensemble des cours d'eaux se caractérisent par l'importance et la superficie des zones aval humides marécageuses pouvant être soumises de manière plus ou moins directe à une double problématique d'inondation par débordement fluvial et par surcote marine.

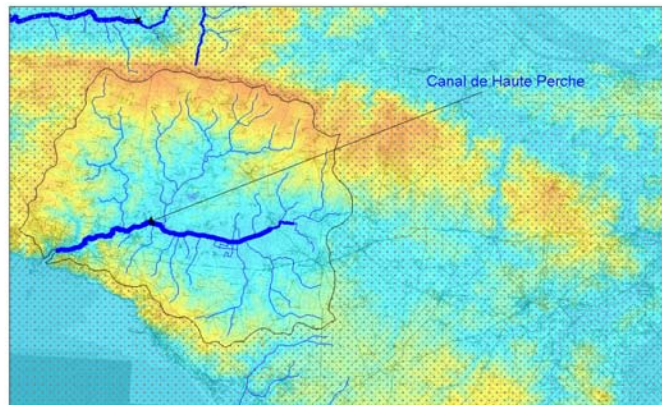
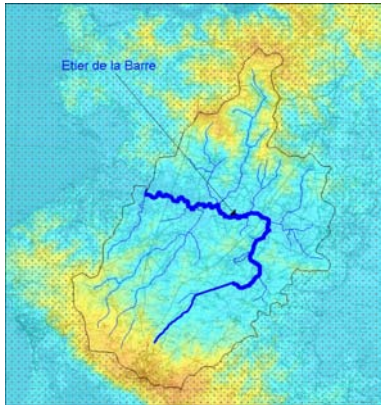
1.2 CARACTERISTIQUES HYDROGRAPHIQUES ET HYDROLOGIQUES

En relation étroite avec la géologie régionale où s'expriment très largement les formations primaires du socle Armoricaïn plutôt imperméables parcourues localement par une tectonique cassante et un ensemble de failles plus ou moins développé, l'ensemble des bassins versants concernés présentent **un réseau hydrographique relativement dense et bien développé** s'exprimant différemment en fonction de la forme des bassins versants.

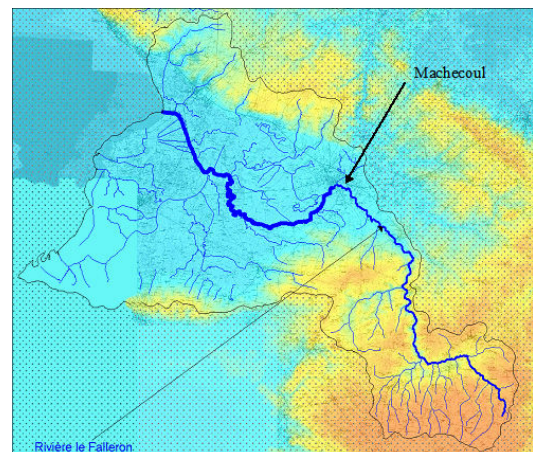
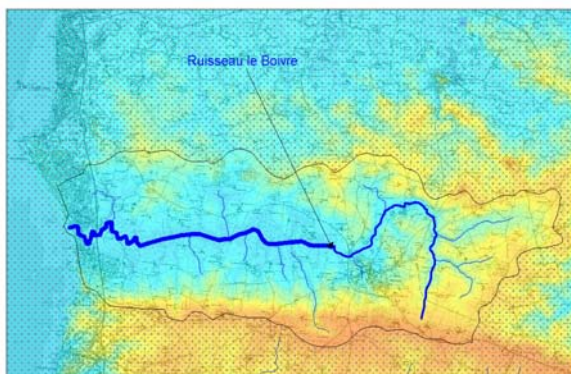
Les figures, présentées page suivante montrent les 4 bassins versants étudiés dans leur contexte physique (topographie, hydrographie) en surlignant en gras la partie aval des cours d'eau concernés par des zones basses marécageuses. On distingue ainsi facilement deux catégories morphologiques soulignées par le coefficient de compacité exprimé dans le tableau ci-dessous qui influe sur l'hydrogramme à l'exutoire.

	Périmètre (km)	Aire (km ²)	Coefficient de compacité (Gravélius)
L'Etier de la Barre	50.7	119.1	1.31
Le Boivre	38.75	57.74	1.44
Le Canal de Haute Perche	53.37	138.4	1.28
Le Falleron	130	418.2	1.79

- les bassins présentant une forme compacte comme l'Etier du Pont d'Arm (de la Barre) ou le canal de Haute-Perche, dont la forme favorise des temps de concentration assez rapide avec des pics de crues marqués,



- les bassins présentant une forme plus étirée ou allongée comme le Boivre ou le Falleron dont la forme favorise une réponse plus lente de l'eau principal avec une onde de crue plus étalée.



D'une manière générale, la pente étant faible sur tous les cours d'eau ces derniers **seront soumis à des crues de plaine à montée relativement lente** sauf lors de séquences hydrologiques longues où l'intégralité des sols sont déjà saturés.

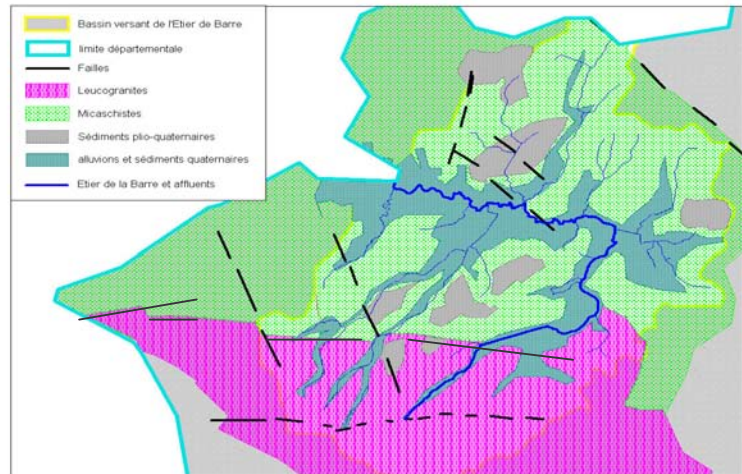
1.3 GEOLOGIE ET HYDROGEOLOGIE

Comme le montrent les cartes géologiques présentées page suivante, les bassins versants étudiés reposent **sur le substratum primaire du socle cristallin et métamorphique** appartenant à la partie sud du massif Armoricaïn, où quelques couches sédimentaires marines ou continentales discordantes du Tertiaire (sables pliocène) sont en cours d'érosion.

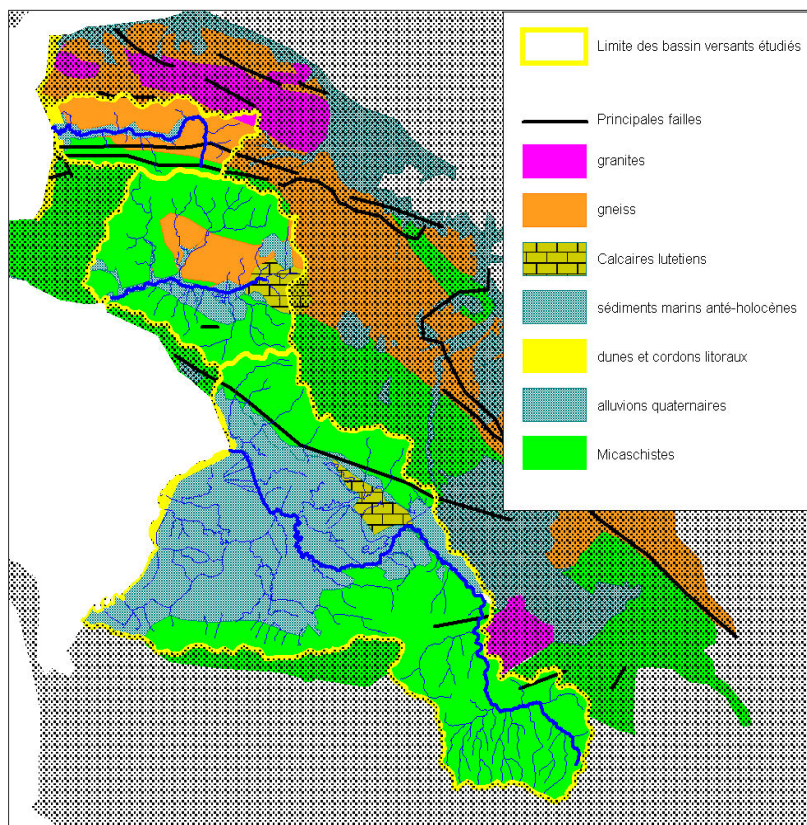
On constate **une proportion particulièrement importante de sédiments quaternaires d'origine marine et continentale (argiles, vases)**. Ces derniers correspondant au comblement des baies, estuaires et anciennes rias par les dépôts de la dernière transgression marine Flandrienne qui s'est produite il y a 5000 ans sur lesquels se sont édifiés sous l'effet des apports terrigènes des fleuves de

larges zones de marais bordées à l'aval par des cordons dunaires littoraux remaniés par les courants marins.

Le bassin versant de l'Etier du pont d'Arm est marqué par un certain nombre d'accidents tectoniques mineurs et anciens dont l'orientation n'influe pas directement sur le tracé des cours d'eau. Sa partie amont au sud, est armée par des granites à grains grossiers (leucogranites de Guérande) relativement résistants. Le reste du bassin versant dégagé dans les micaschistes plus tendres est affecté par une pédogénèse intense au niveau des horizons superficiels (formation de brunisols). Sur ce socle reposent localement en poches résiduelles des sédiments tertiaire-quaternaire du Pliocène. Il s'agit de sables, cailloutis et limons, colorés (jaunes et rouges) déposés en contexte marins et faiblement remaniés par la suite. De cohérence faible, ils sont largement érodés par les eaux superficielles et leurs matériaux emportés par les ruisseaux. Enfin, les dépôts quaternaires tapissent les vallées actuelles d'argiles et de sables, parfois de tourbes. Il est important de noter que leurs dépôts en aval se sont principalement constitués en contexte marin (transgression) et ont ensuite été incisés par les cours d'eau.



Carte géologique simplifiée du bassin versant de l'Etier de la Barre.



Carte géologique simplifiée des bassins versants du Pays de Retz

Sur la carte géologique ci-contre figurent les trois autres bassins versants situés en pays de Retz au sud de l'estuaire de la Loire. Elle présente les unités géologiques du socle primaire similaires aux précédentes auxquelles s'ajoutent des gneiss, et des calcaires.

Ces gneiss sont des roches cristallines microgrenues modelées par de fortes contraintes métamorphiques. Ils sont mis en contact avec les micaschistes sur le bassin versant du ruisseau du Boivre le long d'un accident majeur récent dont la ligne de faille est

matérialisée par un escarpement qui sépare les bassins versants du ruisseau du Boivre et du canal de Haute Perche.

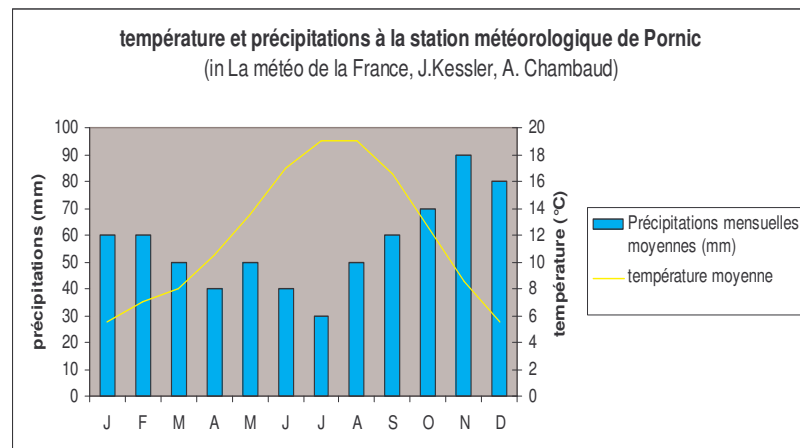
Un autre accident tectonique marque la limite entre l'encaissant micaschisteux et la vaste dépression allant de Bouin à Bourgneuf. En amont de celle-ci affleurent les calcaires dolomitiques et sableux ainsi que les dalles de grès siliceux déposés au Lutétien. Notons que la baie de Bourgneuf correspondant à un compartiment effondré (graben) est en grande partie tapissée par des dépôts Lutétiens, recouvert par les sédiments quaternaires. Au sud de Machecoul, la paléo-vallée du Falleron est remblayée par les sables graveleux pliocènes sur parfois 10 mètres d'épaisseur. Les sédiments lutétiens du bassin de Machecoul sont tapissés par une nappe de sable fin, brun clair, sans doute d'origine éolienne ; celui-ci repose sur un mince lit de galets de quartz et remplit les cavités superficielles et les fentes du calcaire.

En conclusion il apparaît que les bassins versants étudiés **se trouvent sur des terrains aux versants faiblement perméables** (roches imperméables fracturées et épaisses couches de sols). Les vallées sont elles creusées au sein de dépôts récents intercalant des niveaux à forte porosité où se développent des aquifères (grés, sables) et des couches argileuses imperméables. Ces variations de faciès sont propices au développement de nappes souterraines plus ou moins captives caractérisées par une vitesse d'infiltration très faible.

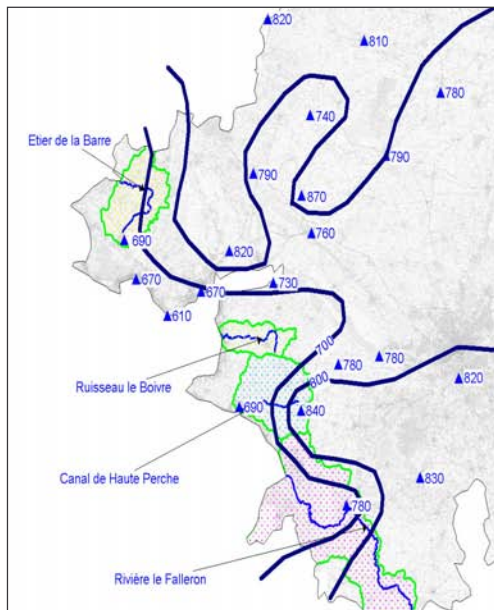
1.4 **CONTEXTE CLIMATIQUE**

Sur l'ensemble de la zone, l'absence de reliefs conséquents et la présence de l'estuaire de la Loire facilitent la pénétration des dépressions venues de l'Atlantique.

Cette **influence océanique marquée** se caractérise par la douceur des températures moyennes avec de faibles écarts inter-annuels et la succession de pluies fines et abondantes souvent accompagnées de vent marin d'Ouest.



La moyenne des **précipitations annuelles** se situe aux alentours de 760 mm à la station de Pornic située au centre de la zone d'étude avec une répartition spatiale qui augmente du littoral vers l'intérieur des terres (cf. carte ci-contre) jusqu'à atteindre des valeurs dépassant 850 mm/annuels sur le bassin du Falleron. **Elles sont assez bien réparties tout au long de l'année connaissant toutefois un pic en automne** avec des lames d'eau mensuelles supérieures à 70 mm. En hiver et au début de printemps les précipitations sont plus faibles mais durables, alors que l'été, elles peuvent localement être de forte intensité liées à des épisodes orageux. **La hauteur maximale de pluie en 24 heures atteint 70 mm** dans le département de Loire Atlantique.



Pluviométrie dans la zone d'étude
(in *La météo de la France*, J.Kessler, A. Chambaud)

Deux situations météorologiques donnant lieu à des pluies intenses peuvent être associées à des périodes de crues :

- Un courant général de **sud-ouest** intervenant en début d'automne (octobre, novembre)
- Une série de **perturbations océaniques** de flux **d'ouest à nord-ouest**, de décembre à mars

La plupart des pluies journalières extrêmes surviennent en été, sous forme d'orages localisés, mais ne sont pas à l'origine de crues majeures. **Les inondations les plus importantes peuvent survenir en automne et de manière privilégiée en milieu ou fin hiver (février, mars), à la faveur d'une succession de perturbations océaniques lorsque les sols sont déjà saturés et que les nappes sont hautes (configuration 2001).**

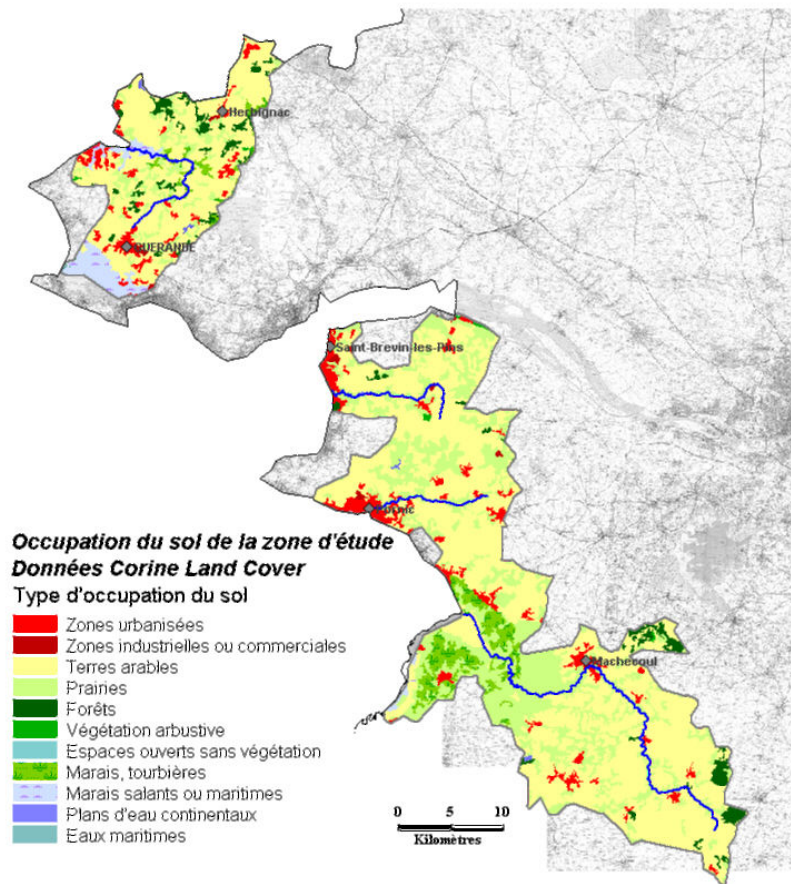
Dans cette zone littorale où on l'a vu plus avant, la partie inférieure des bassins-versants est constituée de zones humides et marécageuse situées entre la cote +1 et +3 NGF largement sous influence marine ne serait-ce que par l'effet naturel du marnage, on ne peut parler du contexte climatique sans évoquer la problématique **des inondations par surcote marine qui peuvent se produire lorsque se conjuguent des tempêtes avec des coefficients de marées importants.**

Les études du SHOM (service Hydrographique et Océanographique de la Marine) réalisées dès 1994 ont montré que les **fluctuations du plan d'eau en situation défavorable peuvent dépasser 3 mètres par rapport au niveau moyen habituel.** Ainsi lors des tempêtes importantes plus ou moins récurrentes sur la côte, **les cordons dunaires** d'arrière-plages qui assurent l'interface entre l'espace littoral et l'intérieur des terres **peuvent être totalement ou partiellement submergés comme cela a été le cas en décembre 1999.** Dès lors, les centaines voire les milliers d'hectares de zones humides qui constituent les marais littoraux peuvent être inondés par ces entrées marines qui peuvent pénétrer de plusieurs kilomètres à l'intérieur des terres. Selon l'étude du bureau d'études BCEOM réalisée en 2002 (sur la base des données du SHOM), **la détermination des hauteurs d'eau pour un phénomène d'occurrence centennale, incluant la surcote marine peut atteindre la cote 4 m NGF (cote IGN 69 soit 7, 19 m en cote marine).**



1.5 L'OCCUPATION DU SOL

A l'exception de la frange littorale, où se concentrent l'essentiel des zones urbaines (villages, bourgs et stations balnéaires) les bassins versants concernés conservent un aspect rural et agricole très marqué. L'occupation du sol se caractérise par une prédominance des **surfaces agricoles** qui occupent environ **60 %** du bassin versant. Les terres arables où dominent les cultures de plein champ représentent 40 % du bassin versant, et gagnent progressivement du terrain sur les **prairies** (15%) et **les zones humides** à forte valeur écologique (dont le Marais Breton est l'exemple le plus important).



Les prairies drapent préférentiellement les pieds de versants et les plaines alluviales sur les parties amont ; et sur les parties aval, les zones humides prédominent prenant des aspects multiples et variés en fonction des bassins (marécages, marais salants, prés-salés etc...). Les milieux forestiers et les végétations arbustives sont peu présents sur l'ensemble. Principalement répartis aux extrémités du bassin versant, ils couvrent moins de 10 % de leur superficie dans des milieux très ouverts où prédomine encore un système bocager.

L'occupation du sol actuelle, caractérisée par l'absence de couverture végétale importante, tend à favoriser les phénomènes de ruissellement notamment sur les coteaux où la pente est plus forte. **L'urbanisation** ne présentant qu'un caractère ponctuel à l'échelle du bassin versant, son influence sur les crues ne peut être que locale : elle se traduira essentiellement par l'aggravation du risque pluvial et l'augmentation des vitesses des courants en zone urbaine (faible rugosité).

