

Les Zones Inondables en Pays de la Loire

Etude et cartographie des phénomènes
Evaluation des enjeux

Avril 2008



PREAMBULE

A la demande du club régional d'échanges sur les risques, animé par la DIREN, un document de synthèse de la cartographie des zones inondables en Pays de Loire a été réalisé. Préparé par la DIREN, il a fait l'objet d'une validation par les 5 DDE.

Ce document a pour objectif de fournir une synthèse, au 1^{er} janvier 2008, des connaissances existantes au niveau des services de l'Etat en matière d'inondations à l'échelle de la région. Il constitue en cela un préalable aux travaux qui devront être engagés en application de la directive européenne¹ du 23 octobre 2007 sur la gestion des risques d'inondation. Il vise à préciser les bases techniques nécessaires à la compréhension des documents que sont les atlas des zones inondables.

La connaissance rassemblée ici s'appuie sur les éléments issus de la politique nationale de l'Etat d'établissement d'atlas de zones inondables (AZI) par débordement de cours d'eau, et à l'évaluation des enjeux figurant dans ces zones inondables.

Il convient bien entendu de rappeler que localement, dans le cadre d'études menées par diverses collectivités, des connaissances précises complémentaires peuvent exister, y compris sur de très petits cours d'eau.

Ce travail a vocation à être complété par la connaissance en cours d'acquisition en matière d'inondation par remontée de nappe ou par submersion marine, phénomènes également traités par la directive européenne précitée.

Enfin, afin de permettre une évaluation fine des enjeux humains en terme d'occupation des zones inondables par les populations, la DIREN des Pays de la Loire a mis en œuvre, avec le concours de l'INSEE pour l'exploitation des bordereaux du recensement de la population, une méthode permettant de recenser le nombre d'habitants concernés avec une échelle de précision infra communale. L'avancement de ce travail, en cours de réalisation, est présenté également dans ce document.

¹ Directive 2007/60/CE du Parlement Européen et du Conseil du 23 octobre 2007 relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation, publiée au JOCE, n° L 288 du 06 novembre 2007.

SOMMAIRE

GENERALITES, VOCABULAIRE DU DOMAINE DES INONDATIONS... 5

COMMENT CARTOGRAPHIER : METHODOLOGIES..... 10

ETAT D'AVANCEMENT DES CARTOGRAPHIES..... 14

COMMENT UTILISER UN ATLAS DE ZONES INONDABLES 16

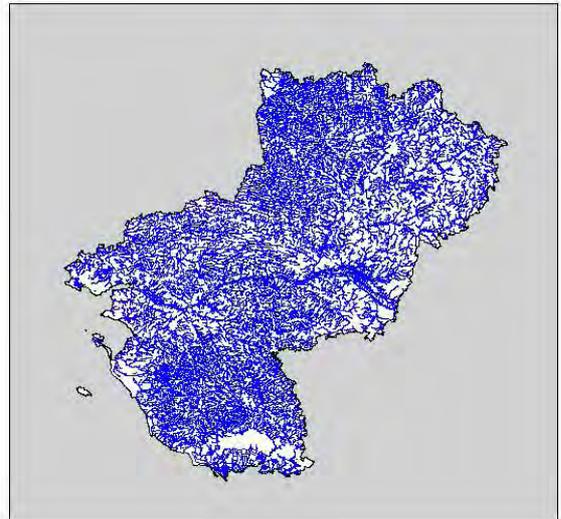
**EVALUATION DE LA POPULATION EN ZONE INONDABLE
CONSTITUTION D'UN OBSERVATOIRE REGIONAL DES ENJEUX.... 21**

Nb : Les cartes et graphiques sont conçus et réalisés par la DIREN des Pays de la Loire

LES COURS D'EAU en PAYS DE LA LOIRE

Bassins versants et cours d'eau

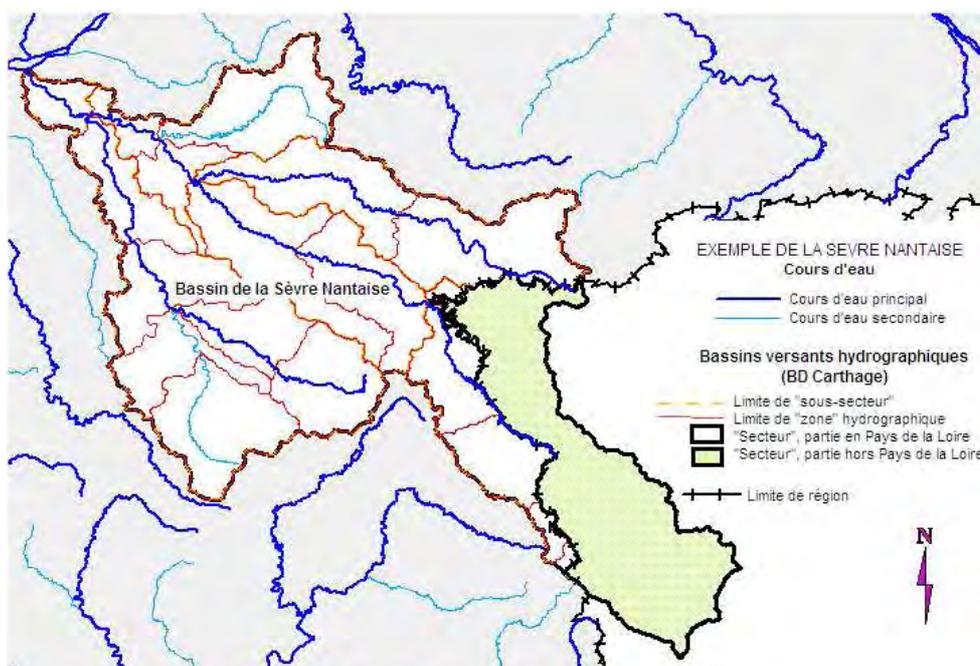
Les Pays de la Loire disposent d'un maillage fin de petits cours d'eau qui couvrent l'ensemble de son territoire, selon une organisation dendritique. La majeure partie de ces cours d'eau font partie du bassin de la Loire, avec en particulier le bassin de la Maine pour la moitié nord de la région. Le nord de la Loire-Atlantique appartient néanmoins au bassin de la Vilaine, et le sud ouest de la Loire-Atlantique ainsi que la moitié ouest de la Vendée sont composées de petits bassins côtiers. Le sud de la Vendée appartient au bassin de la Sèvre Niortaise. Le linéaire total de cours d'eau permanents est de 22 000 km.



Les pentes moyennes des cours d'eau sont généralement faibles voire très faibles et les régimes hydrologiques de type océanique, avec néanmoins des variations, selon l'influence plus ou moins grande de la contribution des aquifères à l'écoulement.

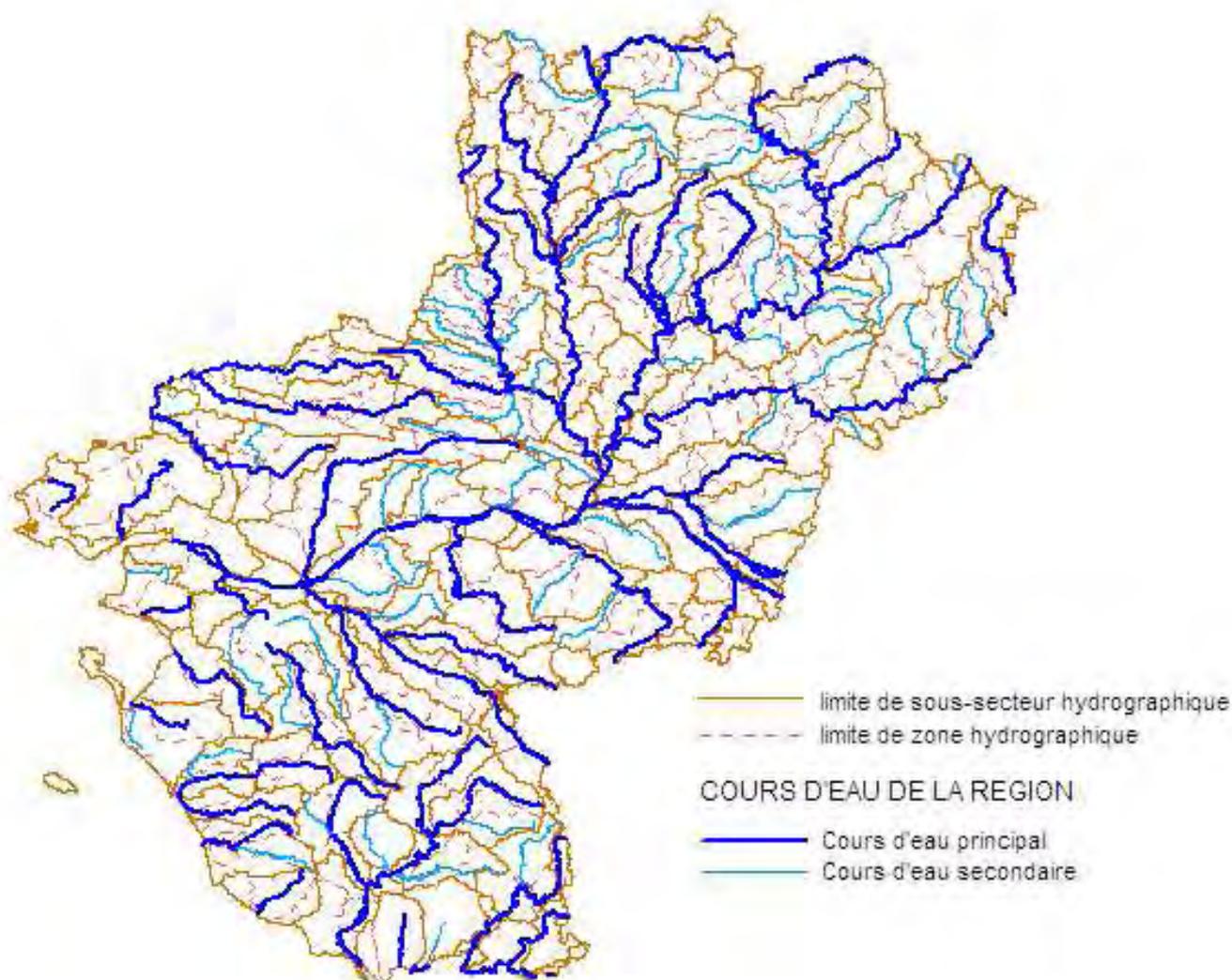
Usuellement, les cours d'eau sont ordonnés selon leur «rang de Strahler», classification hiérarchique des tronçons en fonction du nombre de confluences amont de tronçons de rang égaux (deux tronçons de rang égal confluent en un tronçon aval de rang supérieur). Par exemple, le rang de la Loire dans la région est 8.

La BD Carthage fournit un découpage des bassins versants, du plus grand au plus petit, en régions hydrographiques, secteurs, sous-secteurs et zones hydrographiques (cf. exemple carte 1).