1.6 SYNTHESE

Nous observons donc des ruisseaux courts, de basse altitude, caractérisés par des pentes faibles et de larges zones humides sub-horizontales occupées par des marécages plus ou moins naturels drainés et organisés par l'homme. **Le substrat relativement peu perméable et l'occupation du sol sont des facteurs propices au développement d'un ruissellement conséquent.**

Sur cette côte, les précipitations sont assez bien réparties tout au long de l'année, avec toutefois **des pluies exceptionnelles qui peuvent être importantes. Conjuguées aux éventuelles surcotes marines, elles sont susceptibles de provoquer des inondations généralisées notamment au niveau des basses plaines littorales où se rassemblent la majorité des enjeux.**

2 SYNTHÈSE HISTORIQUE

La connaissance des crues historiques constitue un volet fondamental pour la détermination des zones inondables en complément de l'hydrogéomorphologie.

La fiabilité des données historiques étant très variable, l'exhaustivité de l'information a été recherchée. Les sources documentaires consultées pour rédiger ce chapitre sont les suivantes :

- Les études fournies par le comité de pilotage, (surcote marine BCEOM 2002)
- Les études existantes pour les crues de 2001 notamment l'atlas des zones inondables des Marais de Brière,
- Les archives départementales du département de Loire Atlantique,
- Le retour des questionnaires fournis par les communes.

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.

2.1 AMENAGEMENT ET HISTOIRE DES PAYSAGES

Le dépouillement apporte essentiellement des informations sur l'organisation physique et la mise en valeur des plaines alluviales marécageuses. Les rapports des historiens et des ingénieurs des Ponts et Chaussées (séries S) concernent essentiellement des opérations d'entretien, de drainage et d'assainissement des marais. Ils attestent en particulier que les paysages dominants correspondant aux espaces estuariens envasés gagnés sur la mer sont façonnés par l'homme depuis des siècles.

Ce long processus s'est mis en place depuis le XI^e siècle notamment sous l'impulsion des moines de l'Abbaye de Buzay et de Chaumes qui ont participé de manière décisive à l'aménagement hydraulique du territoire (C. Holman 2006). Ce travail s'est concrétisé entre le XI^e et le XVI^e siècle par la création du réseau de douves et d'étiers que l'on peut encore observer à l'heure actuelle sur les cours d'eau traités. Il a permis en particulier sur le Falleron et l'Etier du Pont d'Arm la création et l'exploitation des marais salants.

Cette pratique a favorisé dès le XIII^e siècle un développement commercial qui a nécessité des travaux plus importants pour rendre ces cours d'eau navigables (élargissement du chenal, curages réguliers) en particulier sur le Falleron (Machecoul) et le Canal de Haute Perche (Pornic, Le Clion) dont les ports connaissent une activité significative.

Au XVII^e siècle ces aménagements sont complétés par la création de moulins qui utilisent la force hydraulique le long des cours d'eau sur les parties amont et moyennes des bassins versants, alors qu'à l'aval les problématiques concernent plutôt des questions d'évacuation avec la création de nouveaux exutoires suite à l'envasement de la partie basse des marais (Falleron, Etier du Pont d'Arm).

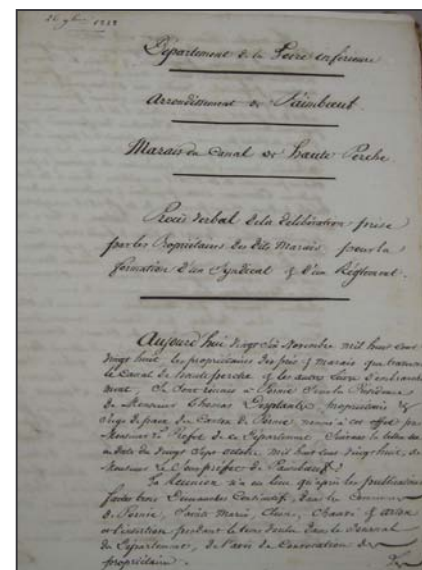


Carte de Clerville (bibliothèque nationale, département cartes et plans - réf RCB19577).

La carte de Clerville "Partie des côtes du Poitou et du duché de Retz" illustrant un numéro du bulletin de la société des historiens du pays de Retz, permet d'avoir une vue générale de la physiographie de l'ensemble de la zone d'étude vers 1670. On observe en particulier sur la carte ci-dessus, l'importance des zones de marais situées de part et d'autre de l'estuaire Ligérien ainsi que la situation des débouchés des cours d'eau.

A la fin du XVIII^e siècle et plus largement au XIX^e, différentes sociétés qui deviendront par la suite des syndicats se créent pour assurer et structurer la gestion de ces espaces (Compagnie des Marais de Guiguenais sur le Boivre en 1771, société des marais de Haute-Perche 1831, etc...).

C'est à cette période que sont effectués les équipements qui régissent encore aujourd'hui le fonctionnement hydraulique des basses plaines.



Les premières écluses visant à réguler les écoulements et limiter la pénétration des eaux marines vers l'intérieur des terres sont construites en 1808 (écluse du Pont de l'Arche du Boivre). Elles se généralisent sur l'ensemble des cours d'eau tout au long du XIX^e siècle (Pornic 1856, le Collet sur le Falleron en 1881...). Parallèlement cette mise en place s'accompagne de travaux lourds destinés à limiter les inondations et l'assèchement des terres comme l'endiguement de l'Etier du Pont d'Arm ou celui du Falleron qui s'inscrit dans un programme plus vaste de poldérisation qui s'est développé entre 1846 et 1875.



Endiguement de l'Etier du Pont d'Arm à proximité de son embouchure

Tout au long du XX^e siècle cet ensemble a été complété par la mise en service d'un certain nombre d'ouvrages de régulation, sur l'ensemble des cours d'eau (pompes, écluses, vannages) et par la création d'un aménagement majeur constitué par le canal d'amenée qui relie la vallée du Tenu au Falleron en 1960. Cet ouvrage à faible pente unique en France permet par pompage des eaux du Tenu d'alimenter en eau douce le Marais de Bourgneuf en période de basses eaux favorisant le développement de l'activité agricole de maraîchage dans la région de Machecoul.

Ainsi à l'heure actuelle même si l'ensemble des aménagements successifs aux cours des siècles peut laisser penser que les espaces présentés sont "sous contrôle" notamment en terme de gestion hydraulique via la gamme des ouvrages en place, **il convient de garder à l'esprit que ceux-ci ne sont pas conçus (et dimensionnés) pour tous types d'évènements climatiques.** De facto ils peuvent être affectés tout ou partie sur l'emprise de la zone inondable déterminée par l'Atlas hydrogéomorphologique pour les crues les plus fortes ou par une submersion marine lors des tempêtes, voire la concomitance des deux phénomènes lors d'évènements climatiques exceptionnels.

2.2 DONNEES D'ARCHIVES ET D'ENQUETES


Les données historiques ont été rassemblées à partir des recherches d'archives (monographies, rapports des administrations, articles de journaux) et de la synthèse des études existantes sur le cours d'eau.



Elles ont été complétées par les données issues des questionnaires envoyés aux communes des bassins étudiés au niveau des départements de Vendée et Loire-Atlantique. Ces dernières recensent localement le niveau des Plus Hautes Eaux Connues de certains cours d'eau et fournissent de l'information qualitative concernant les dates et les dégâts de certaines crues historiques notamment les plus récentes (1978, 1988, 2001, 2007). L'ensemble a été synthétisé et inséré au sein du SIG rendu avec cette étude.

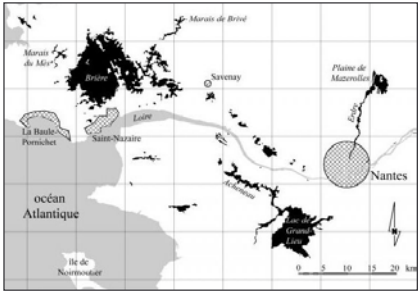
2.2.1 Chronologie des évènements

La liste présentée dans le tableau suivant est la plus exhaustive possible en termes de chronologie, mais non en termes de renseignements, **car les informations retrouvées aux archives départementales restent faibles**, notamment sur ces petits cours d'eau côtiers à l'exception du Falleron.

Synthèse chronologique des informations historiques fournies par cours d'eau.

Hiver 1910	
Mention	Source
Cette crue de l'hiver 1910 constitue un évènement de référence d'ampleur nationale. Tout le bassin de la Loire a été touché jusqu'à son estuaire. La Loire est remontée dans ces affluents (mention sur le Tenu) et le Lac de Grandlieu était entièrement submergé ainsi que les Marais de Brière. Peu de précisions sur les cours d'eau côtiers, mais ils ont vraisemblablement été affectés par cet évènement, notamment l'Etier du Pont d'Arm en connexion par la nappe avec le Marais de Brière.	AD, M 918,
08 Janvier 1924	
Mention	Source
<u>Littoral</u> : Enorme tempête sur tout le littoral Atlantique et en Vendée ...avec une forte surcote. Les eaux marines ont pénétré très largement dans le Marais Breton avec des dégâts aux digues du Polder de Bouin...la commune de Bourgneuf-en-Retz a subi de nombreux dégâts.	AD, 3 S 77,
Janvier 1936	
Mention	Source
<u>Etier du Pont d'Arm</u> : suite aux pluies continues de ces derniers jours (4 janvier) tous les cours d'eau de la région sont en crue les zones marécageuses de Brière et du Mes sont entièrement submergées et la saturation en eau des sols a produit de nombreux glissements de terrain à Guérande et Mesquer (cimetière)	AD PR 401_30
<u>Falleron</u> : La crue de 1936 serait la crue historique la plus forte sur le bassin versant. Les vents de Sud-ouest retardent l'écoulement des eaux qui ne peuvent s'évacuer et la partie aval du Marais Breton est transformée en lac le 5 janvier (<i>l'Ouest-journal</i>).	AD PR 401_30
	
<u>Boivre</u> : depuis hier (11 janvier 1936) la tempête de sud-ouest fait pénétrer les eaux marines dans le marais de la Giguenais et les eaux du Boivre déjà hautes ne peuvent s'évacuer, quelques maisons situées non loin de la Dune sont inondées (les Bouillons?).	AD PR 401_30
16 Novembre 1940	
Mention	Source
<u>Littoral</u> c'est une des plus fortes tempêtes du siècle, la digue de Bouin est rompue par 4 brèches	Société Historiens du Pays de Retz
Hivers 1943 à 1945	
Mention	Source
<u>Boivre et Canal de Haute-Perche</u> : de 1943 à 1945 les marais des 2 cours d'eau sont remis en eau artificiellement par les troupes allemandes, l'exutoire naturel du Boivre dans le cordon dunaire colmaté n'est plus fonctionnel. En 1945 il sera rétabli par la tranchée artificielle dont le chenal constitue le débouché actuel.	AD PR 401_30
Hiver 1961	
Mention	Source
<u>Etier du Pont d'Arm</u> : Les niveaux d'eau en Brière et dans les marais environnants (marais du Mes) sont particulièrement importants suites aux précipitations répétées depuis le début de l'hiver, les eaux dépassent la cote 2,60 NGF. <u>Falleron</u> : Débordements à Machecoul et à Paulx dans le quartier du Pont Neuf où les accès à quelques pavillons ont été submergés.	AD PR 401_30

janvier 1978	
Mention	Source
<p>Les pluies torrentielles sur la Vendée et la Loire-Atlantique (plus de 60mm/24 h) ont provoqué des débordements généralisés de l'ensemble des cours d'eau (<i>Ouest France</i>).</p> <p><u>Falleron</u> : La commune de Machecoul particulièrement affectée avec plus de 200 habitations inondées et de nombreuses routes coupées (<i>route de Challans, allée des platanes</i>). Une partie du centre ville a été submergée autour du canal d'amenée ainsi que le quartier de la Rabine. Les lotissements des Platanes et celui de Cahouet ont été les plus touchés avec plus d'un mètre d'eau et dans la zone industrielle les usines Gitanes recouvertes par 0,25 m d'eau ont été fermées deux jours. Le Falleron déborde également dans la traversée urbaine de la commune de Paulx, avec quelques pavillons inondés dans le quartier du chemin du Pont.</p>	 <p>AD PR 607_167 CEP</p>
<p><u>Etier du Pont d'Arm</u> : 25/01/78 concordance de la tempête et des inondations de l'étier à Mesquer. Dans la presqu'île Guérandaise, bon nombre de caves ont été envahies par les débordements des cours d'eau. La route de Saint-Molf à Assérac a été coupée (<i>Ouest-France</i>).</p>	AD PR 967_157
Crue de Janvier-février 1988	
Mention	Source
<p><u>Falleron</u> : La crue est arrivée en longueur entre début Janvier et le 12 Février où elle a atteint son pic (28,5 mm). Elle a occasionné de nombreux dégâts : hangars à foins, ensilage les pieds dans l'eau, maisons inondées, routes coupées, dégradation de berges par les arbres déracinés etc... (Union des Marais).</p> <p>L'ensemble de la partie basse du Marais Breton est submergé comme l'atteste la prise de vue aérienne ci-contre (<i>route de Boin à Machecoul coupée</i>). Cote de 3,70m atteinte le 13 Février au Pont de Challans.</p>	 <p>Commune des Moutiers -en-Retz CEP</p>
<p><u>Falleron, Canal de Haute-Perche, Boivre</u> : le coup de vent brutal sur le littoral de Vendée et de Loire Atlantique (148 km à l'île d'Yeu) accompagné de fortes précipitations a favorisé une remontée des eaux marines limitant l'évacuation des cours d'eau côtier qui étaient en cours de décrue. La Vendée et le sud du département de Loire Atlantique dont la presqu'île Guérandaise ont été particulièrement touchés. A Pornic de nombreux arbres ont été déracinés dans la nuit du 11 février et dans le secteur de Pornic Saint-Père-en-Retz 40000 foyers se sont retrouvés privés d'électricité (Presse Océan).</p>	AD PR 967_276 AD PR 463_994
Février 1990	
Mention	Source
<p><u>Littoral</u> vent de 140 km/h le 3 février 1990 (DCS commune d'Assérac)</p>	Commune d'Assérac
Février, Mars 1995	
Mention	Source
<p><u>Etier du Pont d'Arm</u> : Les précipitations n'ont pas atteint des intensités très importantes (la pluie journalière maximale est inférieure à la pluie décennale). Le niveau d'eau est resté important sur plus de 300 hectares durant plus de 2 mois (Fin Janvier à Mars).</p>	DIREN
07 septembre 1995	
Mention	Source
<p><u>Littoral</u> : Tempête importante correspondant à la queue du cyclone Iris. Dégâts importants sur le littoral de Loire Atlantique et de Vendée, notamment entre la Bernerie-en-Retz et Bourgneuf-en-Retz où les routes littorales et les marais salants sont submergés et de nombreuses caves de pavillons inondées par la mer.</p>	Site CAT NAT
11 juin 1997	
Mention	Source
<p><u>Falleron</u> : A Machecoul, au sud de Nantes, l'usine de cycles Micmo-Gitanes a interrompu sa production pendant une heure en raison de risques d'inondation.</p>	KERAUNOS Observatoire français des orages

26 et 27 décembre 1999	
Mention	Source
<u>Littoral</u> : Le dernier événement de référence en Bretagne Sud est la tempête du 27 décembre 1999. Les vents associés à la dépression ont été exceptionnellement forts (+ de 130 km/h), ce qui a provoqué sur le littoral et dans les zones estuariennes des inondations marines avec un niveau de submersion dont la cote atteinte lors de cet épisode a pu être estimée à 3,40 m NGF.	DDRM 44
Hiver 2000-2001	
Mention	Source
De novembre 2000 à mars 2001, la Basse-Loire, et le pays de Retz ont été affectés par un événement pluvieux exceptionnellement long (cf. carte ci-contre), généré par un flux météorologique sud-ouest/nord-est durable sur des sols déjà saturés par les précipitations automnales.	Revue NOROIS 192 / 2004-3
	
<u>Etier du Pont d'Arm</u> : Toute la partie basse du Marais du Mes à partir du hameau de Gras (commune de Guérande) est restée en eau plus de 4 mois de janvier à avril.	Commune de Guérande
<u>Le Boivre</u> : Le Marais du Boivre est resté en eau jusqu'au début du printemps	BCEOM 2005
<u>Marais de Haute-Perche</u> : Entre Haute-Perche et Le Clion-sur-mer, le marais a été submergé 3 mois de Février à Avril entraînant de fortes pertes à l'activité fourragère agricole. Lors du maximum de la crue début février, des habitations ont été inondées à Pornic à proximité de la rue du Canal.	
Janvier- Février 2003	
Mention	Source
<u>Canal de Haute-Perche</u> : L'épisode pluvieux exceptionnel de ces derniers jours a conduit à une montée des eaux très rapide et importante générant l'inondation de quelques maisons à Pornic.	BCEOM 2005
<u>Le Boivre</u> : La route des marais est fermée, plusieurs maisons riveraines du Boivre sont menacées. Cette inondation est exclusivement due aux eaux de ruissellement provenant du bassin versant (communes de Saint-Père-en-Retz, Saint-Michel et Saint-Brévin). Cette montée des eaux empêche l'écoulement normal de la nappe phréatique située au sud-est de la commune vers le marais du Boivre, l'exutoire du Boivre, à son débit maximal, ne pouvant plus faire face à l'afflux d'eau.	
Hiver 2007	
Mention	Source
<u>Littoral, Canal de Haute-Perche</u> conjonction d'une forte pluviométrie et d'une marée haute entraînant des inondations fréquentes et répétitives de la rue du Canal (2000, 2001, 2006) à la cote 2,40 NGF ainsi que les habitations à la cote 2,60 NGF.	Commune de Pornic

2.2.2 Synthèse des crues remarquables

Au regard des informations synthétisées dans le tableau précédent, quatre crues majeures ayant affecté les bassins versants des cours d'eau côtiers ressortent : **Janvier 1936, janvier 1978, Janvier-Février 1988 et hiver 2000-2001.**

La crue des 1936 est probablement l'évènement le plus important qui se soit déroulé depuis le début du XX^e siècle ; toutefois, malgré quelques témoignages ponctuels, son ampleur et ces dégâts restent difficiles à apprécier. Plus près de nous les épisodes de 1978 et 2000-2001 sont mieux connus notamment à partir de photos de riverains, relevés et articles dans la presse locale. L'épisode de 1978 a été particulièrement violent sur le Falleron où l'on peut estimer qu'il constitue la crue de référence.

Sur les autres bassins, il semble que ce puisse être les crues de 1988 pour le Boivre et le Canal de Haute Perche et 2001 pour l'Etier du Pont d'Arm.

Concernant le fonctionnement et la cinétique de l'ensemble de ces évènements il apparaît qu'ils affectent essentiellement la partie aval des bassins versant par montée exceptionnelle du niveau d'eau dans les marais. Ces crues se produisent préférentiellement en hiver (janvier-février) sur des sols souvent déjà détrempés lorsque les nappes alluviales sont hautes bien alimentées par des séquences pluvieuses répétitives se succédant depuis l'automne.

Elles se caractérisent **par des périodes de ressuyage qui peuvent être très longues** (mises en eaux qui peuvent durer plusieurs mois comme en 1988 ou 2001) **ainsi que par l'ampleur des surfaces affectées**. Dans certains cas comme en 1936 ou à moindre niveau en 1988, les conditions météorologiques particulières (houle d'ouest, coefficients de marées élevés) peuvent aggraver l'inondation, la surcote du plan d'eau marin bloquant l'écoulement des eaux continentales.

Si l'on aborde cette problématique de surcote marine, il convient également de ne pas oublier que **certaines portions des marais et des basses plaines peuvent être temporairement submergées lors des plus fortes tempêtes comme cela a été le cas en 1995 et plus largement en 1999** (Marais Breton, Traict de Mesquer, embouchure du Canal du Perche). A l'échelle de la zone d'étude, d'après les données du SHOM l'incidence de la surcote marine pour un phénomène exceptionnel (occurrence centennale) est estimée jusqu'à la cote 4 m NGF. Les limites de ce phénomène ont été cartographiées sur certains cours d'eau (BCEOM 2003) et elles apparaissent notamment dans l'Atlas sur le Boivre et le Canal de Haute Perche.

3 **CARTOGRAPHIE HYDROGÉOMORPHOLOGIQUE**

3.1 **METHODOLOGIE**

3.1.1 **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). La géomorphologie s'intéresse particulièrement (mais pas exclusivement) à la dernière ère géologique, le Quaternaire, qui a commencé il y a environ 1.8 millions d'années. C'est en effet pendant cette période que se sont mis en place les modelés actuels qui constituent le cadre géomorphologique dans lequel s'inscrit la plaine alluviale fonctionnelle.

Au cours du Quaternaire, 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 - 10 000 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 actuelle, pendant laquelle se sont façonnées les plaines alluviales étudiées par l'hydrogéomorphologie.