Carte 1 : découpage des bassins versants : exemple de la Sèvre Nantaise

Pour la cartographie des zones inondables, le présent document identifie comme cours d'eau principaux ceux qui drainent au moins un *sous-secteur* hydrographique, et comme cours d'eau secondaires les drains de *zones* hydrographiques drainant un bassin de plus de 100 km² (cf. carte ci-contre). Les plus petits cours d'eau (la plus grande partie du linéaire) sont classés en « autres » cours d'eau.



carte 2 : Cours d'eau principaux et secondaires des Pays de la Loire

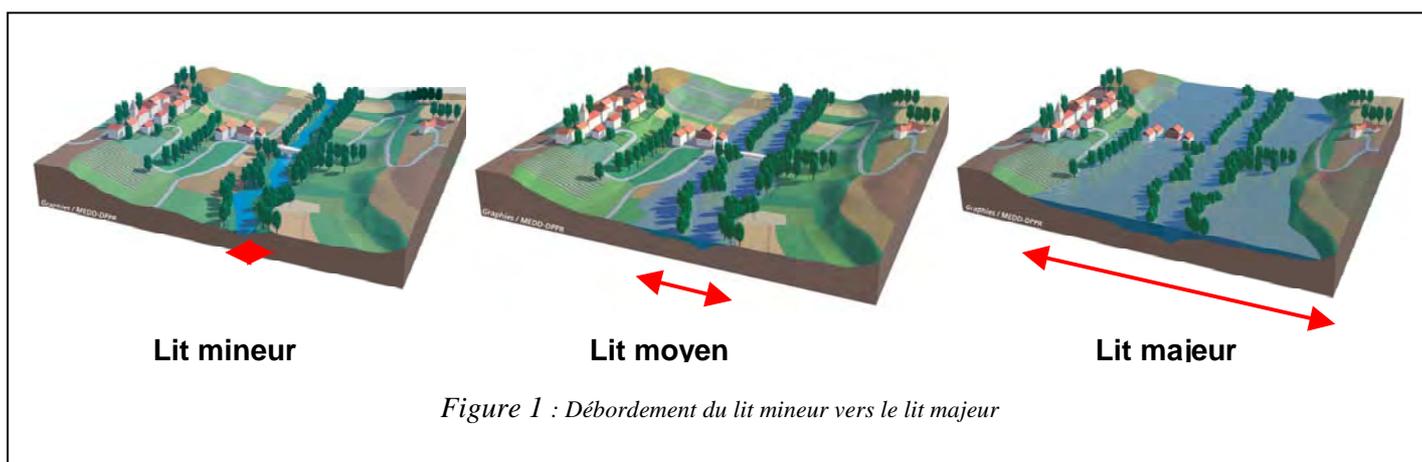
GENERALITES

VOCABULAIRE du DOMAINE des INONDATIONS

Crue/inondation

La **crue** est, étymologiquement, une augmentation importante du *débit* d'un cours d'eau par rapport au débit moyen.

L'**inondation** est, selon les termes de la directive européenne du 23 octobre 2007, la submersion temporaire par l'eau de terres non submergées en temps normal ; pour les cours d'eau, c'est le débordement du cours d'eau du *lit mineur* vers le *lit majeur*.



Il existe des crues sans inondation (petites crues ou forte capacité du lit mineur), mais aussi des inondations sans crue (obstacle ponctuel à l'écoulement).

Crue de référence

Dans les projets de protection, les études d'impact d'infrastructures ou les plans de prévention des risques, on définit généralement une « **crue de projet** » ou « **crue de référence** », qui correspond soit à des crues passées réelles, soit à des crues théoriques. Le choix d'une « crue de projet » ou « crue de référence » a pour effet de définir le niveau d'« aléa » (cf. plus bas) contre lequel on souhaite se protéger. Lorsqu'on construit des barrages, on définit également une « crue de sûreté ». Pour les PPRi, la crue de référence doit être « au moins centennale ». Dans une cartographie telle qu'un atlas de zones inondables, on ne cherche pas à décrire une crue en particulier, mais plutôt l'ensemble des crues.

Période de retour

La **période de retour** ou **durée de retour** relève de l'étude statistique des crues, en particulier des débits de crue. Lorsqu'on dispose d'un grand nombre de valeurs et qu'on peut définir un ajustement statistique à une loi donnée, période de retour statistique et probabilité d'occurrence se recouvrent. Ainsi, la crue décennale est la valeur de débit de crue dépassée en moyenne une fois tous les 10 ans ; c'est aussi l'événement qui a une chance sur 10 de se produire chaque année.

Pour les barrages, en particulier les barrages en terre, la « crue de sûreté » est généralement décennale

La nouvelle directive européenne prévoit que soient établies des cartes de zones inondables comprenant au moins les zones susceptibles d'être inondées par les crues de faible probabilité ou scénarios d'événements extrêmes, et par les crue de « probabilité moyenne ». Les crues de probabilité **moyenne** sont définies comme de période de retour probable supérieure ou égale à 100 ans.

Crue centennale

Si la définition de la période de retour ne pose pas de problème pour la crue décennale, l'identification entre ajustement d'un échantillon statistique et probabilité d'occurrence est plus difficile pour les plus grandes périodes de retour car d'une part les observations disponibles sont généralement très insuffisantes, et d'autre part, si on disposait effectivement de séries beaucoup plus longues (disons 300 à 500 ans pour déterminer la crue centennale), c'est la stationnarité du phénomène, nécessaire pour l'application de lois statistiques, qui ne pourrait être garantie.

La notion de **crue centennale** se rattache donc à une approche en terme de probabilité subjective plus que d'occurrence moyenne du phénomène. C'est un problème complexe, qui constitue un des principaux sujets des études d'hydrologie (cf. chapitre ci-après « Notions d'hydrologie »).

Aléas, enjeux, vulnérabilité, risques

La notion d'aléa recouvre généralement deux choses :

- soit l'ensemble des crues étudiées, dont la répartition dans le temps est considérée comme aléatoire. C'est de cette acception que découle la notion d'« aléa de référence », comme équivalent de la « crue de référence » ;
- soit, pour une crue donnée (la crue de référence) les différents niveaux d'intensité auxquels un secteur est soumis, en fonction des paramètres retenus (hauteur, vitesse, durée...).

Finalement, la notion d'aléa a pour objectif de relier l'approche qualitative intuitive (« fort » à « faible ») et les paramètres quantitatifs. Les textes réglementaires actuels ne précisent pas directement cette relation. Le guide méthodologique *Plans de prévention des risques naturels (PPR) – risques d'inondation* de 1999, fournit néanmoins des grilles d'appréciation, qui font référence en la matière :

Lorsque le niveau d'aléa est défini par rapport à la hauteur de submersion pour l'inondation de référence :

Hauteur H	Aléa
$H < 1 \text{ m}$	Moyen ou Faible
$H \geq 1 \text{ m}$	Fort

Lorsque le niveau d'aléa est défini par rapport à la hauteur de submersion et aux vitesses (en particulier pour les inondations rapides) :

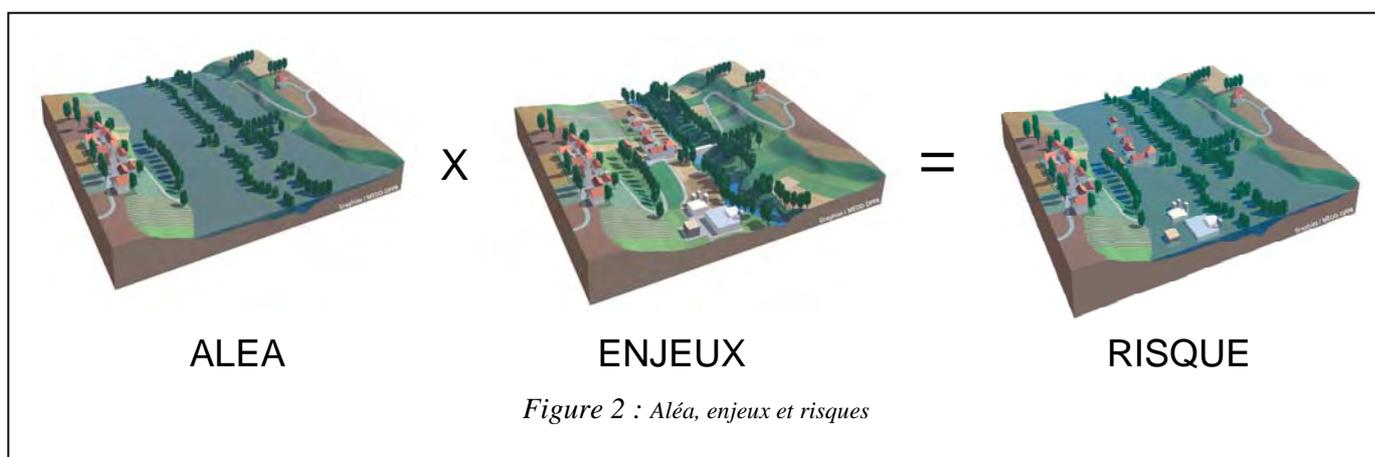
Vitesse	Faible (stockage)	Moyenne (écoulement)	Fort (grand écoulement)
H < 0,50 m	Faible	Moyen	Fort
$0,50 \text{ m} \leq H < 1 \text{ m}$	Moyen	Moyen	Fort
$H \geq 1 \text{ m}$	Fort	Fort	Très Fort

Dans certains documents élaborés avant les divers cadrages méthodologiques (atlas des zones inondables de la Loire en particulier), les bornes limites des aléas ont été définies différemment.

Les « **enjeux** » désignent les personnes, biens, activités, moyens, patrimoine susceptibles d'être affectés par les inondations.

La « **vulnérabilité** » est la sensibilité d'un enjeu au phénomène. Selon les enjeux, la vulnérabilité varie plus ou moins avec l'intensité de l'aléa.

On parle de **risque** (naturel) lorsqu'on a conjonction d'un aléa (naturel) et d'enjeux vulnérables à cet aléa.



La cartographie des zones inondables, telle que l'atlas des zones inondables, se situe en amont de l'étude des risques. C'est une étude qui doit appréhender le phénomène dans son ensemble.

Elle peut aller jusqu'à l'étude des « aléas » ; dans ce cas, cela suppose alors de choisir, parmi l'ensemble des phénomènes étudiés, une crue de référence.

Certains atlas des zones inondables comportent une première analyse des enjeux.

NOTIONS D'HYDROLOGIE

L'hydrologie est, dans le contexte de l'étude des inondations, l'étude de la réponse d'un bassin versant aux stimulations météorologiques.

Elle comporte deux axes privilégiés d'étude qui sont d'une part l'étude du rapport entre les pluies et les volumes d'eau écoulés, et d'autre part l'analyse statistique et probabiliste des variations des paramètres descriptifs des écoulements.

L'hydrologie s'appuie sur des mesures (hydrométrie) et des outils de calcul (modèles, statistiques).

Hauteur, débit, volume...

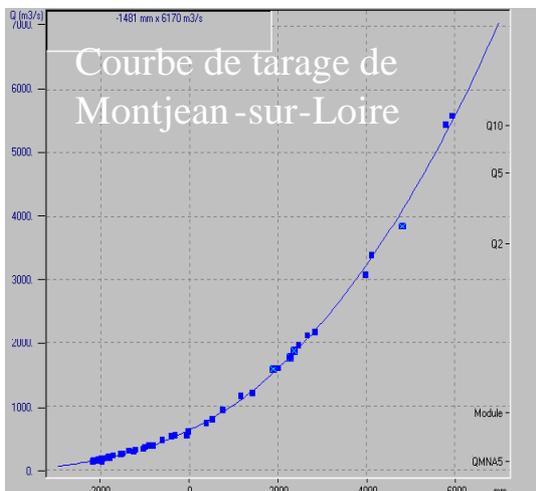
On peut décrire une crue par les hauteurs d'eau, les débits, les volumes, mais une crue n'est correctement décrite que si son débit est estimé. Dans certains cas particuliers (grands champs d'expansion exposés au vent comme par exemple pour les basses vallées angevines), le clapot peut également constituer un phénomène important influençant les hauteurs d'eau.

La **hauteur d'eau** est à la fois la grandeur la plus immédiatement mesurable et la plus intuitivement perçue. En matière d'inondation, elle peut être reliée à un niveau de dommage. Une hauteur est définie de façon relative, par rapport à une référence, le « zéro ».

Le **débit** est un volume écoulé dans une section par unité de temps. Il faut distinguer le débit instantané, du débit moyen qui est en réalité le volume total écoulé sur une période donnée. En certains points d'un cours d'eau, une relation univoque peut être définie entre le débit instantané et la hauteur d'eau au droit de la section : c'est le « barème » ou la « courbe de tarage », sujet d'étude de l'*hydrométrie*.

On représente l'évolution des débits instantanés sur un *hydrogramme*, dont l'intégration permet d'évaluer des volumes écoulés.

Le débit de pointe, souvent utilisé pour calculer le niveau extrême d'une crue, et base des statistiques probabilistes, ne suffit pas pour caractériser les crues, l'étude des volumes est également nécessaire quand on s'intéresse au stockage des eaux et complète utilement l'analyse du régime hydrologique du bassin.



Courbe de tarage de la Loire à Montjean-sur-Loire

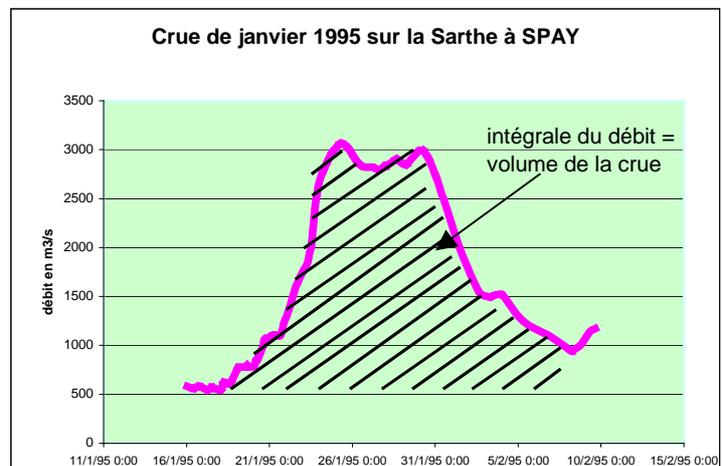


Figure 3

Hydrogramme de débit et volume de crue de la Sarthe à Spay

Le débit d'un cours d'eau résulte de la réponse de l'ensemble du bassin versant amont aux phénomènes atmosphériques. La dite réponse est relativement stable dans le temps, en particulier pour les grands bassins versants. C'est pourquoi l'hydrologie s'attache avant tout à l'étude des débits ; les hauteurs en revanche varient en fonction des références d'une part et des conditions d'écoulement dans les lits des rivières, conditions qui, elles, évoluent parfois rapidement.

La relation hauteurs-débits doit donc être actualisée régulièrement ; en outre, la connaissance de hauteurs anciennes apporte, en l'absence de connaissance d'une telle relation, une connaissance très imprécise des débits.

A partir de l'étude des séries de débits, notamment de débits maximaux de crues, on définit des ajustements statistiques, permettant de définir des *quantiles* de débit : débit *décennal*, débit *centennal*...

Néanmoins, plus les séries mesurées sont courtes, plus les incertitudes sont grandes.

Un document spécifique « hydrologie » sera produit au niveau régional afin de préciser : les éléments essentiels des études d'hydrologie en matière de cartographie des zones inondables, et fournir quelques éclairages sur les méthodes usuelles de prédétermination, sur les incertitudes...

<p>Sur la détermination des « périodes de retour » des crues, on retiendra en particulier que l'ordre de grandeur de l'incertitude sur la détermination du débit centennal peut être du même ordre, voire supérieur à l'écart entre débit décennal et centennal.</p>

COMMENT CARTOGRAPHIER : METHODOLOGIES

Il existe actuellement trois grandes méthodes pour cartographier les zones inondables par débordement de cours d'eau : **l'approche historique, l'approche hydrogéomorphologique et la modélisation hydraulique**. Certaines études peuvent combiner ces approches et l'ensemble des études contiennent en outre des éléments communs tels que la recherche de données historiques ou l'analyse hydrologique. On peut néanmoins clairement distinguer les atlas selon la méthode qui sous-tend le plus directement la cartographie finale.

L'approche historique

L'approche historique consiste à cartographier les zones inondables à partir d'une ou plusieurs crues réellement constatées.

Le ou les événements peuvent être connus et décrits à partir d'informations variées : le relevé in situ des laisses de crue, l'identification de points de référence où la hauteur d'eau maximale peut être mesurée (les « repères de crue »), l'interprétation de photographies aériennes ou d'image satellite prises au moment du pic de crue, l'utilisation de données anciennes (cartes postales et toutes autres données d'archives).



Figure 4 : Informations historiques : repères, photographies aériennes, cartes postales...

La cohérence des données entre elles doit faire l'objet de vérifications précises.

Cette démarche permet généralement d'aboutir à une cartographie des « plus hautes eaux connues » (PHEC).

La connaissance des limites des PHEC n'est jamais ni précise ni exhaustive sur un bassin.

L'analyse hydrologique de la crue se heurte à l'imprécision des données disponibles.

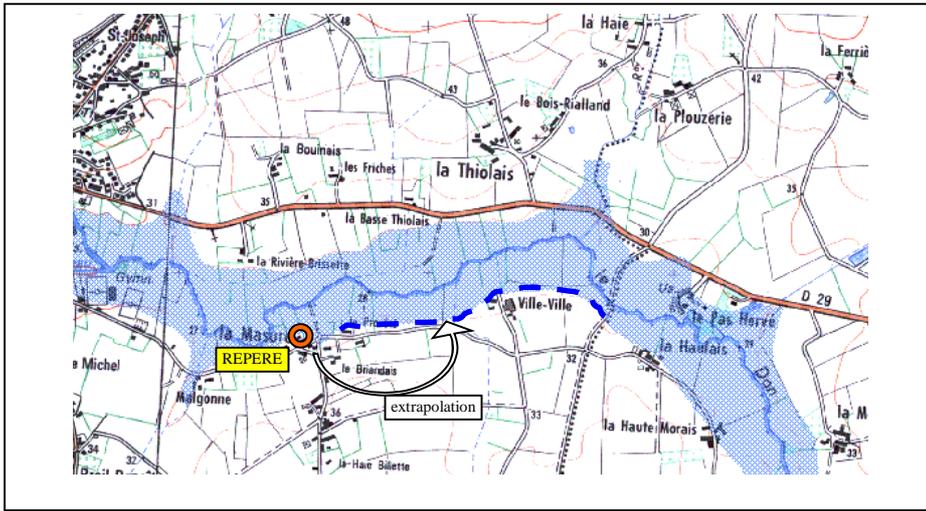


Figure 5 : Extrapolation des limites d'inondation à partir de repères

Par exemple, dans certains cas, seules quelques hauteurs de référence sont connues sur l'axe du cours d'eau ; le reste des données, à savoir les cotes intermédiaires et l'extension latérale sont alors extrapolées (cf. figure 5).

Une bonne étude historique nécessite :

- une période étudiée suffisamment longue (au-delà du siècle) ;
- une densité suffisante de points de repères connus (plusieurs points par mètre de dénivellation).

Lorsqu'une crue récente documentée de façon fiable constitue la plus forte référence au regard d'une longue période analysée, que l'analyse hydrologique confirme la faible probabilité d'occurrence de l'événement (période de retour au moins 100 ans), cette méthode se révèle la plus efficace. Mais ces conditions sont rarement remplies et la méthode historique constitue plutôt, le plus souvent, un complément des autres méthodes.

La méthode historique (ou des « PHEC ») nécessite de répondre par ailleurs à la question de l'intégration des modifications majeures apportées à l'écoulement (enfouissement du lit, recalibrages, rectifications...) et des modifications de topographie dans la zone inondable (remblais...).

La méthode hydrogéomorphologique

La méthode hydrogéomorphologique est une démarche naturaliste visant à définir et à préciser le rôle des unités actives de la plaine alluviale.

L'analyse des traces morphologiques et sédimentologiques, et de l'occupation des sols, permet d'identifier lit mineur, lit moyen et lit majeur, voire lit majeur exceptionnel, sièges respectivement des crues les plus fréquentes aux crues les plus exceptionnelles. Il s'agit donc d'une approche essentiellement qualitative, qui permet d'identifier en outre, de façon qualitative également, les principales modifications anthropiques.

L'analyse historique est donc nécessaire pour compléter l'approche hydrogéomorphologique.

Mais elle ne constitue pas la base de la cartographie, contrairement à la démarche de type PHEC stricte.

La méthode hydrogéomorphologique a fait surtout l'objet de publication en milieu méditerranéen, pour lequel elle a été initialement conçue. Elle a également été appliquée dans la région, moyennant certaines adaptations qui rendent compte des différences morphologiques majeures entre la plaine alluviale de milieu océanique tempéré et celle du milieu méditerranéen, en particulier :

- l'absence d'un lit moyen qui contribue significativement à l'écoulement ;
- les raccordements doux entre la plaine et l'encaissant, sans comparaison avec le système méditerranéen d'étagement en terrasses ;
- l'identification d'un réseau diffus de dépressions de lit majeur.

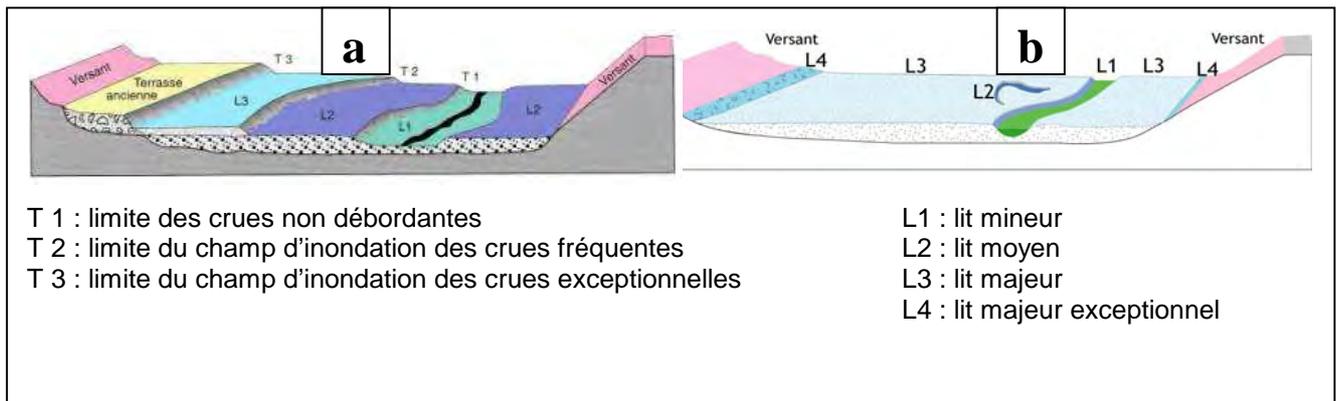


Figure 6 : Unités actives de la plaine alluviale en milieu méditerranéen (a) et adaptation en milieu océanique tempéré (b)

Dans la région Pays de la Loire, la méthode doit donc être adaptée : plutôt que l'identification de talus nets, relativement rares, l'analyse doit s'attarder sur la typologie des formes au sein du lit majeur, en particulier des structures hydrogéomorphologiques secondaires, et à la description de la vallée selon des tronçons longitudinaux homogènes ; un regard particulier doit être porté sur les aménagements anthropiques pouvant transformer la morphologie naturelle du fond de vallée, et les figurés de la cartographie finale doivent intégrer les incertitudes qui s'attachent à l'imprécision des formes. A ce titre, la notion de *lit majeur exceptionnel* permet assez bien de rendre compte de cette zone d'incertitude en pied de versant.

Par ailleurs, le souci de quantifier malgré tout les niveaux d'inondation a conduit à définir, dans le cas par exemple des affluents de la Vilaine, des points de référence de la plaine alluviale susceptible de fournir des références altimétriques.