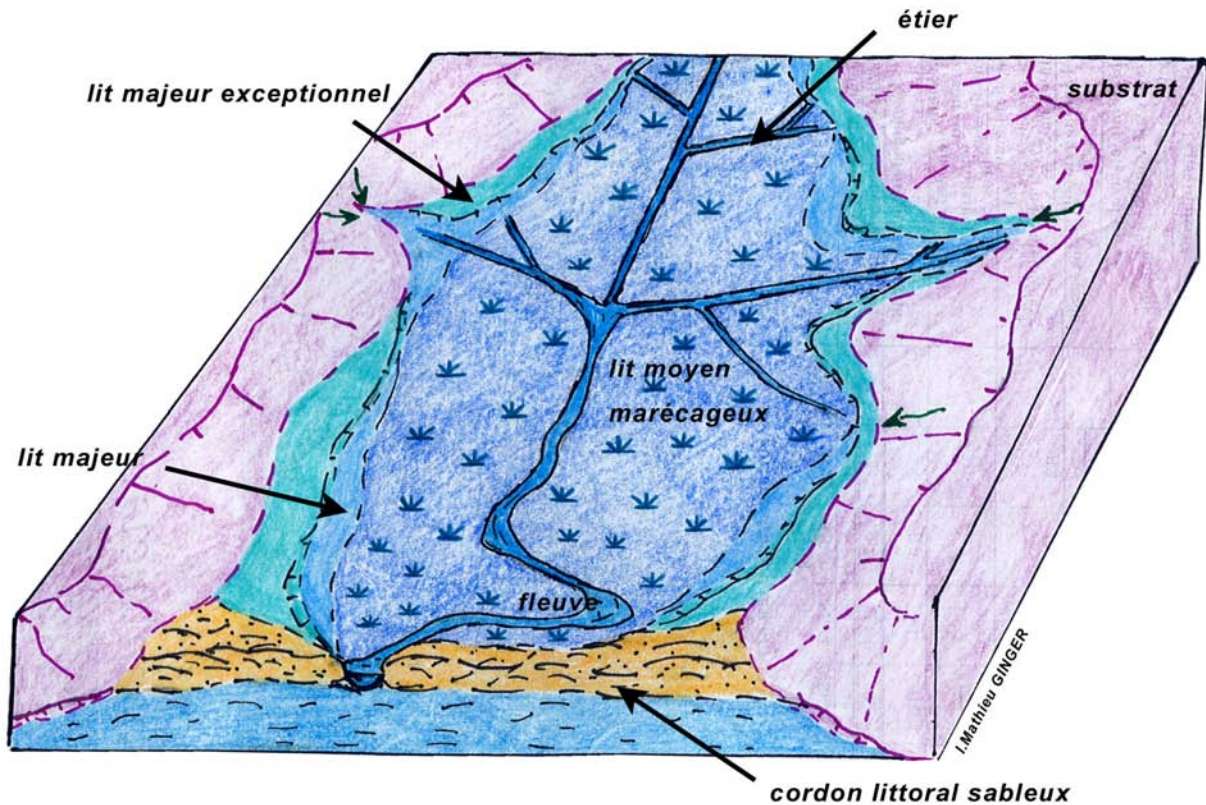
3.1.2 **Cartographie des unités hydrogéomorphologiques**

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 la topographie, la morphologie et la sédimentologie, souvent corrélées avec l'occupation du sol.

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**.

L'organisation des cours d'eau côtiers en région océanique présente **un morphotype particulier en raison de l'importance des plaines littorales palustres** correspondant aux dépôts fluvio-marins Flandriens qui ont comblé les basses vallées (cf. illustration page suivante). De fait, par rapport au schéma classique **les parties aval des bassins versants se caractérisent par la prédominance du lit moyen** correspondant à ces bas fonds marécageux bordant les fleuves directement connectés aux cours d'eau par la nappe. Ces formations occupent la majorité du plancher alluvial, les unités du lit majeur et du lit majeur exceptionnel qui fait le lien avec le pied de versant n'étant mobilisées que par la variation altitudinale du plan d'eau.

Schéma de principe d'organisation des basses plaines littorales en milieu océanique



3.1.2.1 Les unités actives constituant la plaine alluviale fonctionnelle

Délimitées par des structures morphologiques (talus), elles correspondent aux éléments qui constituent la zone inondable de la plaine alluviale moderne.

Le **lit mineur**, correspond au lit intra-berges, contenant la plupart des crues annuelles. Dans le cas des cours d'eau concernés, il est généralement peu encaissé et peu profond avec un fond constitué de sédiments fins (sables, limons), et localement on trouve un pavage de cailloutis.



Le lit mineur du Canal du Perche

Le **lit moyen**, est théoriquement l'espace fonctionnel pour les crues fréquentes à moyennes (périodes de retour 1 à 5 ans). Dans le cas des cours d'eau côtiers sous influence marine, les conditions hydrodynamiques favorisent très largement la création de cet espace intermédiaire entre le lit mineur et le lit majeur matérialisé par une zone marécageuse avec des sols compressibles pouvant être mise en eau tout ou partie en saison hivernale.



Lit moyen du Boivre

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 plan faiblement incliné vers l'aval, inondable dès que le débit de plein bord est atteint dans le lit mineur. La dynamique des inondations dans ces secteurs, privilégie en général les phénomènes de sédimentation des particules fines (limons). Cependant il est possible localement de distinguer au sein de ce dernier une zone d'écoulement plus dynamique correspondant aux espaces préférentiellement mis en eau au sein de la plaine alluviale (cf. paragraphe suivant 3.1. 2.2).

La plaine alluviale du Falleron



Le lit majeur exceptionnel marque généralement les parties inférieures des glacis de raccordement avec les versants où le contact avec l'encaissant est peu marqué dans des secteurs où le substratum est altéré (arènes granitiques) ou dans les zones de colluvions.

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 peu marquée, ou bien à des ruptures de pente faiblement marquées dans le profil transversal des vallées.

La **limite extérieure de la plaine alluviale fonctionnelle**, située au contact de l'encaissant, correspond à l'**enveloppe maximale des crues** et donc à 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).

3.1.2.2 Structures secondaires géomorphologiques

Bras secondaire de décharge et axe de crue :

Les **axes d'écoulement** parcourant la plaine alluviale sont représentés par une flèche localisant la ligne de courant. Il s'agit de micro-talwegs façonnés à la surface du lit majeur, qui induisent lors des inondations des vitesses plus importantes que dans le reste du lit majeur, indiquant ainsi un aléa plus fort.

Les **bras secondaires** identifiés correspondent à d'anciens lits du cours d'eau réactivables pour les plus fortes crues



Axes de crues en rive gauche à l'aval du Boivre

Cônes alluviaux : Certains affluents sont couronnés à leur exutoire par une accumulation de sédiments qui forment des cônes alluviaux. Cette information est importante car la présence d'un cône se traduit par des phénomènes hydrodynamiques et hydrauliques spécifiques qui perturbent les écoulements de la plaine alluviale principale.

Ruissellements de type pluvial : matérialisés par une flèche verte, ils correspondent à des phénomènes de ruissellements en nappe sur les versants ou concentrés dans les talwegs pouvant aggraver le risque d'inondation.

Cordon littoral : Ces cordons dunaires qui ferment tout ou partie de certaines zones estuariennes sont constitués par l'accumulation des sédiments sableux produits par la dérive littorale (courants marins) remaniés par l'action éolienne. Situés à des altitudes variant entre 2 et 5 m NGF, ils sont partiellement submersibles lors des plus fortes tempêtes.



Cordon dunaire à St-Brévin-les-pins

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

Elles comprennent 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. L'identification de ces formations permet de comprendre l'organisation générale de la vallée et donne des indices pour apprécier d'une manière très simplifiée et schématique l'histoire de l'encaissement des cours d'eau dans leur vallée.

3.1.2.4 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**.

Nombre de ces éléments anthropiques ont été 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),
- les aménagements divers (gravières, remblais),

A côté de ces principaux aménagements structurants, la cartographie hydrogéomorphologique est complétée par l'identification d'un certain nombre d'enjeux. Il s'agit là, de mettre en évidence d'une part les principales zones d'urbanisation qui ne sont pas représentées sur le fond de plan car trop récentes, et d'autre part les principaux enjeux collectifs situés le plus souvent à proximité des cours d'eau.

- Les zones urbanisées localisées par le scan25 sont complétées par :
 - un figuré linéaire "front d'urbanisation" servant à matérialiser les extensions récentes
 - en milieu rural, des ponctuels localisant des bâtiments isolés.
- Les enjeux collectifs cartographiés (stations d'épuration, captages AEP et campings).

3.1.3 Les principaux outils utilisés

L'analyse hydrogéomorphologique s'appuie sur les outils complémentaires que sont la photo-interprétation stéréoscopique et l'observation du terrain pratiquée en deux séquences successives dans le temps :

- La photo-interprétation permet d'avoir une vision d'ensemble du secteur étudié, ce qui est souvent nécessaire pour comprendre son fonctionnement. Dans le cas de la présente étude elle a été réalisée à partir des missions aériennes suivantes : 44 IFN 96 (extrait ci-contre).



- 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,
- traces d'inondation : laisses de crue, érosions, sédimentation dans le lit majeur.



L'analyse hydrogéomorphologique s'appuie également 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 réalisées sur les secteurs étudiés et les cartes géologiques (cf. bibliographie).

3.1.4 Les outils complémentaires

3.1.4.1 Etude des crues historiques (cf. synthèse des données historiques)

La connaissance des crues historiques constitue l'un des volets fondamentaux 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 (récits relatant le déroulement d'une inondation et des relevés des zones inondées), ainsi que des informations sur le fonctionnement et le déroulement des crues (cinétique). Les données trouvées sont systématiquement confrontées aux résultats de la cartographie hydrogéomorphologique et la comparaison permet très souvent de les valider.

3.1.4.2 Numérisation sous SIG

La cartographie hydrogéomorphologique réalisée sous la forme de cartes minutes papier a été entièrement numérisée sous SIG Map-Info® et la description des objets géographiques saisis ainsi que leurs attributs graphiques sont repris dans une notice annexée au présent rapport. La mise sous SIG des données produites permet de les intégrer dans une base de données générale géoréférencée ce qui facilitera également une diffusion ultérieure et consultation sous INTERNET.

3.1.5 Atouts et limites de la méthode hydrogéomorphologique

La cartographie hydrogéomorphologique constitue 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 permet uniquement d'obtenir des informations **qualitatives**. En particulier, elle ne fournit pas d'indication directe des hauteurs d'eau et des vitesses d'écoulement.

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 exhaussant 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).

3.1.6 Enrichissement par l'apport de données topographiques

On l'a vu plus en avant, l'analyse hydrogéomorphologique qui correspond à une approche naturaliste purement qualitative se doit d'être complétée par des données historiques pour conduire à l'élaboration de cartes informatives d'inondabilité.



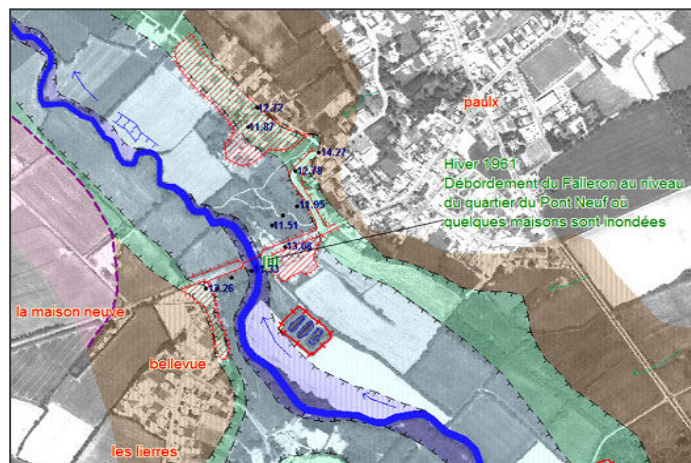
GPS utilisé pour les relevés topographiques

Localement dans les secteurs à enjeux elle peut être complétée également par des relevés topographiques ponctuels. Ces derniers, réalisés sur le terrain par GPS tachymètres professionnel (photo), introduisent des éléments relatifs à l'altitude des différentes unités hydrogéomorphologiques **ce qui permet de valider le diagnostic par des données quantitatives.**

Quand on dispose de données historiques précises relatives à des hauteurs d'eau atteintes à partir de repères ou relevés de laisses de crues on peut alors délimiter une hauteur d'eau atteinte en cote NGF.

Dans le cadre de la présente étude, sur les cours d'eau concernés malgré l'envoi de questionnaires aux communes, il a été difficile de retrouver des éléments historiques relatifs à des repères de crues, à l'exception de coupures de presse ou photographies concernant essentiellement l'épisode de 1978 sur la commune de Machecoul.

L'apport des données topographiques sert donc essentiellement **à préciser le diagnostic de terrain** notamment à valider les limites externes des zones inondables dans les secteurs où les repères morphologiques (axes, talus) sont très ténus. Dans toutes les basses plaines littorales, il permet également d'apprécier les points concernés au regard de la cote des 4 m NGF, critère retenu pour déterminer l'emprise maximale des zones soumises à la problématique de surcote marine pour un évènement d'occurrence centennale.

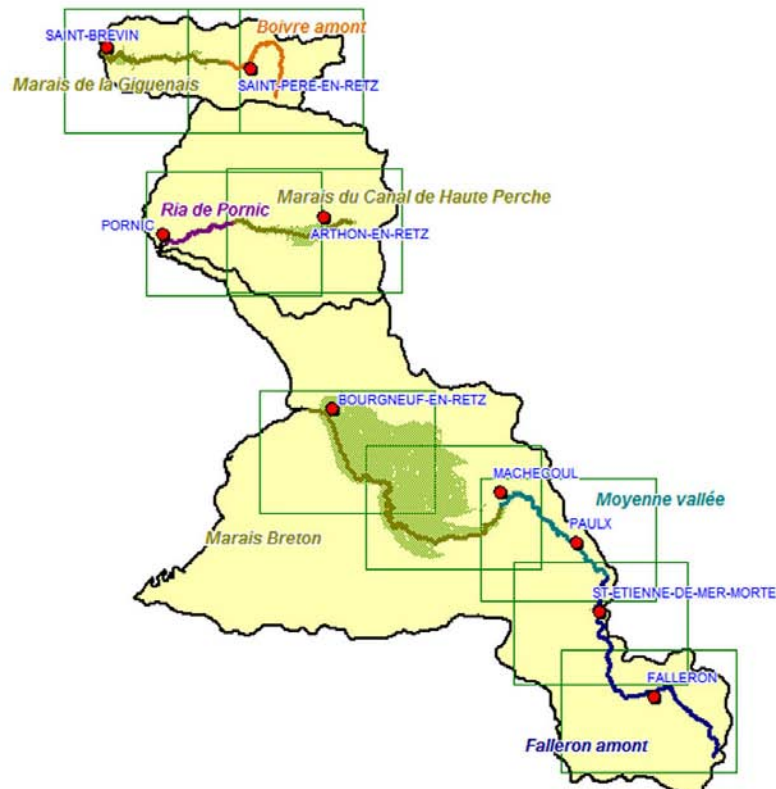


Extrait de relevés topographiques sur la commune de Paul

3.2 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 orthophotographie au 1/10 000^{ème} pour les zones à enjeux. Leur précision correspond à ces échelles et à ce support uniquement.

Pour faciliter la compréhension, le commentaire est structuré par cours d'eau et par grands tronçons homogènes, qui se détachent à une échelle d'observation du 25 000^e. Le linéaire de ces cours d'eau côtiers étant relativement réduit à l'exception du Falleron où l'on discerne une section intermédiaire entre la partie amont et le Marais Breton, cette distinction géographique est le plus souvent basée sur une dichotomie entre la haute vallée "alluviale" étroite et encaissée et les basses plaines marécageuses estuariennes sous la dépendance des tempêtes marines.

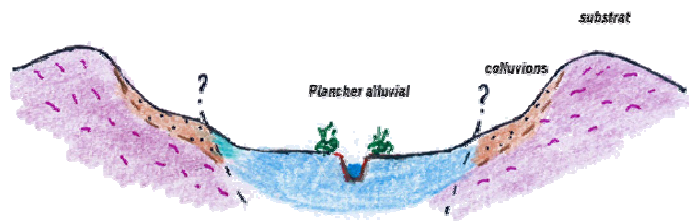


3.2.1 Le Falleron

3.2.1.1 Falleron amont : de sa source à la Martinière (Planches 1, 2)

Le Falleron prend sa source dans le bocage nord- Vendéen à proximité du lieu dit la Brégeonnerie sur le territoire de la commune de Grand'Landes. Sur les premières centaines de mètres de son parcours au niveau de sa tête de bassin il offre l'aspect d'un vallon en berceau à fond plat occupé par des prairies avec un chenal d'écoulement recalibré en drain agricole peu encaissé très embroussaillé. Dans ce type de configuration (cf. schéma ci-contre), les limites de la plaine alluviale ne sont pas toujours très nettes car le pied de versant est ourlé par des dépôts de colluvions issus de l'altération des collines schisteuses. Les débordements sont possibles quand le débit de plein bord est atteint dans le lit mineur mais les hauteurs d'eau resteront faibles avec un phénomène d'étalement dans le fond du plancher alluvial.

Profil de la vallée en amont du Falleron



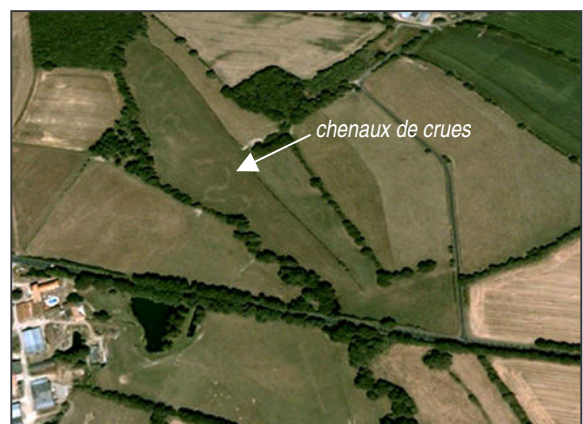
La plaine alluviale en amont des Chauffetières



A partir de la Giraudière, la pente est plus forte et la vallée s'encaisse plus fortement en raison notamment des apports liés aux petits affluents qui drainent les reliefs environnants ainsi qu'aux points de ruissellements issus des talwegs latéraux. Le lit mineur s'évase (2 à 3 m) et localement il est bordé d'une ripisylve ou d'une zone hydromorphe avec des joncs au contact de la nappe alluviale que l'on peut qualifier de lit moyen (*photo*).

Le **hameau de Chauffetières** est positionné sur le versant dominant de 2 mètres le plancher alluvial. Les habitations ne sont donc pas directement concernées par la problématique inondation sauf à la marge en cas d'embâcles au niveau du ponceau qui franchit la rivière.

Plus à l'aval la vallée s'oriente vers le nord-ouest et elle s'élargit notablement car la proportion des colluvions (matériaux de pente altérés sensibles à l'érosion) est plus importante. La pente diminue localement avec un chenal qui méandre, ce qui favorise des points de débordements accompagnés de traces d'écoulement plus dynamiques dans le lit majeur. Ces formes se matérialisent par l'apparition d'un certain nombre d'axes et de chenaux de crues de part et d'autre du remblai de la RD 753 qui recoupe la plaine alluviale (*photo*).



A la faveur d'une faille, le cours d'eau décrit un coude et s'infléchit vers l'est découvrant à l'amont du **bourg de Falleron (zoom 7)** une zone d'expansion de crue correspondant vraisemblablement à un petit bassin d'effondrement en relation avec cet accident tectonique. Le centre ancien du village ainsi que ces extensions récentes ne sont pas concernés par la problématique inondation. Seule la dépression où se situent le plan d'eau récréatif et la déchetterie peut être concernée sur sa partie basse par une crue exceptionnelle (remontée) du Falleron ainsi que par un phénomène de ruissellement pluvial en liaison avec le drain qui la recoupe. En périphérie, au niveau du hameau de la Giraudière les habitations les plus basses peuvent être affectées par des débordements de l'affluent rive droite dont le tracé naturel a été modifié (busage le long de la RD 65).

En aval de Falleron la vallée reprend un tracé méridien selon un axe nord-sud et elle s'encaisse plus nettement dans les reliefs adjacents car le substratum schisteux est moins altéré. Sur une portion de 3 kilomètres jusqu' à St-Etienne de Mer-morte elle présente une section relativement calibrée (en moyenne 150 m) à l'exception des zones de confluences. Il n'y a aucun enjeu notable, tout au plus il convient de signaler l'impact du remblai linéaire de la RD 63 qui recoupe la plaine alluviale pouvant générer un sur-stockage en amont notamment si des embâcles se produisent au niveau de l'ouvrage hydraulique (pont en pierre).



Le pont sur la RD 63

Le village de **Saint-Etienne de Mer-Morte (zoom 6)** est implanté en position de plateau sur le substratum rocheux. Son urbanisation récente s'est développée le long des axes de communication, notamment au sud le long de la RD 63. Dans ce secteur de nouveaux lotissements en été implantés dans une poche de colluvions drainée par un talweg qui rejoint la vallée. La problématique du ruissellement venant de l'amont a été gérée par la mise en place de bassins de rétention ; toutefois, à l'aval au niveau de la confluence avec le Falleron à proximité des plans d'eau il n'est pas exclu que des débordements puissent affecter la partie basse de certaines habitations situées à l'amont du pont.

A l'aval de l'ouvrage, le fond de vallée qui correspond à une ancienne zone marécageuse avec un aménagement hydraulique très ancien lié au



La plaine alluviale aménagée en aval du pont de St-Etienne-de-Mer-morte

moulin (digue transversale lit rectifié, prise d'eau) a été réhabilité dans le cadre d'un aménagement paysager écologique avec la création d'un réseau de noues (photos).