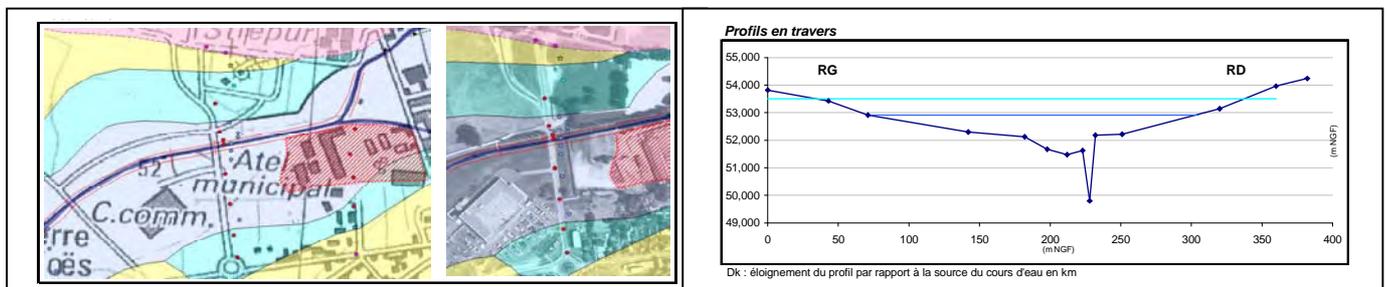


Figure 7 : Identification altimétrique de profils types dans la plaine alluviale

Néanmoins, la méthode se révèle, malgré ces adaptations, difficile à appliquer dans certains secteurs spécifiques comme les zones rétrolittorales constituées de marais (endigués ou non).

Les modélisations hydrauliques

Les modélisations hydrauliques sont des méthodes variées qui consistent à calculer des débits et hauteurs sur une zone complète en fonction de débits prédéterminés, en fonction des conditions d'écoulement, voire de stockage, dans les lits des cours d'eau.

Il s'agit d'outils souvent puissants permettant d'évaluer les conséquences de certains aménagements, des conditions de propagation ou plus généralement de la dynamique des phénomènes.

Un modèle hydraulique est toutefois d'autant moins précis que les données mesurées, nécessaires à son calage et sa validation, sont peu nombreuses. Lorsqu'il s'agit de définir les limites de zones inondables, la modélisation hydraulique cumule souvent les inconvénients :

- de coût,
- d'imprécision,
- de déconnexion avec les éléments connus (historique et géographiques),
- d'illusion de précision, venant soit du calcul informatique, soit de la grande précision du modèle topographique associé,
- d'écart entre la donnée étudiée (éléments du modèle hydraulique souvent connus du seul bureau d'étude) et la donnée mise en partage in fine (contours de crue).

L'intérêt des modèles hydrauliques doit donc être regardé en fonction :

- de sa cohérence avec les autres données : analyse hydrogéomorphologique et données historiques anciennes ;
- de l'utilisation dans une approche dynamique : impacts d'aménagements, prévision des crues...

Les précisions qu'une modélisation hydraulique apporte sur les conditions d'écoulement de diverses crues ne peuvent pas compenser l'imprécision des données hydrologiques en entrée de modèle.

On retiendra que plus les données manquent, plus il est important de croiser les informations et les méthodes.

En outre, ces méthodes sont plus ou moins sensibles aux modifications du contexte climatique : il est peu probable que la crue centennale de demain soit la même que la crue actuelle ; il est possible que les plus hautes eaux futures dépassent les PHEC; il n'est pas impossible que des modifications radicales du contexte hydroclimatiques aient un impact sur les unités actives de la plaine alluviale.

ETAT D'AVANCEMENT DES CARTOGRAPHIES

Depuis 1993, un programme national de cartographie des zones inondables a été mis en place par le ministère chargé de l'environnement. Les atlas de zones inondables de la Loire, réalisés par la DIREN de bassin Loire-Bretagne, ont été parmi les premiers « atlas de zones inondables ».

Ce programme a été relancé à plusieurs reprises et en particulier en 2002-2003, afin de couvrir les cours d'eau principaux avant la fin 2007. Par ailleurs, même si certains cours d'eau secondaires, voire d'autres cours d'eau plus petits, sont déjà cartographiés, la couverture globale des cours d'eau secondaires relèvera d'un programme ultérieur.

Au 1er janvier 2008, l'état d'avancement des atlas de zones inondables pour les cours d'eau principaux à cartographier est représenté sur les figures 8 et 9 :

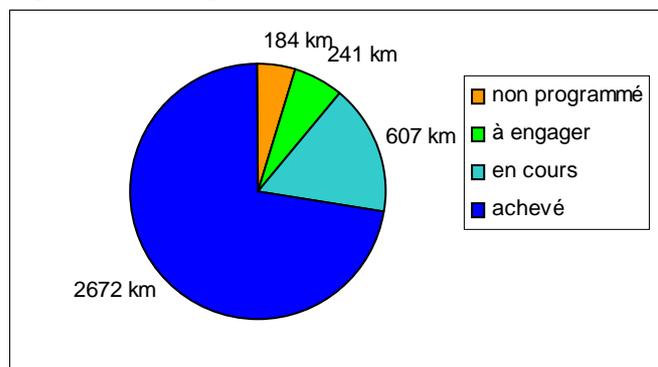
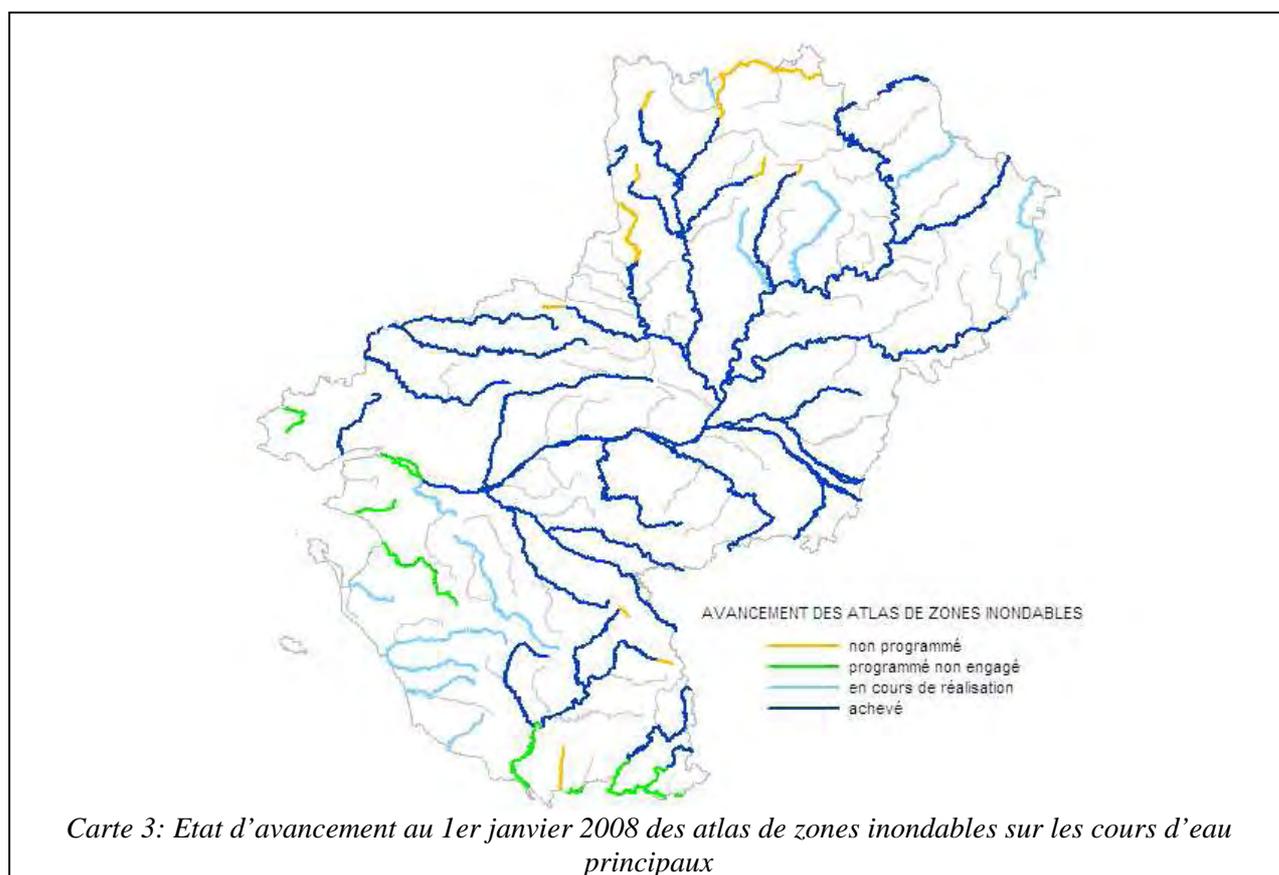


Figure 8 : Etat d'avancement des AZI sur les cours d'eau principaux au 1er janvier 2008

	total programmé sur cours d'eau principaux = 3520 km			
Non programmé	A engager	En cours	Achevé	TOTAL
184	241	607	2672	3704

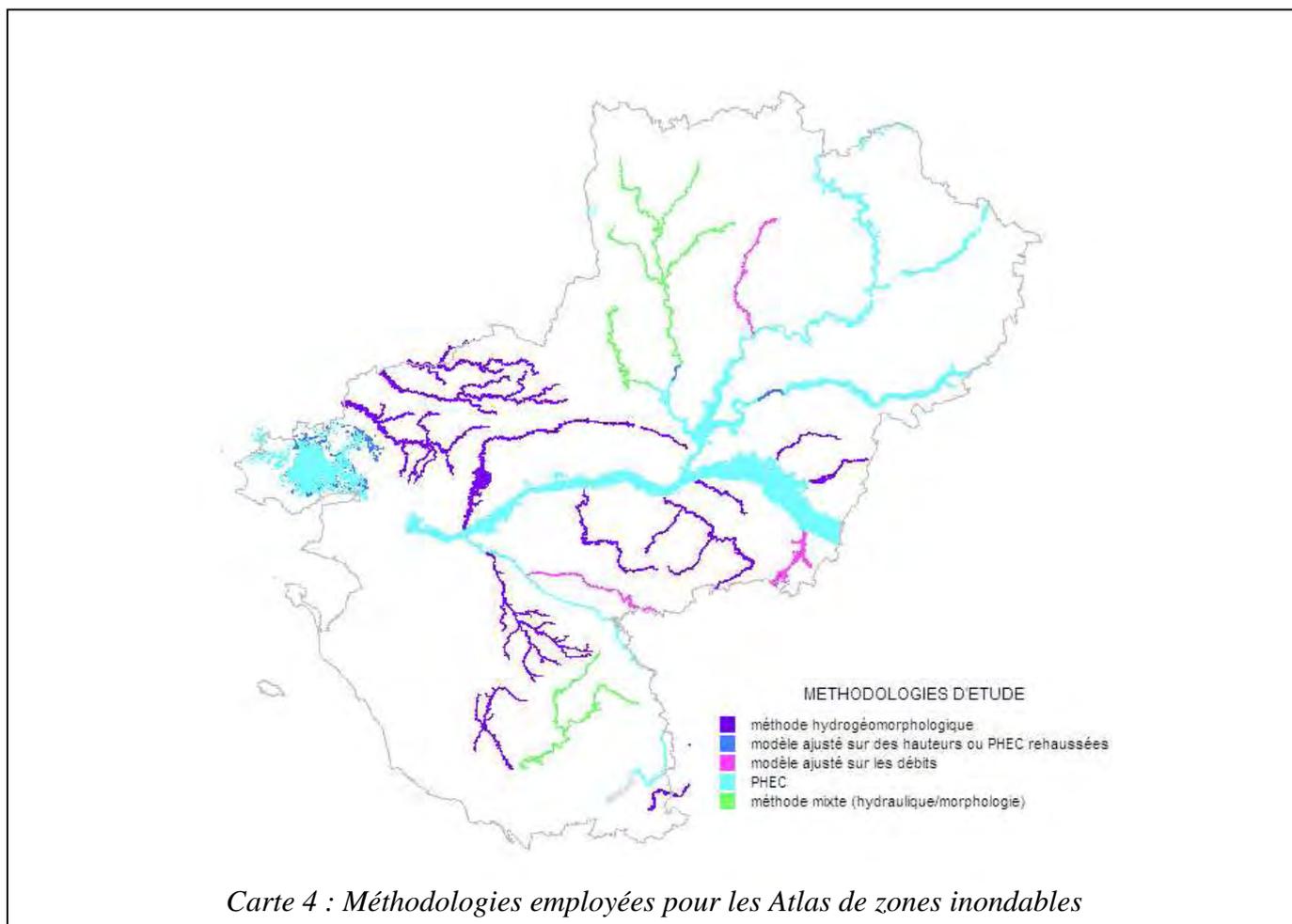
Figure 9 : Tableau des longueurs de cours d'eau principaux en km en fonction de l'avancement des AZI



Carte 3: Etat d'avancement au 1er janvier 2008 des atlas de zones inondables sur les cours d'eau principaux

METHODOLOGIES EMPLOYEES

Les premiers atlas en Pays de la Loire ont été réalisés à partir de 1995. Depuis une douzaine d'année, différentes méthodologies ont donc été mises en œuvre pour ces études ; le terme générique de la « zone inondable » s'applique donc, dans la région, à des notions aussi différentes que la « crue centennale simulée », les « PHEC » (reconstituées), ou le « lit majeur » (ou lit majeur exceptionnel).