Cet espace récréatif situé dans la plaine en bordure du chenal d'écoulement peut être inondé dès les crues fréquentes, même si le niveau d'eau dans le chenal est contrôlé à l'aval par des vannes et qu'une partie des écoulements peut être envoyée vers le lit naturel du cours d'eau. Pour une crue exceptionnelle la boucle de l'ancien lit est mobilisée et les dynamiques peuvent être assez importantes en terme de hauteur et surtout de vitesses en raison de l'obstacle que constitue la digue du moulin haute de près de 5 mètres qui favorise en effet de chasse vers l'aval (cf. axe de crue).

3.2.1.2 Moyenne vallée : de la Roustière à Machecoul (Planche 3)

A partir de la Roustière, au débouché de gorges rocheuses, le cours du Falleron s'infléchit vers le nord-ouest sur un linéaire d'environ 5 kilomètres en direction de Machecoul. Sa vallée s'évase et s'élargit notablement à la faveur d'une transition lithologique au contact des formations gravo-sableuses du Pliocène beaucoup plus tendres qui constituent l'assise de l'encaissant notamment en rive droite.

La pente du profil en long diminue ce qui favorise une sinuosité du lit mineur qui décrit une succession de méandres avec des points de débordements connectés avec des axes de crues ou des anciens bras. Cette situation induit également l'amorce d'une bande de lit moyen correspondant à des secteurs hydromorphes connectés avec la nappe. Le lit majeur large de 300 à 500 mètres est également parcouru d'axes de crues et il est bordé en périphérie d'un niveau de lit majeur exceptionnel qui assure la transition avec les petites butes Pliocène.

Sur cette portion de vallée la plaine alluviale est occupée par des parcelles agricoles et des prairies séparées par des haies qui structurent le mail bocager. Les enjeux situés dans la plaine alluviale se concentrent à proximité des centres urbains sur les communes limitrophes de Paulx et Machecoul.

A Paulx (zoom5) le centre historique s'est développé en rive droite sur les reliefs bordant la vallée puis des extensions se sont réalisées le long de la RD 73 qui recoupe le plancher alluvial. De part et d'autre de cette infrastructure entre le cours d'eau et le village se trouve le quartier du Pont Neuf correspondant à un noyau urbain d'une quinzaine d'habitations partiellement en remblai dans le lit majeur. Dans cet ensemble la majorité des constructions qui semblent assez anciennes ont visiblement intégré le risque inondation avec des pièces de vie à l'étage ainsi que des planchers surélevés et accès adaptés (photos). Les recherches en archives et témoignages attestent que le secteur a été inondé lors des plus fortes crues à plusieurs reprises, en 1961 et de manière plus certaine en 1978.



Constructions adaptées à l'inondabilité dans le quartier du Pont à Paulx.

Au nord ouest du village le long du chemin communal qui longe la rive droite du Falleron au niveau du lieu dit la Bourrière, s'est développé un lotissement récent à l'interface entre le versant et la plaine alluviale. Ces extensions actuelles se font préférentiellement sur la bande du lit majeur exceptionnel qui suit la vallée et elles débordent également au plus près du village dans le lit majeur. Bien que situées en remblai (50 à 80 cm) elles restent potentiellement vulnérables pour des débordements exceptionnels, ce qui est également le cas pour une exploitation avec hangars agricoles située un kilomètre en aval au niveau de la Brissonnière.

Entre la Pintièrre et le hameau de Bas Falleron qui marque l'entrée sur la commune de Machecoul, on note dans la plaine alluviale une augmentation des axes de crues correspondant à des points de recoupement de méandres. Cette dynamique traduit une réduction significative de la pente à l'approche de la basse plaine littorale.

La situation de Machecoul (zoom 3 et 4) dépend très fortement du déterminisme physique et géographique qui a influencé sa trame urbaine jusqu'à une période récente, et induit des contraintes en termes de risques naturels notamment en raison de la densité des zones humides et inondables sur le territoire communal. L'analyse de terrain et une étude des photographies aériennes ont en effet démontré que le site présente des conditions particulières liées à l'évolution géomorphologique et sédimentologique de la Baie de Bourgneuf sur les deux derniers millénaires sous l'effet conjoint des dynamiques marines et continentales.

Le bourg originel s'est emplanté sur un pointement du substratum (calcaire Lutétien) correspondant aux reliefs de buttes et de basses collines qui encadrent le fond de la dépression de la Baie de Bourgneuf occupée aujourd'hui par le Marais Breton. Jusqu'à l'époque romaine l'ensemble de cette zone était recouverte par la mer et l'on pouvait alors parler du golfe de Machecoul dans lequel se jetait le Falleron arrivant du sud-est au niveau de Bois-Grassin (schéma).

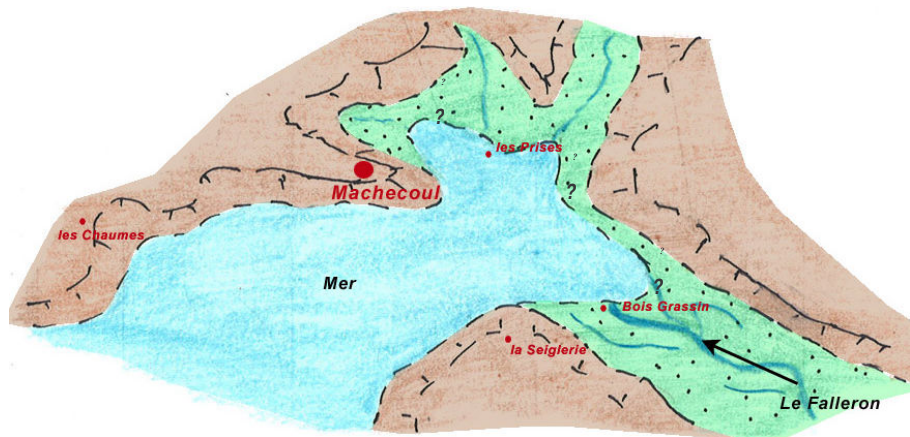


Schéma de principe du contexte physique du fond de la Baie de Bourgneuf (golfe de Machecoul) à l'époque Antique.
L.Mathieu GINGER

L'ensemble de la zone s'est envasée sous l'effet conjugué des dynamiques sédimentaires littorales (cordon sableux) et alluviales (Falleron et affluents) et le milieu a été progressivement asséché et aménagé par l'homme à partir du VII^e siècle. Au XVIII^e siècle le marais de Machecoul présente une configuration générale proche de l'actuelle avec une division en 3 bras qui se regroupent à Port la Roche avant de se jeter en Mer au Collet (cf. extrait ci-contre de la carte de Clerville produite p 15).



Au niveau de l'agglomération de Machecoul qui constitue aujourd'hui le centre administratif de référence à l'échelle du bassin versant (avec Challans en Vendée), le développement urbain très intense se continue depuis plus d'une trentaine d'années avec notamment de nombreux aménagements en remblais (route, voie ferrée, quartiers d'habitation, zones d'activités) sur des zones humides et bas fonds. Le niveau élevé d'anthropisation du milieu a tendance à masquer les éléments morphologiques naturels, ce qui pose une difficulté pour identifier l'intégralité des zones inondables.

Pour les raisons précitées, la cartographie hydrogéomorphologique a été produite sur la base d'une expertise de terrain poussée avec des relevés topographiques ponctuels réalisés par GPS, complétée par une analyse diachronique de photographies aériennes (*comparaison 1950 – 2004 ci dessous*).



L'interprétation fait ressortir l'importance des enjeux situés en zone inondable à proximité du centre ville dans la plaine alluviale du Falleron mais également dans les dépressions adjacentes correspondant aux petits bassins situés en rive droite du Falleron au nord de la rue de Nantes. La comparaison avec la situation de 1950 permet de mettre en évidence l'importance du développement urbain en zone inondable qui représente une superficie d'un peu plus de 115 hectares.

Les enjeux :

- En direction de la plaine alluviale du Falleron se sont :
 - en rive droite du cours d'eau le long du boulevard de Grand Maison, la zone industrielle des Ridoux, le collège et lycée professionnel,
 - en rive gauche, le camping, le parc des Sports de la Rabine, le lotissement de Cahouet et la partie basse de la zone d'activité de la Seiglerie,
- Dans la dépression latérale qui est recoupée par le canal d'amenée des eaux du Tenu :
 - L'ensemble du quartier des Prises qui comprend des lotissements avec des habitations individuelles, quelques immeubles collectifs, une zone commerciale, ainsi que des équipements collectifs (gendarmerie, pompiers, école ...).

L'ensemble des secteurs présentés dont certaines portions sont en remblai, sont situés dans la zone inondable hydrogéomorphologique. Situés entre la cote 3,8 m et 5,2 m NGF ils peuvent être concernés par des débordements du Falleron, par un phénomène de remontée de nappe dans les bas fonds, ainsi que par une problématique de ruissellement pluvial (concernant notamment le quartier des prises où l'ancien réseau de drainage est repris dans les canalisations enterrées).

Diverses mentions historiques attestent du fait que ces zones aient été inondées à plusieurs reprises (cf. § 2.2.1 p 18), notamment lors des crues de 1978 et 1988 où l'on dispose de photos en divers points de la zone urbaine de la commune confirmant des hauteurs d'eau variables entre 0,25m (usine Micmo-Gitanes) et 1 m. Dans le quartier des Prises, les habitations les plus anciennes (réalisées dans la décennie 60-70) ainsi également que quelques villas récentes, présentent des dispositions intégrant l'inondabilité. Cela va de la construction sur un tertre en remblai (motte) au positionnement des pièces de vie à l'étage avec accès en escaliers extérieurs.



Le boulevard Grande Maison submergé en 1978

3.2.1.3 Le Marais Breton : de Machecoul à Bourgneuf-en-Retz (Planches 4 et 5)

En aval du village de Machecoul, au niveau du Telman on pénètre dans le Marais de la Baie de Bourgneuf ou Marais Breton, qui constitue la partie estuarienne asséchée et drainée de la partie aval bassin du Falleron. Cette unité de plus de 40.000 hectare qui sépare la Loire Atlantique de la Vendée constitue l'une des zones humides la plus importante de la région. On l'a vu plus en avant dans les parties historiques (§ 2.1 p 14) et dans le commentaire hydrogéomorphologique du paragraphe précédent, il correspond à un espace palustre et marécageux correspondant au comblement du fond de la Baie de Bourgneuf au cours des deux derniers millénaires.

Vue générale du Marais Breton au niveau de Chélevé le long de la RD 64 entre Machecoul et Boin



Sur le plan hydraulique, il s'agit d'un marais endigué structuré par un réseau dense d'étiérs et de fossés qui ont été façonnés au cours des siècles. L'eau est omniprésente avec une nappe qui est sub-affleurante favorisant le développement d'une prairie humide qui peut être facilement mise en eau par débordement des drains. A l'exception des principaux étiérs qui apparaissent en lit mineur, cet ensemble est cartographié dans le document en lit moyen.

Il peut être en effet régulièrement mis en eau par remontée de nappe entre la fin de l'automne et le début du printemps (sur 40 à 60 % de sa surface) liée au cumul des précipitations annuelles, ou être totalement submergé lors des plus grandes crues associées à des séquences pluvieuses exceptionnelles (1936,1978,1988, 2001). Sur sa partie aval pour limiter l'influence des eaux salées les principaux étiers sont équipés de vannes et d'écluses qui limitent l'intrusion des eaux marines lors des marées (et inversement peuvent favoriser l'évacuation des eaux de l'impluvium). Parallèlement pour soutenir le niveau de la nappe d'eau douce au printemps et en été la majeure partie du marais est irriguée, alimentée par les eaux du lac de Grand lieu transmises via le Canal d'amenée qui relie le Tenu au Falleron.



Le marais submergé en 1988 (source CEP)

Enfin l'ensemble de la surface du Marais étant située à une altitude variant entre la cote 2 à 3,5 m NGF, il peut être également inondé tout ou partie par les eaux marines qui submergent lors des plus fortes tempêtes le cordon littoral des Moutiers-en-Retz qui ferme le nord de la Baie, ou les digues du Polder de Bouin plus au sud.

Par rapport à ces aléas, on peut constater que sur les communes de Machecoul, Bourgneuf-en-Retz et Fresnay-en-Retz de nombreux enjeux ponctuels correspondant à de l'habitat diffus situé dans l'emprise du Marais breton sont situés dans des zones inondables. Plusieurs dizaines de fermes ou de hameaux desservis par des chemins et routes submersibles peuvent se retrouver ainsi isolés par la montée des eaux avec des périodes de ressuyages qui peuvent durent plusieurs jours.



Sous la RD 13 le glacis colluvial dominant le marais mis en valeur pour les cultures maraichères

En périphérie, le long de la RD 13 entre les Moutiers-en-Retz et Fresnay-en-Retz une bande de lit majeur exceptionnel correspondant au raccordement entre le fond du marais et le glacis sablo-argileux du talus méridional peut être affectée par des débordements du marais avec une montée du plan d'eau liée à une problématique de surcote marine lors des tempêtes. Dans ce secteur en pied de versant plusieurs hameaux peuvent être touchés (la Grégoire, les Jalberges, le Frésné, Grande île, ...).

3.2.2 Le Canal de Haute Perche

3.2.2.1 **Marais du Canal de Haute Perche : d'Arthon-en-Retz au Clion-sur-Mer (planche 6)**

Le Canal de Haute-Perche trouve son origine dans les formations calcaire-sableuse tertiaire (Lutétien) qui constituent un réseau de petites collines et d'entablement rocheux au niveau d'Arthon-en-Retz. Dès son origine, dans ces formations meubles, le cours d'eau dégage rapidement en tête de bassin une plaine alluviale assez large alimentée par des talwegs latéraux et constitue une première petite dépression marécageuse limitée à l'aval par un verrou rocheux lié à un affleurement granitique. Au niveau du bourg de Haute-Perche certains bâtiments situés de part et d'autre du canal peuvent être inondés par ruissèlement venant d'un petit talweg latéral et à l'aval du pont par des débordements exceptionnels du canal (notamment rive droite).

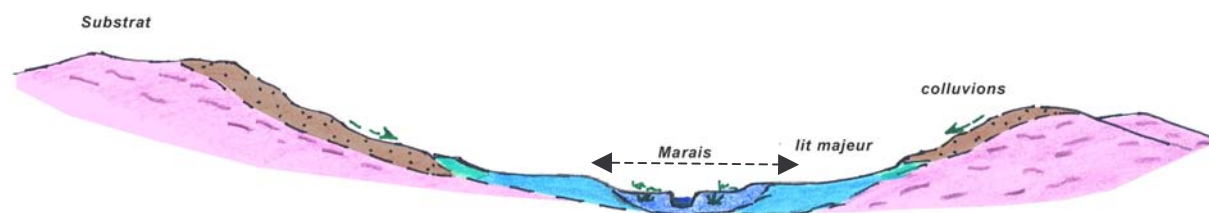


Le Canal de Haute Perche en aval du pont de Haute-Perche

On pénètre ensuite dans le marais de

Haute-Perche à proprement parler qui se développe sur un linéaire d'un peu plus de 5 kilomètres jusqu'au Clion-sur-Mer. Il offre l'aspect d'une vaste cuvette très ouverte bordée par des versants à pente douce tapissés par des dépôts colluviaux limono-sableux. (cf. schéma ci-dessous).

Coupe type de la partie moyenne de la vallée du Marais de Haute Perche

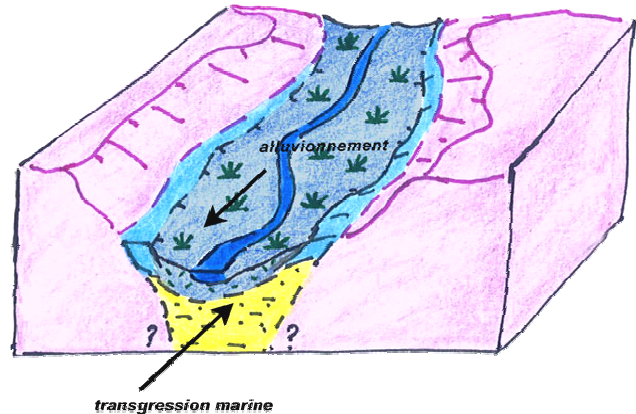


Dans cet ensemble, le fond de la dépression est occupé par un espace marécageux à fond plat drainé par l'axe linéaire du canal de Haute-Perche lui-même relié aux affluents des talwegs latéraux par un réseau d'étiérs. Au-delà se développe en gradins les bordures externes de la plaine alluviale qui s'évase étagée avec un niveau de lit majeur et à certains endroits un replat intermédiaire de lit majeur exceptionnel. Au niveau du Marais de Maingui, le plancher hydromorphe atteint sa largeur maximale qui dépasse un kilomètre. Tous ces secteurs de bas fond sont plus ou moins mis en eau de manière épisodique à chaque saison hivernale.

Pour les plus fortes crues "le réservoir se remplit" et les marges du lit majeur voire du lit majeur exceptionnel où passent les chemins communaux sont atteints comme cela a par exemple été le cas en 1978 ou 2001. Dans ce secteur, à l'exception de quelques hangars et installations agricoles il n'y a aucun enjeu notable dans la zone inondable.

3.2.2.2 Ria de Pornic : Du Clion-sur-Mer à Pornic (planche 7)

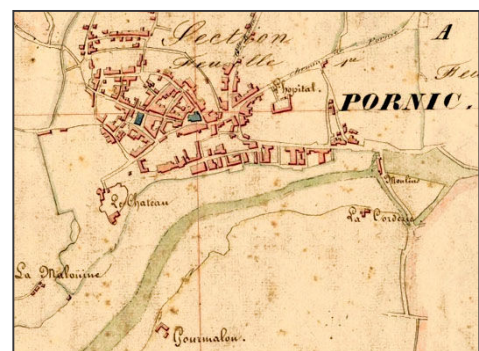
En aval du pont du village du Clion-sur-Mer le plancher alluvial se réduit notablement. Au contact de faciès plus résistants (micaschistes satinés) il s'encaisse dans une vallée étroite qui s'oriente vers le sud-ouest. Cet ensemble constitue la Ria de Pornic, qui correspond à une paléo-vallée en gorge remblayée par les dépôts sédimentaires liés à la dernière transgression marine recouverts par les formations palustres des dépôts alluviaux du Canal de Haute Perche.



La partie basse du Canal de Haute Perche sous influence

Le marais occupe l'essentiel du fond de vallée bordé par une bande de lit majeur qui suit le pied de versant et assure le lien avec les talwegs affluents. Les pentes sont très faibles avec un chenal d'écoulement du lit mineur qui s'élargit au fur et à mesure que l'on se rapproche de l'estuaire et de la zone d'influence des eaux marines qui se matérialisent fortement à partir du méandre de la station d'épuration et plus largement en aval du vannage de Boismain avec la présence d'eaux saumâtres et d'une végétation de ripisylve adaptée.

La ville de Pornic (zoom2) située à l'exutoire de la Ria s'est étendue en exploitant les contraintes physiques particulières du secteur. Le bourg initial s'est construit autour du vieux port situé à proximité du château implanté sur un éperon rocheux sur le plateau dominant la rive droite de la Ria que l'on appelle aujourd'hui la ville Haute. Au XVII^e et XVIII^e siècle elle s'est orientée vers le fond de vallée en liaison notamment avec l'aménagement du Canal de Haute-Perche vers le Port du Clion et la création d'une activité de meunerie utilisant la force marémotrice.



Le bourg de Pornic en 1836 (Archives dép. 44)

Au XIX^e siècle avec le développement du chemin de fer, la ville s'est orientée vers des activités touristiques et balnéaires accompagnées d'une croissance urbaine sur les deux rives de part et d'autre de la Ria.

C'est à cette période qu'une partie du fond de vallée à été remblayée en rive gauche du Canal pour créer la gare. Le principal impact de cet aménagement qui regroupe aujourd'hui un parking et une salle polyvalente est d'oblitérer une part importante de la section d'écoulement et de favoriser une surinondation des terrains rive droite sur la berge opposée. Le quartier de la rue du Canal situé à la cote 2,5 m NGF se retrouve ainsi particulièrement exposé aux inondations par débordement du cours d'eau de manière plus ou moins systématique (1988, 2000-2001, 2006) comme en témoignent les études antérieures réalisées.

Le port de plaisance de Pornic et l'exutoire du Canal du Perche à marée basse



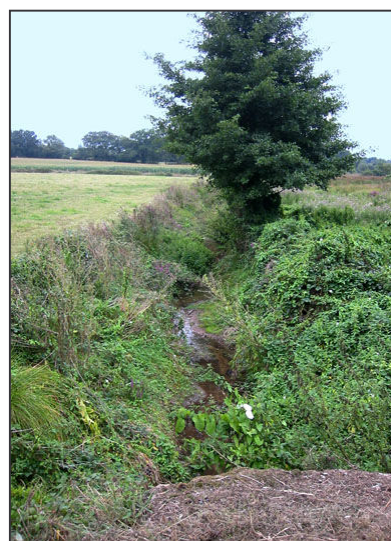
Plus à l'aval la basse-ville, en rive droite l'îlot d'habitation, situé entre les rues des Sables, de la Marine et le Quai Leray peut être également touchée par une crue du Canal de Haute Perche, la surcote du niveau marin lors des tempêtes ou la concomitance des deux phénomènes. Par ailleurs une problématique récurrente d'envasement du port situé à l'exutoire du Canal, malgré des curages fréquent et un entretien régulier pour la navigation, peut dans certains cas limiter l'évacuation des eaux continentales (phénomène constaté de tout temps dans les mentions historiques).

3.2.3 Le Boivre

3.2.3.1 Le Boivre amont de sa source à La Rouaudière (Planche 8)

Le Boivre prend sa source au niveau du lieu dit "l'Energie" dans un relief vallonné de landes qui enserrant le village de St-Père-en-Retz. Sur sa partie amont il s'encaisse rapidement dans un socle rocheux (micaschistes, granites) offrant l'aspect d'une petite vallée ouverte à fond plat, drainée par un lit mineur très embroussaillé et peu profond comblé par des arènes granitiques.

Dès le débit de plein bord atteint dans le chenal d'écoulement, le cours d'eau inonde le lit majeur d'une petite plaine alluviale assez ouverte encadrée par des versants aux formes moles tapissés de colluvions. Ce dernier constitué d'une matrice sablo-limoneuse assez grossière favorise un affleurement assez proche de la nappe ce qui se matérialise par la présence de nombreuses mares et pièces d'eau qui parsèment le fond de vallée.



Le lit du Boivre en amont du Pont Bonneau

Sur les cinq premiers kilomètres de la partie amont, le fond de vallée constitué de prairies et terres agricoles, les enjeux sont très ponctuels. Ils sont limités à deux bâtiments des hameaux Pont Bonneau et la Pitardière situés

en lit majeur exceptionnel et à l'usine de la Laiterie Saint-Père au niveau du lieu dit "la Claie". Cet aménagement industriel dont les bâtiments sont implantés en profil mixte (décaissé dans



Le lit mineur du Boivre longeant le remblai de l'usine de la Laiterie Saint-Père

les colluvions et remblai en lit majeur) est plus vulnérable au regard du risque inondation avec une partie basse du site (photo) qui peut à notre sens être affectée par les débordements du cours d'eau au niveau du pont sur la RD 86 (cadre béton) dont la section est limitante. Il est à noter qu'à l'aval de cet ouvrage, la présence de remblais de part et d'autre du chenal d'écoulement crée une situation de verrou hydraulique qui peut accentuer l'inondabilité à l'amont.

Au niveau de Saint-Père-en-Retz, le tracé du Boivre se resserre, franchissant un affleurement granitique plus résistant au niveau du Pont Neuf. Le village est implanté sur le substratum rocheux dominant la vallée. A l'exception de la station d'épuration en remblai et la création d'un parc paysager en bordure du cours d'eau (photo), il ne présente pas d'aménagements dans la plaine alluviale. Par contre il convient de signaler que certaines habitations peuvent être concernées par les débordements du Grésillon, petit ruisseau affluent rive gauche qui traverse une partie du village.



Parc paysager dans le lit du Boivre

Le remblai de la RD 5 en aval du village dont la transparence hydraulique est assurée par deux ouvrages, marque aujourd'hui la limite physique avec la basse vallée marécageuse (même si certaines influences peuvent se faire sentir plus en amont jusqu'au niveau du Marais Gauthier). Au-delà, on entre progressivement dans la basse plaine.

3.2.3.2 Le Marais de La Giguénais (Planche 9)

L'ensemble de la partie aval de la vallée du Boivre est occupé par la dépression humide retro-littorale du Marais de la Giguénais fermée à l'aval par le cordon dunaire sableux de Saint-Brévin-les-Pins. Ce vaste espace de plus de 600 hectares qui se développe sur plus de 7 kilomètres entre Saint-Père-en-Retz et le littoral est constitué par une prairie humide qui occupe tout le fond de vallée à une altitude variant entre 2 et 3 m NGF.

- Drainée par le chenal d'écoulement du Boivre et un réseau de douves et étiers latéraux reliés aux talwegs adjacents, la partie en amont du Pont de la Riverai offre des terrains hydromorphes colmatés par des horizons tourbeux très prononcés. L'encaissement du lit mineur étant très faible (0,30 cm en moyenne) il favorise un affleurement de la nappe et de fait ces espaces peuvent être mis en eau chaque hiver avec des surfaces plus ou moins importantes en fonction du volume et de la durée des séquences pluvieuses. L'ensemble est bordé par une bande de lit majeur et le raccordement avec le versant ou les colluvions s'effectue en biseau avec un niveau qualifié plus élevé de lit majeur exceptionnel (vers la cote 3,5 NGF) favorisé localement par des pointements du substrat sous-jacent qui crée des petites butes.



Les terrains tourbeux de la partie amont du Marais

- A partir de la Noé-sud, on entre dans le domaine de la basse plaine estuarienne sous influence directe du littoral. La pente est très faible, le cours d'eau décrit de larges méandres, et la présence d'espèces halophiles traduit la proximité du biseau salé dans la nappe. Au niveau de l'Arche du Boivre, la recrudescence d'axes d'écoulement et chenaux de crues dans le fond de la plaine traduit une augmentation de l'intensité des dynamiques. Le remblai de la route Bleue haut de plus de 3 mètres qui recoupe transversalement l'ensemble peut en effet favoriser à cet endroit un phénomène de surstokage amont sachant que la transparence hydraulique est assurée par un ouvrage géré par une vanne.

L'exutoire du Boivre sur la plage de l'Ermitage



A l'aval l'exutoire naturel du Boivre dans le cordon dunaire n'existe plus et les eaux douces sont évacuées vers la mer via un chenal de délestage dans le cordon dunaire creusé vers le sud-est au niveau de l'Ermitage, puis refoulées par pompage vers une vanne située dans une dépression d'arrière dune (photo). Malgré ce dispositif on constate toujours des problèmes récurrents de colmatage et d'ensablement de l'estuaire.

Lorsque les séquences pluvieuses sont longues, ce qui induit une mise en charge des nappes alluviales, l'évacuation des eaux vers la mer est très mauvaise, voire nulle en cas de surcote marine lors des tempêtes. La rétention des eaux douces se fait donc à l'amont avec un phénomène de surstokage (montée lente du plan d'eau) dans toute la basse plaine au niveau de l'Arche du Boivre de part et d'autre de la route Bleue.

Une étude hydraulique réalisée sur le Marais du Boivre (SCE 1996) mentionne la présence de laisses de crues au niveau du vannage de la Route Bleue et du pont de la Riverai situé plus de 3 kilomètres à l'amont à la cote 2,8 m NGF. Avec le différentiel de la topographie relevée sur le terrain on peut ainsi estimer que l'ensemble de la zone de rétention de la basse plaine (matérialisée sur la photo ci-dessous avec un zonage approximatif) peut être submergée par une hauteur d'eau variant entre 1 et 1,5 m.

La basse plaine du Boivre



Les divers épisodes d'inondations récents (1988, 2000-2001, 2003) attestent de cette problématique de submersion de la basse plaine avec des périodes de ressuyage assez longues liées aux difficultés d'évacuation des eaux continentales.

Dans ce périmètre, les principaux enjeux concernés sur la commune de **Saint-Brévin-les-Pins** (**zoom 1**) se concentrent au niveau du quartier des Bouillons. Il s'agit essentiellement d'habitations individuelles situées en arrière du cordon littoral au niveau de la dépression correspondant à l'ancien estuaire du Boivre. A ce niveau, non loin de l'ancien bras, quelques villas sont particulièrement exposées dans des bas fonds palustres situés à la cote 2 m NGF à l'extrémité de l'allée Marcel.

La partie basse du hameau des Bouillons implantée sur un replat situé entre la cote 3 et 4 m NGF, peut également être affectée à la marge par des débordements exceptionnels du plan d'eau au niveau du camping. Dans cette zone la connaissance de l'aléa mériterait d'être affinée par un diagnostic hydraulique plus précis.

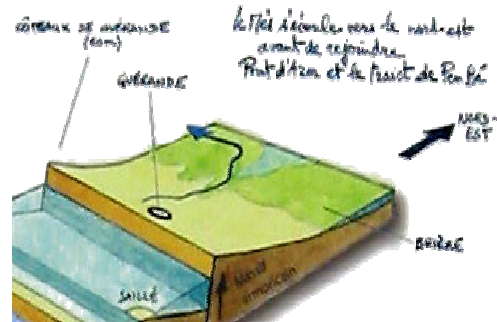


Le Boivre à proximité de l'Ermitage

3.2.4 L'Etier du Pont d'Arm

3.2.4.1 Le Mès de sa source à Kérozan (Planche 10)

Au nord de la citée fortifiée de Guérande, l'Etier du Pont d'Arm qui prend le nom de Ruisseau du Mès sur sa partie amont, trouve son origine dans un petit vallon situé à proximité du lycée agricole qui draine vers le nord-est les reliefs des coteaux de Guérande. Très encaissé dans le socle granitique ce dernier offre une vallée à fond plat colmatée par des dépôts d'arènes issus de l'altération des versants. La présence de venues d'eaux localisées favorise les circulations d'eaux interstitielles et la création de nombreuses mares et étangs aménagés.



Sur les trois premiers kilomètres de son parcours le lit mineur, très embroussaillé offre une section assez faible et l'on observe des traces de débordements assez fréquents dans le lit majeur qui occupe le fond du plancher alluvial. Il s'encaisse plus fortement en aval de l'ouvrage de franchissement du chemin communal de la Guérandaise submersible pour les plus fortes crues (buses) car il est recalibré en drain agricole.

Sédimentation dans le lit mineur



A ce niveau l'une des caractéristiques du cours d'eau est de présenter dans son chenal une charge solide assez importante caillouto-sableuse, liée à l'érosion des sols qui s'accroît dans le fond du chenal au fur et à mesure que la pente s'affaiblit. En amont de Bouzeray cette problématique de sédimentation et de colmatage au fond du lit devient plus forte et il s'envase progressivement formant zones humides aménagées en étangs (étang de Kercabus). Ce système d'étangs souvent accompagnés d'anciens moulins se continue jusqu'au hameau de Bouzaire et plus en aval au niveau du lieu dit "les Noës".

Sur toute cette partie amont du bassin versant de l'Etier du Pont d'Arm, la plaine alluviale du cours d'eau traverse des zones naturelles boisées (chênaies) et des milieux plus ouverts constitués de prairies de fauche, pâturages et terres agricoles. Il n'y a aucun enjeu dans la plaine alluviale si ce n'est quelques habitations situées en lit majeur exceptionnel dont les jardins peuvent être inondés par débordement de l'étang en amont de Bouzaire.

3.2.4.2 Le Marais de Mesquer - St-Molf (Planche 11)

A partir du hameau de Kérozan, il y a une transition lithologique et paysagère marquée. Les micaschistes de la Vilaine constituent le soubassement d'une pénéplaine aux reliefs monotones de basses collines qui dominent une vallée à fond plat occupée par un plancher alluvial marécageux et plus en aval par l'estuaire de Mesquer pénétré par la mer.

Dans la boucle des Crolières ces bas fonds marécageux occupent le fond d'une vallée bien marquée avec une prairie humide qui se développe sur des sols hydromorphes tourbeux bordés de roselières (photo). Le lit mineur offre un chenal d'écoulement assez large (4 à 5 m) mais très colmaté par des vases et des apports sableux. Il est très rapidement débordant (fréquence de crue annuelle) et tout ou partie du plancher alluvial à l'exception des bordures du lit majeur et des talwegs affluents peut se retrouver inondé de manière fréquente.



Le chenal et la plaine alluviale palustre aux Crolières

A partir du niveau du hameau de Marongle, en pénétrant dans le marais de Pompas on entre dans la basse plaine littorale comblée par les dépôts marins et palustres (cf. schéma de la Ria de Pornic). Suivant une orientation nord-ouest – sud-est sur un peu plus de 9 kilomètres l'ancienne Ria égrène en chapelet une série d'espaces marécageux (Marais d'Arbourg, Marais de Pompas, Marais du Belou, Marais des Baules, Etang de la Sarre etc...) drainés par l'Étier du Pont d'Arm. La particularité de ce secteur est de présenter une variété d'espaces connexes latéraux qui pénètrent à l'intérieur des terres avec un réseau de drains reliés à l'étier principal. L'ensemble de ce secteur des marais littoraux représente une zone de plus de 1400 hectares dont le plancher est situé à la cote 2 m NGF pouvant être inondé par les eaux douces ou submergé par les eaux marines lors des plus fortes tempêtes.

La basse plaine marécageuse vue vers l'aval depuis le pont de la RD 774 au niveau de Pompas





Tables à sel sur la commune de Mesquer

Dans sa partie la plus proche de la côte sur ces derniers kilomètres en aval de la RD 33, l'estuaire de l'Étier du Pont d'Arm est endigué et la plaine alluviale est occupée par les marais salants de Mesquer et d'Assérac séparés par un bras de mer, le Traict de Rostu. L'espace des salines qui couvre plus de 350 hectares est aménagé depuis le VII^e siècle avec la création de bassins (casiers séparés par des talus) communicant avec la mer. Toute cette zone infra-littorale peut être submergée par les surcotes marines liées aux tempêtes, mais également par les débordements fluviaux lors des plus fortes crues.

Dans toute cette partie des marais, les enjeux restent limités au regard de la problématique inondation. Ils concernent essentiellement les infrastructures linéaires qui recoupent transversalement le plancher alluvial et en particulier la RD 33 entre Saint-Molf et Asserac qui peut être coupée (cf. référence historique crue de 1978) ainsi que l'ancienne route de Pompas. Quelques habitations situées en pied de versant dans des zones de lit majeur ou lit majeur exceptionnel peuvent être affectées par la montée des eaux lors des événements les plus importants (hameaux de Marongle, entrée de Pompas, Trébezan, Moulin-Marchand). Il convient de signaler également sur la commune de Mesquer le lotissement du Rostu dont la partie basse (rue des Près Salants) peut être également concernée par la problématique submersion marine lors des tempêtes.

BIBLIOGRAPHIE

ANTEA – DDAF 44 : Etude Aléa-enjeux du risque inondation en Brière (Loire-Atlantique), rapport technique, octobre 2004, 46 p + annexes

ADBVB (Association pour le Développement du Bassin Versant de la Baie de Bourgneuf) : Schéma d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE) du marais breton et du bassin versant de la baie de Bourgneuf, rapport technique, 2004, 244 p

BCEOM : Définition du périmètre inondable par submersion marine des cours d'eau côtiers du département de la Loire Atlantique, rapport d'étude et cartes, Mars 2003, 13 p

BCEOM : Etude hydraulique des bassins versants de la communauté de communes de Pornic, rapport d'étude, Juillet 2005, 233 p

BRGM : carte géologique au 1/50.000^e feuille X-23 Saint-Nazaire, carte + notice, 1979, 26 p

BRGM : carte géologique au 1/50.000^e feuille XI-23 Paimbœuf, carte + notice, 1979, 60 p

BRGM : carte géologique au 1/50.000^e feuille XI-25 Challans, carte + notice, 1983, 99 p

BRGM : carte géologique au 1/50.000^e feuille XI-24 Machecoul, carte + notice, 1979, 36 p

BRGM : carte géologique au 1/50.000^e feuille XII-24 Saint-Philbert-de-Grand-Lieu, carte + notice, 1982, 79 p

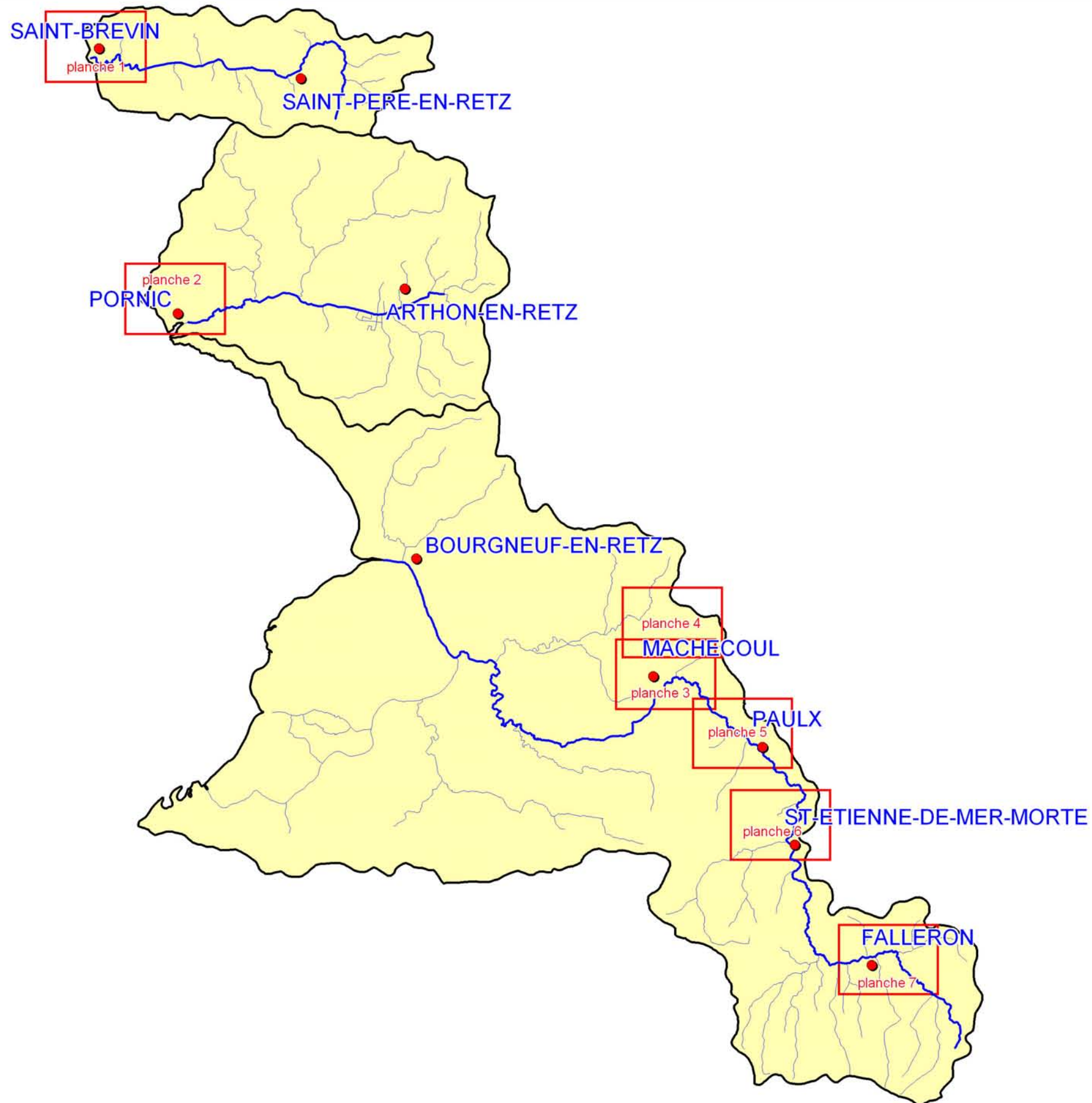
GEFFRAY (O), MENANTAU (L) : Géographie de l'inondation des marais de la basse-Loire : l'exemple de la crue de l'hiver 2000-2001, revue NOROIS 192 2004/3, pp 11-28