Conformément aux directives ministérielles et au cadrage régional, les cartographies les plus récentes sont faites selon la méthode hydrogéomorphologique.

La part des différentes méthodes utilisées pour les atlas achevés ou en cours d'étude est la suivante :

	Cours d'eau principaux		Cours d'eau secondaires		Ensemble principaux + secondaires	
	Linéaire couvert (km)	Pourcentage (%)	Linéaire couvert (km)	Pourcentage (%)	Linéaire couvert (km)	Pourcentage (%)
PHEC et variantes	1199	36,5			1199	30,3
HGM complète	1323	40,4	488	72,6	1811	45,8
Modèle	297	9,1	184	27,4	481	12,2
« mixte »	461	14			461	11,7
Total	3280	100	672	100	3952	100

Figure 10 : Tableau récapitulatif des linéaires couverts par chaque méthodologie d'AZI

COMMENT UTILISER UN ATLAS DE ZONES INONDABLES

Nature des AZI

Les AZI sont des documents de **connaissance** et d'**information** à échelle moyenne (1/25000 à 1/10000^{ème}); ils peuvent servir notamment à la programmation, voire à la réalisation de Plans de Prévention des Risques d'inondation (PPRi), servitudes d'utilité publique dont l'objet est de maîtriser l'urbanisation et d'édicter certaines prescriptions préventives de gestion, de construction, etc.

Du fait de leur échelle globale, les atlas de zones inondables constituent une base de connaissance plus facile à agréger voir homogénéiser que les PPRi, et couvrent une surface plus importante de zones inondables. A ce titre, ils peuvent en particulier servir à l'évaluation et la production de données statistiques sur les zones inondables.

Comparaison entre AZI et cartographie des PPRi

ECARTS ENTRE AZI ET PPRi

Atlas de zones inondables et cartographie informative des phénomènes ou des aléas dans un plan de prévention des risques d'inondation visent à caractériser les zones inondables.

Des écarts peuvent néanmoins exister entre les cartographies – carte d'aléas du PPRi et AZI –, pour deux raisons :

- l'étude du PPRi conduit généralement à des investigations plus poussées que l'AZI, principalement en termes de topographie ;
- les méthodologies peuvent être différentes ; à ce titre, on peut sommairement classer l'ordre dans lequel les cartographies issues des différentes méthodes sont censées s'imbriquer en terme d'extension, comme suit :

Crue centennale simulée \leq PHEC (validée comme « au moins centennale ») \leq lit majeur (et a fortiori lit majeur exceptionnel)
--

En effet, les PHEC ne peuvent servir de cartographie de référence que si les crues concernées sont au moins centennales. Dans la pratique néanmoins, la cartographie des PHEC est parfois faite sans vérification précise de la faible probabilité de la crue concernée.

En outre, l'hydrogéomorphologie et la cartographie de crues anciennes ne tiennent pas compte des évolutions anthropiques pérennes (suppression d'ouvrage, remblais...).

Enfin, si la cartographie des aléas dans un PPRi nécessite de définir une « crue de référence », cette exigence n'existe pas pour les AZI, en particulier pour les AZI réalisés selon la méthode hydrogéomorphologique. Ces derniers peuvent être considérés comme une recherche des limites d'extension extrême de la zone inondable.

Ainsi, si l'AZI a vocation à étudier les plus larges limites connues, y compris à une *échelle géologique*, le PPRi s'appuie autant que possible sur une *échelle historique*, soit au travers des PHEC, soit au travers de la notion de crue « centennale ».

Lorsqu'un PPRi approuvé existe, il fait référence en matière de zone inondable, pour ce qui concerne l'aménagement et l'urbanisme.

L'AZI peut néanmoins continuer à servir comme outil global de connaissance, et support d'évaluation statistique.

FAUT-IL METTRE A JOUR L'ATLAS DES ZONES INONDABLES A PARTIR DU PPRi ?

L'échelle d'étude des AZI et des PPRi n'est généralement pas la même. L'étude du PPRi apporte nécessairement des précisions, en particulier par l'acquisition et l'exploitation de données topographiques complémentaires.

L'atlas des zones inondables devrait être mis à jour s'il est réellement **remis en cause par le PPRi**. Cette remise en cause et la nécessité de mise à jour dépendent donc de la méthode initiale de l'AZI.

Pour un AZI par hydrogéomorphologie, l'existence de digues ou d'un remblai en lit majeur, qui peut conduire à afficher des zones « hors d'eau » pour la crue de référence du PPRi, ne remet pas en cause l'extension du lit majeur géomorphologique. Par contre, une précision apportée sur la topographie d'un pied de versant peut permettre d'identifier une zone inondable qui n'avait pas été estimée comme telle.

Pour un AZI par méthode historique, la survenance d'une nouvelle crue, plus forte que les PHEC jusque là identifiées, a vocation à provoquer une mise à jour de l'atlas d'une part, et à servir à l'élaboration du PPRi le cas échéant.

Pour un AZI réalisé par modélisation hydraulique, l'acquisition de nouvelles données susceptibles de modifier la connaissance hydrologique, ou bien un nouveau calcul hydraulique réalisé dans un autre cadre et venant contredire sensiblement les limites de l'AZI, doivent conduire inmanquablement à la révision de l'atlas des zones inondables ou, à défaut, le rendent caduc.

Dans tous les cas cependant, ce sont les enjeux qui justifient l'urgence de mise à jour.

Utilisation des Atlas de zones inondables

Le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) du bassin Loire-Bretagne prévoit que l'Etat et les maires mettent d'urgence un terme à l'urbanisation des zones inondables, en interdisant la construction dans les zones où la sécurité des personnes ne peut être garantie et dans les champs d'expansion et en limitant strictement l'urbanisation dans les autres zones.

L'AZI doit servir à programmer les PPRi

La première démarche est une démarche de programmation : l'AZI doit être croisé avec les connaissances en termes de pression d'urbanisation, d'enjeux existants, pour justifier du choix de mettre en place ou non des servitudes.

L'Etat doit en particulier mettre en place des PPR dans les zones urbaines importantes identifiées à risques. Il doit également en mettre en place pour préserver des champs d'expansion menacés d'urbanisation.

PASSER DE L'AZI AU PPRi

L'atlas des zones inondables peut servir de base à la cartographie de l'aléa dans les plans de prévention des risques. Bien que cette cartographie des aléas se traduise in fine de façon qualitative (aléa « fort », « moyen », « faible »), il peut être utile de le relier avec des paramètres quantifiables, dont le principal est la hauteur de submersion. Cette quantification est une réelle difficulté en hydrogéomorphologie. Elle est tout aussi réelle pour les autres méthodes en l'absence de données historiques suffisantes.

Pour les AZI par hydrogéomorphologie :

Dans les champs d'expansion de crue (zones peu ou pas urbanisées), la quantification d'un aléa est généralement inutile et ne doit donc pas être recherchée à tout prix puisque la règle doit être l'inconstructibilité. Dans les zones non bâties en particulier, l'absence de données conduira nécessairement à une forte imprécision de la quantification.

En zone urbanisée, une analyse hydrologique doit permettre de déterminer la rareté de la submersion des différents lits.

Sur des profils représentatifs de la zone considérée, en amont ou aval immédiat de la zone urbaine, l'estimation du débit de remplissage des différents lits doit être croisée avec les données historiques disponibles, et permettre d'évaluer la probabilité d'occurrence de tels débits, avec néanmoins une marge d'incertitude nécessairement très grande. Il s'agit alors de situer cette probabilité par rapport à la valeur 1/100. Cette analyse permettra en particulier de choisir, pour chaque tronçon homogène, entre lit moyen, lit majeur et lit majeur exceptionnel comme référence pour le PPRi.

Lorsqu'un lit est retenu comme enveloppe de zone inondable, une précision peut être apportée par des levés topographiques des contours de la zone ainsi considérée, et des hauteurs de submersion ainsi déterminées au sein de la zone.

La détermination des débits de remplissage des différents lits pourra se faire le cas échéant par la construction de modèles hydrauliques simples. En l'absence de données de calage et de validation, la construction précise d'un modèle d'écoulement en milieu urbain serait en tout état de cause illusoire.

Pour les AZI par modélisation hydraulique :

Une analyse, même sommaire, de la morphologie du fond de vallée doit venir valider les résultats de la cartographie. Le modèle doit également être validé, au minimum, pour des crues connues, et en particulier dans les zones à enjeux.

Pour les AZI réalisés à partir d'une crue historique (PHEC) :

L'étude hydrologique doit permettre de valider la faible probabilité de la crue de référence. En cas de faible disponibilité de données hydrologiques, la recherche d'archives doit permettre de compléter les séries de données. On déterminera notamment le nombre de crues proches ou supérieures à la crue de référence sur une période historique de plusieurs siècles.

UTILISATION DE L'AZI POUR LES DOCUMENTS D'URBANISME (PLU EN PARTICULIER)

Qu'il existe ou non un PPRi approuvé, l'AZI ne doit pas se voir attribuer la même valeur ni le même usage qu'un PPRi. En particulier l'**opposabilité directe est exclue puisque que l'AZI ne constitue pas une servitude** (contrairement au PPRi), mais l'appropriation réelle dans les documents d'urbanisme doit être recherchée en tant qu'élément de connaissance.

L'intégration d'un AZI doit faire l'objet d'un accompagnement par les services de l'Etat dans l'élaboration des documents d'urbanisme

Au-delà du porter à connaissance dans le cadre des PLU, l'AZI doit être expliqué aux communes concernées pour l'appropriation et la prise en compte dans les réflexions de gestion et d'aménagement des territoires.

En l'absence de PPRi approuvé, l'AZI sert de référence en matière de délimitation des zones inondables.

L'Etat doit donc porter à la connaissance des communes l'atlas des zones inondables ; celui-ci doit servir de base à la commune pour élaborer son Plan Local d'Urbanisme (PLU)

Toutefois, les documents propres aux risques (qu'il s'agisse de PPRi ou d'AZI) ne sont pas des documents d'urbanisme comparables aux PLU en ce sens qu'ils n'ont pas vocation à définir l'organisation générale de l'espace urbain des collectivités locales.