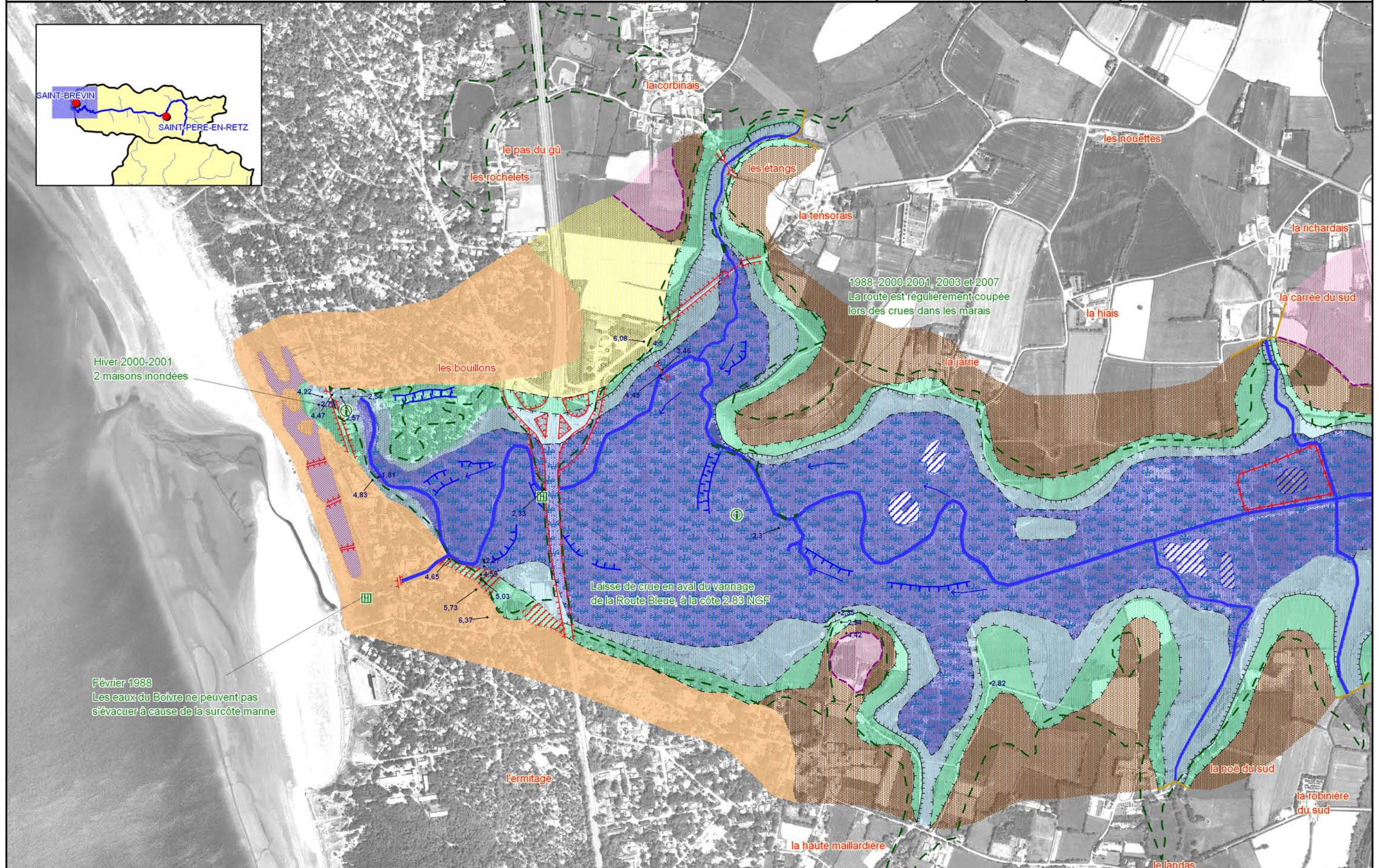
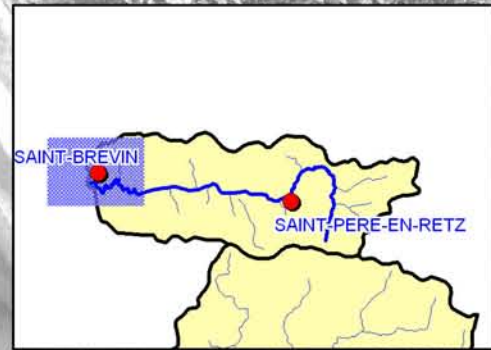
GRANDMAISON (B) : Histoire défensive du château de Machecoul, Bull de la Société des Historiens du Pays de Retz N° 23 – 2004, pp 5-19

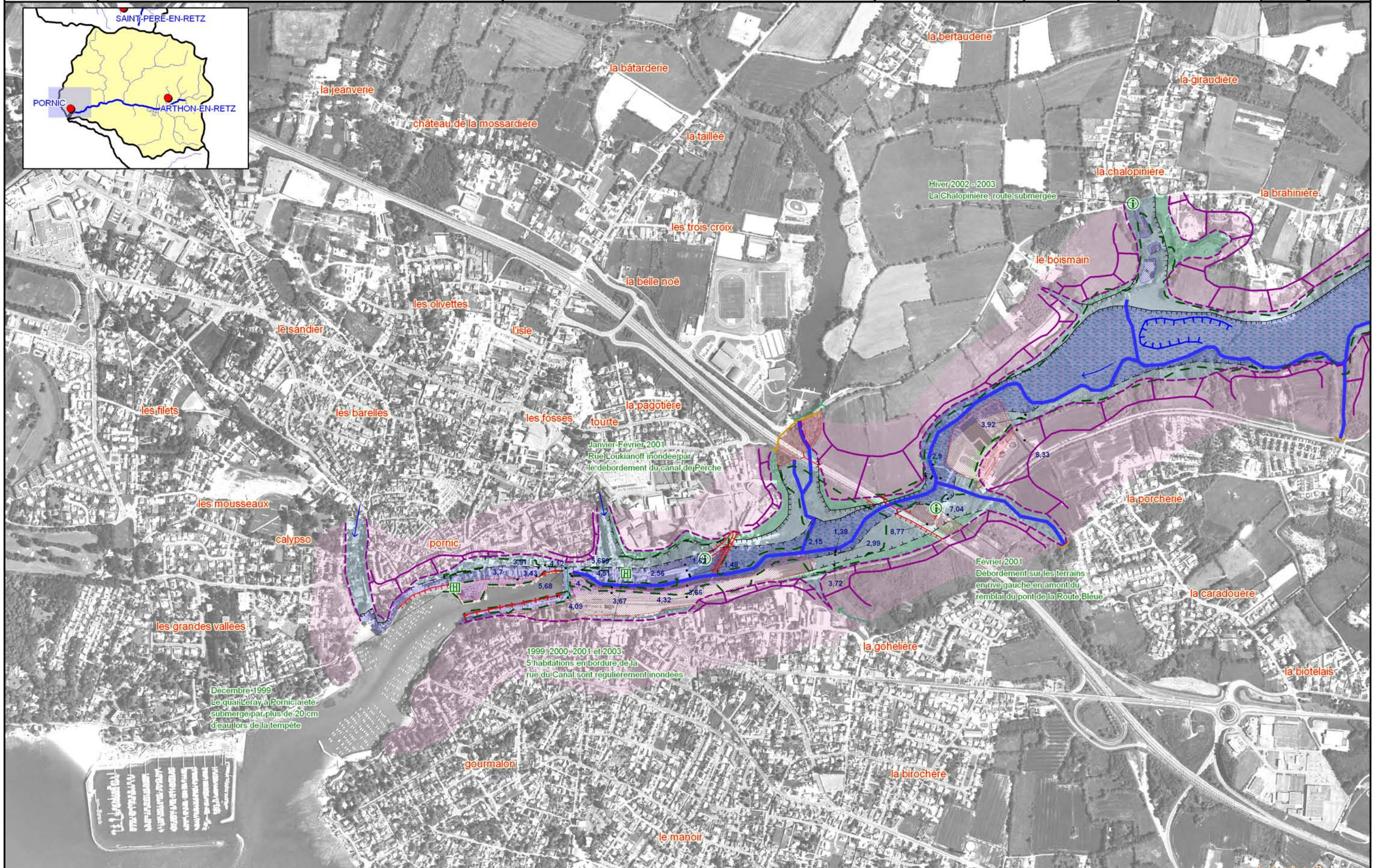
HOLMAN (C) : la prise en compte du patrimoine hydraulique et de son environnement dans le cadre de l'élaboration du Schéma de Cohérence Territoriale (SCOT) du Pays de Retz, mémoire de fin d'études, Université de Nantes – DRAC Pays de Loire, 2007, 107 p

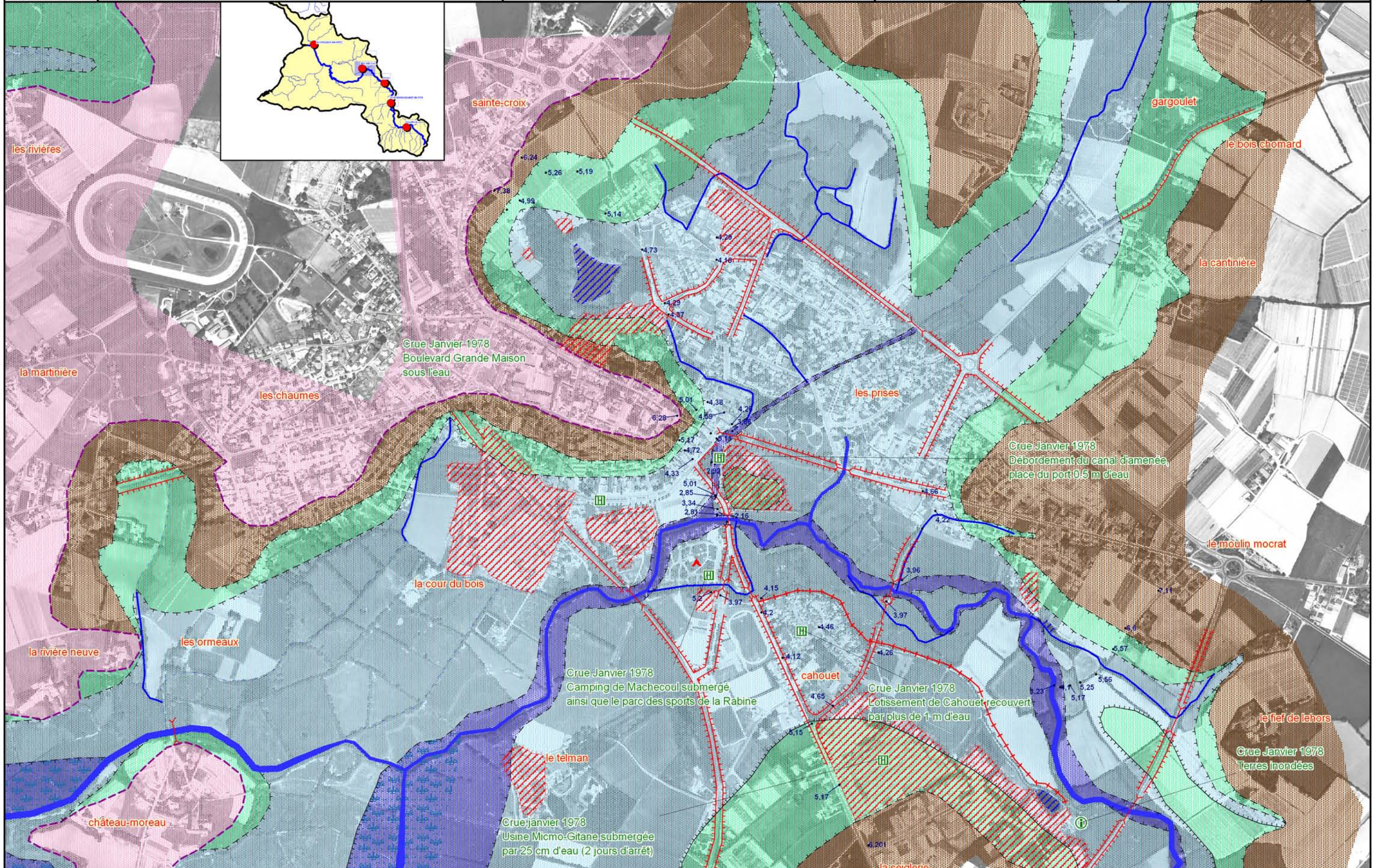
IRH : Commune de Machecoul – Schéma directeur des eaux pluviales, rapport d'étude, A-93.44.05, 100 p + cartes

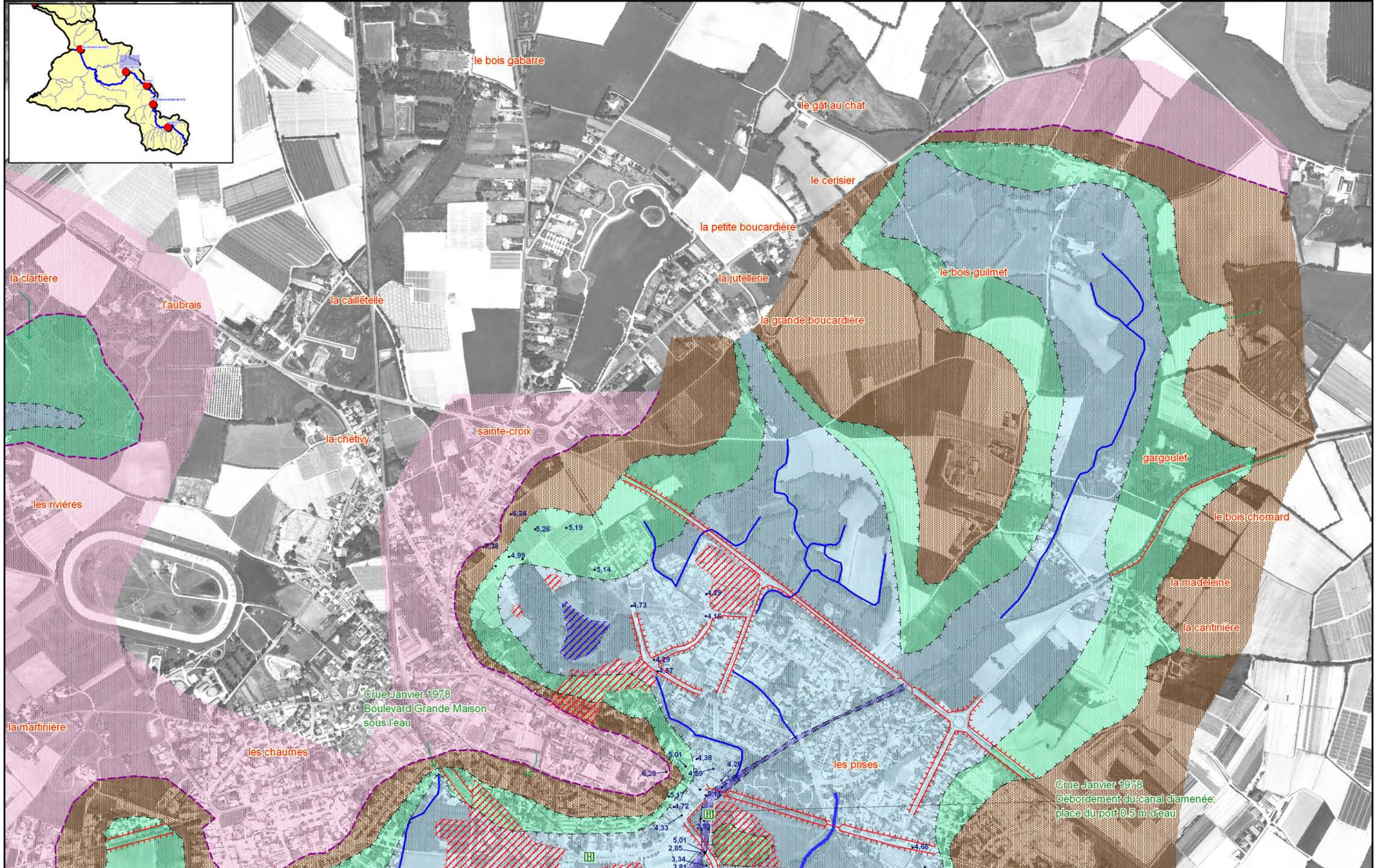
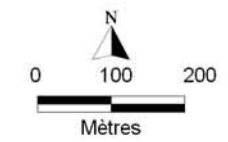
PREFECTURE DE LOIRE ATLANTIQUE : Schéma de Cohérence Territoriale (SCOT) du Pays de Retz – Document d'association de l'Etat, DDE 44 SAH/politiques territoriales, octobre 2008, 32 p











le bois gabarre

le gât au chat

le cerisier

la petite boucardière

la juttellerie

le bois-guilmet

la clartière

l'aubrais

la caillételle

la grande boucardière

la chetivy

sainte-croix

gargoulet

les rivières

le bois chomard

Crue Janvier 1978
Boulevard Grande Maison
sous l'eau

la madeleine

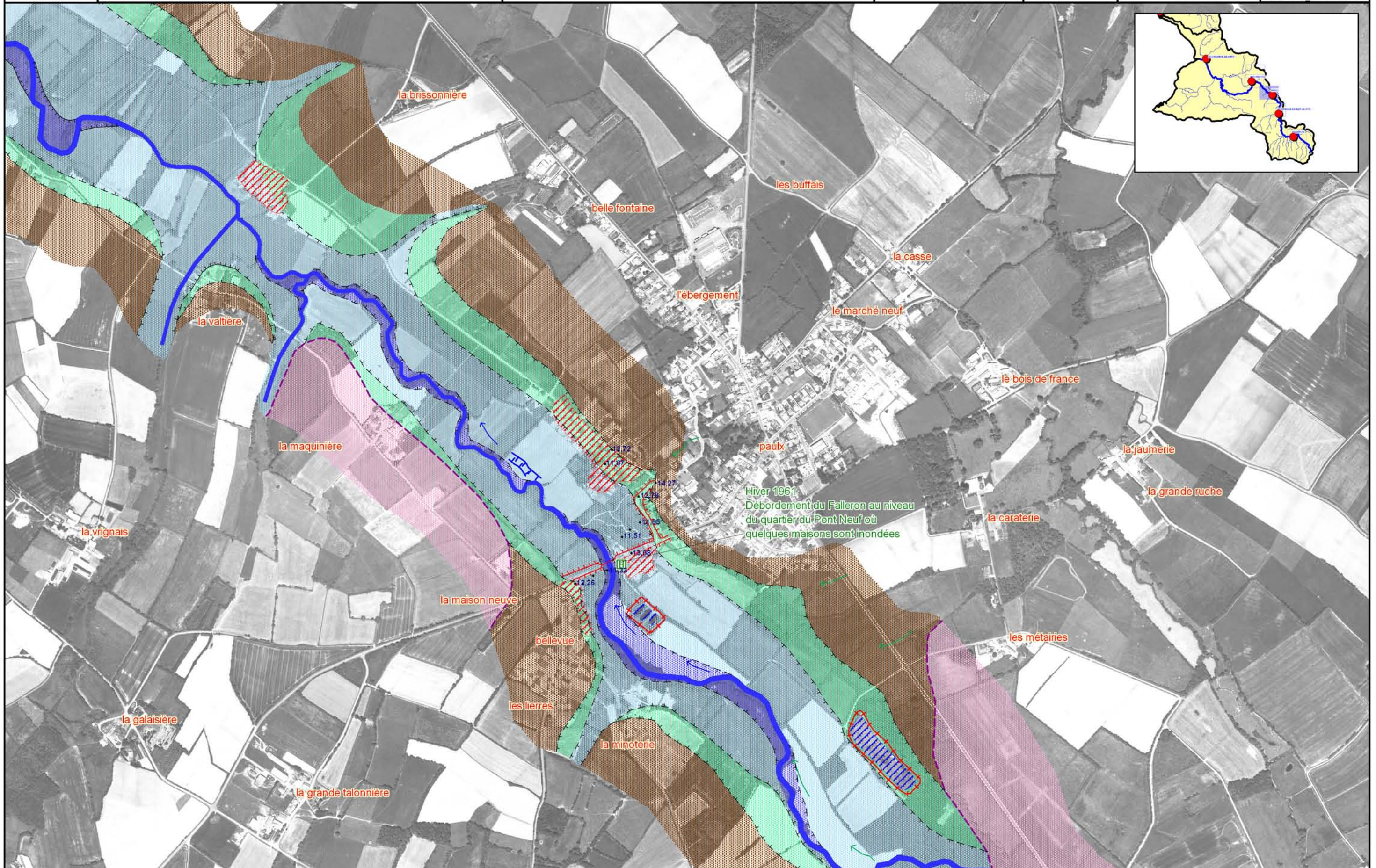
la cantinière

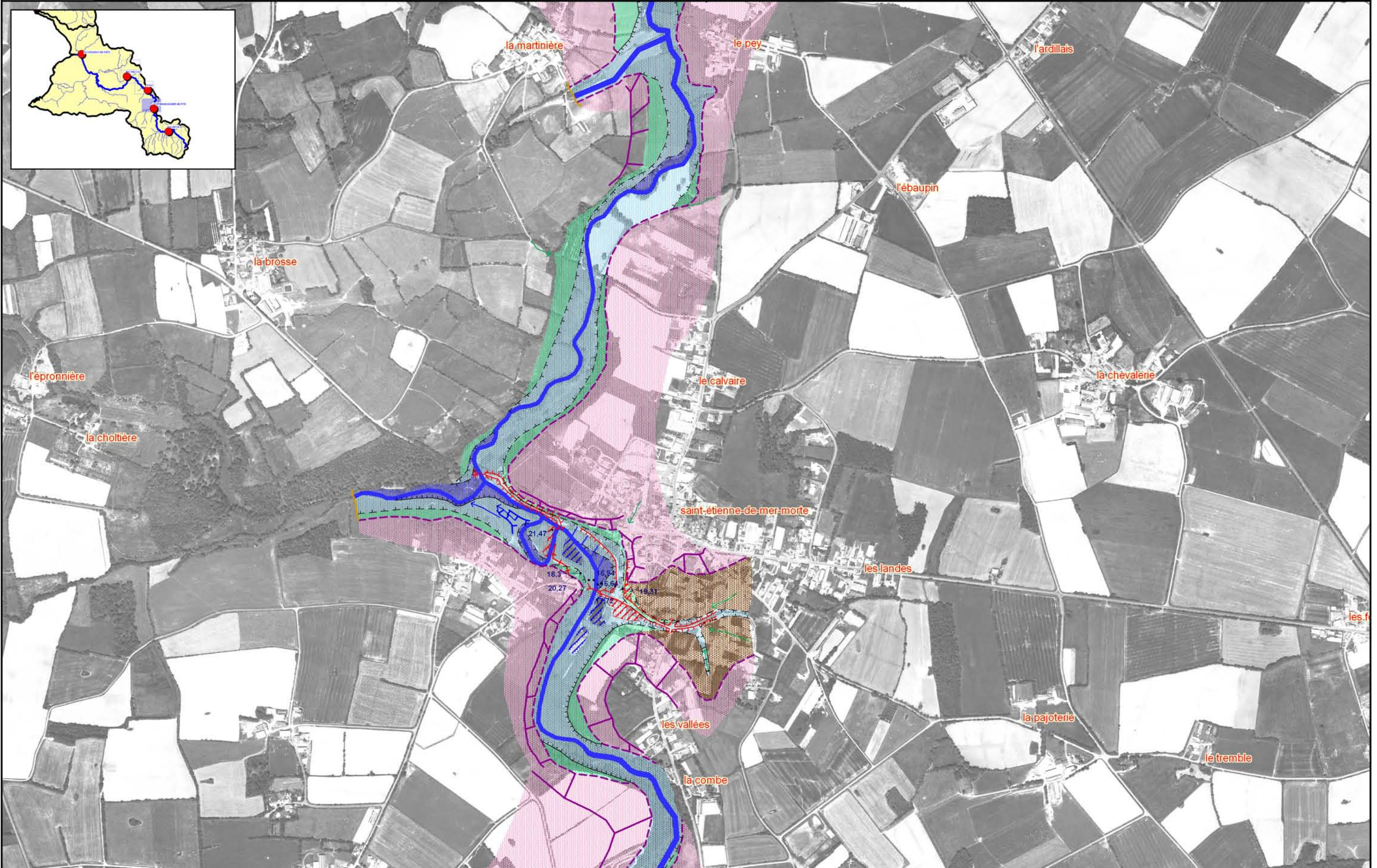
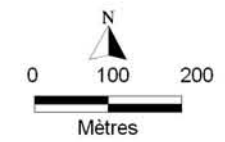
la martinière

les chaumes

les prises

Crue Janvier 1978
Débordement du canal d'aménée
place du port 0.5 m d'eau





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

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

2.2 - Inondabilité de type pluviale

- Ruissellement

2.3- Structures secondaires

- Zone marécageuse
- Bras de décharge annexe
- Axe d'écoulement en crue
- Cône alluvial
- Dépression de lit majeur
- Cordon littoral sableux
- Dépression inter-dunaire