Les collectivités ont néanmoins des obligations, par le code de l'urbanisme, d'intégrer la question des risques dans leur projet d'urbanisme. L'accompagnement des documents d'urbanisme est alors une deuxième voie d'exploitation des AZI. Elle consiste non pas à faire considérer l'AZI comme un PPRi, en édictant par exemple les règles d'inconstructibilité ou de constructibilité, mais à amener les collectivités à intégrer réellement cette problématique, par la réponse à quelques questions qui confrontent son développement et sa situation au regard des risques :

- la commune est-elle vulnérable au risque, en quoi est-elle vulnérable (habitants, infrastructures, économie), **y compris pour la partie de la commune non directement exposée** ? Ces questions imposent notamment de s'interroger sur les relations avec les autres territoires
- le développement envisagé intègre-t-il cette vulnérabilité ? Va-t-il dans le sens de la réduire ?
- quelles sont les plus grandes incertitudes qui fragilisent la commune ?
- à quel échéance la commune pense-t-elle avoir réduit significativement sa vulnérabilité ? Quelles sont les grandes étapes ?

UTILISATION DE L'AZI EN APPLICATION DU DROIT DES SOLS (ADS)

Au-delà de la planification, l'AZI est susceptible malgré tout d'intervenir dans l'application du droit des sols. Plusieurs cas de figure se présentent :

L'AZI peut parfois intervenir directement dans l'application du droit des sols

Lorsque l'AZI est le seul document existant,

L'AZI ne peut pas, à lui seul, remettre en cause la constructibilité ; la règle doit donc être l'information. Cela nécessite d'avoir clairement organisé l'information. L'Etat informe le maire, qui peut, le cas échéant, imposer des prescriptions ou interdire la construction en cas de menace pour la sécurité publique (utilisation de l'article R111-2 du code de l'urbanisme). Ensuite, le maître d'ouvrage s'implante sous sa responsabilité, le maître d'œuvre construit sous la sienne.

La répétition des constructions sur un secteur à risque doit alors conduire l'Etat à prescrire un PPRi, qui fera immédiatement changer la situation de droit ; en cas de forte pression, l'opposabilité immédiate, sur les bases de l'AZI, peut être mise en œuvre par arrêté préfectoral.

Lorsque PPRi et AZI cohabitent,

Si les limites de l'AZI sont inférieures ou égales à celles du PPRi, il n'y a guère de problème d'application : c'est le PPRi qui s'applique pour l'urbanisme et le droit des sols.

Si les limites de l'AZI sont supérieures, il n'y a pas forcément incohérence. En particulier, le lit majeur exceptionnel hydrogéomorphologique n'a pas vocation à fournir le contour extrême du zonage réglementaire du PPRi, dès lors que celui-ci est basé sur des références historiques suffisantes. Il faut rappeler que la limite de PHEC de période de retour suffisamment grande doit être recherchée en priorité. C'est en tout état de cause le PPRi qui est le document opposable, mais en cas d'écart majeur, il pourra être fait application des mêmes règles qu'en l'absence de PPRi pour interdire la construction (article R111-2 du code de l'urbanisme).

Enfin, par son échelle d'étude (théoriquement 1/25 000 à 1/10 000), un AZI n'a pas vocation à être lu à la parcelle.

AUTRES UTILISATIONS DE L'AZI

L'AZI peut en outre servir dans divers autres cas qui nécessitent une définition des zones inondables. Il peut avoir par exemple une portée quasi réglementaire en matière de police de l'eau et des milieux aquatiques. Dans le cadre de la mise en oeuvre de la nomenclature des opérations soumises à autorisation ou à déclaration en application des articles L.214-1 à L.214-3 du code de l'environnement, il permet de délimiter le « lit majeur » visé dans la rubrique 3.2.2.0 (installations, ouvrages, remblais dans le lit majeur d'un cours d'eau)

Il peut également servir aux communes pour l'élaboration de plans de secours, ou lors de l'élaboration de schéma d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE).

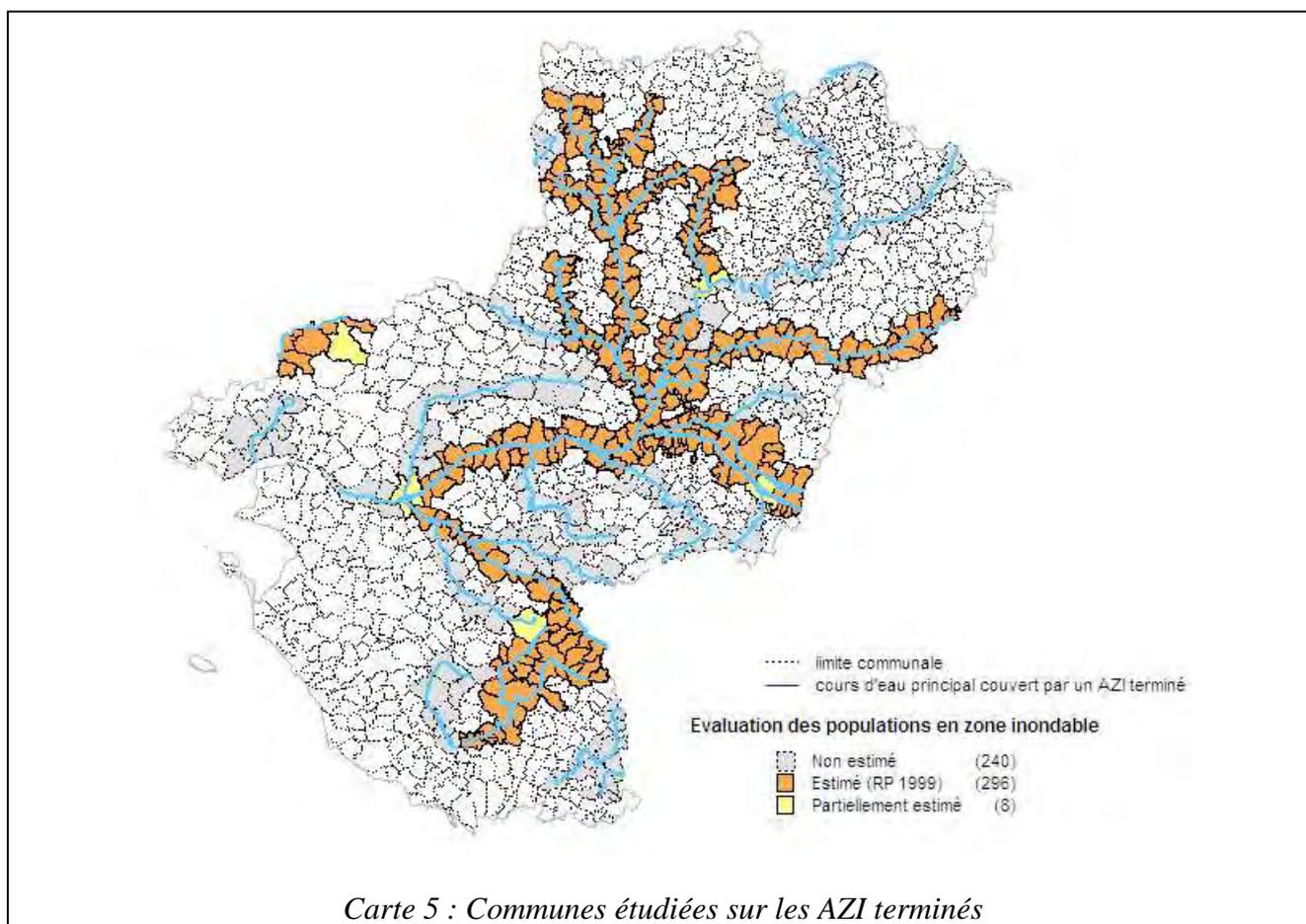
EVALUATION DE LA POPULATION EN ZONE INONDABLE

CONSTITUTION D'UN OBSERVATOIRE REGIONAL DES ENJEUX

L'évaluation des populations en zone inondable nécessite la définition d'un périmètre de référence pour la « zone inondable », et de disposer des données numérisées sur un référentiel commun. La première phase consiste donc à définir ce contour de référence.

Diverses méthodologies ont été mises en place dans les différentes régions pour évaluer les populations exposées. Le ministère de l'écologie (DPPR) bâtit actuellement avec l'IFEN un modèle d'évaluation des enjeux en zone inondable, basé sur des données relativement globales (base Corine Land Cover, BDCarto, base IRIS de l'INSEE), susceptible de déterminer des populations en zone inondable à une échelle ne pouvant descendre en dessous de quelques dizaines de communes. Ce modèle a vocation à fournir des estimations nationales, régionales, voire départementales, et à se généraliser à toutes les régions dès 2008. Pour disposer d'estimations communales, d'autres outils sont nécessaires.

En Pays de la Loire, les populations ont été estimées, en collaboration avec l'INSEE, directement à partir des bordereaux du recensement de population de 1999. La DIREN a en outre dissocié des zones devant être considérées comme d'habitat regroupé, d'autres d'habitat dispersé². L'estimation des populations est conduite progressivement, en fonction des données de zones inondables numérisées disponibles à la DIREN.



Carte 5 : Communes étudiées sur les AZI terminés

² Est considéré comme un habitat dispersé une habitation ou un groupe de moins de 15 habitations situé à une distance de plus de 200 m d'une zone regroupée, et en dehors des grands axes de communication.

Il s'agit de données individualisées, nécessairement agrégées pour des raisons de confidentialité statistique.

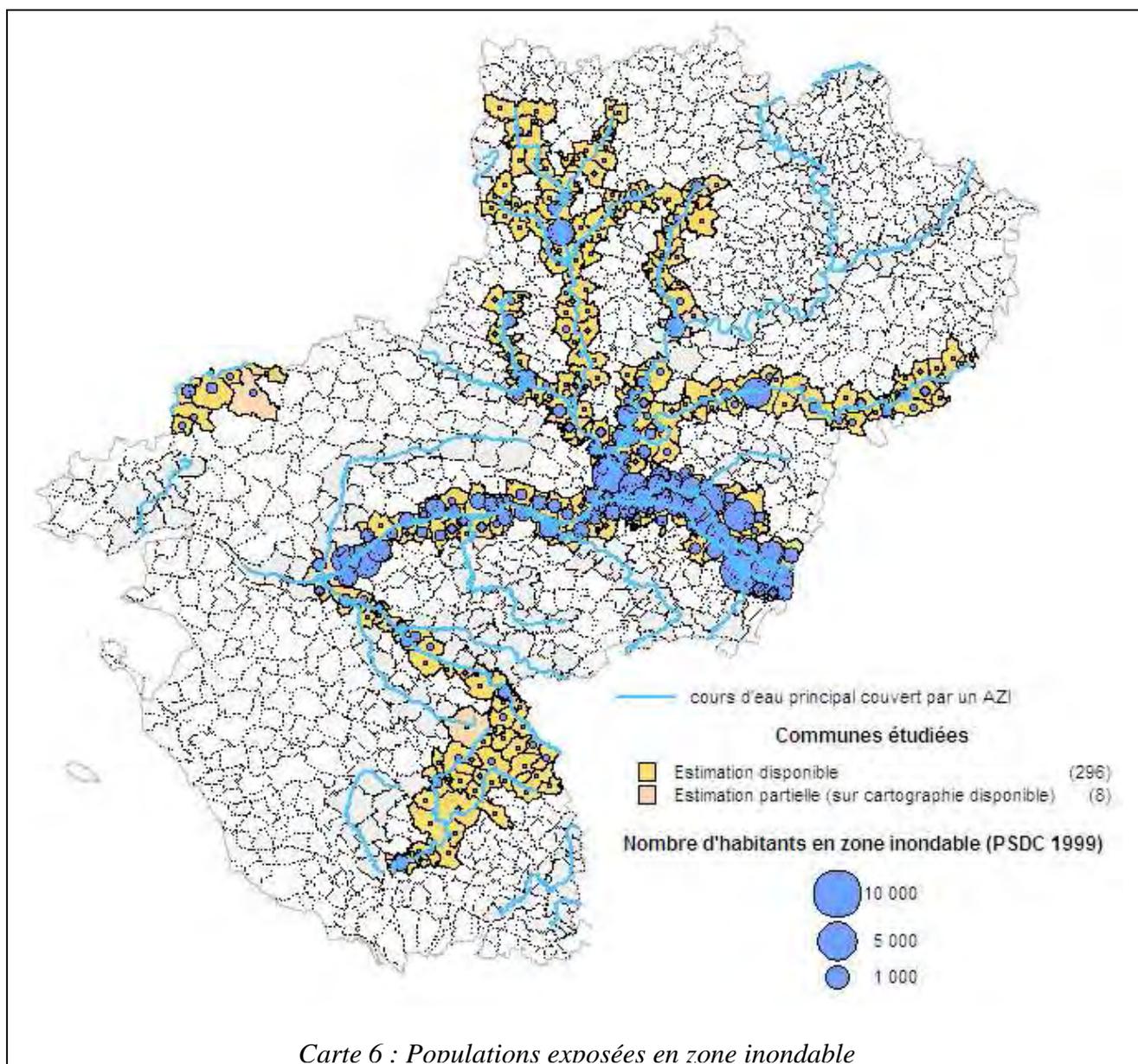
A l'échelle locale, d'autres méthodes peuvent également être employées, comme par exemple le croisement entre des bases de données de référence concernant l'occupation bâtie et des taux moyens d'occupants par logement.