3 - Terrains encaissants

- Versant
- Terrasse alluviale
- Colluvions

4 - Eléments d'occupation du sol à rôle hydrodynamique

4.1 - Structures linéaires

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

4.2 - Eléments isolés

- Bâtiment
- Station d'épuration
- Camping
- Ouvrage d'art
- Seuil, écluse
- Remblai

5 - Eléments d'altimétrie

- 12.10 Levé topographique

6 - Informations historiques

6.1- Points d'information historique

- Repère de crue
- Informations issues des archives
- Information issue des témoignages

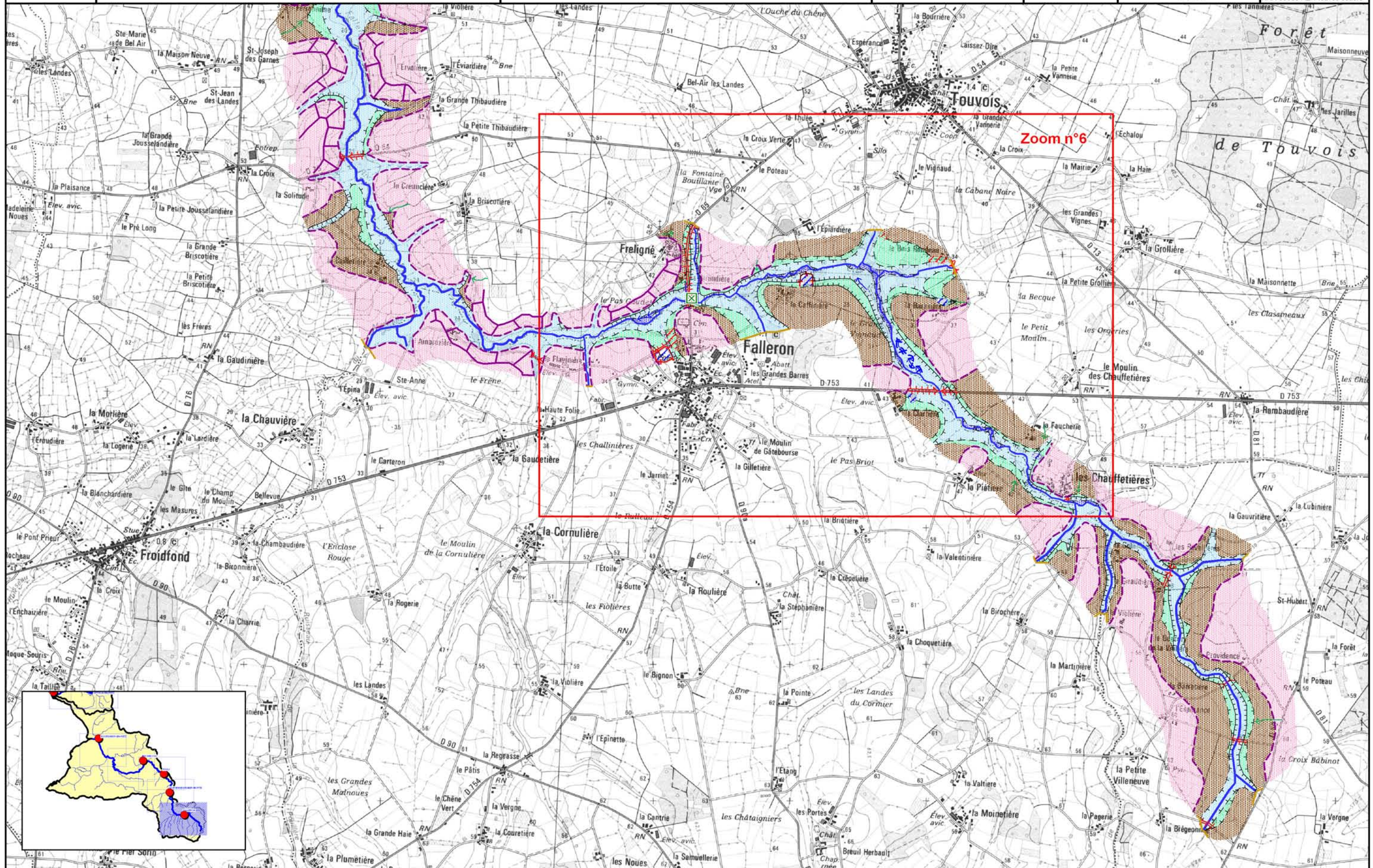
7 - Surcote marine exceptionnelle (4 m NGF)

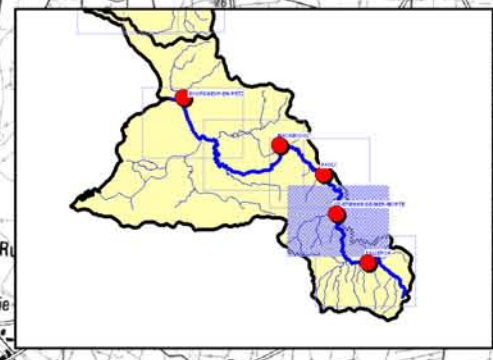
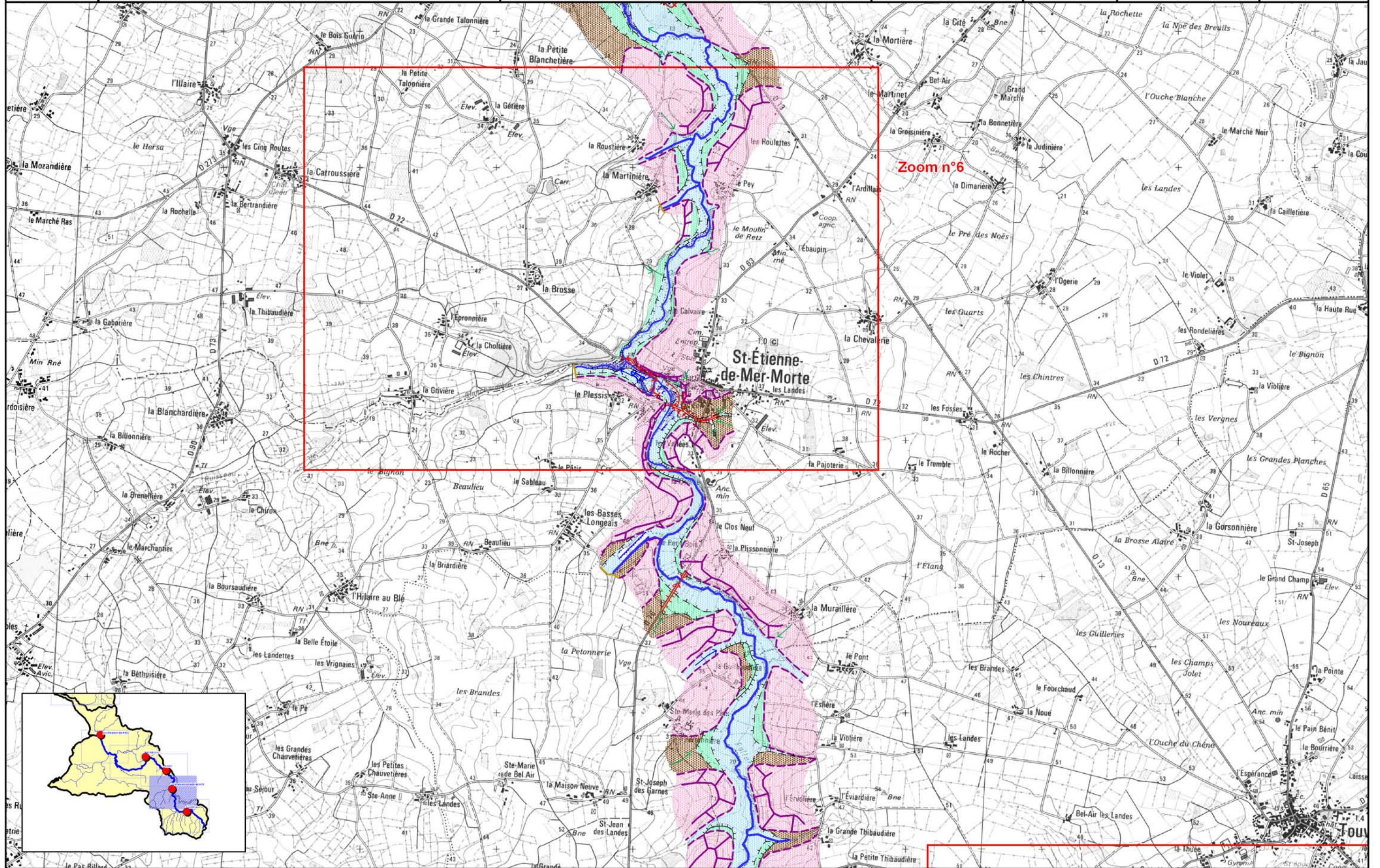
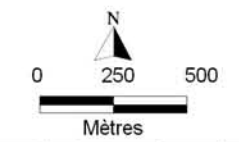
- Limite d'extension de la zone impactée par les phénomènes de surcotes marines exceptionnelles (source BCEOM)