A l'heure actuelle, 304 communes ont été estimées dont certaines partiellement (AZI disponible sur seulement un des cours d'eau principaux).

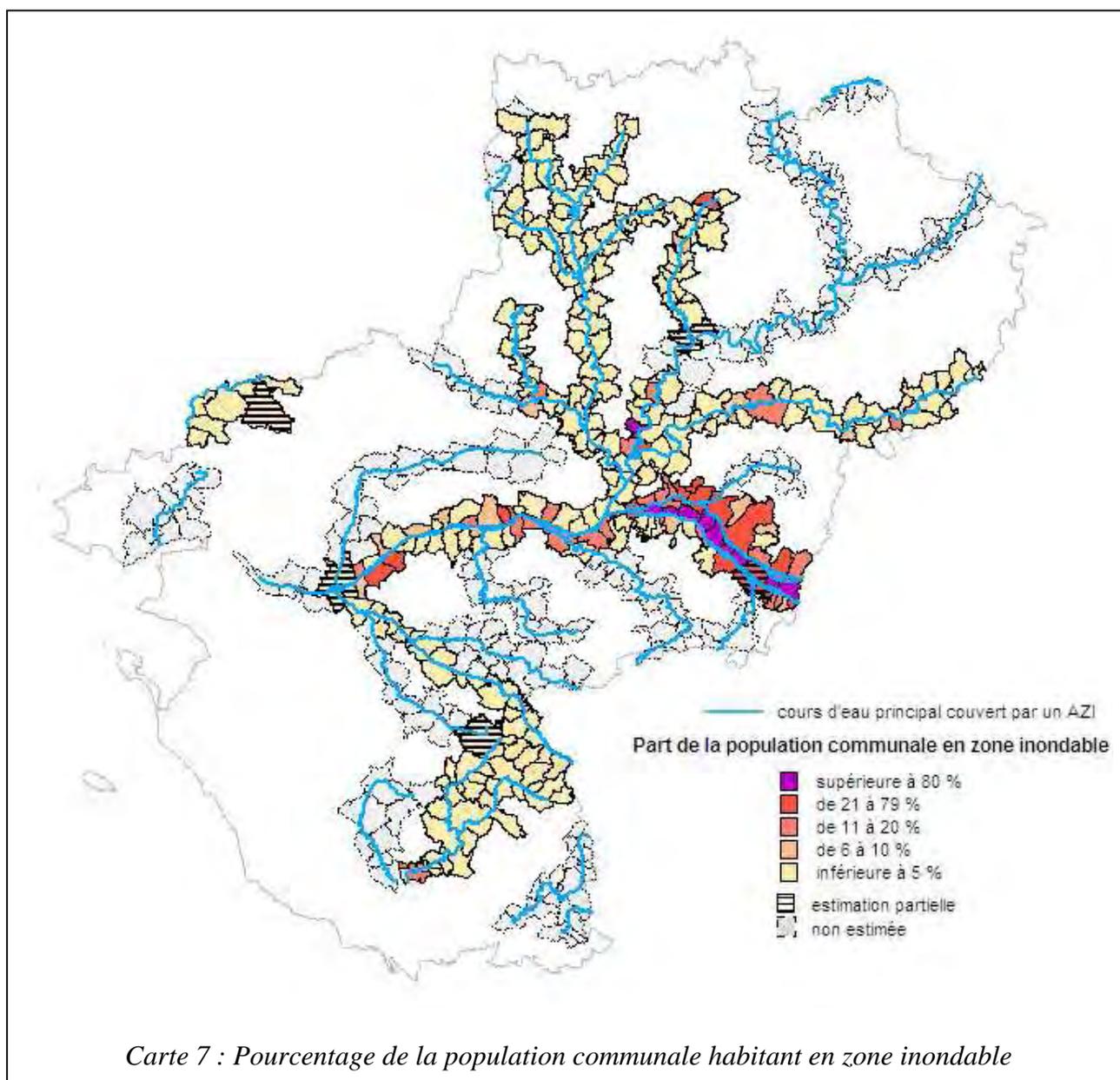
Bilan partiel de la population en zone inondable

Le premier bilan sur 304 communes étudiées met en évidence la prédominance de la Loire quant aux populations exposées.

La superficie totale des zones inondables sur lesquelles la population a été estimée est de 1000 km². Le nombre d'habitants estimés sur ces zones est de 71000 habitants (PSDC 99). Pour la Loire seule, de l'Authion jusqu'à l'amont de Nantes, la superficie inondable concernée est de 624 km² et le nombre d'habitants estimé est de 60600 habitants sur ces zones inondables de Loire.

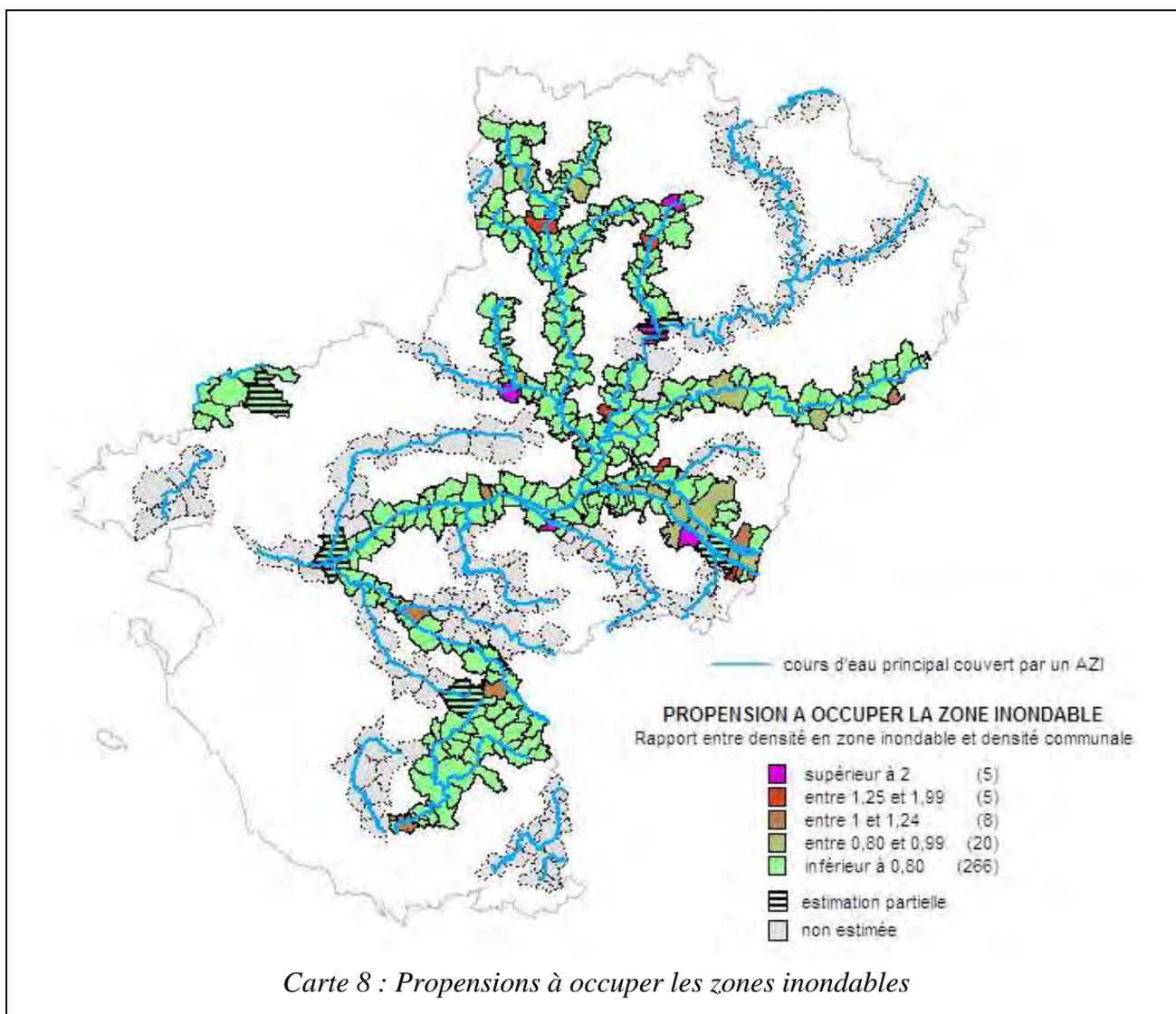


Les analyses de populations peuvent également être exprimées par rapport à la population totale de la commune. On peut alors constater des situations très contrastées au regard du pourcentage de population habitant en zone inondable (cf. carte 7).



Propension à occuper les zones inondables

Un autre indicateur a également été bâti : il s'agit de la **propension** à occuper la zone inondable, rapport entre la densité de population en zone inondable et la densité de population sur l'ensemble de la commune. On constate (cf. carte 8), pour l'ensemble des communes étudiées, une très grande majorité de commune dont la propension est inférieure à 1, ce qui traduit une tendance de l'urbanisation passée à « fuir » la zone inondable. En revanche, certaines communes ont parfois une tendance inverse, voire une forte tendance à occuper de façon privilégiée la zone inondable. Une analyse plus fine de l'évolution de ce paramètre dans le temps constituera la base d'un observatoire des enjeux en zone inondable.