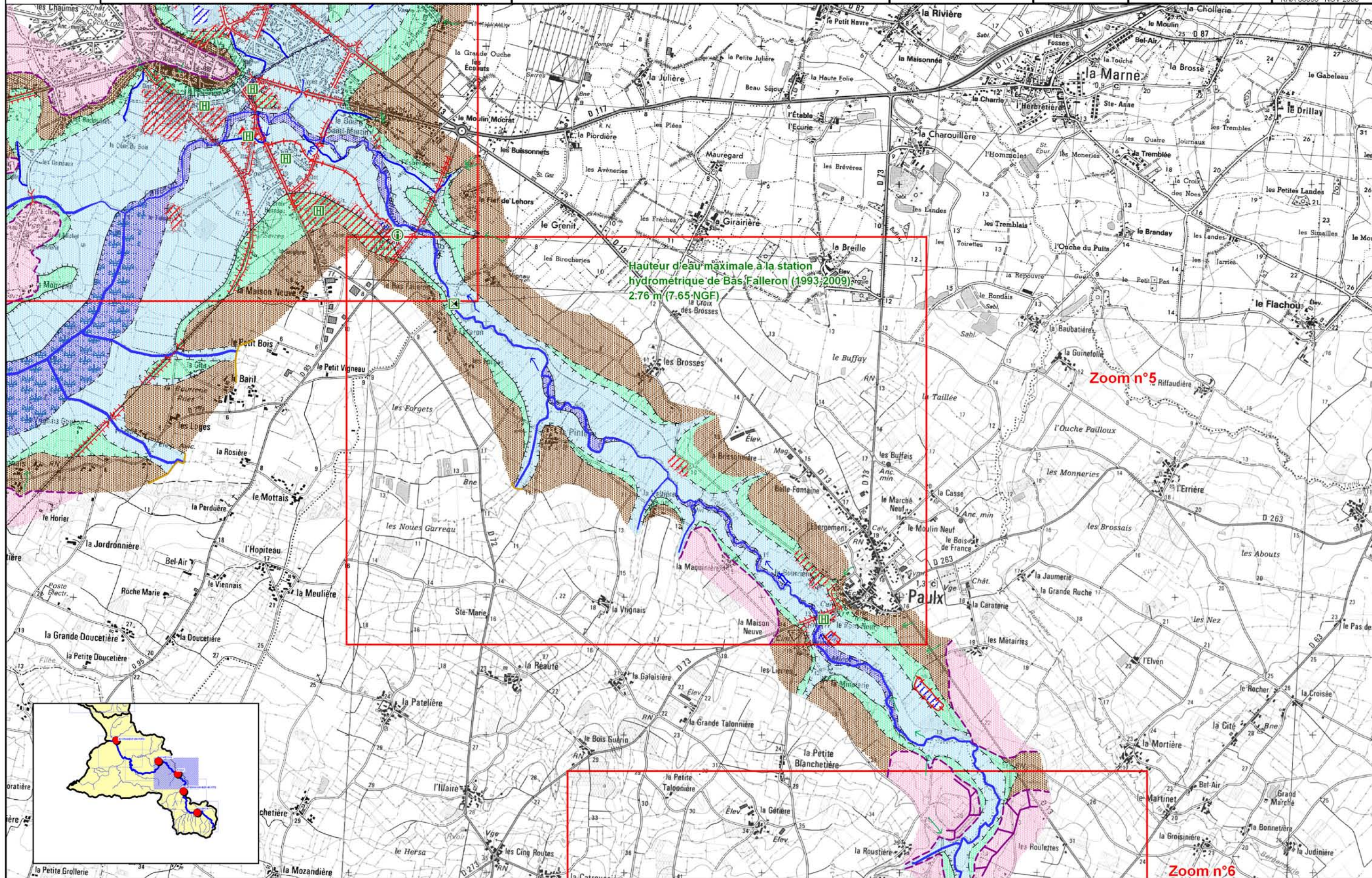
8 - Limite d'étude

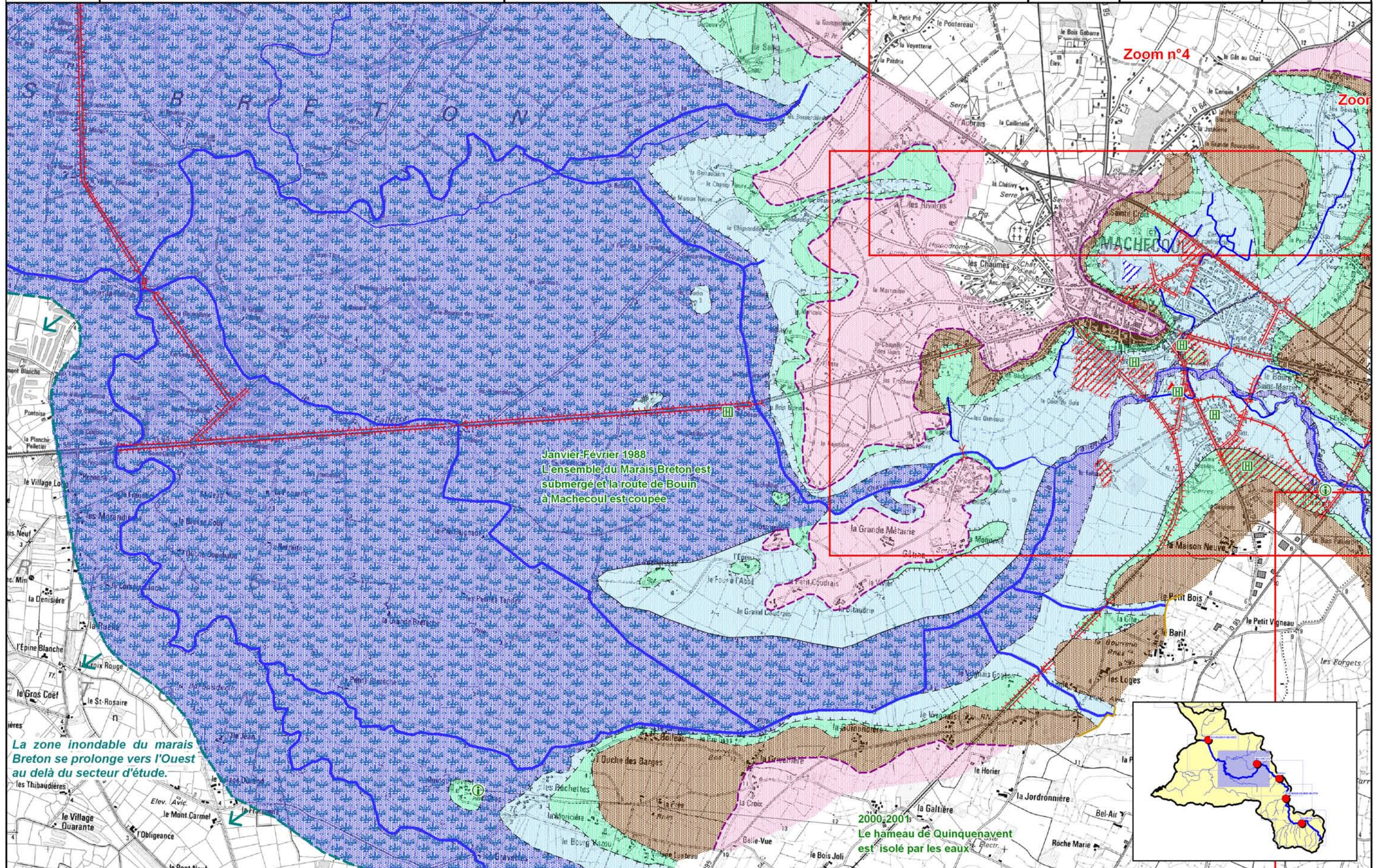
- Limite de la zone d'étude

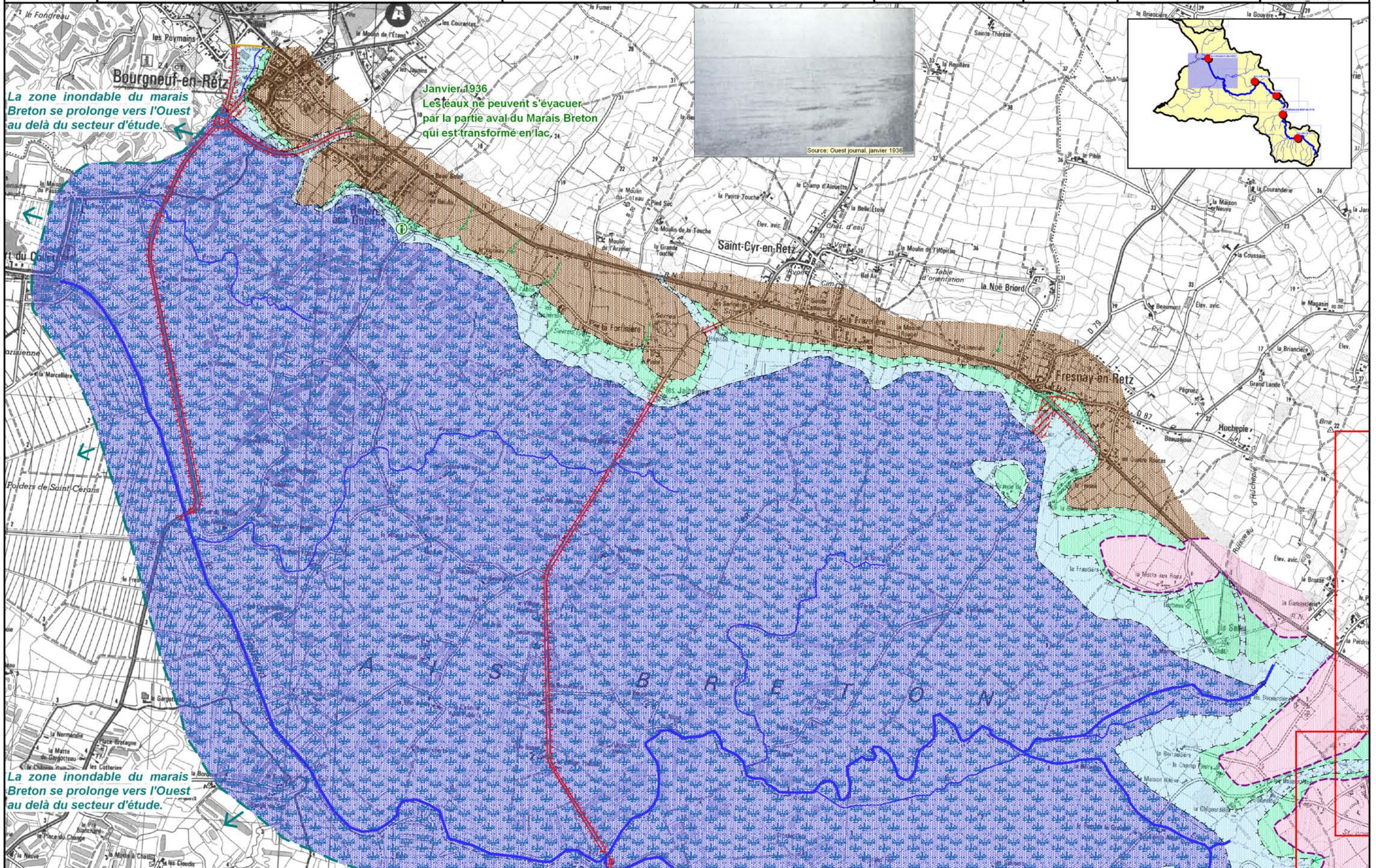


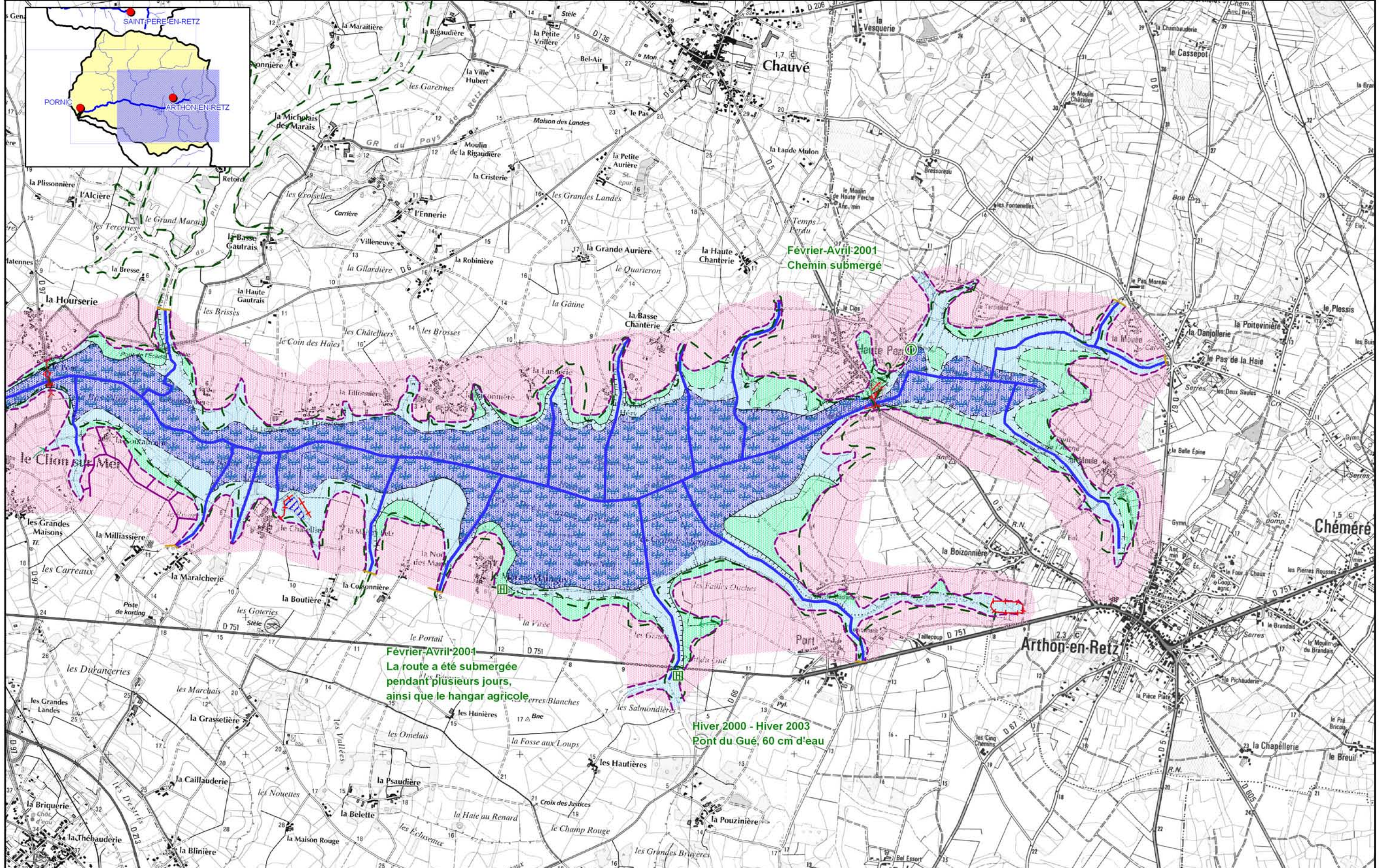
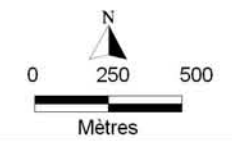


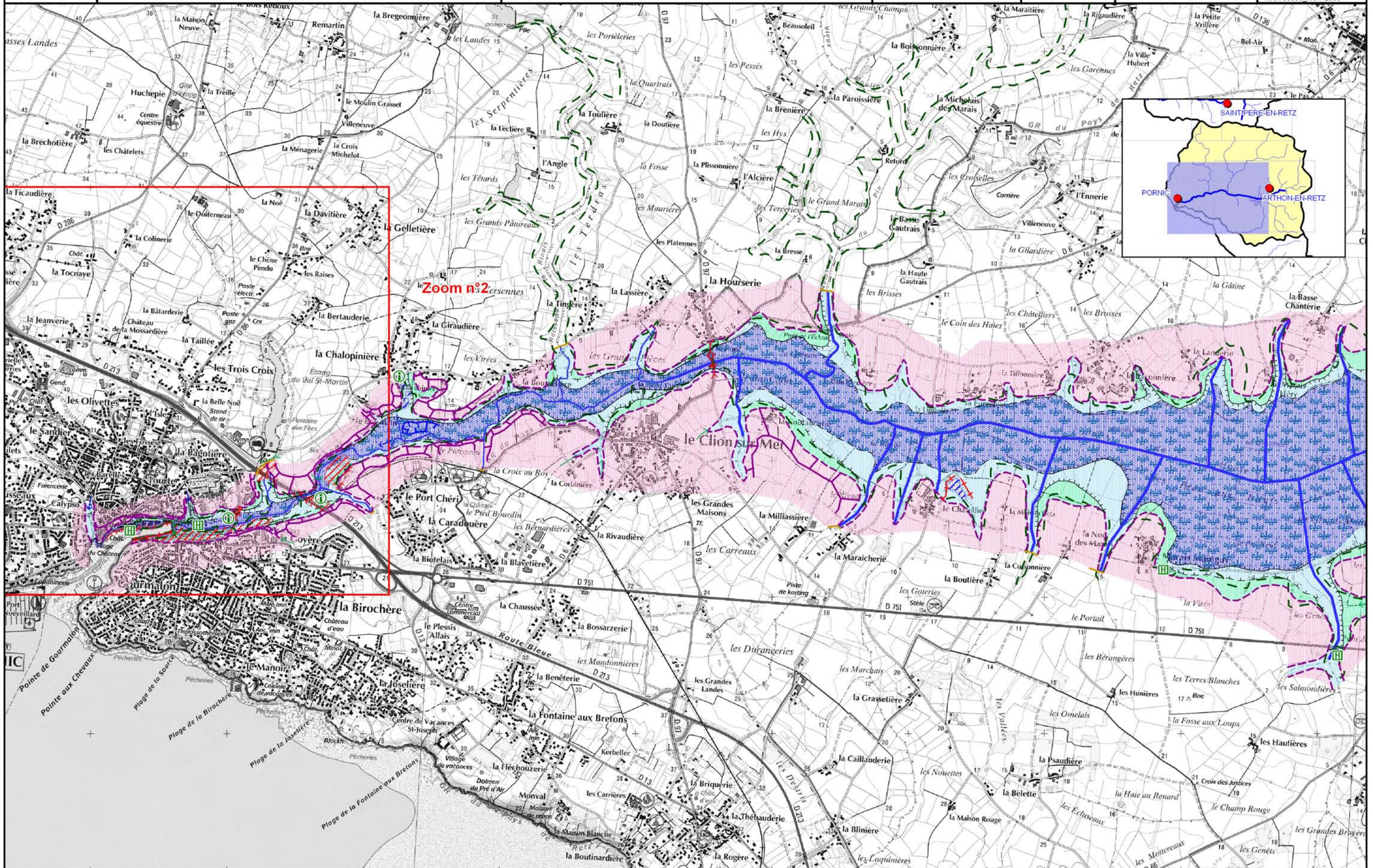
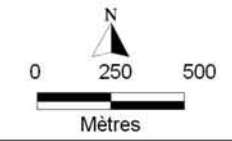


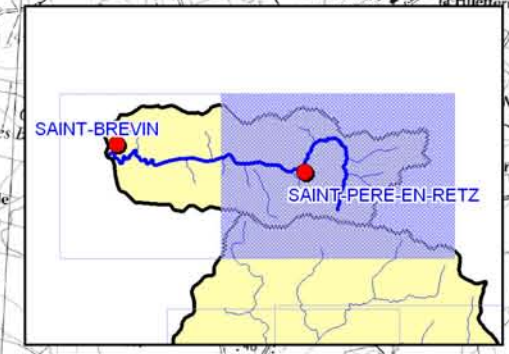
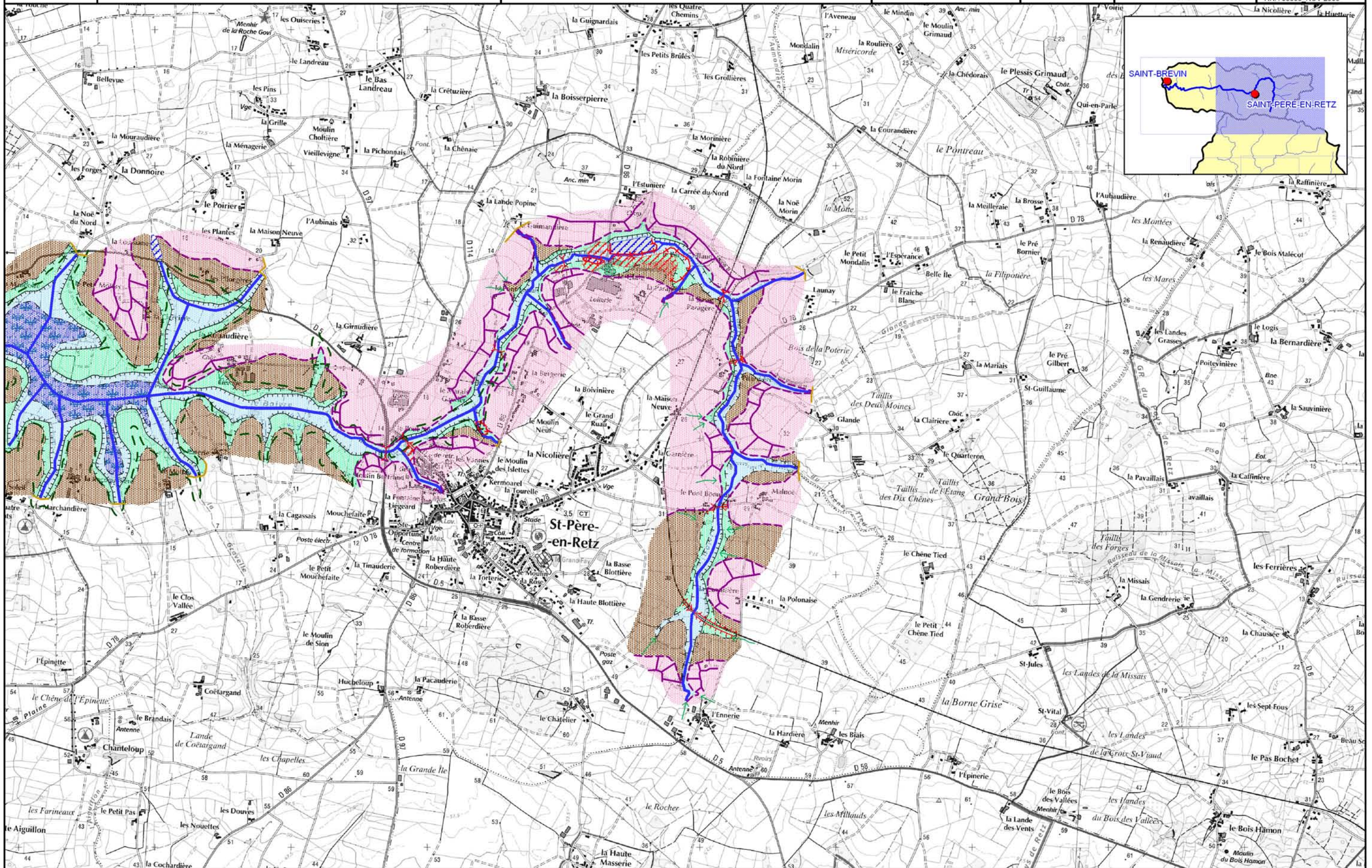


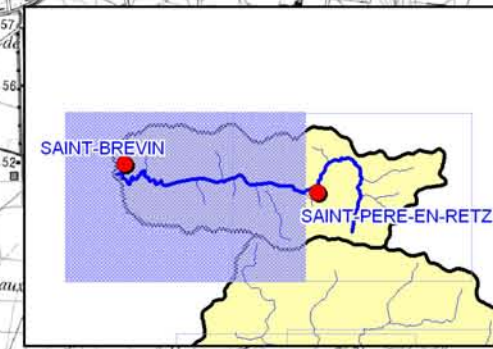
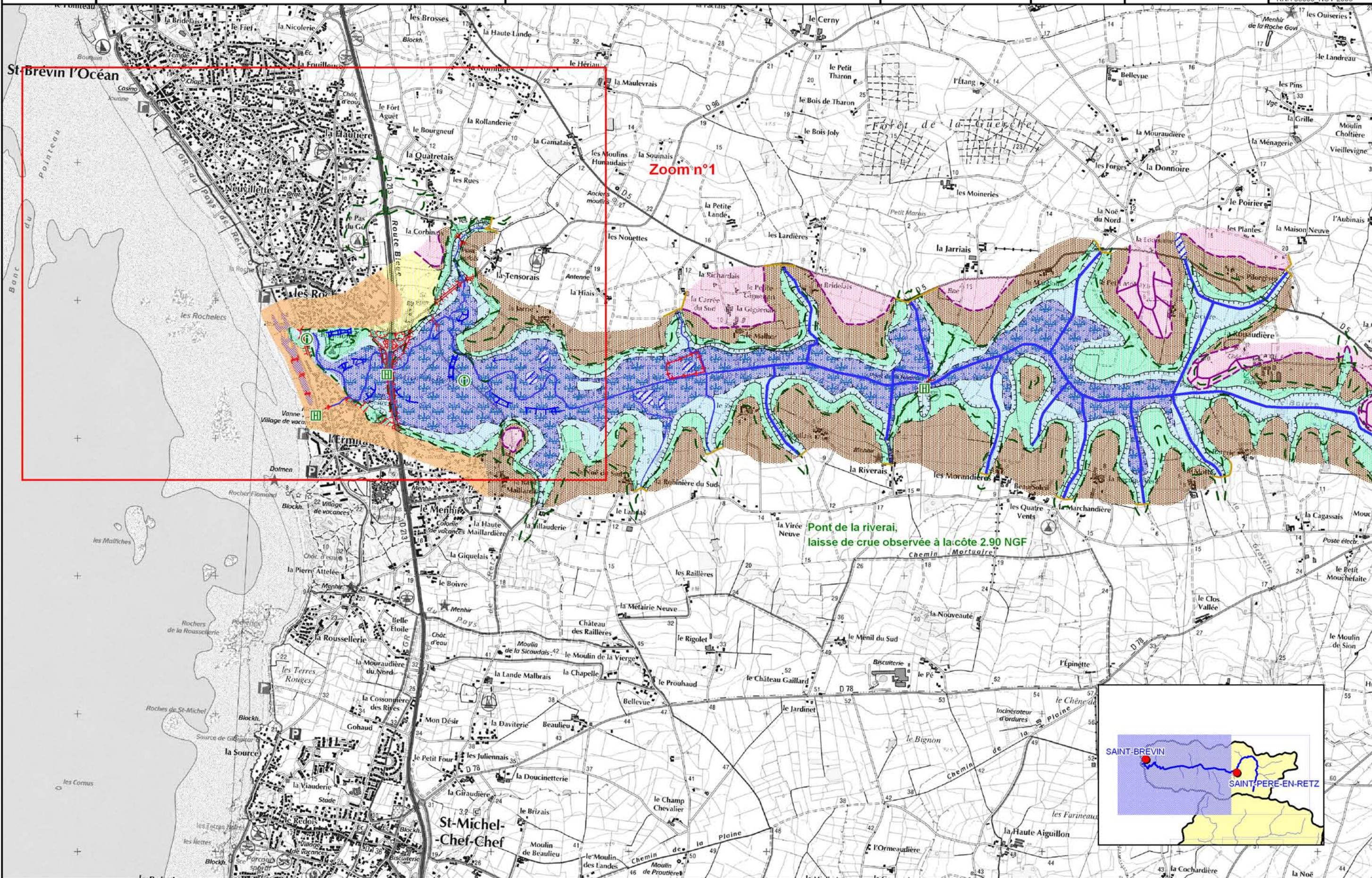
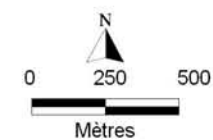


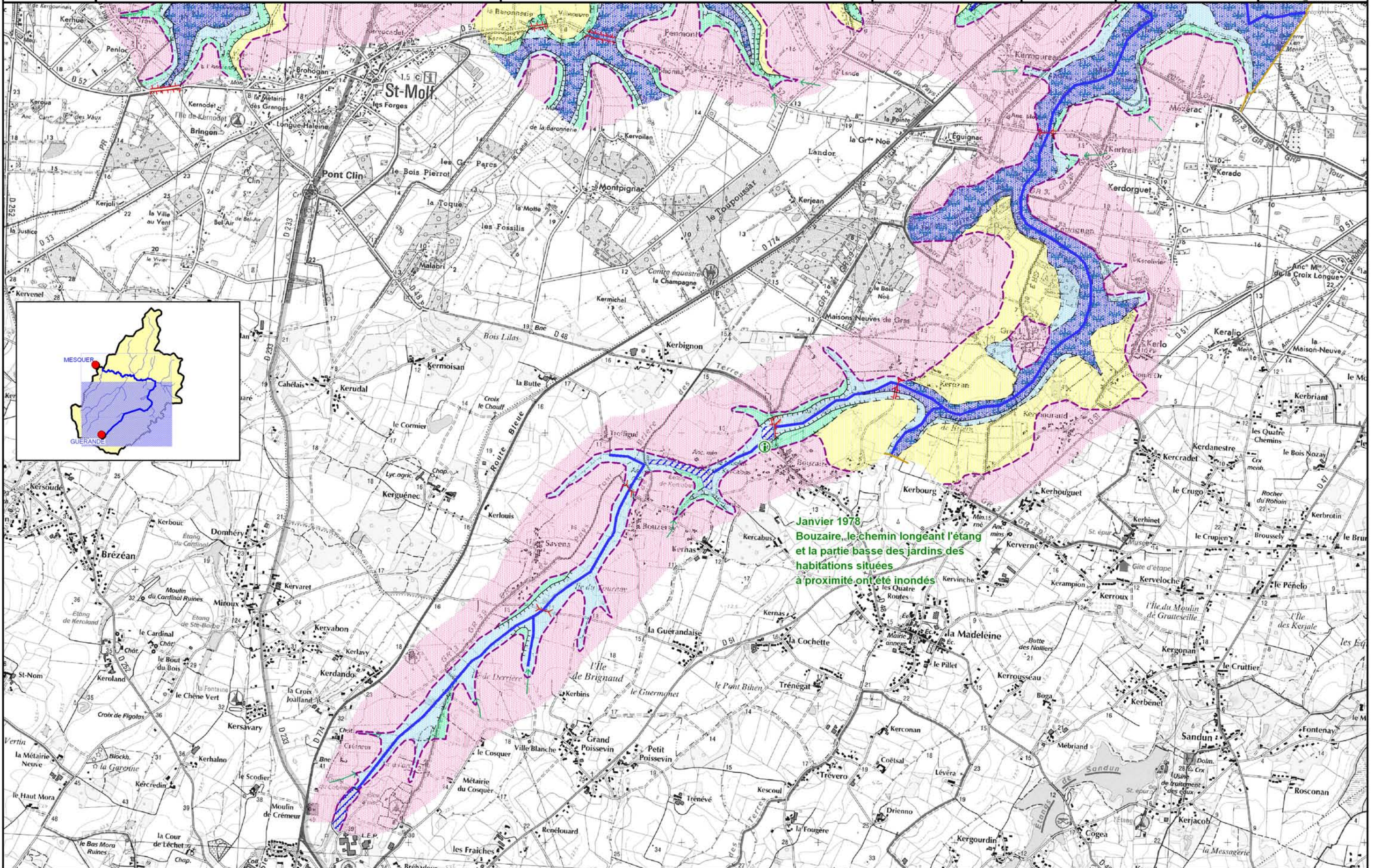












Janvier 1978
Bouzaire, le chemin longeant l'étang
et la partie basse des jardins des
habitations situées
à proximité ont été inondés