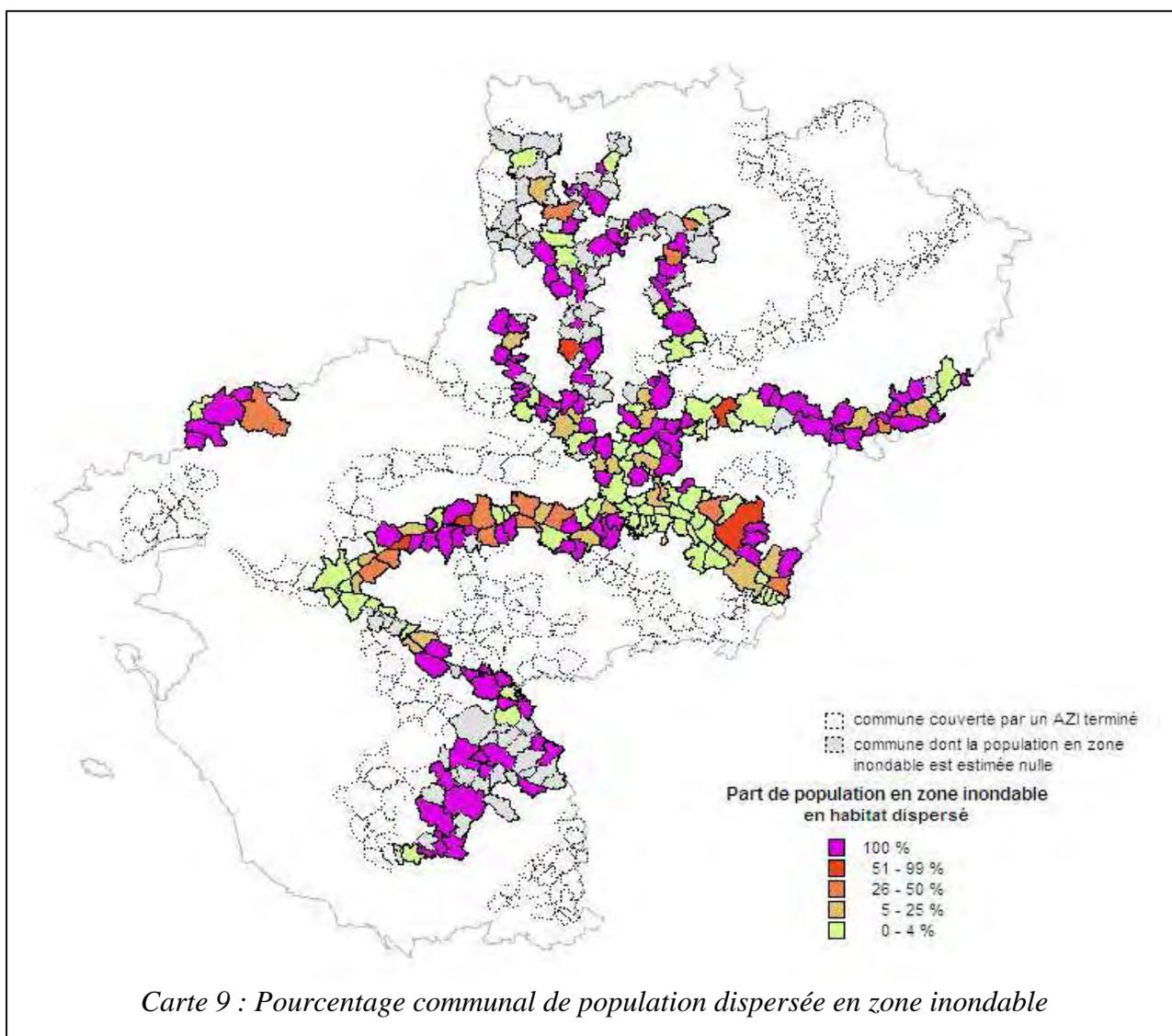


Habitat regroupé et dispersé

L'exploitation des données permet de distinguer notamment l'habitat regroupé et l'habitat dispersé (cf. carte 9), selon une définition établie spécifiquement pour cette analyse, et qui combine la notion de zone agglomérée au sens classique du terme et la proximité d'axes de communication (cf. note de bas de page 20).

Il pourra être alors utile d'examiner, à densités équivalentes, les zones de plus grande dispersion, plus difficiles à gérer tant dans les opérations de gestion de crise que des projets de protection.

Dans la plupart des cas, le taux de dispersion diminue lorsque le nombre d'habitants en zone inondable augmente. Il existe néanmoins certains cas pour lesquels à la fois la population en zone inondable est nombreuse, et à la fois la dispersion est non négligeable.



VERS UNE ANALYSE DE LA VULNERABILITE AGRICOLE

L'activité agricole constitue encore à l'heure actuelle le mode d'utilisation du sol le moins vulnérable aux inondations. Implicitement, le fait de préserver les champs d'expansion de crue de toute urbanisation nouvelle (telle que prévu par le SDAGE par exemple) incite, sur nos types de territoires, à maintenir ces espaces en espaces agricoles.

Dans certains secteurs, afin de pérenniser cette agriculture en zone inondable, on a autorisé, dans la cadre des Plans de Prévention des Risques, certain type d'implantations, tenant compte de la réalité de la gestion de ces territoires : autorisation d'extension de tertres pour les sièges d'exploitation, autorisation de réalisation de certains bâtiments d'exploitation, voire autorisation d'implantation d'éléments de la filière de conditionnement.

Il est donc nécessaire d'évaluer la vulnérabilité des zones inondables rurales aux inondations. Pour cela, des modèles globaux sont à mettre en place.

L'équipe pluridisciplinaire du plan Loire a conduit, à un niveau très global des vals de Loire, une évaluation des dommages susceptibles d'être causés à l'agriculture. Elle a par ailleurs conçu des outils de diagnostic à l'échelle de l'exploitation.

Entre les deux échelles, il paraît aujourd'hui nécessaire de concevoir des outils permettant de différencier par territoires la vulnérabilité de ces zones.

Sur le cas particulier du val de la Divatte, un travail de DEA³ a été conduit pour la DIREN, qui a permis de proposer, sur la base d'une typologie d'utilisation des sols, des indices de vulnérabilité, puis de risques, en fonction de niveaux d'endommagement.

Types d'utilisation	Indice de vulnérabilité	I_vul
zone industrielle et de logistique	1	5
siège d'exploitation	0,9	4
élevage hors sol	0,8	4
culture maraîchère sous serre	0,7	4
viticulture	0,6	3
arboriculture et pépinière	0,5	3
culture légumière à ciel ouvert	0,4	2
culture céréalière	0,3	2
autres cultures : colza, prairies artificielles	0,2	2
populiculture et prairie naturelle	0,1	1
friche ancienne et récente	0	1

Ce travail contient en particulier une part d'analyse rétrospective qui illustre bien les évolutions d'utilisation du sol à l'œuvre depuis 50 ans.

³ Edith JOYEUX, Vers une nouvelle approche de la vulnérabilité face au risque d'inondation - Le cas de l'agriculture dans le Val de la Divatte, 2004

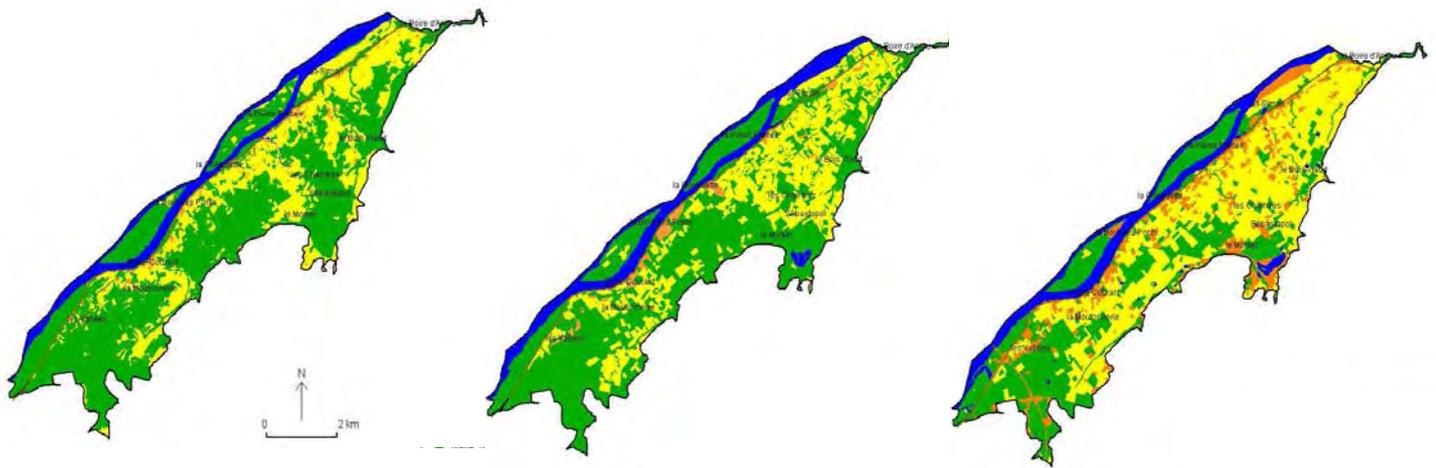
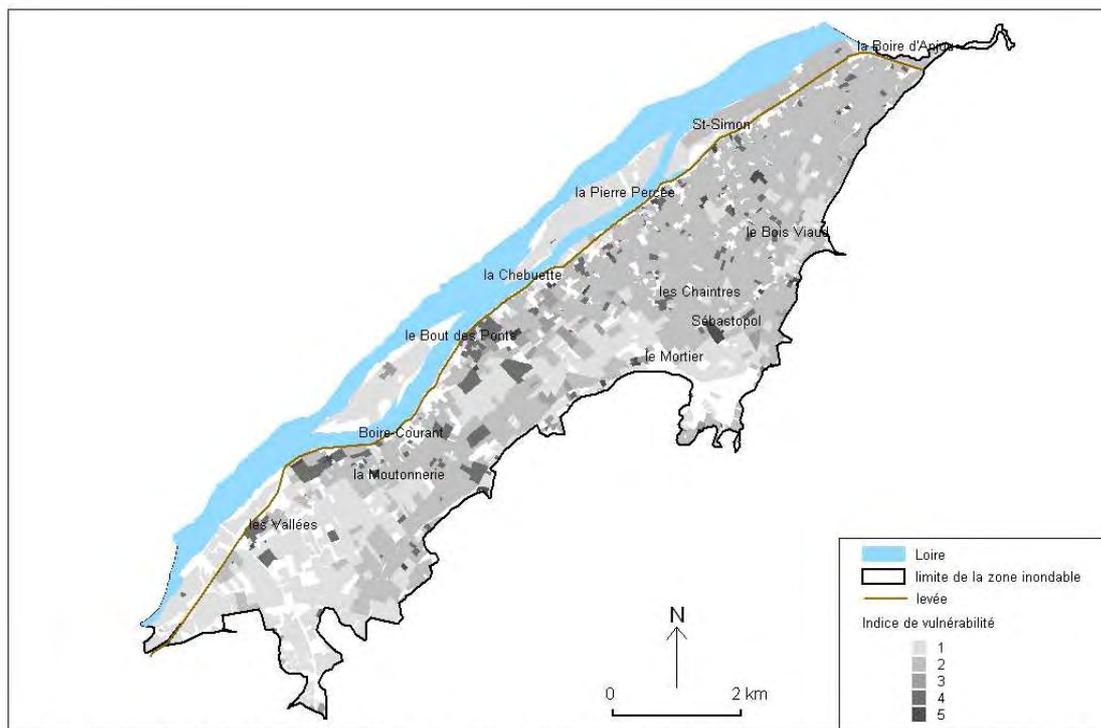


Schéma : évolution de l'utilisation du sol entre 1950 et 2000 dans le val de la Divatte

Cette approche semi-quantitative de type cartographie à index, constitue une base intéressante pour développer un modèle global de vulnérabilité agricole.



Carte n°25 : Vulnérabilité des types d'utilisation du sol à vocation agricole indépendamment de l'aléa dans le Val de la Divatte en 1999

Sources : Bd CMB, Scan 25 et DIREN PdL
Conception et réalisation: Edith Joyeux

Carte 10 : Vulnérabilité des types d'utilisation du sol à vocation agricole dans le Val de la Divatte (1999)

Il s'agit néanmoins d'une vulnérabilité globale macroéconomique, qui traduit principalement la valeur d'endommagement des terres agricoles en fonction de l'occupation, et non une évaluation de la vulnérabilité des exploitations : certaines exploitations à faible niveau relatif d'équipement peuvent au contraire être très fragiles et périlcliter en cas d'inondation. L'évaluation de la vulnérabilité économique globale ne doit donc pas s'affranchir de l'estimation de chaque vulnérabilité particulière.